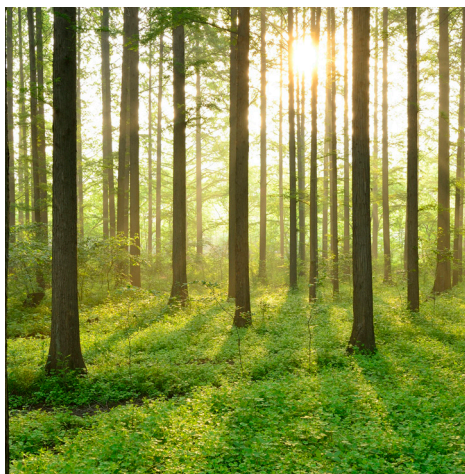


KLIMAT, VATTENTILLGÅNG OCH HÖGA FLÖDEN I SVERIGE 1860–2020

RAPPORT 2022:902



HYDROLOGISKT
UTVECKLINGSARBETE



Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860–2020

GÖRAN LINDSTRÖM

ISBN 978-91-7673-902-0 | © Energiforsk november 2022

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

Förord

Variationen i meteorologiska och hydrologiska variabler är något som är av största intresse för vattenkraftindustrin. Variationen har betydelse både för förväntad tillrinning och frekvens av höga flöden. Huruvida variationen är systematisk eller slumpmässig är också viktig och har betydelse för vilka år som är mest representativa vid till exempel val av normalperiod.

Energiforsks program Hydrologiskt utvecklingsarbete har tidigare finansierat likande undersökningar och nu görs en uppdatering med ytterligare tillgängliga data. I studien undersöks variationen i långa regionala mätserier som tagits fram genom att summera vattenföringar. Såväl medelvattenföringar som extremvärden har studerats och olika historiska perioder har jämförts.

Projektet har utförts vid SMHI:s forskningsenhet av Göran Lindström under åren 2021 och 2022. Projektet finansierades av HUVA - Energiforsks arbetsgrupp för Hydrologiskt Utvecklingsarbete vars huvudinriktning är att förbättra precisionen i vattenkraftindustrins tillringsmodeller.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Denna rapport beskriver långtidsvariationen i nederbörd, temperatur, vattentillgång och höga flöden i Sverige under perioden 1860–2020, med särskild tonvikt på frågeställningar av betydelse för vattenkraftindustrin.

Utgångspunkten för studien är regionala serier för nederbörd, temperatur och avrinning för tillrinningsområdena till de fyra havsbassängerna Bottenviken, Bottenhavet, Egentliga Östersjön och Västerhavet. Storleken, timingen på året, och frekvensen av höga flöden studerades genom analys av långa vattenföringsserier.

Analysen visade bland annat att:

- Temperaturen har varit ovanligt hög under senare år, med ett temperaturöverskott runt 1 grad i hela landet. Från och med 1988 har alla år utom två varit mildare än den föregående normalperioden (1961–1990).
- Under perioden 1901–2020 var 1970-talet det torraste årtiondet, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var de blötaste årtiondena (knappt 10% blötare än normalperioden).
- Medelavrinningen under den nya normalperioden 1991–2020 var cirka 7% högre än den föregående normalperioden 1961–1990, med störst ökning i norr.
- Storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabil. Vinterflödena är något högre och vårfloden inträffar aningen tidigare än förut. Informationsmängden om höga flöden kan ge intrycket att höga flöden faktiskt blir vanligare.
- Mätosäkerheterna, i främst gamla data, är betydande och påverkar möjligheten till tillförlitliga trendanalyser.
- Ytterligare kan konstateras att höga flöden i vattendrag oftast orsakas av andra faktorer än kortvariga skyfall. Skyfallsproblemen och eventuella översvämningar sker främst i tätbebyggda områden.

Nyckelord

Klimat, vattentillgång, höga flöden, nederbörd, vattenföring, Sverige, översvämningar

Summary

This report describes long term variations in precipitation, temperature, water resources, and floods in Sweden during 1860-2020, focusing on topics that are important for the hydropower industry.

The starting point for the study is regional series of precipitation, temperature, and runoff for four regions. The regions are the drainage basins that form the inflow to the three basins in the Baltic Sea (Bothnian Bay, Bothnian Sea and Baltic proper) and to the Swedish west coast. The magnitude, timing during the year, and frequency of high flows were studied by analysis of long discharge series.

The analysis, among other things, showed that:

- The temperature has been unusually high during recent years, with a temperature surplus of about 1 degree in the whole country. From 1988 and onwards all years except two have been milder than the previous reference period (1961-1990).
- The 1970s was the driest decade during 1901-2020, whereas the 1920s, 1980s and 1990s were the wettest decades (about 10% wetter than the reference period).
- The mean runoff during the new reference period 1991-2020 was about 7% higher than during the previous reference period 1961-1990, with largest increase in the north.
- The magnitude and frequency of high flows in unregulated rivers is fairly stable. Winter flows are slightly higher and the spring flood occurs slightly earlier than before. However, the amount of information available today can give the impression that floods are becoming more frequent.
- Uncertainties in discharge observations, especially in older data, are significant and impact trend analyses.
- Floods in rivers are usually caused by other factors than short rainfall events with high intensity. Floods caused by cloudbursts mostly occur in urban areas.

Innehåll

1	Bakgrund	7
2	Syfte	7
3	Metodik och data	8
4	Resultat och diskussion	10
	4.1 Klimat och vattentillgång	10
	4.2 Höga flöden	18
5	Slutsatser	27
6	Referenslista	28

1 Bakgrund

Frågan om klimat, vattentillgång och frekvensen av höga flöden är alltid aktuell, dels med tanke på energiproduktion och dels med tanke på dammsäkerhet och risken för översvämningar. Inom klimatologin används 30-årsperioder, kallade normalperioder eller referensperioder, för att ge perspektiv till aktuella händelser. I och med utgången av 2020 går man över till den nya normalperioden 1991–2020. Tidigare har 1961–1990 använts som normalperiod. I och med att ett nytt årtionde, och en normalperiod om 30 år, finns tillgänglig, är det naturligt att man förlänger även hydrologiska långtidsstudier.

När det gäller vattentillgång under 1900-talet har två blöta perioder utmärkt sig: 1920-talet samt 1980- och 1990-talen, med avrinningsöverskott på runt 8–10% jämfört med hela 1900-talet. 1970-talet har hittills varit det i särklass torraste årtiondet, med en avrinning ungefär 9% under genomsnittet för hela 1900-talet. Frågan om hur det senaste årtiondet står sig jämfört med tidigare förhållanden är naturligtvis av intresse. Särskilt har frågan om vattenbrist och torra varit i fokus i och med torråren 2016–2018. Samtidigt hade vi på många håll i norr en ovanligt hög vårflod 2018, och i södra Sverige höga flöden under februari och mars 2020. Under augusti 2021 inträffade skyfallet över Gävle, och tidigare under sommaren inträffade allvarliga översvämningar i bland annat Tyskland och Belgien.

Flera studier om vattentillgång och höga flöden i Sverige har gjorts under senare år (Lindström, 2002; Lindström och Alexandersson, 2004; Lindström och Bergström, 2004; Hellström & Lindström, 2008; Lindström, 2011). Nordiska överblickar har bland annat gjorts av Hisdal m.fl. (2003), Hisdal m.fl. (2004) och Lindström m.fl. (2006). Den här använda metodiken och rapporten bygger till stor del på dessa tidigare arbeten.

1.1 SYFTE

Syftet med denna rapport är att beskriva långtidsvariationer i nederbörd, temperatur, vattentillgång och höga flöden i olika regioner i Sverige för perioden 1860–2020, med särskilt fokus på frågeställningar av betydelse för vattenkraftindustrin.

1.2 METODIK OCH DATA

Utgångspunkten för denna studie är framtagandet av regionala serier för vattenföring och inträffandet av höga flöden. Regionerna är tillrinningsområdena till de olika havsbassängerna i Östersjön och Västerhavet: Bottenviken, Bottenhavet, Egentliga Östersjön och Västerhavet (figur 1). Det analyserade området stämmer inte exakt överens med Sveriges gränser, men dessa avvikelser försummas i denna rapport. För varje år har regionala medelvärden beräknats för de fyra regionerna. Metodiken beskrivs utförligare av Alexandersson (2002) och Lindström och Alexandersson (2004). I huvudsak har perioden 1901–2020 använts, men ett mindre stationsurval har också använts för extrapolationer utanför denna tidsperiod. På SMHI:s hemsida finns mer information om regionala serier för nederbörd och temperatur. Alla vattenföringsdata har uppdaterats sedan tidigare analyser, eftersom det händer ganska ofta att data rättas i efterhand, till exempel genom att en ny avbördningskurva införs och ibland antas gälla flera år bakåt i tiden. Särskilt har många avbördningskurvor reviderats efter lågflödesmätningar under de senaste torråren 2016–2018.



Figur 1. Regionindelningen, och stationsurvalet för höga flöden, som användes i denna studie.

Vattenföringen från hela Sveriges yta beräknades genom summering av vattenföringarna från de största vattendragen. Totalt ingick 28 punkter, samt vissa förlängningar. De mindre kustvattendragen viktades upp så att den totala medelvattenföringen från de fyra regionerna skulle stämma överens med den som

angavs av Brandt och Ehlert (1996) för åren 1961–1990. De uppmätta vattenföringsuppgifterna som de sammanställde täckte 86% av landarealen. Metoden är alltså något annorlunda än i tidigare liknande studier, såsom t.ex. Lindström (2011) och tidigare, där medelvärden av indexserier beräknades baserat på något färre stationer.

All regional analys är naturligtvis känslig för vilket urval av stationer som har gjorts. Arealmedelvärdena i de regionala serierna överensstämmer inte exakt med de verkliga arealmedelvärdena. Framför allt är detta ett problem för nederbörd och temperatur, som ju baseras på observationer i ett fåtal punkter, oftast belägna på lägre höjd än medelhöjden i regionerna. För avrinning är problemet något mindre eftersom vattendragen samlar upp avrinningen över stora arealer.

I många av figurerna och analyserna i rapporten visas en utjämnad kurva, ett Gaussfilter, som lyfter fram variationer med en tidsskala på 10 år. Filtreringen innebär att man beräknar löpande medelvärden, men med vikter enligt en centrerad normalfördelning i stället för med konstanta vikter. Den använda standardavvikelsen på 3 år ger ungefär samma utjämning som den som man får med vanliga rullande medelvärden över 10 år, men Gaussfiltret ger en mjukare utjämning och ger högre vikt åt värdena i centrum av tidsperioden.

