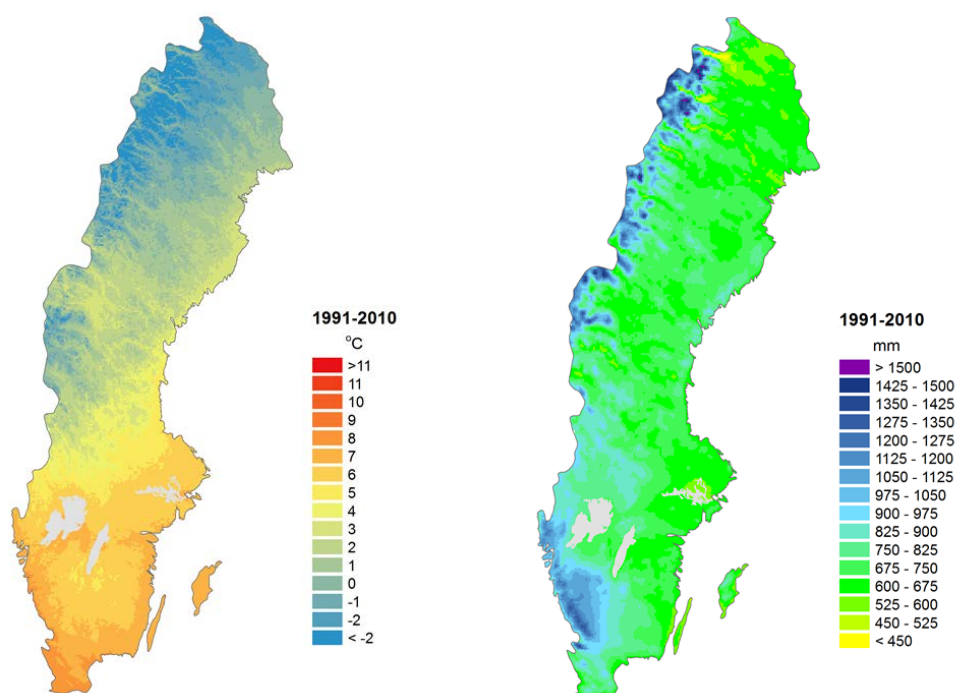


Sveriges klimat 1860-2014

Underlag till Dricksvattenutredningen

Gunn Persson



Pärmbild: Kartorna visar temperatur (°C) respektive nederbörd (mm), årsmedelvärden för perioden 1991-2010. De baseras på data från PTHBV-databasen, som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korrigerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer

KLIMATOLOGI Nr 13, 2015

Sveriges klimat 1860-2014

Underlag till Dricksvattenutredningen

Gunn Persson

Sammanfattning

Den statliga utredningen "En trygg dricksvattenförsörjning" ska identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenhantering i Sverige. En utgångspunkt ska vara klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen.

Som ett underlag till utredningen har SMHI tagit fram denna sammanställning över Sveriges klimat fram till idag, speciellt med fokus på perioden 1961-2013

I rapporten sammanställs material över Sveriges klimat, framförallt från www.smhi.se men även från rapporter och andra SMHI-källor. Materialet är alltså inte homogent avseende tidsperioder, geografisk fördelning eller metoder.

Sverige har de senaste årtiondena haft en varm och blöt period. Temperaturökningen har under de senaste 20 åren varit ca 1 °C (årsmedelvärde). Vegetationsperioden har ökat främst, i norra Sverige.

1970-talet var torrt, men sedan dess har nederbörden ökat, framförallt under sommaren. Idag är årsnederbörden vanligen över 600 mm. Den ökade nederbörden syns mest för de sydvästliga delarna av landet.

Avseende avrinning var år 2000 mest extremt. Det är också året med mest nederbörd. Kraftiga regn i städer kan direkt orsaka problem med översvämningar och de senaste åren har flera fall uppmärksamats ex. Göteborg 2010 och Malmö 2014.

Havsnivån har stigit och takten har ökat de senaste 30 åren. Den pågående landhöjningen motverkar havsnivåhöjningen, men svagt i södra Sverige.

Isläggningen sker allt senare och islossningen allt tidigare för flertalet sjöar.

I rapporten beskrivs även kortfattat problematiken kring vattenstånd och översvämningssrisker för Vänern och Mälaren.

Summary

The governmental report "En trygg dricksvattenförsörjning" ("A safe water supply") aims to identify current and potential challenges for safe management of drinking water in Sweden. One starting point will be the expected effects of climate change on the drinking water supply.

SMHI has produced this summary of the Swedish climate up until today, which particularly focuses on the period 1961-2013, and forms an important contribution to the governmental report.

The report summarises material concerning Sweden's climate, in particular from www.smhi.se, but also from reports and other SMHI sources. The material is therefore not homogenous concerning time periods, geographic distribution or methods.

The last few decades have been warm and wet for Sweden. Over the last 20 years the temperature has increased by about 1 °C (yearly annual mean). The vegetation period has become longer, in particular in northern Sweden.

The 1970s were dry, but precipitation has increased since then, in particular during the summers. Annual precipitation now usually reaches over 600 mm. The increase in precipitation is most noticeable in the south western parts of the country.

The year 2000 reached an extreme for run-off and is also the year with highest precipitation. Torrential rain in cities can cause immediate problems with flooding and over the last few years several cases have been noted, such as Göteborg in 2010 and Malmö in 2014.

The sea level has risen and the rate has increased over the last 30 years. The current land uplift counteracts the rise in sea level, although only weakly in southern Sweden.

The ice season has started later and ice break-up starts earlier and earlier for most of the lakes.

The report also summarises the problems concerning sea level and flood risk for Lake Vänern and Lake Mälaren.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	INLEDNING	1
3	TEMPERATUR	1
3.1	Sveriges temperatur i perspektiv	1
3.2	Normalperioder	5
3.3	Årsmedeltemperatures avvikelse från 1961-1990	7
3.4	Månadsmedeltemperaturer avvikelse från 1961-1990	10
3.5	Extremtemperaturer	14
3.6	Länsanalyser	16
4	VEGETATIONSPERIOD	17
4.1	Vegetationsperiodens längd från 1960	17
4.2	Vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt	19
5	NEDERBÖRD	21
5.1	Sveriges årsnederbörd i perspektiv	21
5.2	Normalperioder	23
5.3	Årsnederbördens avvikelse från 1961-1990	25
5.4	Månadsnederbördens avvikelse från 1961-1990	27
6	EXTREM NEDERBÖRD	30
6.1	Extrem dygnsnederbörd	30
6.2	Extrem arealnederbörd	33
6.3	Svenska nederbördsrekord	33
6.4	Torka	34
7	SNÖ	34
8	AVRINNING	36
8.1	Vattenföring i Sverige 1860-2010	40
8.2	Vänern	43
8.3	Mälaren	46
8.4	Höga flöden och översvämningar	48
8.5	Lågflöden	50
9	HAVSVATTENSTÅND	50
9.1	Havsvattenståndets variationer	51
9.2	Extrema havsvattenstånd	53
10	IS PÅ SJÖAR	54

11	SLUTSATSER	54
12	REFERENSER	56

1 Bakgrund

Den statliga utredningen ”En trygg dricksvattenförsörjning” (hädanefter benämnd Dricksvattenutredningen) ska identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning i landet, på kort och på lång sikt. Utgångspunkten ska bl.a. vara klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen. Utredningen ska också lämna en uppdaterad beskrivning av hur klimatförändringarna kan komma att påverka olika delar av landet.

Som ett underlag till utredningen har SMHI tagit fram denna sammanställning över Sveriges klimat fram till idag, speciellt med fokus på perioden 1961-2013. Sammanställningen bygger på parametrarna som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. I en separat rapport till Dricksvattenutredningen (Eklund, 2015) ges en översikt över hur klimatet i Sverige beräknas förändras fram till 2100. Rapporterna är bilagor till delbetänkandet ”Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning”, utgiven i maj 2015.

Denna rapport har tidigare getts ut som rapport nr 2014-36 i SMHI:s serie för uppdragsrapporter. Det som är förändrat i denna version är att några av figurerna har uppdaterats.

2 Inledning

Materialet i kapitel 2 baseras på tidigare publicerade studier. Det innebär att materialet avser olika tidsperioder och att olika underlag finns att tillgå för olika delar av Sverige. Kartorna på Sverigeskala som visar temperatur respektive nederbörd för perioderna 1961-1990 och 1991-2010 är inte tidigare publicerade. De främsta källorna för materialet är smhi.se och olika SMHI-rapporter.

De för Dricksvattenutredningen relevanta parametrar som ingår är temperatur, vegetationsperiod, nederbörd, snö, avrinning, havsvattenstånd och sjöis.

3 Temperatur

Temperaturen är traditionellt en av de viktigaste parametrarna både inom klimatologin och i väderprognoser. Temperaturen kan i vissa vädersituationer variera kraftigt över ett visst bestämt område och över tiden.

3.1 Sveriges temperatur i perspektiv

I Sverige finns ovanligt långa tidsserier av temperaturmätningar t.ex. från Uppsala. I figur 1 visas den rekonstruerade årsmedeltemperaturen för Uppsala 1722-2013. Med rekonstruerad avses att det under årens lopp skett instrumentutveckling och byte av mätplaster osv. vilket tagits hänsyn till.

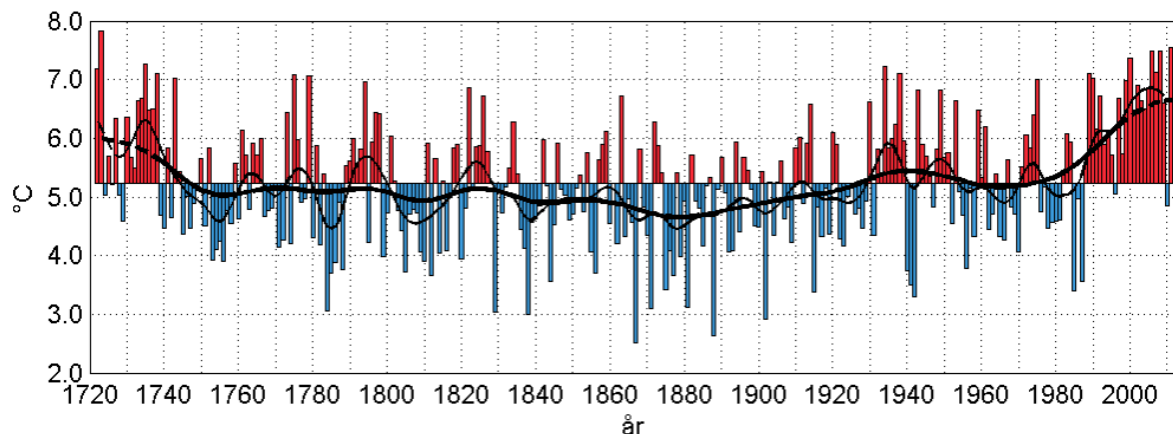
Värdena för de enskilda åren markeras med staplar, som är röda om de är högre och blå om de är lägre än medelvärdet för hela serien. Temperaturens långtidsvariation åskådliggörs med hjälp av två kurvor; den kraftigaste visar ett utjämnat förlopp ungefär motsvarande 30-års medelvärden och den tunnare 10-årsmedelvärden. I början och slutet av tidsperioden baseras dock medelvärdena på färre år. Detta har markerats genom att kurvorna där övergår i streckade linjer.