För studie av cykliska förlopp gjordes en uppdelning i periodiska komponenter med hjälp av periodogram, såsom beskrivet av Hansen (1971). Syftet med denna analys var att identifiera ifall blöta och torra perioder återkommer med viss regelbundenhet, eller till synes slumpartat.

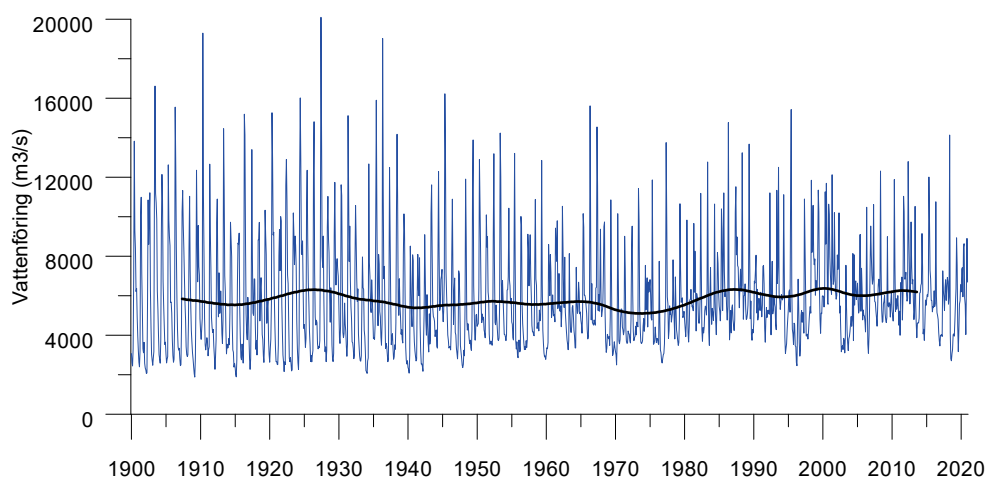
Analysen av höga flöden baserades på 69 stationer med långa observations-serier, med en genomsnittlig längd av 94 år. Stationsurvalet beskrivs i mer detalj i Hellström och Lindström (2008) och Lindström (2011). De utvalda stationerna ligger i avrinningsområden där påverkan från regleringar är försumbar vid höga flöden. Inga regionala sammanvägningar av höga flöden före 1911 redovisas, eftersom stationsunderlaget är gles i början av 1900-talet. Frekvensen av höga flöden mättes som andelen igångvarande stationer, i en region, som upplevde ett flöde som överskred en vald återkomsttid. Här användes Gumbelfördelningen, skattad med momentmetoden. Flöden med tio års återkomsttid är den nivå där SMHI fram tills nyligen utfärdade varningar för mycket höga flöden, vädervarning klass 2. Numera används fem års återkomsttid som lägsta varningsgräns, och 25 år som en högre klass. Regionala värden togs fram genom medelvärdesbildning inom respektive region.

Som komplement till analysen av både medelavrinningar och höga flöden användes också ett större urval av stationer, nämligen alla stationerna som användes i den version av den hydrologiska modellen S-HYPE (Strömqvist m.fl., 2012) som var aktuell vid tillfället. Totalt omfattar denna analys 542 stationer med minst 5 års data, inklusive reglerade stationer.

2 Resultat och diskussion

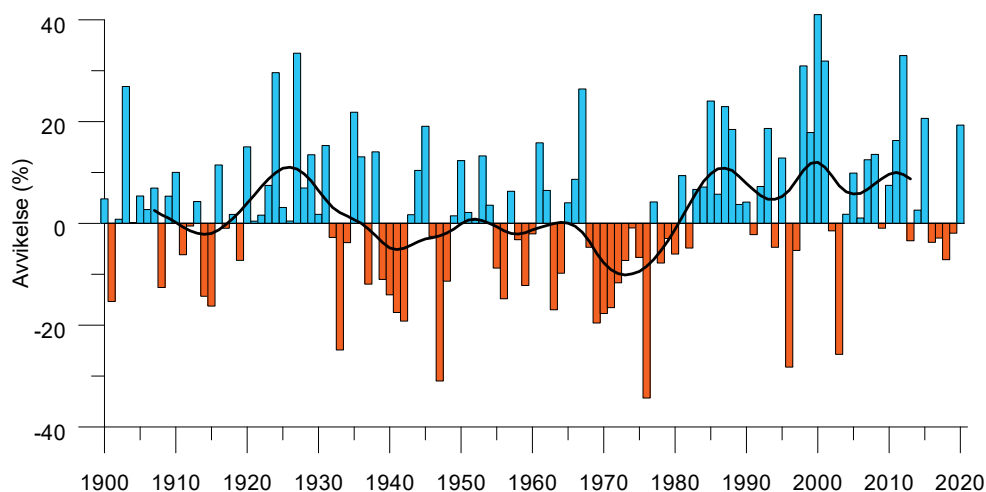
2.1 KLIMAT OCH VATTENTILLGÅNG

Figur 2 visar den summerade vattenföringen från hela Sveriges yta till havet, som månadsvärden. Redan här ser man hur vattentillgången fluktuerat över tiden, men också att variationen inom åren succesivt har minskat. Skälet till den minskade inomårsvariationen är främst ökad reglering, som syftar till att jämna ut vattentillgången genom att man sparar vatten från vår och sommar till vintern då elbehovet är störst och den naturliga vattentillgången är lägst.



Figur 2. Summerad vattenföring från hela Sveriges yta till havet, månadsvärden.

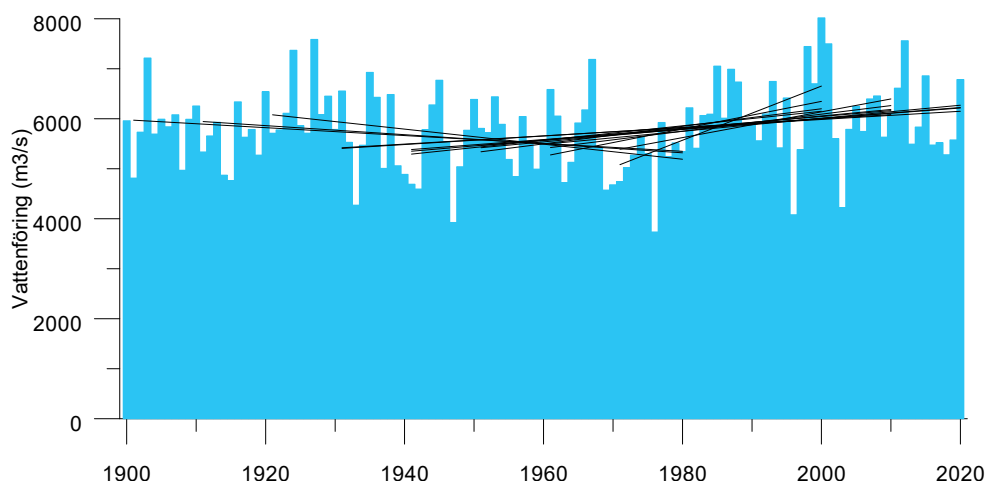
Skillnaderna på årsskala framgår tydligare i Figur 3. Avrinningen var hög under 1920-talet, och från och med 1980-talet. Det torraste årtiondet var 1970-talet. Exempel på torra år under senare tid är 1996 och 2003. De senaste torråren 2016–2018 framträder inte lika tydligt i ett nationellt sammanhang, eftersom de var mer begränsade till södra Sverige.



Figur 3. Avvikelsen från medelvärdet för 1961–1990 i den summerade vattenföringen från hela Sveriges yta till havet, årsvärden.

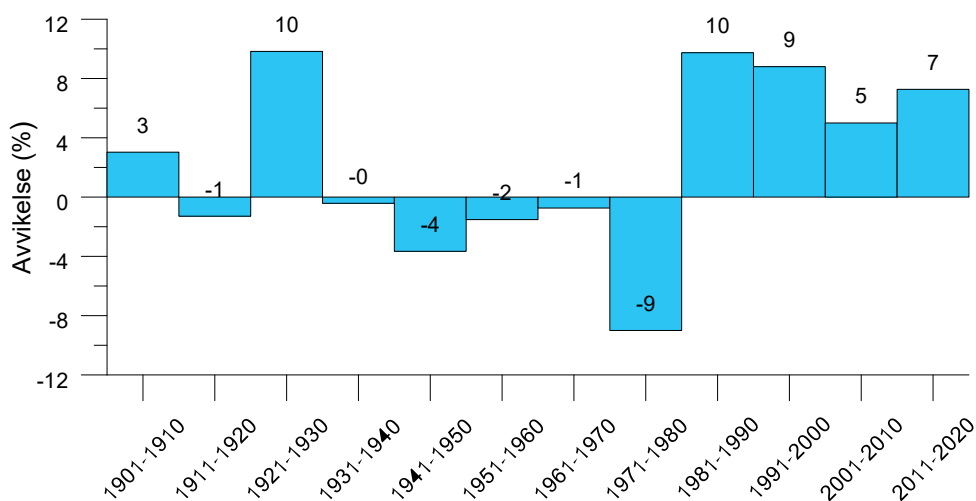
Avrinningen kan möjligen sägas ha kulminerat i och med år 2000, efter två blöta årtionden. De torraste respektive blötaste åren var 1976 och 2000, med avvikelser från genomsnittet för 1961–1990 på -33% respektive +41%. Standardavvikelsen för årsvärdena var 14% av medelvärdet, räknat för hela tidsperioden 1900–2020.

Lite förenklat kan man säga att avrinningen tenderade att minska under första halvan av tidsperioden, fram till det torra 1970-talet, men att den därefter har ökat (figur 4). Det finns flera delperioder över vilka en linjär anpassning påvisar signifikanta trender (95% konfidens). Ökningarna är fler än motsvarande minskningar. Sett över hela tidsperioden ökade avrinningen en aning, men trenden är inte signifikant. Figuren illustrerar betydelsen av vilken tidsperiod som studeras i trendstudier.



Figur 4. Summerad vattenföring från hela Sveriges yta till havet, årsvärden, tillsammans de hela tioårsperioder över vilka en linjär anpassning har en signifikant trend.

Alla de fyra senaste årtiondena har bjudit på högre avrinning än under den använda jämförelseperioden, med en genomsnittlig avvikelse på +8 % (Figur 5).



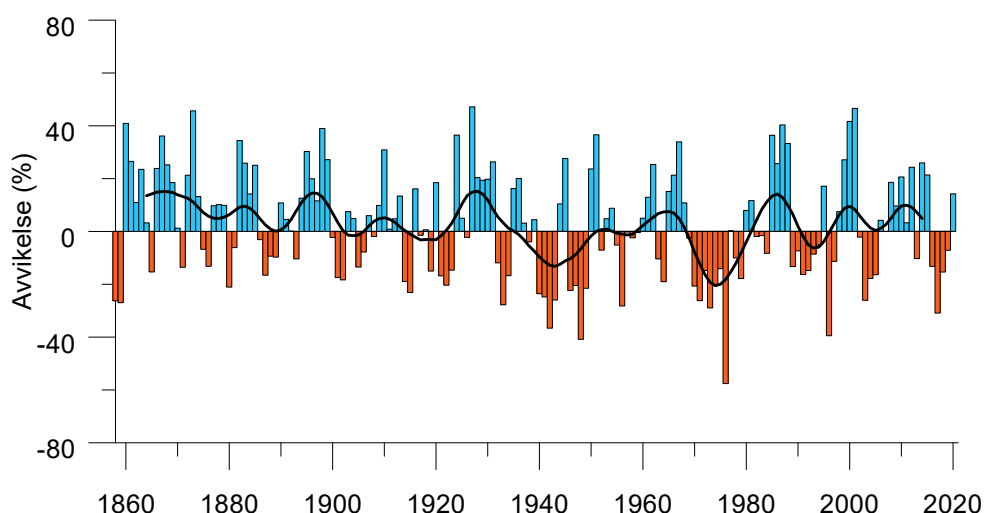
Figur 5. Avvikelsen i den summerade vattenföringen, från 1961–1990, från hela Sveriges yta till havet, dekadvärden.

Tabell A sammanfattar avvikelserna från referensperioden för olika trettioårsperioder. Man kan notera att den fram tills nyligen använda normalperioden 1961–1990 är relativt torr jämfört med hela den analyserade tidsperioden.

Tabell A. Avvikelser (från 1961–90) i avrinning, under olika 30-årsperioder, i medeltal för hela landet.

30-årsperiod	1901–1930	1931–1960	1961–1990	1991–2020
Avvikelse	+4%	-2%	0%	+7%

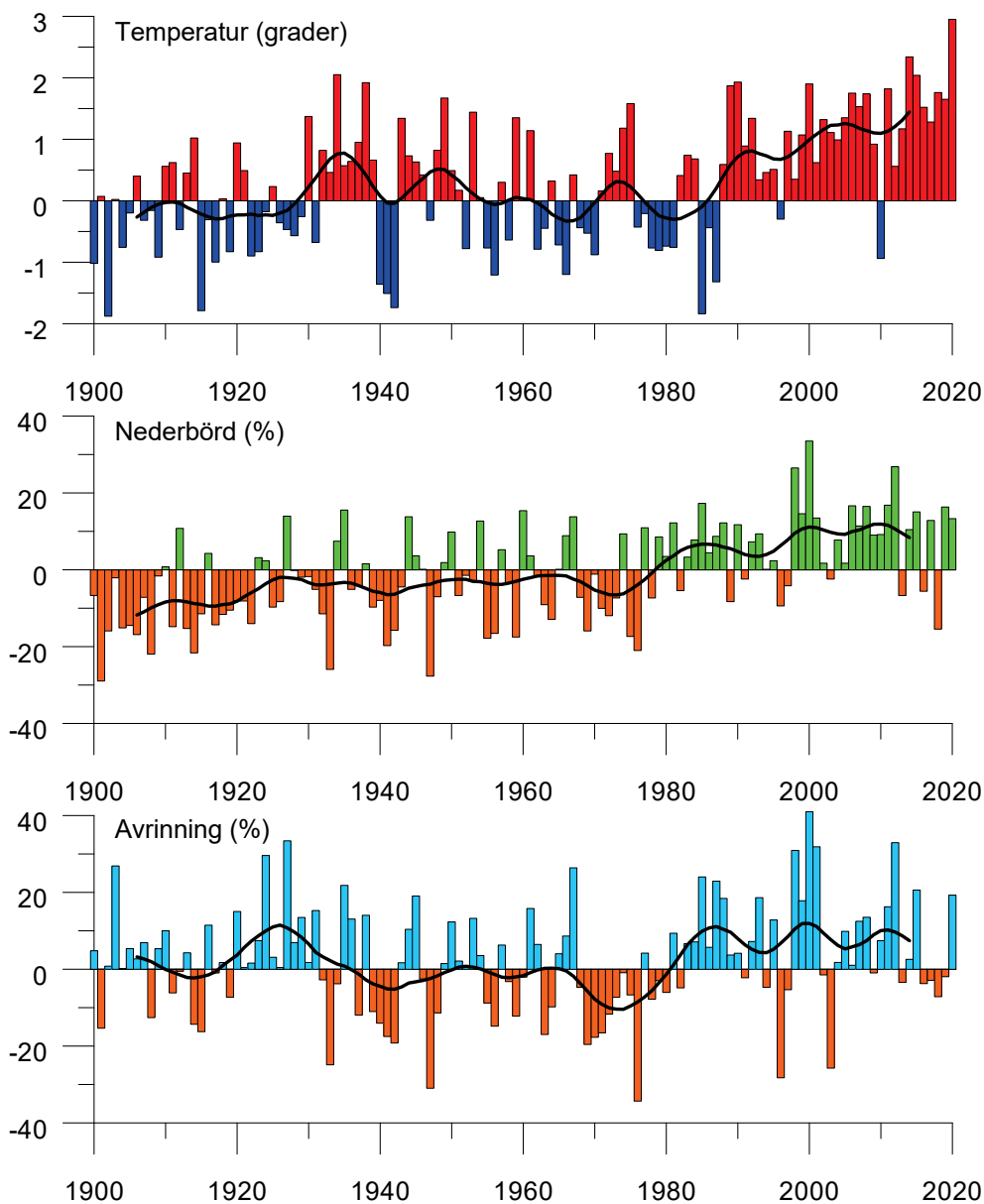
Figur 6 visar avrinningen för en region som är en sammanslagning av de fyra längsta mätserierna i landet: Dalälven vid Fäggeby, Eskilstunaån vid Hyndevad (förlängd med hjälp av Motala 1858–1888), Motala ström vid Motala och Göta älv vid Väneren). Mönstret under åren från och med år 1900 är liknande det i figur 4 för hela landet, men enligt mätningarna i figur 6 var avrinningen högre under andra halvan av 1800-talet än därefter.



Figur 6. Avvikelser (från 1961–1990) i den summerade vattenföringen enligt Sveriges längsta mätserier; Dalälven vid Fäggeby, Eskilstunaån vid Hyndevad (förlängd med hjälp av Motala 1858–1888), Motala ström vid Motala och Göta älv vid Väneren.

Temperatur, nederbörd och avrinning sammanfattas i figur 7. Temperaturen under enskilda år avvek som mest med ungefär 2 grader upp och ner i förhållande till referensvärdet, förutom år 2020 som var det varmaste året i analysen, med en avvikelse på nära 3 grader. Temperaturen karaktäriseras av två milda perioder: 1930- och 1940-talen, med avbrott för krigsåren 1940–42, samt perioden från och med 1988. Första och andra halvorna av 1900-talet var väldigt lika vad gäller medelvärdena för både temperatur och avrinning (tabell B). Enligt mätningarna har däremot nederbörden ökat under nästan hela perioden. Ökningen av den uppmätta nederbörden under 1900-talet motsvaras alltså inte av en samtidig ökning av avrinningen. En möjlig förklaring är att avdunstningen skulle ha varit högre under andra halvan av 1900-talet, men detta styrks inte av en ökad

medeltemperatur under samma period. Från 1970-talet har nederbörden och avrinningen däremot ökat på liknande sätt. Skillnaden i trend mellan nederbörd och avrinning diskuterades i större detalj av Hellström och Lindström (2008), som kom fram till att skillnaden troligen till stor del beror på att nederbörden numera mäts mer noggrant.

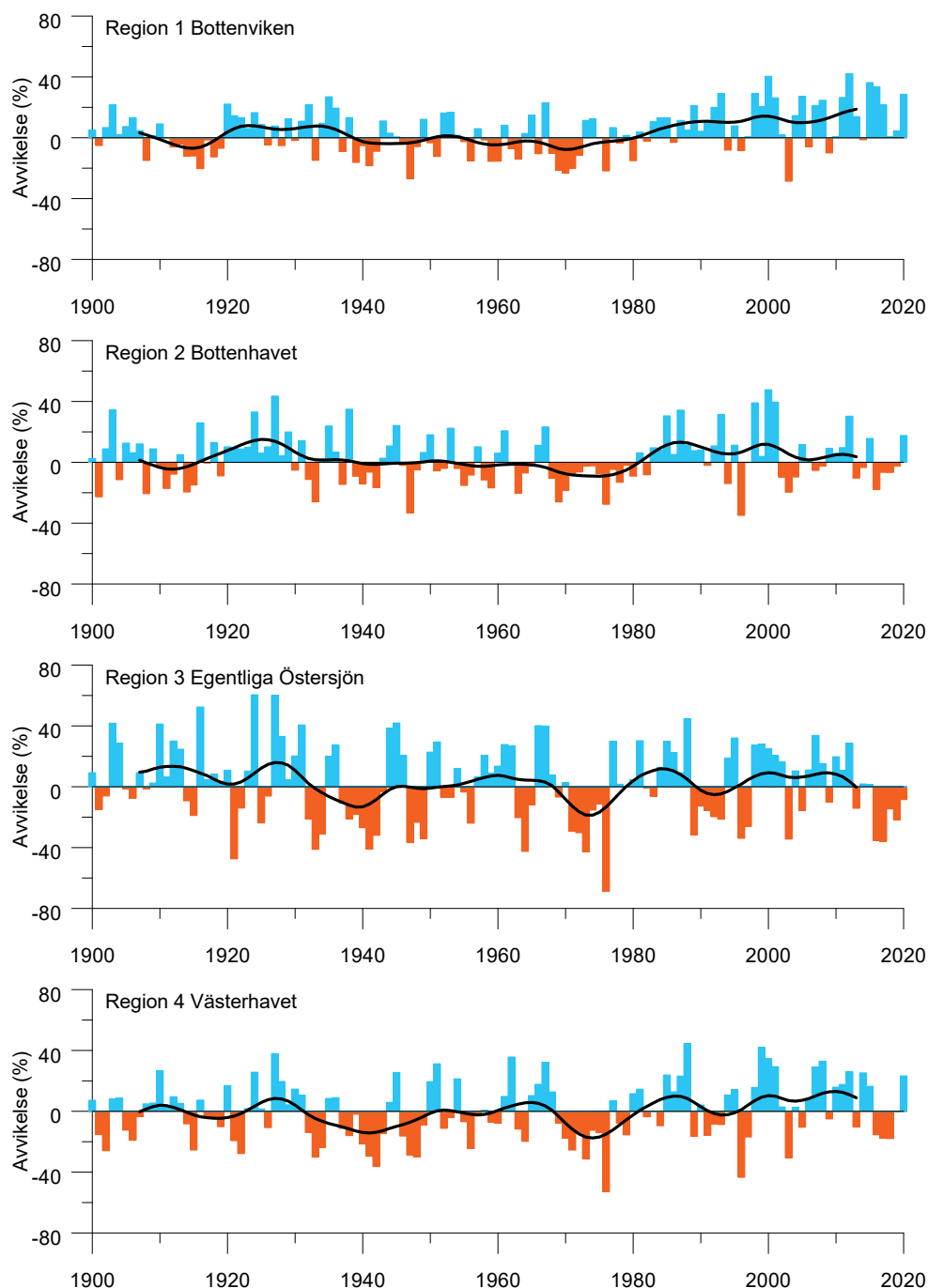


Figur 7. Avvikelse (från 1961–1990) i temperatur, nederbörd och summerad vattenföring från Sveriges yta, årsvärden. Temperatur och nederbörd nedladdade juni 2022 från SMHI:s hemsida, klimatindikatorer.