Under den långa, nästan 300 åriga serien växlar klimatet mellan kallare och varmare perioder men med en lång varm period sedan slutet på 1980-talet.

Temperaturutvecklingen i Sverige som helhet följer SMHI upp genom att beräkna medelvärdet av årsmedeltemperaturer vid utvalda svenska mätstationer. De årliga temperaturerna i diagrammet för Sverige baserar sig på homogeniserade data sedan år

1860. Beräkningarna bygger på 35 stationer som alla startat 1860-1889 och som pågår än idag (figur 2). Stationerna är inte jämnt spridda över landet eftersom det i norra Sverige finns färre stationer med riktigt långa temperaturserier.

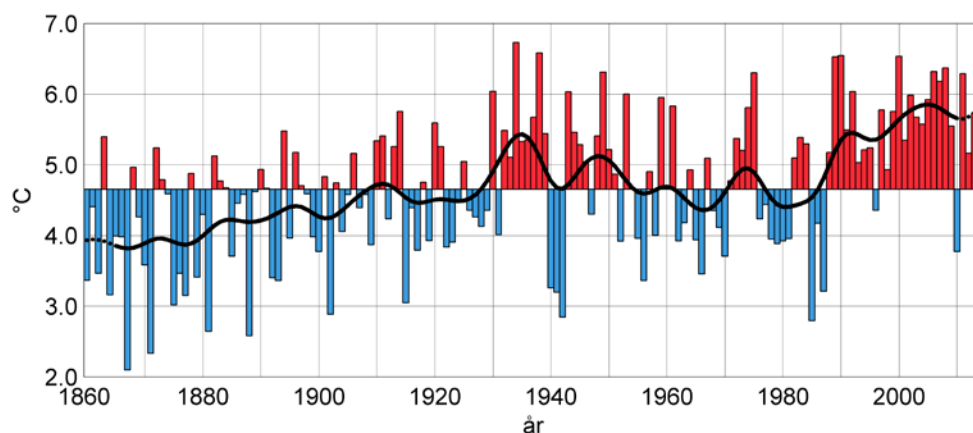
Homogeniserade data innebär att man utöver rättningar av rena felaktigheter och interpolering av saknade data även tagit hänsyn till skillnader som kan uppstå då man byter instrument (mätmetod) eller flyttar mätplatsen. Temperaturklimatet kan skilja sig flera tiondels grader även inom någon kilometers avstånd. Efter homogenisering skall hela periodens data vara som om de hela tiden vore uppmätta på en och samma plats med samma instrument och metod. Metoden finns beskriven i en Kunskapsbanksartikel på www.smhi.se (se figur 2).



Figur 1. Rekonstruerad årsmedeltemperatur i Uppsala 1722-2013.
Källa: www.smhi.se



Figur 2.
De 35 stationer med långa mätserier av temperatur, som används i beräkningarna. Källa: www.smhi.se



Figur 3. Sveriges årsmedeltemperatur 1860-2014 beräknad som medelvärde av årsmedeltemperatur vid 35 svenska mätstationer. Källa: www.smhi.se.

Röda staplar visar högre och blå visar lägre temperaturer än medelvärdet för perioden 1961-1990 (figur 3). Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp ungefär motsvarande tio-åriga medelvärden.

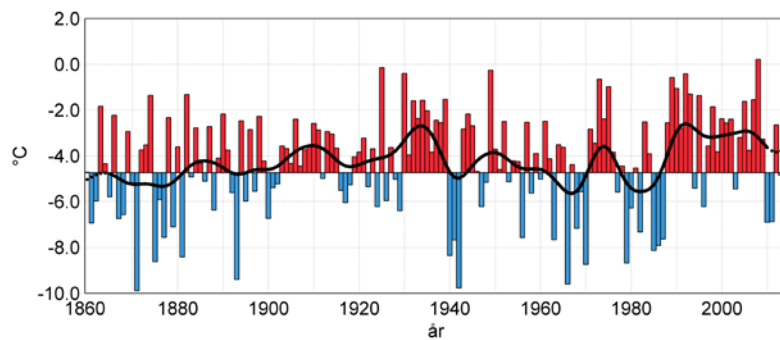
Eftersom Sverige bara utgör en liten del av jordytan framträder regionala variationer i en jämförelse med globala värden. Bland annat den varma perioden under 1930-1940-talen, inklusive åren med de kalla krigsvintrarna, som syns tydligt i våra data är inte alls så framträdande i globala data. Även det i Sverige kalla året 2010 är ett exempel på en regional avvikelse eftersom detta år globalt var ett av de varmaste.

Det finns annars stora likheter mellan de globala och de svenska variationerna i temperaturen till exempel att slutet av 1800-talet var kallare än 1900-talet. Sedan 1988 har alla år utom 1996 och 2010 varit varmare eller mycket varmare än genomsnittet för 1961-1990, dvs. den nu gällande normalperioden. Perioden 1961-1990 är relativt kall jämfört med andra 30-årsperioder under 1900-talet. 2014 är det hittills varmaste året.

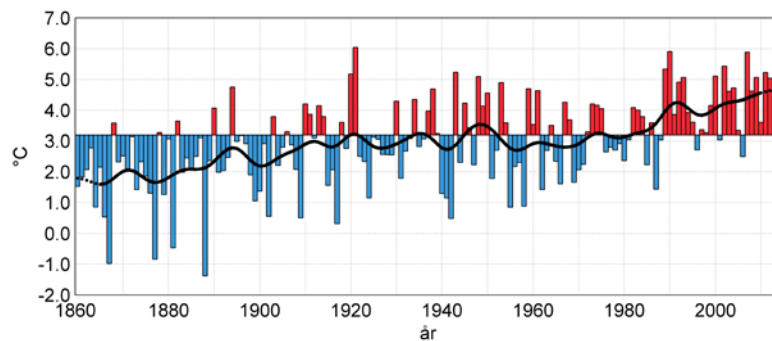
Om man studerar de olika årstidernas temperaturutveckling (figur 4-7) är mönstret likartat vad gäller temperaturuppgången de senaste ca 25 åren. För vintern och sommaren syns även den varma 30-talsperioden. För våren kan utläsas en mer kontinuerlig temperaturuppgång sedan 1860 fram till idag.

Den största variationen i medeltemperatur ses för vintern. De kallaste vintrarna ligger på nästan -10°C och de varmaste kring 0°C . Det ger en variation på 10 grader. Den näst största variationen ses för våren. Medeltemperaturen kan variera mellan -1.5°C och 6°C dvs. en variation på ca 7.5 grader. För sommaren varierar medeltemperaturen mellan 12°C och 17.5°C , dvs. ca 5.5 grads variation. Höstens medeltemperatur varierar mellan knappt 3°C och 8°C .

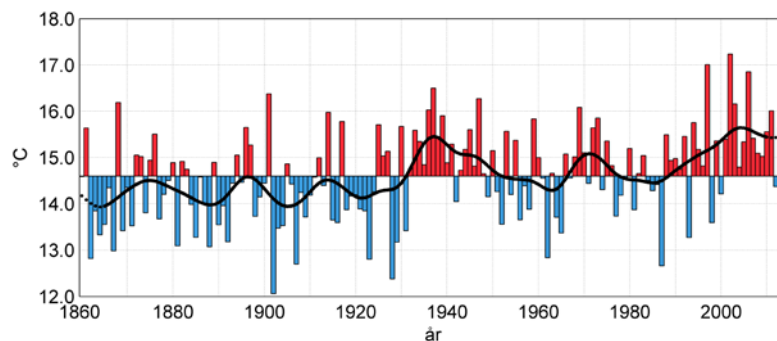
Sveriges årsmedeltemperatur 2010 (figur 3) var kallare än medelvärdet 1961-1990 vilket också avspeglas i vinterns (figur 4) och höstens (figur 7) medelvärden.



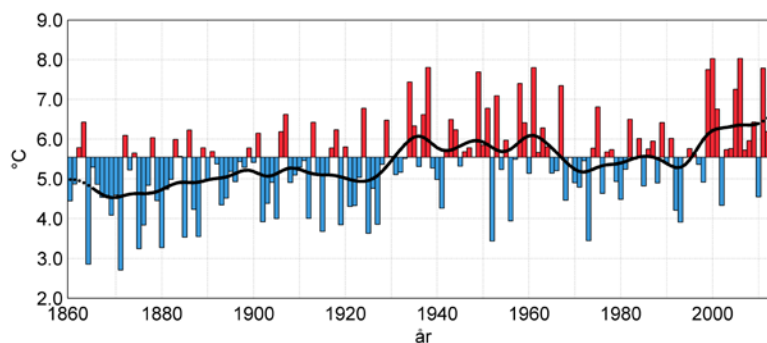
Figur 4. Medelvärden av vinterns medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Vinter definieras här som månaderna december-februari. Källa: www.smhi.se.



Figur 5. Medelvärden av vårens medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Vår definieras här som månaderna mars-maj. Källa: www.smhi.se.



Figur 6. Medelvärden av sommarens medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Sommar definieras här som månaderna juni-augusti. Källa: www.smhi.se.



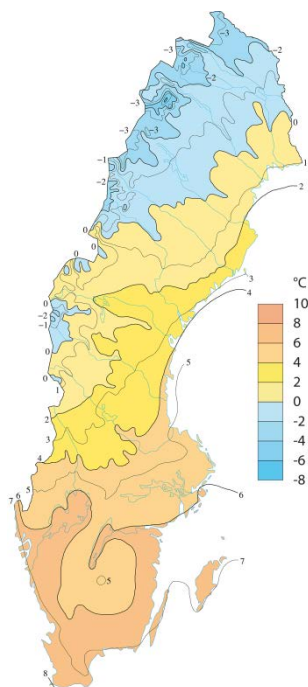
Figur 7. Medelvärden av höstens medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Höst definieras här som månaderna september-november. Källa: www.smhi.se.

3.2 Normalperioder

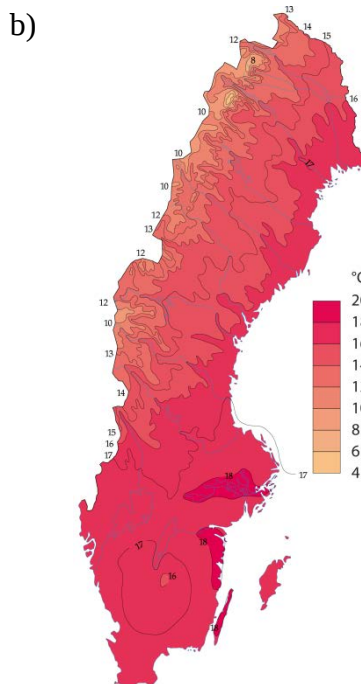
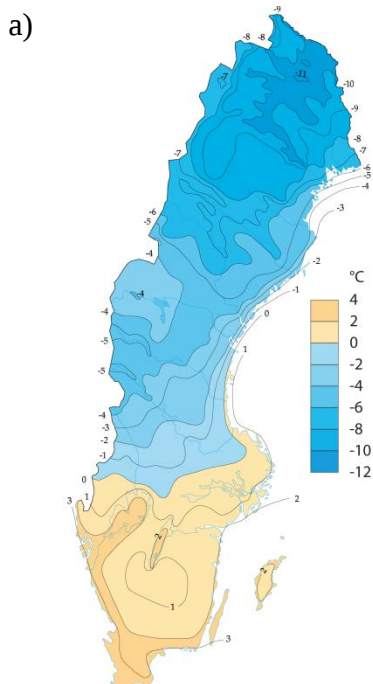
För att olika orters klimatuppgifter ska kunna jämföras rättvisande måste värdena avse samma tidsperiod. Världsmeteorologiska organisationen (WMO) har därför bestämt att statistiska parametrar, som används för klimatbeskrivningar, ska beräknas för så kallade normalperioder. Normalperioderna är oftast 30-årsperioder, där 1961-1990 är den nu gällande standardnormalperioden.

Årsmedeltemperaturen 1961-1990 återfinns i figur 8. Det är kallast i norr och succesivt varmare söderut. Det finns också en gradient från de kallare fjällpartierna mot de varmare kustområdena i öster. Det småländska höglandet sticker ut som kallare än omgivande områden. Detta mönster avspeglas även i månadskartorna (figur 7). Årsmedeltemperaturen går från -3°C i de nordligaste fjällområdena till $+8^{\circ}\text{C}$ längst söderut i Skåne. Dessa temperaturer avspeglas också i grundvattentemperaturerna över landet.

I figur 9 kan ses de medeltemperaturer som överskrids i genomsnitt vart 10:e år för månaderna januari och juli. Statistiskt sett, för normalperioden 1961-1990, är t.ex. månadsmedeltemperaturen i januari inte över 1°C på småländska höglandet 9 år av 10 år. I Mälardalen är juli månadsmedelvärde över 18°C 1 år av 10 år.



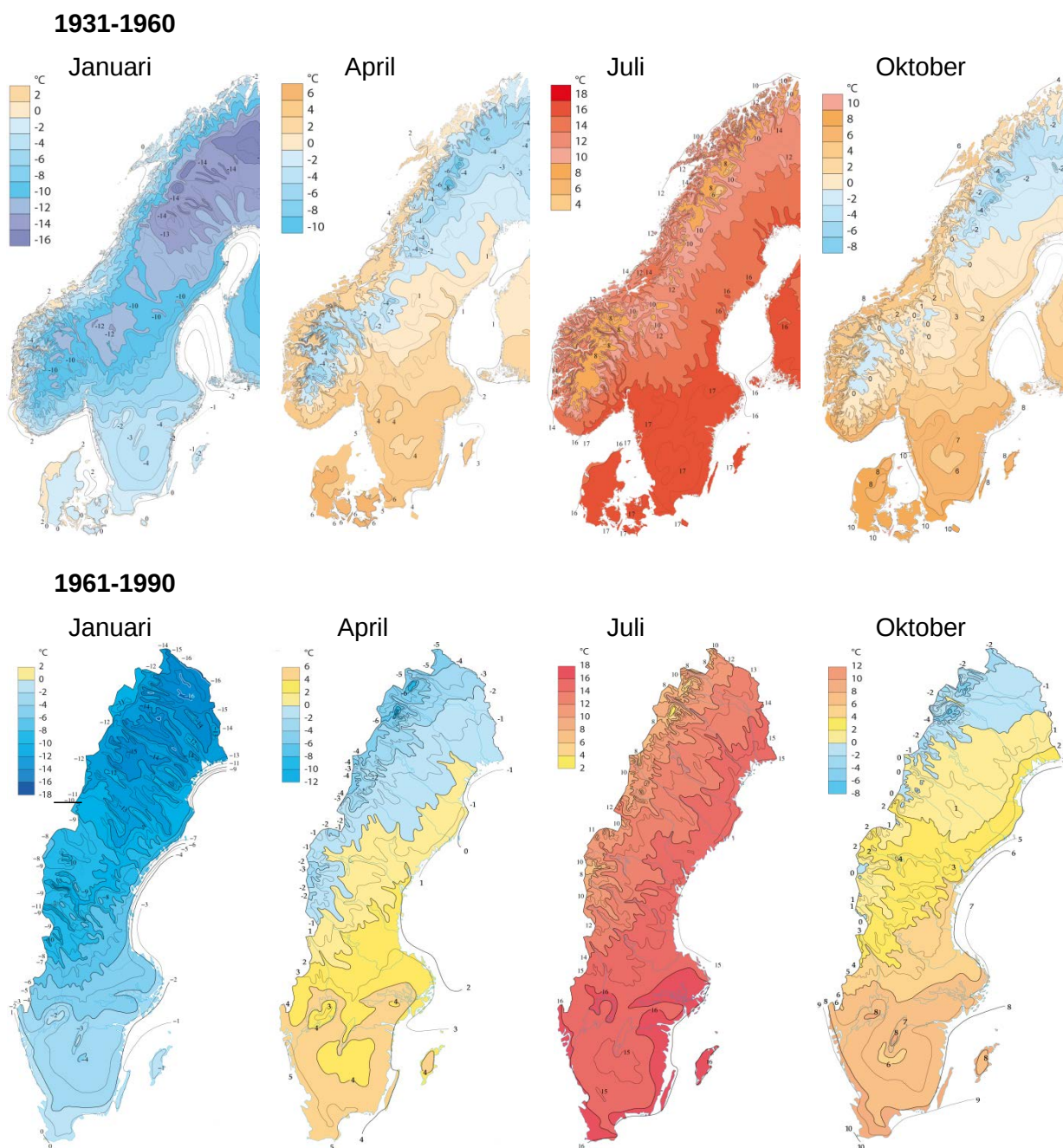
Figur 8. Årsmedeltemperatur 1961-1990.
Källa: www.smhi.se



Figur 9. Kartor som illustrerar medeltemperatur i januari (a) respektive juli (b) som överskrids i genomsnitt vart 10:de år för normalperioden 1961-1990. Källa: www.smhi.se.

I figur 10 visas medeltemperaturkartor avseende månaderna januari, april, juli och oktober. För den tidigare normalperioden 1931-1960 visas beskurna Skandinaviska kartor och därunder för Sverige perioden 1961-1990. Färgskalorna är inte desamma men snarlika. Nollpunkten ligger i bägge fallen i brytning mellan blått och gult.

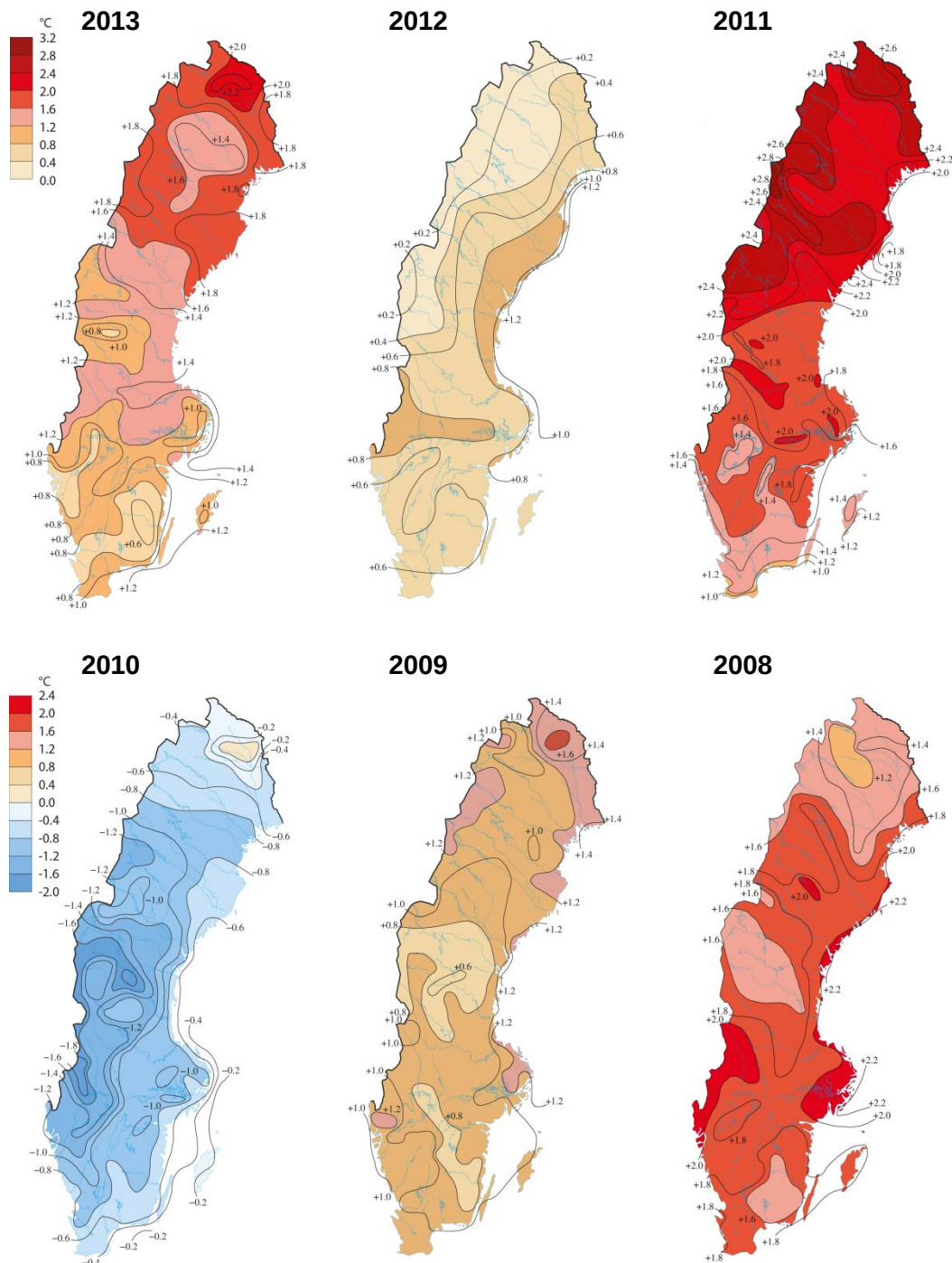
Normalperioderna är inte lika vilket avspeglar att variationen i klimatet är större än vad 30 år kan täcka in. Temperaturmönstret över landet, dvs. fördelningen av kallare och varmare områden, är dock mycket lika. I juli är skillnaden i medeltemperatur över landet lägst (ca 5 grader om fjällen undantas) och i januari är den störst. Medan Skåne har ca -1°C har Norrbotten ca -14°C.