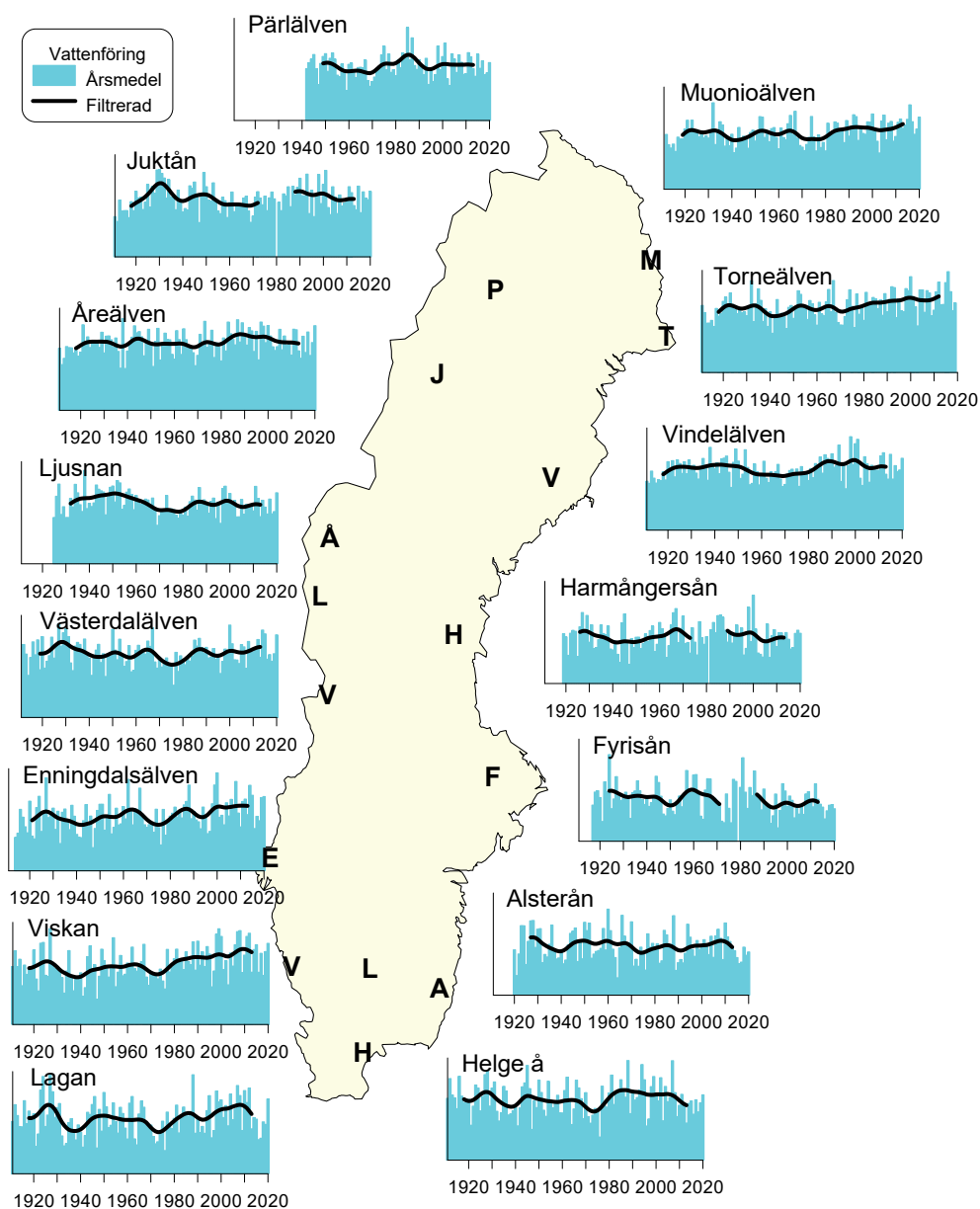
Tabell B. Uppskattade avvikelser i långtidsmedelvärden för hela Sverige för nederbörd (P), temperatur (T) och avrinning (Q) jämfört med 1951–2000.

Period	P (%)	T (°C)	Q (%)
1901–1950	-8	-0.1	0
1951–2000	0	0	0
2001–2020	+8	+1.2	+5

De regionala mönstren i avrinning framgår av figurerna 8 och 9. Ökningen av flödena är mest framträdande i den nordvästra delen av landet, region 1 Bottenviken, där perioden efter det torra 1970-talet har varit ovanligt blöt.

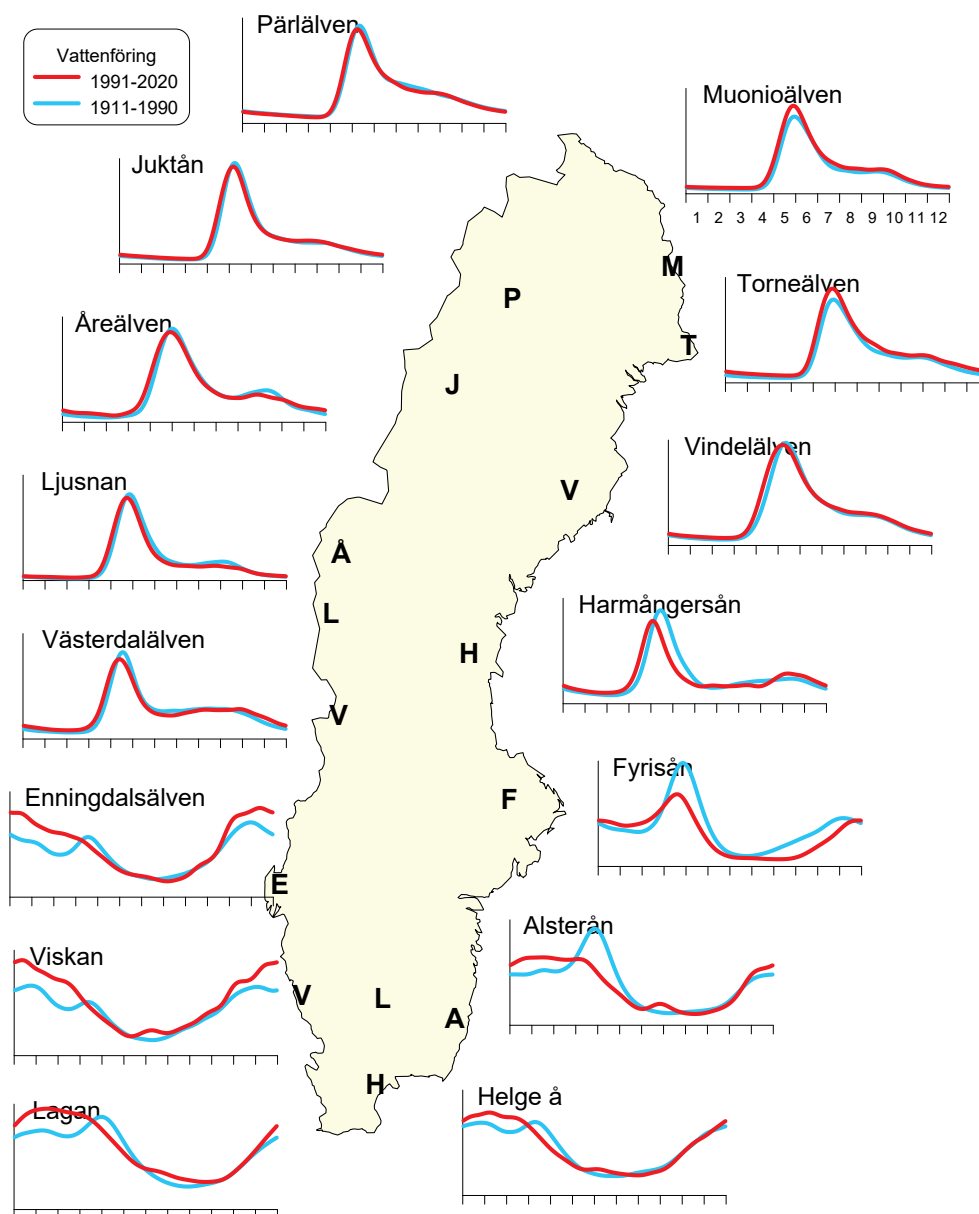


Figur 8. Avvikelsen (från 1961–1990) i summerad vattenföring från Sveriges yta till de fyra omgivande havsbassängerna, årsvärden.



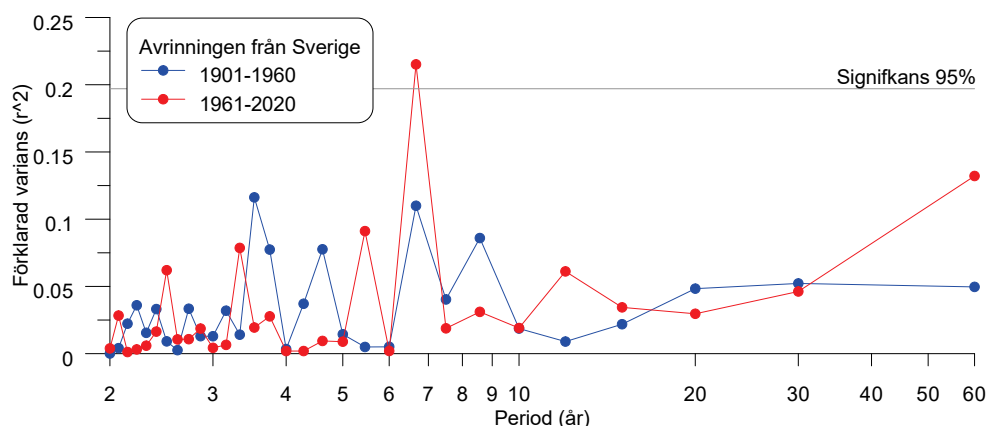
Figur 9. Medelvattenföringen varje år för utvalda stationer. De olika diagrammen har olika skalor på y-axeln så att variationen över tiden ska framgå så tydligt som möjligt. Första bokstaven i namnet anger var stationen ligger.