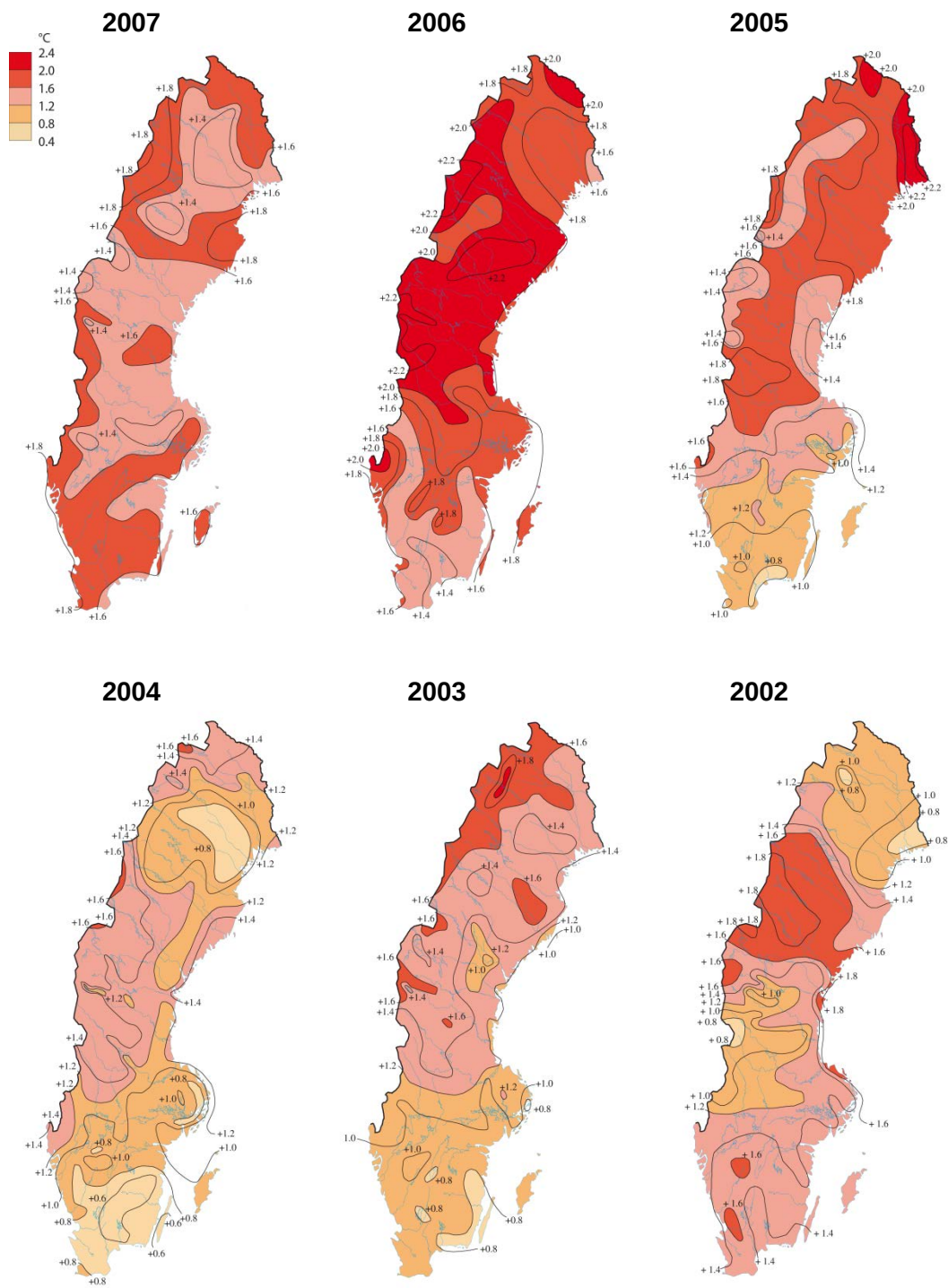
Figur 10. Månadsmedeltemperaturen för månaderna januari, april, juli och oktober. Övre raden visar 1931-1960 och den undre 1961-1990. Källa: www.smhi.se

3.3 Årsmedeltemperatures avvikelse från 1961-1990

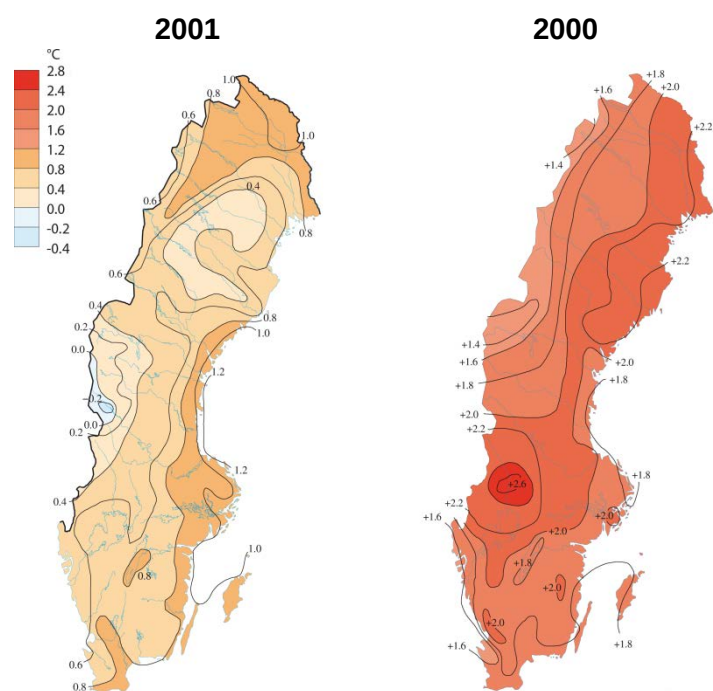
Kartorna nedan visar årsmedeltemperatures avvikelse (i °C) från den normala årsmedeltemperaturen (medelvärde 1961-1990) för år 2000 och framåt. Analyserna bygger på observationer från cirka 300 stationer som dagligen rapporterar in temperaturer.



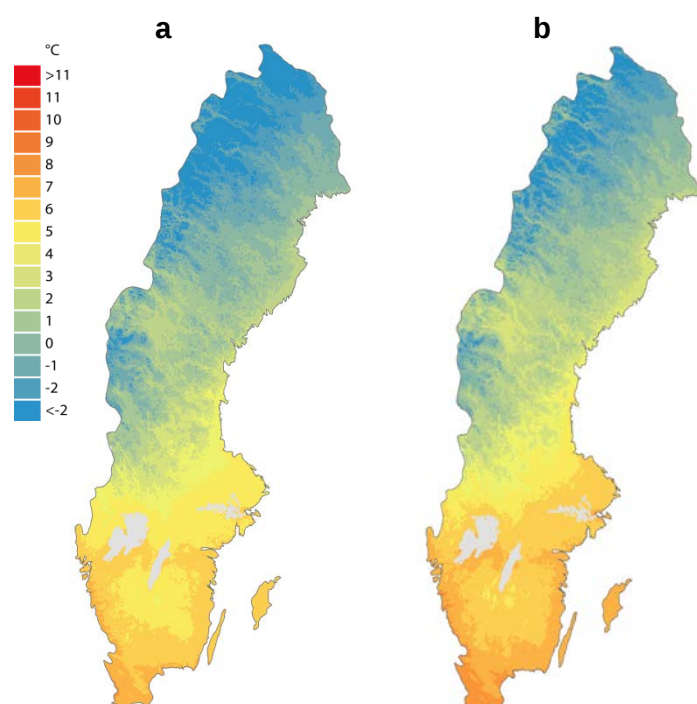
Figur 11a. Kartor över hur årsmedeltemperaturen för enskilda år (2008-2013) avviker från årsmedeltemperaturen 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 11b. Kartor över hur årsmedeltemperaturen för enskilda år (2002-2007) avviker från årsmedeltemperaturen 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 11c. Kartor över hur årsmedeltemperaturen för enskilda år (2000-2001) avviker från årsmedeltemperaturen 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



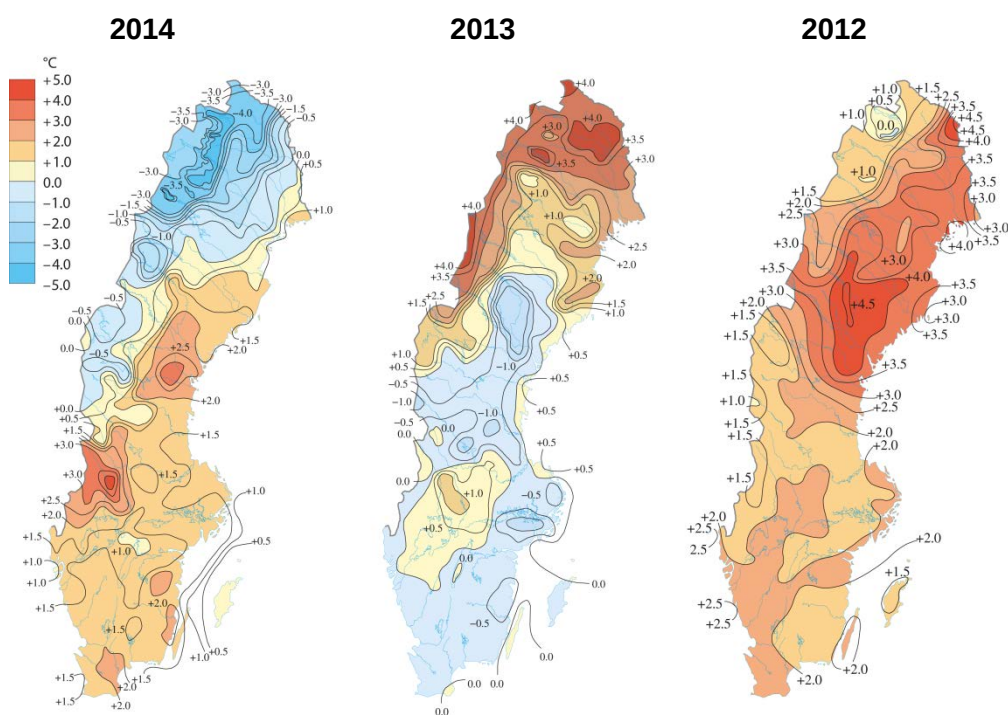
Figur 12. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 (a) respektive 1991-2010 (b). Konstruerad utifrån data från PTHBV-databasen, som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korregerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer. Källa: SMHI

Perioden efter 1990 har varit varmare än referensperioden 1961-1990. Det syns tydligt i figur 12 men kan också ses utifrån figur 3.

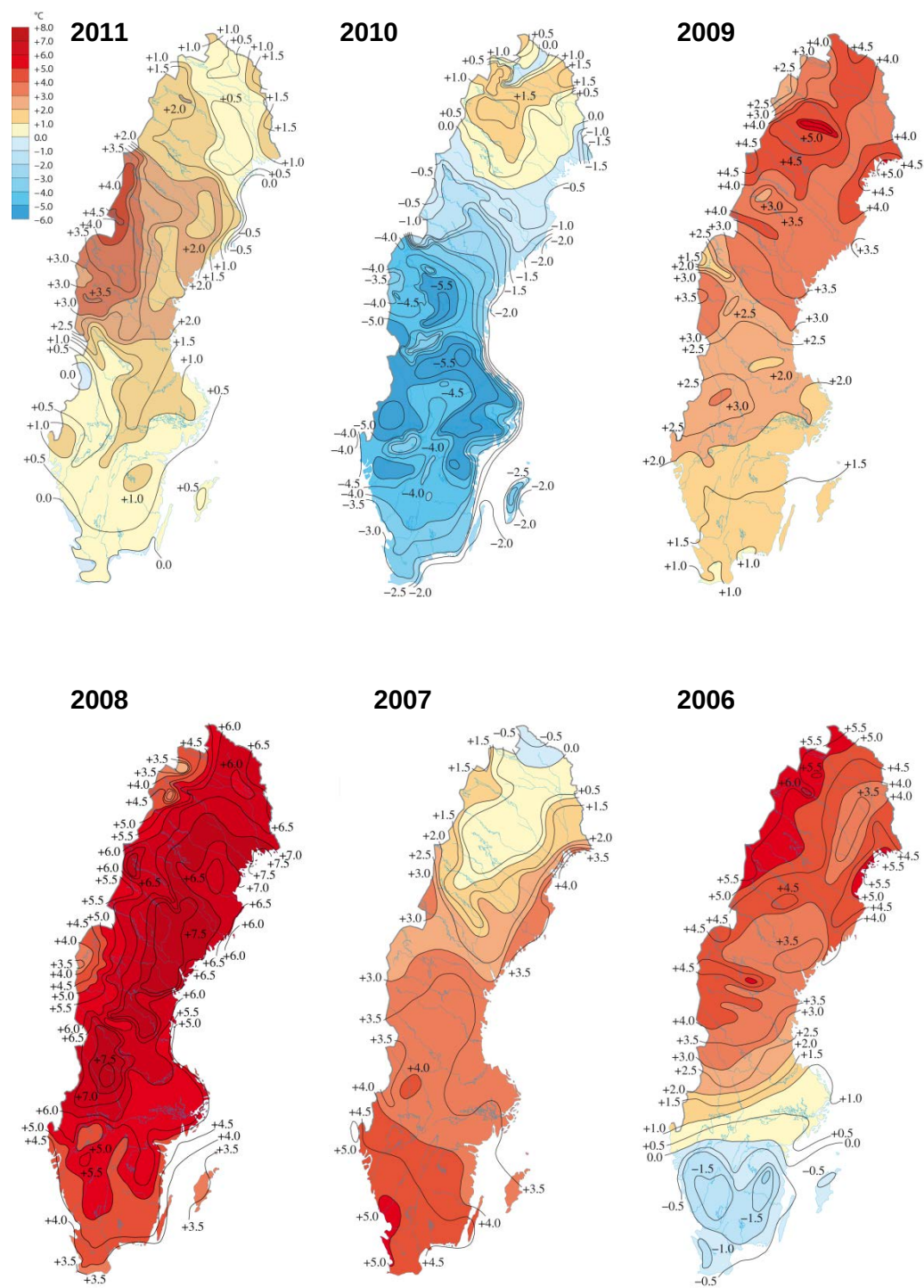
Det är inte alltid så att hela landet avviker från normalvärdet på samma sätt. Alla år från 2000- 2013 har varit varmare än normalt över hela landet med undantag av 2010 då det var kallare än normalvärdet över hela landet. Vi kan också notera att för flera år har temperaturavvikelsen varit störst i norra Sverige.

3.4 Månadsmedeltemperaturer avvikelse från 1961-1990

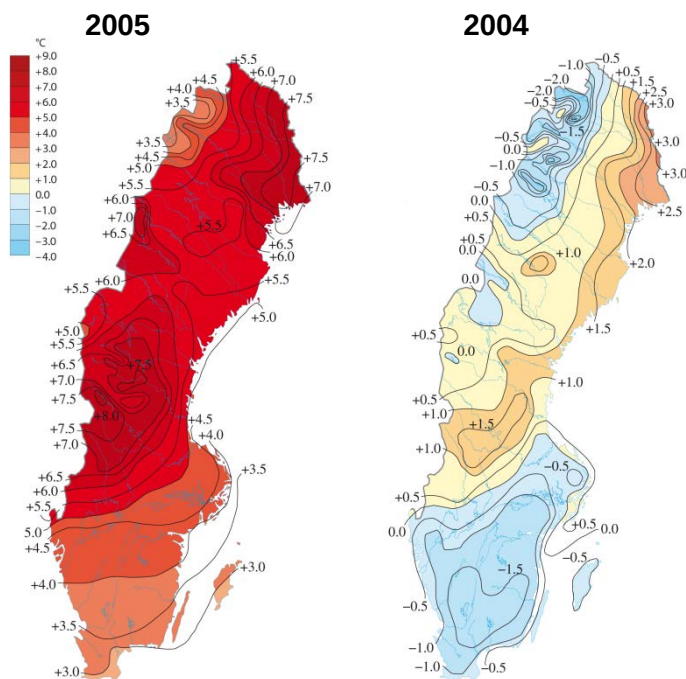
Kartorna visar månadsmedeltemperaturens avvikelse (i °C) från medelvärdet för 1961-1990, från år 2004 till och med 2014. Januari (figur 13) och juli (figur 14) har valts som den kallaste respektive varmaste månaden på året.



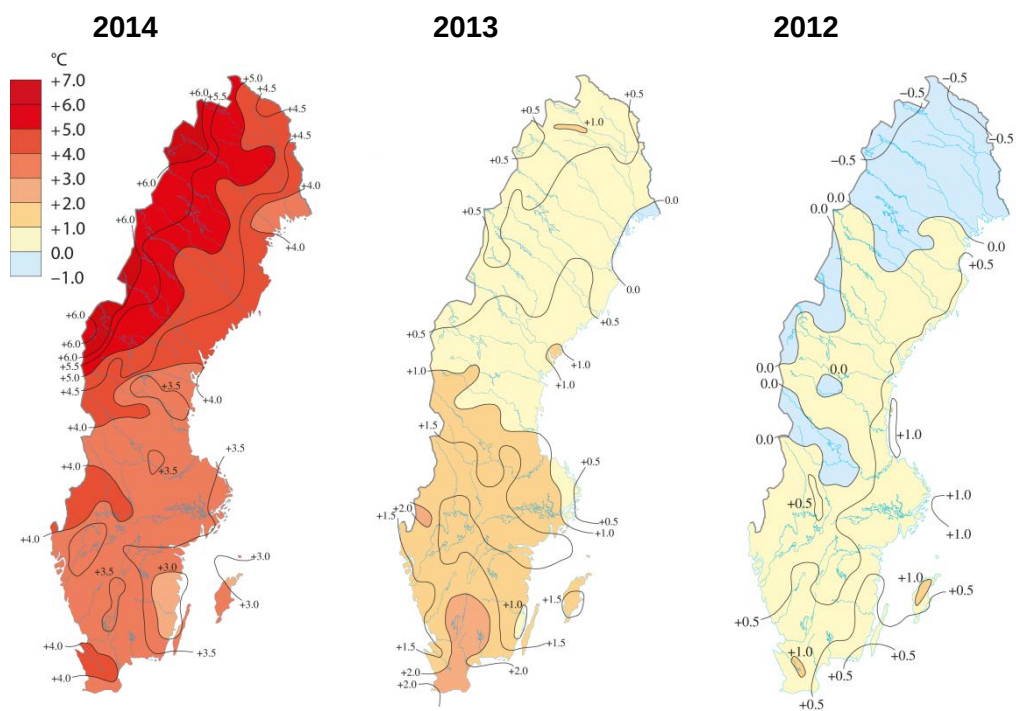
Figur 13a. Kartor som visar hur januari månads medeltemperatur för enskilda år (2012-2014) avviker från månadsmedelvärdet för 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



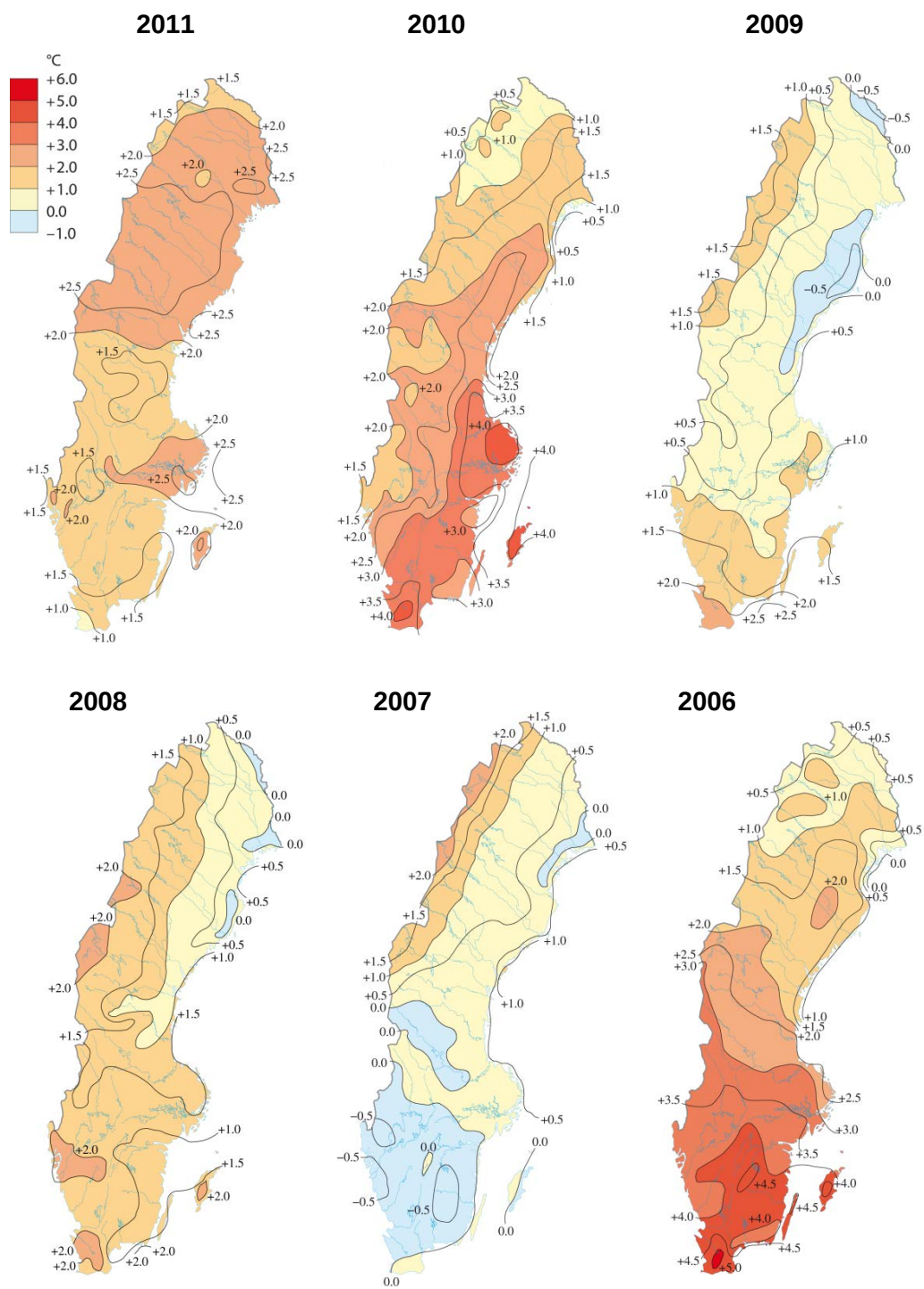
Figur 13b. Kartor som visar hur januari månads medeltemperatur för enskilda år (2006-2011) avviker från månadsmedelvärdet för 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