Figur 10 visar hur avrinningen har fördelat sig över året, under de senaste 30 åren, jämfört med tidigare. Under den senaste, milda, perioden har vinteravrinningen främst i de sydliga områdena varit högre än tidigare. Den förhöjda vinteravrinningen i nordiska vattendrag påpekades även av Hisdal m.fl. (2004). Snösmältningen sker även en aning tidigare i enlighet med den högre temperaturen under senare år (figur 10).



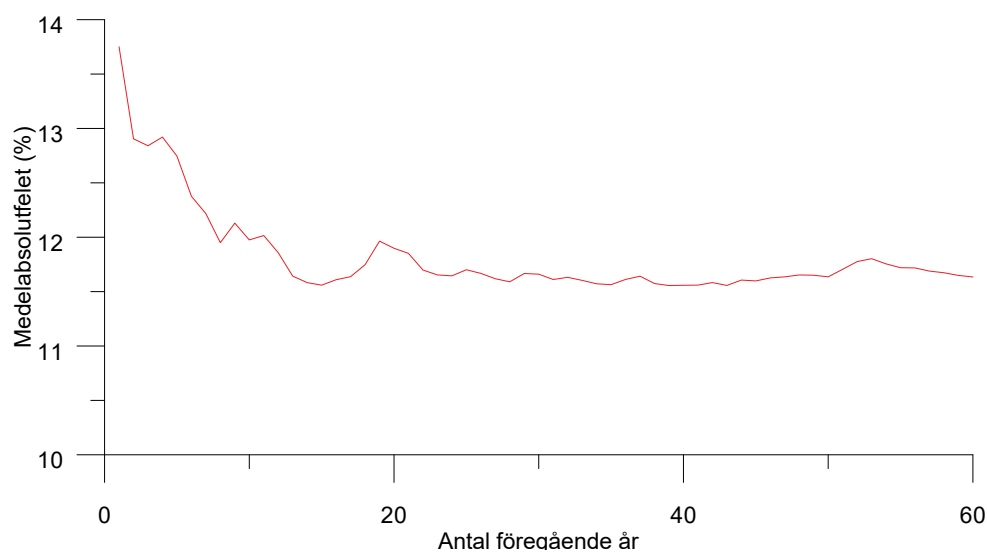
Figur 10. Avrinningens fördelning över året för åren före respektive efter 1990, för ett urval av stationer med långa observationsserier. De olika diagrammen har olika skalor på y-axeln så att variationen över tiden ska framgå så tydligt som möjligt. Första bokstaven i namnet anger var stationen ligger.

En antydning till periodicitet på 7 år noterades vid uppdelningen av avrinningen i periodiska komponenter (figur 11). När hela tidsperioden 1901–2020 delades i två delar var 7-årssvängningen dock endast signifikant, med 95 % konfidens, för ena halvan. En periodicitet om 7 år redovisades för Göta älv (tillsammans med 14.6 år och 30.2 år) av Pekárová et al. (2003).



Figur 11. Uppdelning i periodiska komponenter för avrinningen från hela landet.

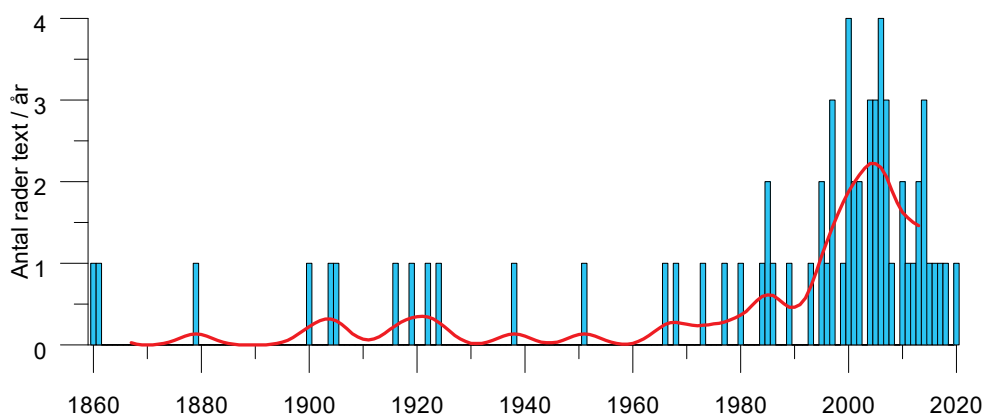
Figur 12 visar hur väl avrinningen under ett godtyckligt år kan uppskattas med hjälp av medelvärdet för mätningarna under de föregående åren. Enligt resultatet spelar det ingen större roll hur många år man baserar uppskattningen på så länge som man använder minst 30 år. 30 år är också den vanligen använda referensperiodens längd.



Figur 12. Medelabsolutfelet i uppskattningen av avrinningen nästföljande år baserat på de föregående åren, för avrinningen för hela landet 1901–2020. Den vanligen använda referensperiodens längd är 30 år.

2.2 HÖGA FLÖDEN

Många höga flöden har inträffat i Sverige under senare år, vilket har fått stor uppmärksamhet, till exempel vårlödena i Norrland 2018. Höga flöden har emellertid alltid inträffat och dessutom alltid överraskat, se exempelvis Lindström (2002) angående diskussionen efter Spölandsflödet i Umeälven 1938. Figur 13 och tabell C visar subjektiva sammanställningar över inträffade flöden i landet. Figuren är helt enkelt en summering av antalet rader med text om höga flöden per år på SMHI:s hemsida (kunskapsbanken, historiska översvämningar). Ofta handlar det om intensiva sommarregn som ger översvämningar i städer. Dessa flöden framträder i allmänhet inte alls lika tydligt i SMHI:s hydrologiska mätningar, som mestadels görs i större vattendrag.



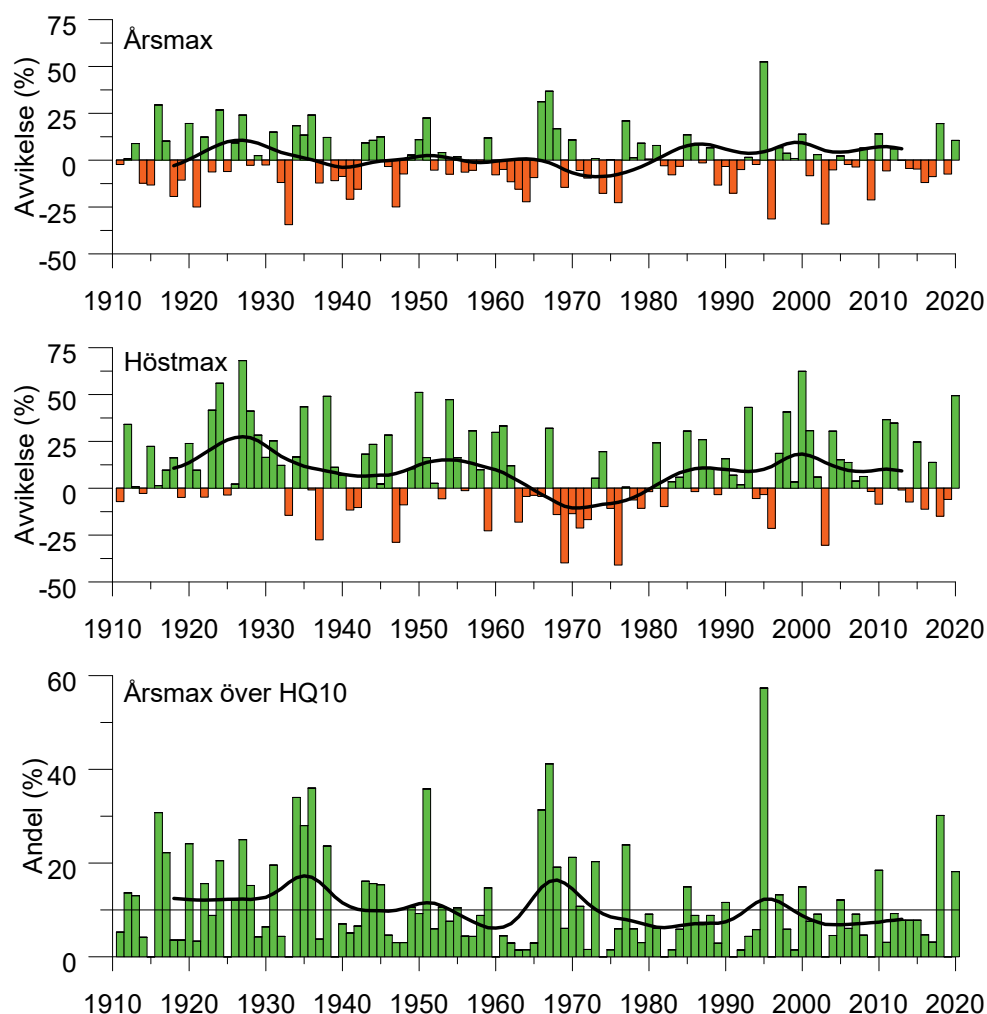
Figur 13. Antal rader med text om höga flöden per år på SMHI:s hemsida (kunskapsbanken, historiska översvämningar), nedladdat 2021.

Tabell C. Några höga flöden och översvämningar i Sverige under perioden 1860–2020.