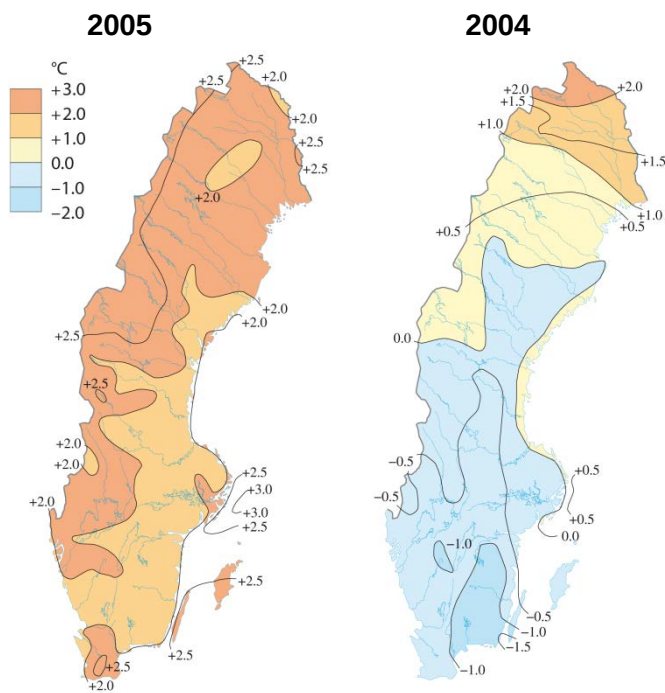
Figur 13c. Kartor som visar hur januari månads medeltemperatur för enskilda år (2004-2005) avviker från månadsmedelvärdet för 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 14a. Kartor som visar hur juli månads medelvärde för enskilda år (2012-2014) avviker från månadsmedelvärdet 1961-1990. Källa: www.smhi.se



Figur 14b. Kartor som visar hur juli månads medelvärde för enskilda år (2006-2011) avviker från månadsmedelvärdet 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 14c. Kartor som visar hur juli månads medelvärde för enskilda år (2004-2005) avviker från månadsmedelvärdet 1961-1990. Källa: www.smhi.se

Månadsmedeltemperaturens avvikelse uppvisar ett mer splittrat mönster än vad årsvärdena gör. Januari 2014 var det t.ex. kallare än normalt i norra Sverige och varmare än normalt i södra Sverige. Året innan var det tvärsom. Januari 2005 och 2008 sticker ut som mycket varma.

För juli månad är inte skillnaden mellan åren så stor som för januari perioden 2004-2013. Avvikelseerna från normalvärdet är inte heller lika stora som för januari. 2006 är det varmaste året, vilket också kan ses i figur 6 (medelvärdet för sommaren) för perioden 2004-2013. Särskilt i södra Sverige där temperaturen var ca 4 grader högre än normalvärdet för 1961-1990.

När årets (2014) julimånad inkluderas sticker den ut som en ovanligt varm månad, särskilt i fjälltrakterna med ca + 6 grader varmare än månadsmedelvärdet för 1961-1990. Julitemperaturerna i södra Sverige är i paritet med år 2006.

3.5 Extremtemperaturer

De flesta rekord för högsta temperaturer härrör från stationer i sydöstra Sverige (tabell 1). De högsta temperaturerna under vintern uppträder vid kraftig inströmning av varm luft från Atlanten, dvs. i samband med västlig eller sydvästlig vind. Sommarmånadernas rekord härrör däremot från situationer då varm luft från söder eller sydost når landet i samband med omfattande högtryck över östra Europa.

De allra högsta temperaturerna som uppmäts i Sverige är 38°C, dels i Målilla juni 1947, dels i Ultuna juli 1933. Målilla ligger i östra Småland där det ofta är varmest i landet.

Sveriges högsta månadsmedeltemperatur, 21,8°C, uppmättes i juli 1914 i Linköping, Östergötland och i juli 1901 i Karlstad, Värmland.

Tabell 1. Högsta uppmätta temperatur i Sverige. Källa: www.smhi.se

Månad	Temperatur	Plats	Datum
Januari	12,4°	Allgunnen	1973-01-05
Februari	16,5°	Västervik Ölvingstorp	1961-02-18 1961-02-18
Mars	22,2°	Oskarshamn Sandbäckshult	1968-03-30 1968-03-30
April	29,0°	Genevad	1993-04-27
Maj	32,5°*	Kristianstad Kalmar	1892-05-27 1892-05-28
Juni	38,0°	Målilla	1947-06-29
Juli	38,0°*	Ultuna	1933-07-09
Augusti	36,8°	Holma	1975-08-09
September	29,1°	Stehag	1975-09-01
Oktober	24,5°	Oskarshamn	1995-10-09
November	18,4°	Ugerup	1968-11-02
December	13,7°	Simrishamn	1977-12-24

* Avläst på en halv grad när.

Vad gäller låga temperaturer hopar sig rekorden för höst, vinter och vår till norra Norrland men för högsommaren till Härjedalen (tabell 2). Orsaken är att nätterna under sommaren är så korta i norra Norrland att temperaturen inte hinner sjunka till extrema värden innan solen åter börjar värma. Köldrekorden har noterats i samband med att kall luft strömmar in över landet från norr eller nordost, varefter vinden mojnar och avkylningen fortsatt genom utstrålning.

Det absoluta köldrekordet för Sverige, -52,6°, uppmättes den 2 februari 1966 i Vuoggatjålme, i den lappländska fjällvärlden. Sveriges lägsta månadsmedeltemperatur, -27,2°C, noterades i februari 1985 i Vittangi i Lappland.

Värmerekordens geografiska variationer är betydligt mindre än köldrekordens. Inom bebodda delar av landet skiljer sig de absoluta maximivärdena med bara ca 5 grader, medan skillnaderna är ca 25 grader mellan köldrekorden längs väst- och sydkusten å ena sidan och i delar av Lappland å den andra.

De lokala skillnaderna är också betydligt större när det gäller minimitemperaturen än när det gäller maximitemperaturen. Det kan i extrema fall vintertid skilja 10, kanske 20 grader mellan kalla svackor i terrängen och närlägnade varmare höjder vid tillfällena med kallt väder.

Stationer som ligger i dalgångar, exempelvis Målilla och Nikkaluokta, kan ibland vara kallast i landet och andra gånger varmest. Det beror på att under sommardagar är de varmare än omgivande höjder. Temperaturen avtar med cirka 0,7 grader per 100 meter i höjdd. Under klara och vindstilla nätter ligger ofta den kallaste luften närmast marken och då kall luft är tyngre än varm "rinner" extra mycket kall luft ner i sänkor.

Det är ovanligt att en svensk väderstation rapporterar den högsta temperaturen i Europa, men det kan inträffa någon gång varje år. Den 10 juni 2007 var Kolmården-Strömsfors i Östergötland varmest i Europa med 32,4° och på pingstdagen 2008 var Oskarshamn i Småland med 28° varmest bland samtliga drygt 2500 regelbundet rapporterade väderstationer i Europa.

Tabell 2. Lägsta uppmätta temperatur i Sverige. Källa: www.smhi.se

Månad	Temperatur	Plats	Datum
Januari	-49,0°	Karesuando	1999-01-27
	-49,0°	Vuoggatjålme	1951-01-01
Februari	-52,6°	Vuoggatjålme	1966-02-02
Mars	-45,8°	Vuoggatjålme	1971-03-04
April	-36,5°*	Karesuando	1916-04-06
Maj	-24,1°	Fjällnäs	1981-05-03
Juni	-12,9°**	Vassitjåkko	1907-06-02
	-9,8°	Vassijaure***	1907-06-02
Juli	-5,0°*	Funäsdalen	1893-07-14
	-5,0°*	Funäsdalen	1888-07-22
Augusti	-8,5°	Nikkaluokta	1959-08-31
September	-15,2°	Brännberg	1939-09-29
Oktober	-31,5°	Myrheden	1968-10-28
November	-43,0°*	Vittangi	1890-11-24–26
December	-48,9°****	Hemavan	1978-12-30

* Avläst på en halv grad när. ** Rekord för högfjällsstationer. Stationen var belägen 1370 meter över havet.

*** Nuvarande Katterjåkk. **** -53° uppmättes i Malgovik (Vilhelmina), Lappland 13/12 1941 på en privat termometer som i efterhand kontrollerades vid SMHI.

3.6 Länsanalyser

Av Sveriges 21 län togs under perioden 2008-2013 fram klimatanalyser för 18 län, på beställning av respektive länsstyrelse. I tabell 3 finns en sammanställning av data över temperatur och nederbörd för respektive län. För samtliga har normalperioden 1961-1990 använts och jämförs med olika perioder därefter beroende på när klimatanalyserna gjordes. I vissa fall finns endast uppgifter om normalperioden. På www.klimatanpassning.se finns en lista med länkar till rapporterna (Vem har ansvar>Länsvisa klimat- och sårbarhetsanalyser).

Av tabellen framgår att temperaturökningen för de olika länen varierar något men rör sig om ca 1°C. Årsmedelnederbörden har ökat, tydligast för Västra Götalands, Kronobergs och Jönköpings län.

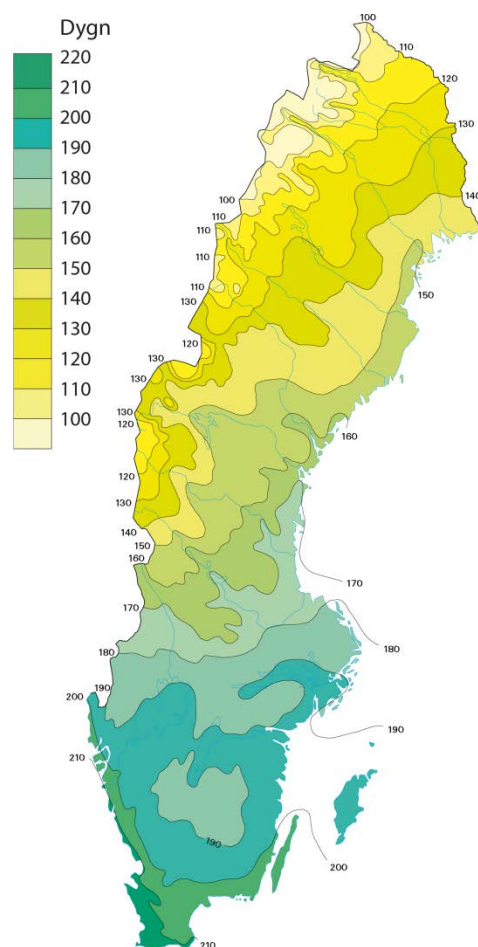
Tabell 3. Sammanställning av data från klimatanalyser för olika län. Årsmedeltemperatur i °C och årsmedelnederbörd i mm. Inom parentes anges också den procentuella förändringen i årsmedelnederbörd för gällande tidsperiod i relation till perioden 1961-1990.

Län	Årsmedeltemperatur (°C)				Årsmedelnederbörd (mm) (%)			
	61-90	91-08	91-10	91-12	61-90	91-08	91-10	91-12
Norrbotten	-1.5	-0.5			661	729 (10.3)		
Västerbotten	0.3				740			
Västernorrland	1.9	2.9			659	716 (8.6)		
Jämtland	1.0			1.9	745			801 (7.5)
Gävleborg	3.4	4.4			677	698 (3.1)		
Dalarna	2.5			3.5	733			775 (5.7)
Värmland	4.4			5.3	764			822 (7.6)
Västmanland	5.3		6.2		650		683 (5.1)	
Uppsala	5.0		6.0		585		596 (1.9)	
Örebro	5.0				740			
Stockholm	5.8	6.9			612	628 (2.6)		
Södermanland	5.8				602			
Östergötland	6.0	6.9			615	623 (1.3)		
Västra Götaland	6.1	7.0			794	894 (12.6)		
Jönköping	5.6		6.4		741		821 (10.8)	
Kronoberg	6.1	7.0			753	835 (10.9)		
Skåne	7.2		8.0		747		805 (7.8)	
Blekinge	6.8		7.6		680		735 (8.1)	

4 Vegetationsperiod

4.1 Vegetationsperiodens längd från 1960

Vegetationsperioden brukar definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett viss gränsvärde. Temperaturgränsen är beroende på växtslag, men oftast lägger man gränsen mellan +3°C och +5°C. Här används gränsen +5°C, vilket med andra ord innebär att vegetationsperioden startar halvvägs in på våren och avslutas halvvägs in på hösten (figur 15).



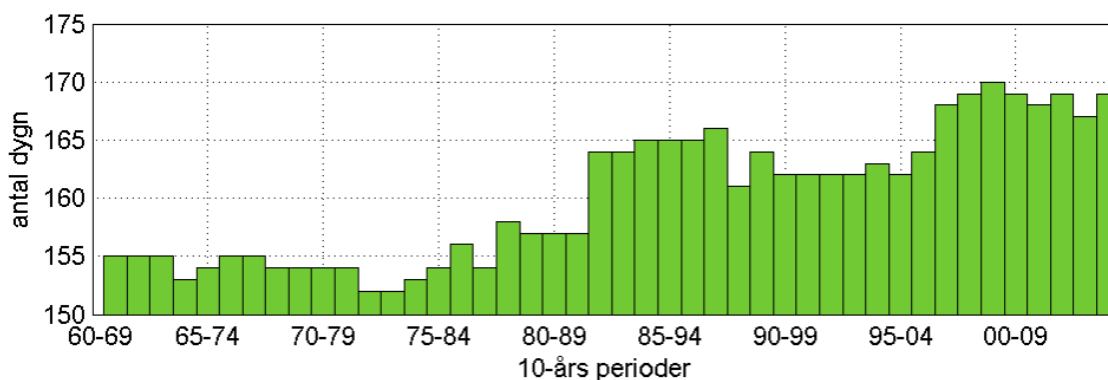
Figur 15. Vegetationsperiodens längd i genomsnittligt antal dygn med medeltemperatur över +5 °C för 1961-1990

För att följa klimatets utveckling har SMHI tagit fram ett antal klimatindikatorer varav vegetationsperiodens längd är en. För ett enskilt år med stora temperatursvängningar från dag till dag, kan det vara mycket svårt att ange en exakt tidpunkt när dygnsmedeltemperaturen varaktigt överstiger ett visst värde. Ett medelvärde av dygnsmedeltemperaturen över 10 år ger ett betydligt jämnare temperaturförlopp, vilket vi har utnyttjat för denna klimatindikator. Den första stapeln i diagrammen visar vidare fram till perioden 2004-2013 (figur 16-17).

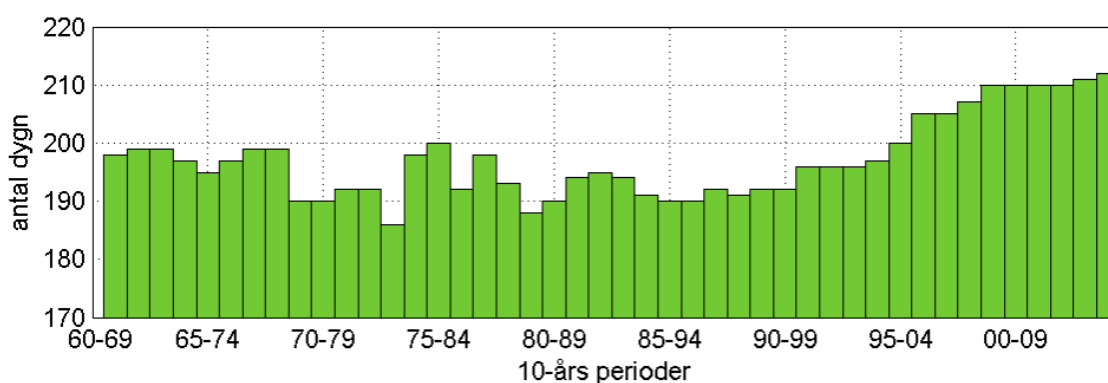
Diagrammen för södra Sverige baserar sig på 20 stationer i Götaland och södra Svealand. Diagrammen för norra Sverige baserar sig på 16 stationer i norra Svealand och i Norrland (tabell 4). Fjällstationer ingår inte eftersom de inte anses relevanta för vegetationsperioden. Dagliga stationsdata från 1961 och framåt används i detta fall för att bestämma vegetationsperioden.

Tabell 4. Stationer som används för att beräkna vegetationsperiodens längd i Sverige

Södra Sverige	Norra Sverige
Lund, Helsingborg, Växjö, Bredåkra, Ölands södra udde, Ölands norra udde, Varberg, Borås, Hagshult, Visby, Måseskär, Såtenäs, Karlsborg, Malexander, Malmslätt, Landsort, Arvika, Uppsala, Stockholm och Gustavsfors.	Malung, Mora, Gävle, Edsbyn, Delsbo, Sveg, Sundsvall-Härnösands flp, Härnösand, Frösön, Umeå, Gunnarn, Bjuröklubb, Piteå, Luleå, Haparanda och Pajala.



Figur 16. Vegetationsperiodens längd för norra Sverige

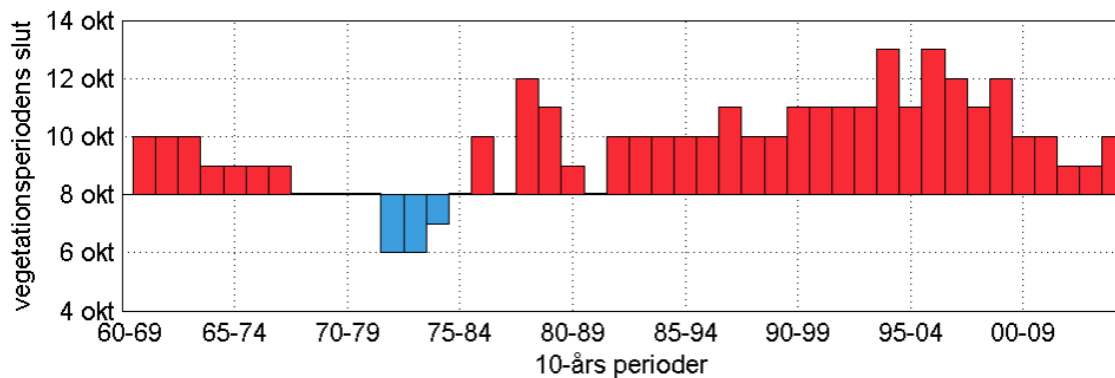
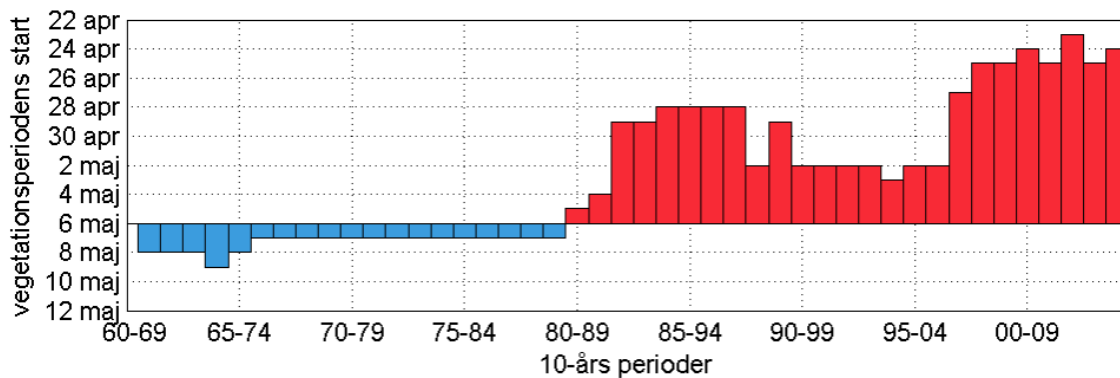


Figur 17. Vegetationsperiodens längd för södra Sverige.

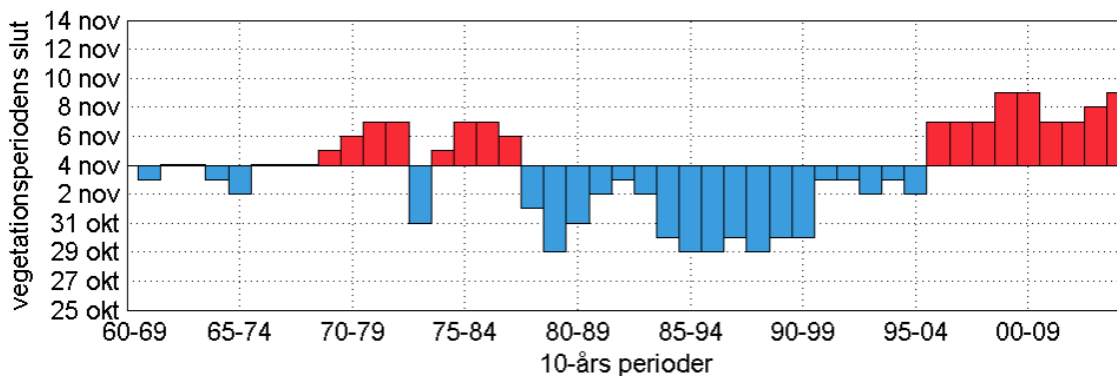
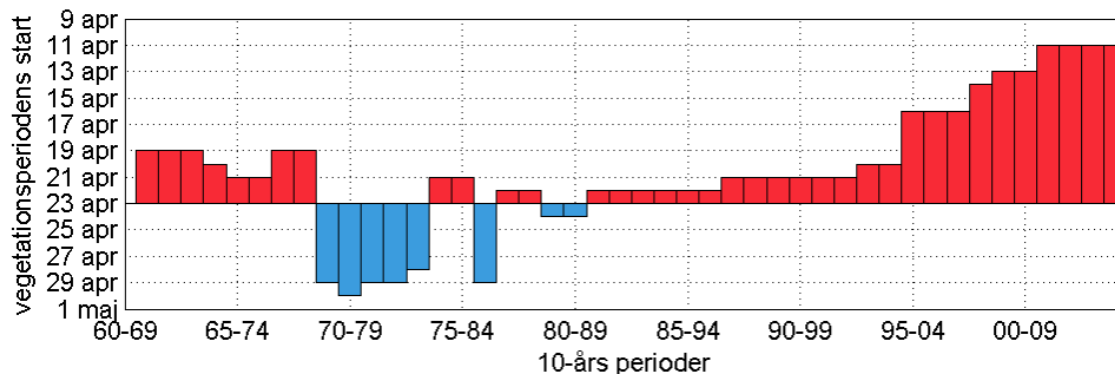
I norra Sverige har vegetationsperiodens längd ökat med ungefär två veckor under de senaste 40 åren. Även i södra Sverige har längden av vegetationsperioden ökat, men inte lika mycket. I södra Sverige är ökningen dessutom i huvudsak koncentrerad till det senaste årtiondet.