2020	Många höga flöden i början av året i södra Sverige
2018	Ovanligt kraftig snösmältning och vårflood i stora delar av framförallt östra Svealand och Norrland
2014	Skyfall i bl.a. Malmö, Suseån, Kristinehamn och Kvänum
2010	Vårflood i södra Sverige efter ovanligt djupt snötäcke
	Vårflood i norra Sverige i samband med en tidig värmeperiod i maj
	Sommarflöden i bl.a. många städer i södra Sverige
2008	Kraftig vårflood i stora delar av Norrland
2007	Översvämningar i Götaland under högsommaren
	Beskedlig vårflood utom i nordöstra Norrland
	Höstens högflöden fortsatte under januari
2006	Översvämningar och jordskred
	Skyfall orsakade ras vid Ånn
	Vårflooden i norra Sverige
	Vårflooden i södra Sverige
2005	Varmt väder gav intensiv vårflood i fjällen
	Hög vårflood i Torneälven
	Höga flöden i stormen Gudruns spår
2004	Sommarflöden i norr och söder
	Ett sommarflöde från Kebnekaise till Bottenviken på 6 dygn
	Skyfall i Värmland
2003	Sommarflöden i Småland

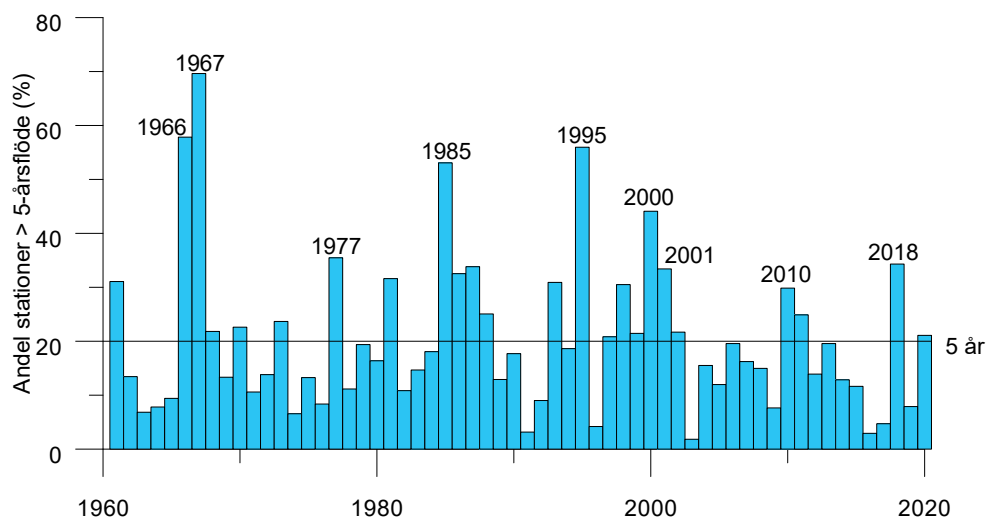
2002	Extrema vattenflöden i södra Götaland
2001	Sommarnederbörden 2001 Översvämningar i Sundsvallstrakten
2000	Sommaröversvämningar i södra Norrland Höstflöde i Värmland och Dalarna (Vänern)
1998	Augustiflöden i Umeälven och Ångermanälven
1997	Ras i Syslebäck Regnkatastrof på Fulufjället Översvämningar i Pitetrakten
1996	Östergötland och nordöstra Småland
1995	1900-talets högsta flöden i ett flertal oreglerade vattendrag i mellersta och norra Sverige Vårflod i södra Sverige
1993	Extrema sommarflöden i reglerade norrlandsälvar
1989	Sommarflöde i Luleälven
1986	Vårflöde i Dalarna och Hälsingland
1985	Höstflöde i Dalarna och Hälsingland, Noppikoskidammen havererar
1984	Svår islossning i Torneälven
1980	Kritiskt vinterflöde i norra Skåne och angränsande delar av landskapen
1977	Extrem vårflood i Bergslagen
1973	Dammolycka i Syslebäck
1968	Torneälven
1966	Södra Sverige och Dalälven
1951	Höga flöden i sydvästra Sverige och Götaland
1938	Spölandskatastrofen i Umeälven
1924	Kraftiga flöden i södra Sverige
1922	Luleälven
1919	Södra och mellersta Norrlands kusttrakter
1916	1900-talets värsta översvämningar i Dalälven inträffar Klarälven och Karlstad
1905	Tappningskatastrof, Arpojaure/Arpujärvi, Kiruna kommun
1904	Extremt vattenstånd i Mälaren
1900	Översvämning i Fyrisån
1861	Torrläggning av Vuontisjärvi, Norrbottens län
1860	1800-talets värsta översvämningar i Dalälven inträffar

Genomgången av SMHI:s långa mätserier antyder inte en lika dramatisk ökning av frekvensen av höga flöden som vad figur 13 och tabell C kan ge ett intryck av. Figur 14 visar sammanställningar av de högsta flödena i landet, baserat på de 69 stationerna med långa observationsserier. Vissa år har varit ovanligt flödesrika, till exempel 1934–36, 1951, 1966, 1967, 1995 och på senare tid 2010, 2018 och 2020. Med höstflöden avses här månaderna från och med juli till och med februari. I större delen av landet orsakar oftast snösmältningen under våren det högsta flödet under året (se till exempel figur 10). Vad som visas som höstflöden i figur 14 är alltså egentligen snarare flöden som domineras av regn. Det är intressant att notera att somrarna 2010 och 2014 med många skyfall i södra Sverige inte framträder bland höstflödena i figur 14. Antalet höga flöden av den typen var till och med lägre än vanligt under dessa två åren.



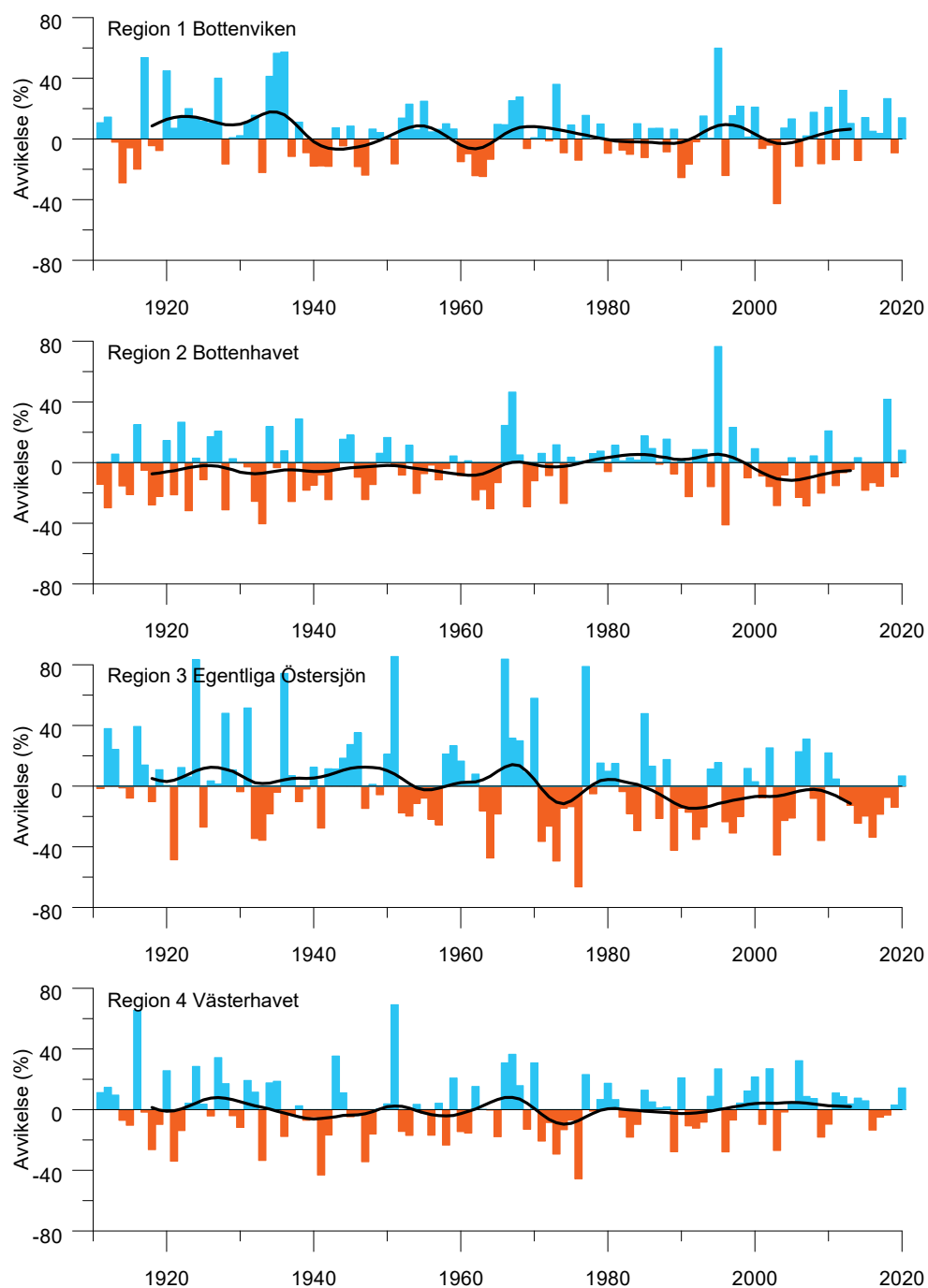
Figur 14. Överst: Medelavvikelsen (från 1961–1990) i nivån för det högsta flödet för varje år, hela Sverige. Mitten: Medelavvikelsen (från 1961–1990) i nivån för det högsta höstflödet för varje år, hela Sverige. Med höst avses här månaderna från och med juli till och med februari, dvs egentligen snarare regndominerade flöden. Nederst: Frekvens av 10-årsflöden HQ10 (andel av stationerna) för hela landet. 10-årsflödena avser hela perioden.

Figur 15 visar alla flöden över 5 års återkomsttid för alla stationerna i S-HYPE, även stationer i reglerade vattendrag. Figur 15 omfattar fler stationer än figur 14, men för en kortare period. Tendensen i figur 15 är snarare minskande än ökande, sannolikt mest beroende på att en del regleringar kom till under 1960- och 1970-talen. De mest framträdande åren är delvis desamma i de två figurerna, men till exempel syns 1995 inte lika tydligt i analysen för alla stationerna (figur 15), eftersom det flödet till stor del hanterades av regleringsmagasinen i de reglerade älvarna.

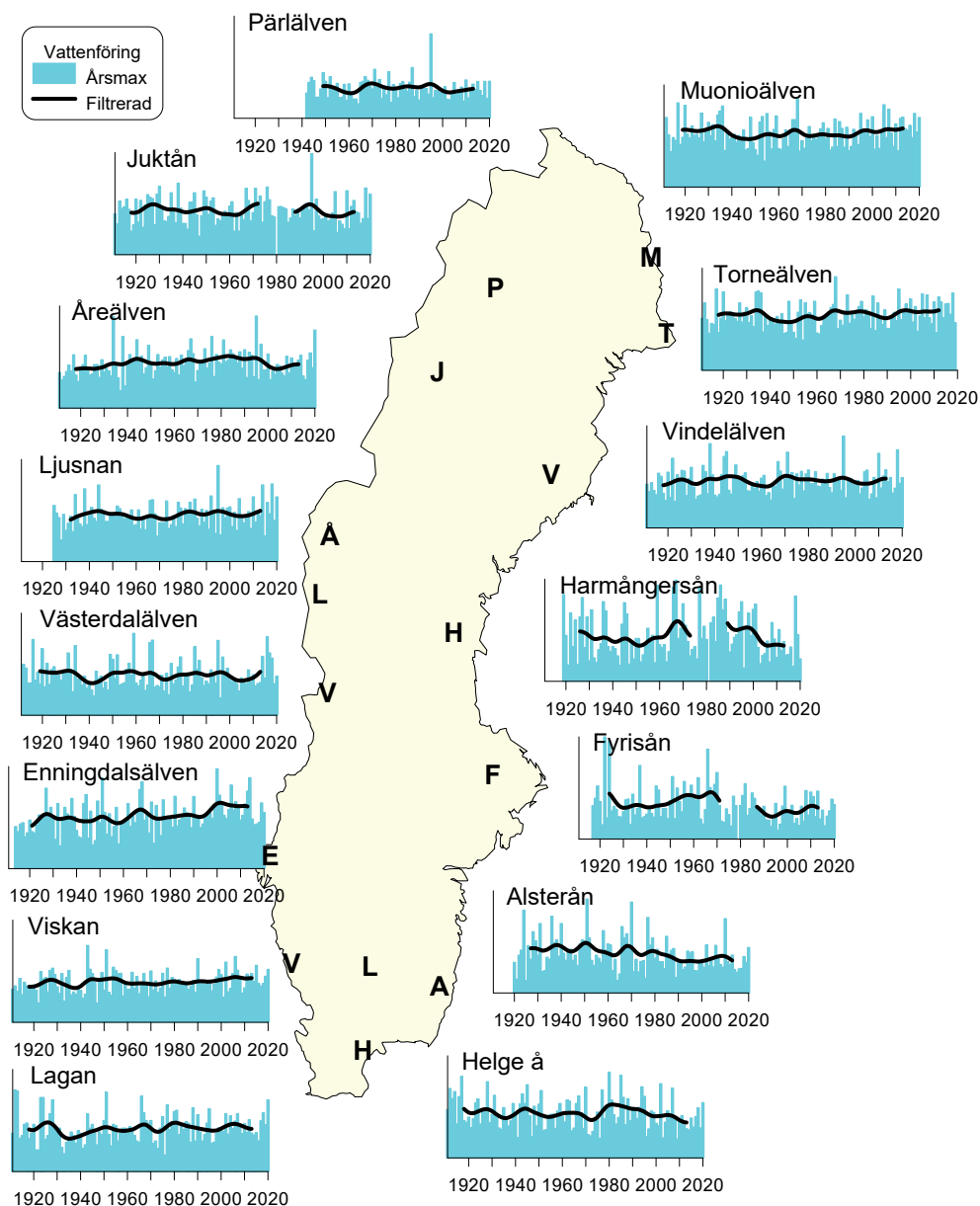


Figur 15. Frekvens av 5-årsflöden (andel av stationerna) för hela landet. 5-årsflödena avser hela perioden, för 542 stationer i S-HYPE-modellen med minst 5 års data, inklusive reglerade.

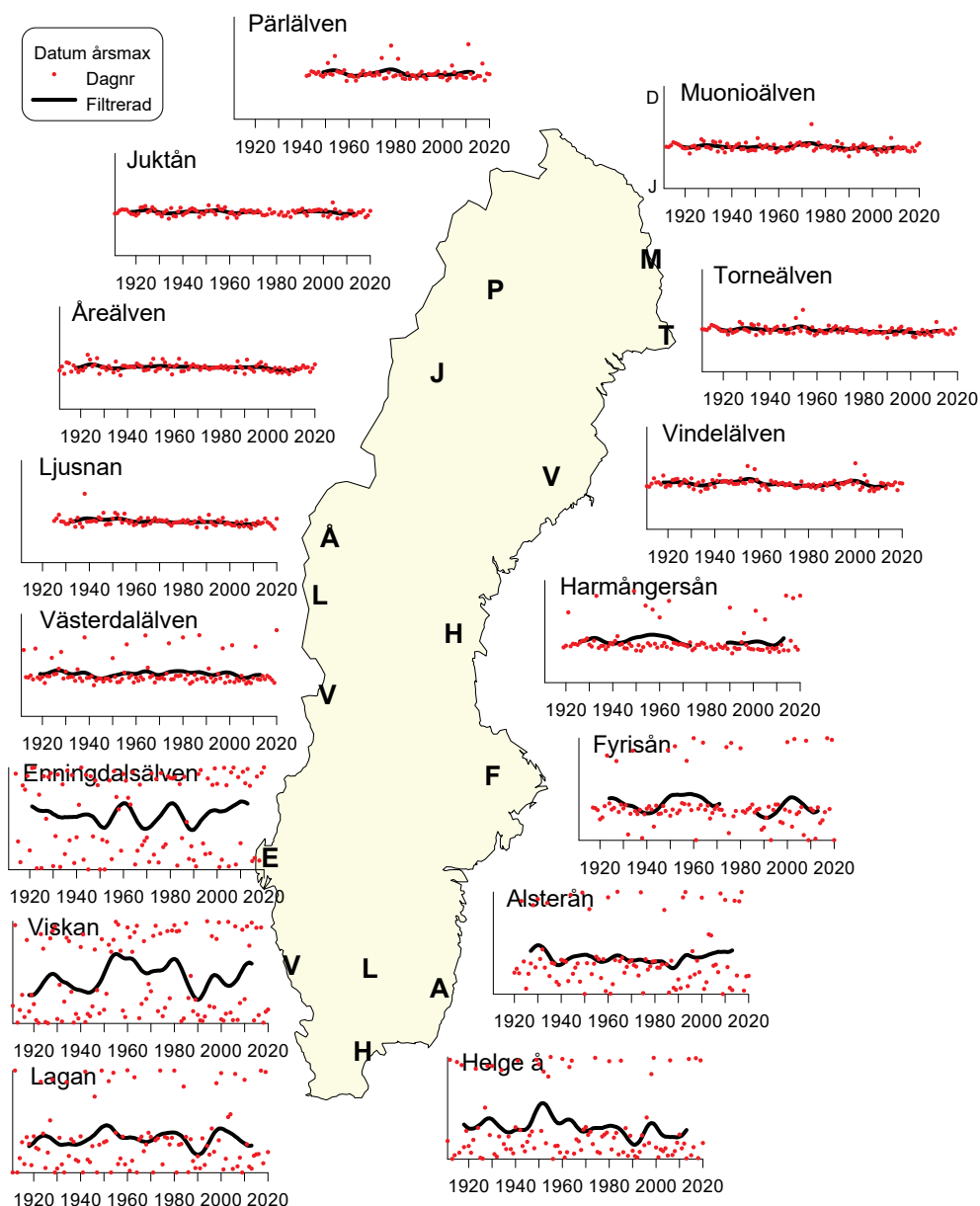
Figur 16 visar den genomsnittliga avvikelsen för det högsta flödet för varje år för de fyra regionerna. Stationsunderlaget är tyvärr ganska glest i början av analysen, och resultaten för region 1 är särskilt osäkra de första åren. Man kan i figurerna inte se några tydliga förändringar av storleken eller frekvensen av höga flöden. Man kan dock notera att det inträffade förhållandevis få höga flöden under 1970-talet, liksom att högflödena i sydöstra Sverige under senare år har varit ganska låga jämfört med tidigare. Figur 17 visar det regionala mönstret i förekomsten av höga flöden för utvalda långa vattenföringsstationer. Figur 18 visar när under året som årets högsta flöde har inträffat, för samma stationer. Figuren visar inga dramatiska förskjutningar i tidpunkten för inträffandet av de högsta flödena, men en tendens till tidigare vårflöden i norr kan urskiljas. Kulmen har där skett cirka en till två veckor tidigare i slutet av beräkningsperioden än i början av densamma, med tydligast tendens för stationerna i Torneälven och Ljusnan.



Figur 16. Genomsnittlig avvikelse för det högsta flödet under året för de fyra regionerna.

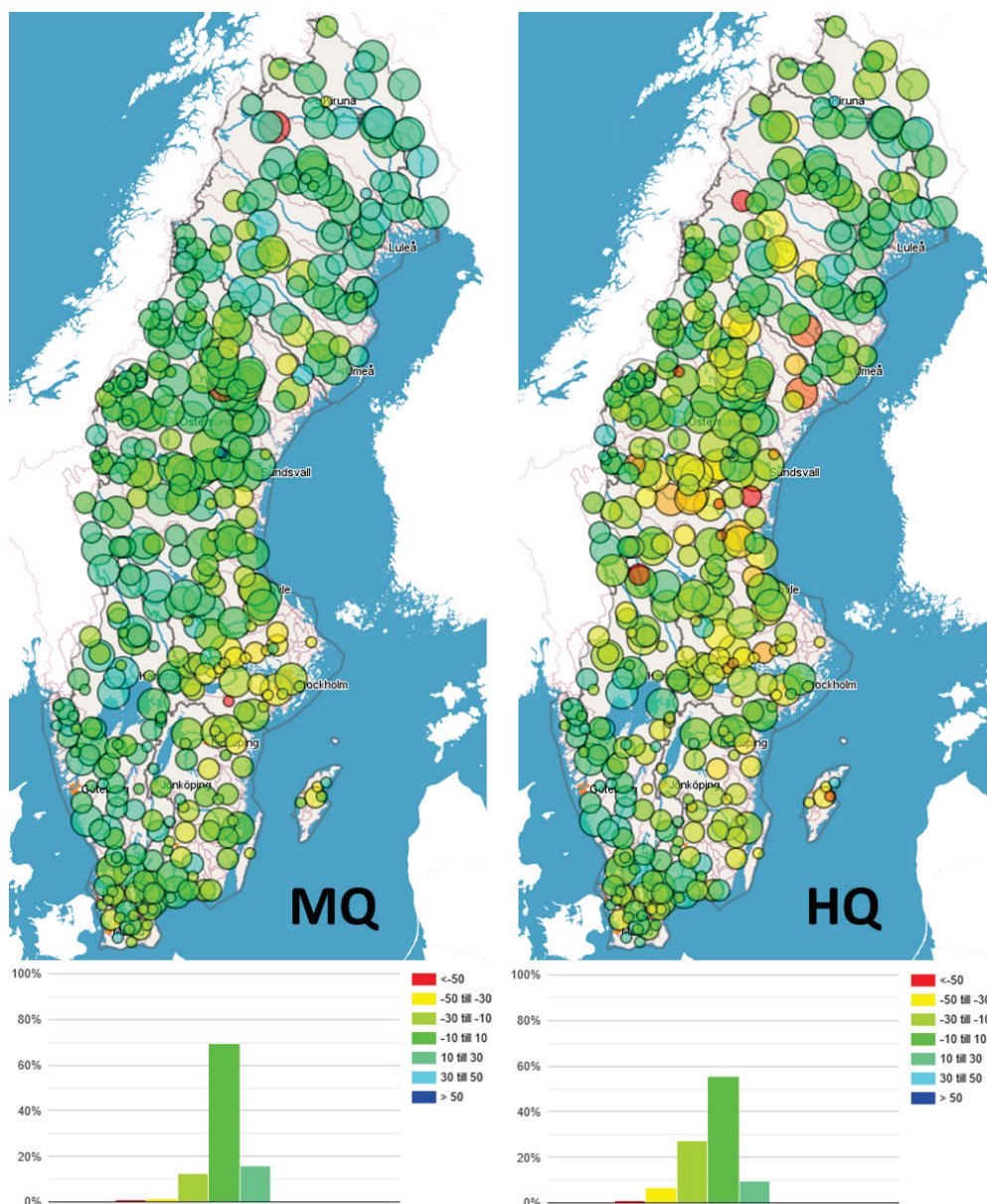


Figur 17. Högsta vattenföringen (dygnsvärden) för varje år för utvalda stationer. De olika diagrammen har olika skalor på y-axeln så att variationen över tiden ska framgå så tydligt som möjligt. Första bokstaven i namnet anger var stationen ligger.



Figur 18. Tidpunkt under året för det högsta uppmätta flödet för utvalda stationer med långa observationsserier. Skalan är densamma för alla diagrammen: från 1 januari – 31 december, se diagrammet för Muonioälven.

Figur 19 visar en regional analys av tendenserna i medelavrinning (årsmedel) och årsmax för alla stationerna i S-HYPE. Medelavrinningen har enligt figuren ökat en aning i nordväst, alltså samma tendens som i Figur 8. Liksom i Figur 16 syns även en tendens till lägre årsmax i regionerna Bottenviken och Egentliga Östersjön.



Figur 19. Förändring i procent (linjär anpassning) över 30 år under 1961–2020, för alla stationer i S-HYPE med minst 30 års data. MQ (t.v.) = årsmedelvattenföring, HQ (t.h.) = högsta vattenföring per år.

Sammantaget visar figurerna 14–19 inte på någon tydlig förändring över tid i frekvensen av höga flöden. Liknande slutsatser har dragits i ett antal tidigare studier (tabell D). Om något är tendensen snarare minskande, beroende på kortare vintrar och lägre vårflöden, vilket även är vad klimatscenarier redovisade av Arheimer och Lindström pekade på. Ytterligare en osäkerhet att ta i beaktande är

mätosäkerheterna i främst gamla data, vilka påverkar trendanalyser (se diskussionen i exempelvis i Lindström, 2002).

Tabell D. Sammanfattning av tidigare studier av höga flöden i Sverige.

Referens	Citat
Lindström (1993)	"No convincing evidence of trends was found. The 1980-ies had larger floods than usual, whereas the 1970-ies had few high floods, especially, in the autumn."
Lindström (2002)	"Ingen ökad frekvens av mycket höga flöden, med en återkomsttid om minst 10 år, kunde konstateras."
Lindström Bergström (2004)	"It is therefore difficult to conclude that flood levels are actually increasing."
Hellström och Lindström (2008)	"Storleken och frekvensen av höga flöden är relativt stabil."
Lindström (2011)	"Storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabil."
Arheimer och Lindström (2015)	"The results show that the changes in annual maximum daily flows in Sweden oscillate between dry and wet periods but exhibit no significant trend over the past 100 years."
Blöschl m.fl. (2017)	"...however, no consistent large-scale climate change signal in observed flood magnitudes has been identified so far."
Losjö m.fl. (2019)	"Antalet stationer varierar för olika delar av landet, men analysresultatet visar inte på någon långsiktig trend i storleken av flödestopparna."

Att översvämningar och höga flöden fått så stor uppmärksamhet under senare år, trots att frekvensen av höga flöden vid SMHI:s mätstationer inte har ökat på motsvarande sätt enligt de analyserade serierna, kan bero på flera faktorer. Dels har samhällets sårbarhet ökat, med ökad bebyggelse, mer hårdgjorda ytor och infrastruktur, dels följde en mer flödesrik period på det torra 1970-talet, och dels har många av de höga flödena under senare år varit regnflöden. Regnflödena är svårare att prognostisera än snösmältningsflöden, och inträffar därför mer överraskande. Många snösmältningsflöden maskeras också av regleringen i utbyggda vattendrag.

3 Slutsatser

Under perioden 1901–2020 var 1970-talet var det torraste årtiondet, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var de blötaste årtiondena (knappt 10% blötare än normalperioden). Medelavrinningen under den nya normalperioden 1991–2020 var cirka 7% högre än den föregående normalperioden 1961–1990, med störst ökning i norr.

Vattentillgången kan sägas ha varit avtagande under första delen av 1900-talet, men ökande från 1970-talet. Sett över hela perioden 1901–2020 ökade avrinningen en aning. Inga återkommande cykler med någon viss periodicitet kunde påvisas. Minst 30 års data, dvs en normalperiod, bör användas som uppskattning av vattentillgången.

Storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabila. Vinterflödena är något högre och vårfloden inträffar aningen tidigare än förr. Informationsmängden om höga flöden kan ge intrycket att höga flöden faktiskt blir vanligare. Mätosäkerheterna i främst gamla data är betydande och påverkar trendanalysen.

Höga flöden i vattendrag orsakas oftast av andra faktorer än kortvariga skyfall. Skyfallsproblemen hänger mest ihop med bebyggelse.

4 Referenslista

- Alexandersson, H. (2002) *Temperatur och nederbörd i Sverige 1860–2001*. SMHI Rapport Meteorologi Nr 104.
- Arheimer, B. & Lindström, G. (2015) Climate impact on floods: changes in high flows in Sweden in the past and the future (1911–2100), *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 771–784, doi:10.5194/hess-19-771-2015, 2015.
- Blösch, G. et al. (2017) Changing climate shifts timing of European floods. *Science* 11 Aug 2017: Vol. 357, Issue 6351, pp. 588–590. DOI: 10.1126/science.aan2506
- Brandt, M. & Ehlert, K. (1996) *Avrinningen från Sverige till omgivande hav*. SMHI Rapport Hydrologi Nr 65.
- Hansen, E. (1971) *Analyse av Hydrologiske Tidsserier*. Laboratoriet for Hydraulik, Danmarks Tekniske Højskole, Polyteknisk Forlag.
- Hellström, S. & Lindström, G. (2008) *Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden*. SMHI Rapport Hydrologi nr 110.
- Hisdal, H., Holmqvist, E., Hyvärinen, V., Jónsson, P., Kuusisto, E., Larsen, S., Lindström, G., Ovesen, N.B. & Roald, L. (2003) *Long time series - A review of Nordic studies*. Report by the CWE Long Time Series group. Report no. 2, prepared for the CWE project, Reykjavik, Iceland.
- Hisdal, H., Holmqvist, E., Kuusisto, E., Lindström, G. & Roald, L.A. (2004) *Has streamflow changed in the Nordic countries?* Contribution to the Nordic Hydrological Conference in Tallinn, Estonia, August 2004., NHP Report No. 48, pp. 633–643.
- Lindström, G. (1993) *Floods in Sweden - Trends and occurrence*. SMHI Reports Hydrology, No. 6, 1993, Norrköping.
- Lindström, G. (2002) *Vattentillgång och höga flöden i Sverige under 1900-talet*. SMHI, RH Nr 18, 2002. (även Elforsk rapport 02:39, Stockholm).
- Lindström, G. (2011) *Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860–2010*. Elforsk rapport 11:73.
- Lindström, G. & Alexandersson, H. (2004) Recent mild and wet years in relation to long observation records and climate change in Sweden. *Ambio*, Volume XXXIII, Number 4–5, June 2004, pp. 183–186.
- Lindström, G. & Bergström, S. (2004) Runoff trends in Sweden 1807–2002. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 49, No. 1, pp. 69–83.
- Lindström, G., Hisdal, H., Holmqvist, E., Jónsdóttir, J.F., Jónsson, P., Kuusisto, E. & Roald, L. (2006) *Regional precipitation, temperature and runoff series in the Nordic countries*. Contribution to the European Conference on Impacts of Climate Change on Renewable Energy Sources, Reykjavik, Iceland, June 5–9, 2006, pp. 155–158.

- Losjö, K., Södling, J., Wern, L. och German, J. (2019) Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden. *KLIMATOLOGI* Nr 51, 2019.
- Pekárová, P., Miklánek, P., Pekár, J. (2003) Spatial and temporal runoff oscillation analysis of the main rivers of the world during the 19th –20th centuries. *Journal of Hydrology* 274 (2003) 62–79.
- Strömqvist, J., Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C. & Lindström, G. (2012) Water and nutrient predictions in ungauged basins: set-up and evaluation of a model at the national scale, *Hydrological Sciences Journal*, 57:2, 229-247.

KLIMAT, VATTENTILLGÅNG OCH HÖGA FLÖDEN I SVERIGE 1860–2020

Den här rapporten beskriver långtidsvariationen i nederbörd, temperatur, vattentillgång och höga flöden i Sverige under perioden 1860–2020, med särskild tonvikt på frågeställningar av betydelse för vattenkraftindustrin. Utgångspunkten för studien är regionala serier för tillrinningsområdena till de fyra havsbassängerna Bottenviken, Bottenhavet, egentliga Östersjön och Västerhavet.

I rapporten presenteras resultat från analys av storlek, timing och frekvens av höga flöden. Analysen visade bland annat att: storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabil, att temperaturen har varit ovanligt hög under senare år, med ett temperaturöverskott runt 1 grad i hela landet. Under perioden 1901–2020 var 1970-talet det torraste årtiondet, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var de blötaste årtiondena. Medelavrinningen under den nya normalperioden på 30 år, 1991–2020, var cirka 7% högre än den föregående, med störst ökning i norr. Mätosäkerheterna, i främst gamla data, är betydande och påverkar möjligheten till tillförlitliga trendanalyser.

Ett nytt steg i energiforskningen

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



Energiforsk