4.2 Vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt

I figur 18 och 19 visas löpande 10-års medelvärden av vegetationsperiodens start- respektive sluttidpunkt. Röda och blåa staplar avser en tidigare respektive senare start-/sluttidpunkt än det genomsnittliga startdatumet för perioden 1961-1990. Det är framförallt en tidigare start på vegetationsperioden som kan ses både för norra och södra Sverige. Eftersom definitionen av vegetationsperioden enbart utgår från temperatur speglar detta att det varit varmare, speciellt på våren.



Figur 18. Vegetationsperiodens starttidpunkt (överst) och sluttidpunkt (nederst) för norra Sverige.



Figur 19. Vegetationsperiodens starttidpunkt (överst) och sluttidpunkt (nederst) för södra Sverige.

5 Nederbörd

Det finns flera faktorer som bidrar till att vissa delar av Sverige får mer nederbörd än andra. När vinden blåser in mot höga berg tvingas den uppåt med avkylning, kondensation och nederbörd som följd. De västra fjälltrakterna får därför normalt de största nederbördsmängderna i Sverige eftersom det oftast blåser västliga vindar. I Sarek- och Sulitelmafjällen faller omkring 2000 mm per år. Dessa värden bygger i viss mån på indirekta mätningar och uppskattningar, eftersom det inte finns några direkta nederbördsmätningar från dessa områden.

Västsidan av Sydsvenska höglandet uppvisar ett nederbördsmaximum i södra Sverige. Det finns också ett nederbördsmaximum 1-2 mil innanför Norrlandskusten. I havsbandet är det som regel mindre årsnederbörd än i inlandet. Påtagligast är skillnaden under sommaren. Det beror på att solen värmer upp markytan mer än havsytan, vilket leder till att luften över land stiger uppåt och därmed avkyls, vilket kan medföra eftermiddagsskurar.

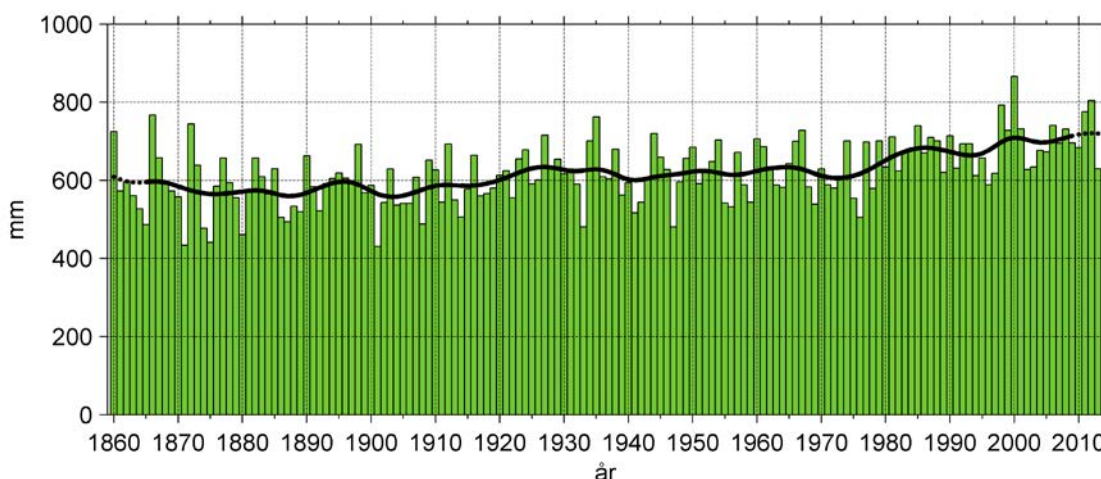
Att det regnar mycket på sommaren beror på att det kan finnas mer vattenånga tillgänglig vid högre temperaturer. Att det framförallt är i inlandet som sommarnederbörden är stor beror på att den till stor del faller som skurar.

Äldre nederbördsdata är mer osäkra än de som samlas in idag. På grund av förändringar i nederbördsmätningarna, såsom införande av vindskydd samt flyttning från öppna till mer vindskyddade platser, vilka införts stegvis från slutet av 1800, är nederbördsdata mer osäkra ju äldre de är. Generellt är felen och osäkerheten störst vintertid medan osäkerheten och effekten av stegvisa förändringar är minst sommartid

5.1 Sveriges årsnederbörd i perspektiv

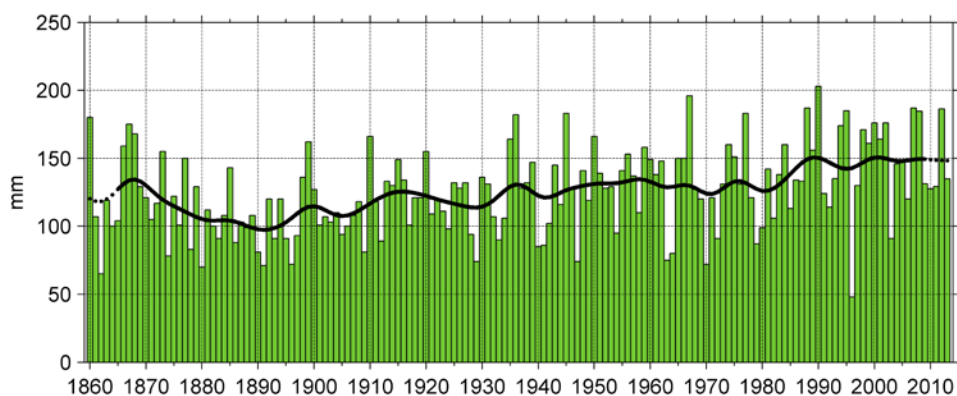
Klimatindikatorn för nederbörd är baserad på mätningar vid 87 stationer sedan år 1860 (figur 20). Beroende på avsaknaden av stationer i de nederbördsrikaste delarna av fjällen ligger värdena något lägre än ett för landet rättvisande medelvärde.

Utifrån de utjämnade värdena ser man att nederbörden var lägre än 600 mm fram till omkring 1920. Under perioden 1920 fram till ungefär 1980 låg nederbörden kring 600 mm. Därefter har nederbörden ökat. Det är numera sällsynt med värden under 600 mm.

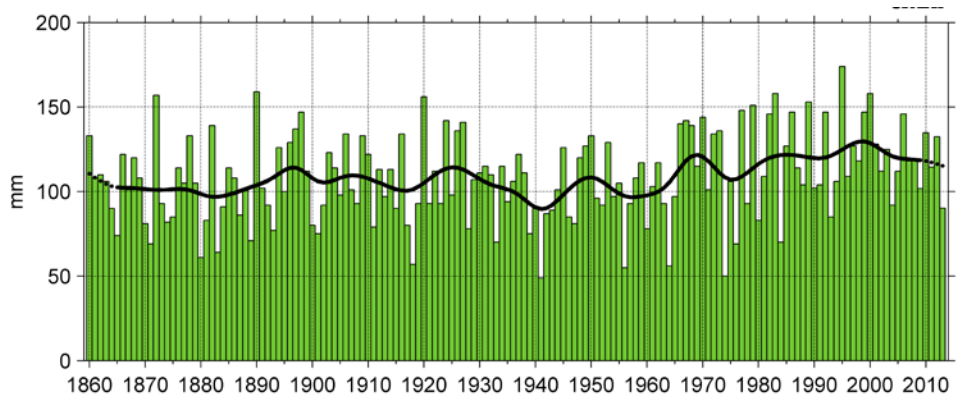


Figur 20. Årsmedelnederbörd för Sverige för 87 stationer från år 1860. Den svarta kurvan visar ungefär ett tio-årigt löpande medelvärde. En viss ökning kan skönjas.

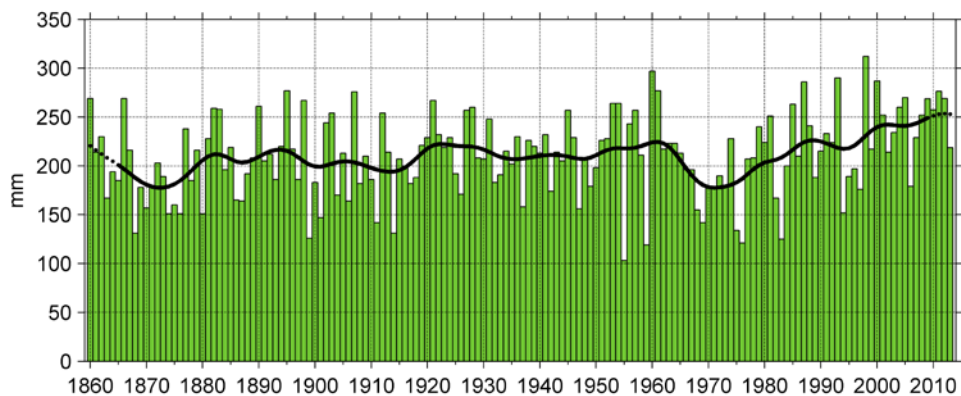
De största nederbördsmängderna kommer som regel under sommaren och de lägsta under våren. I figur 21-24 visas 3-månaders medelnederbörd för respektive år. En ökad nederbörd under de senaste 30 åren ses tydligast för sommaren, från ett torrt 1970-tal.



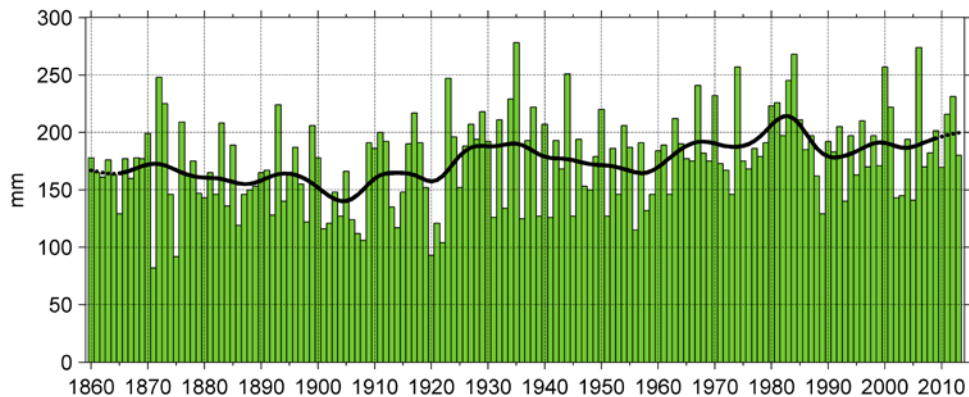
Figur 21. Medelnederbörd under vintern (december, januari och februari).



Figur 22. Medelnederbörd under våren (mars, april och maj).



Figur 23. Medelnederbörd under sommaren (juni, juli och augusti).

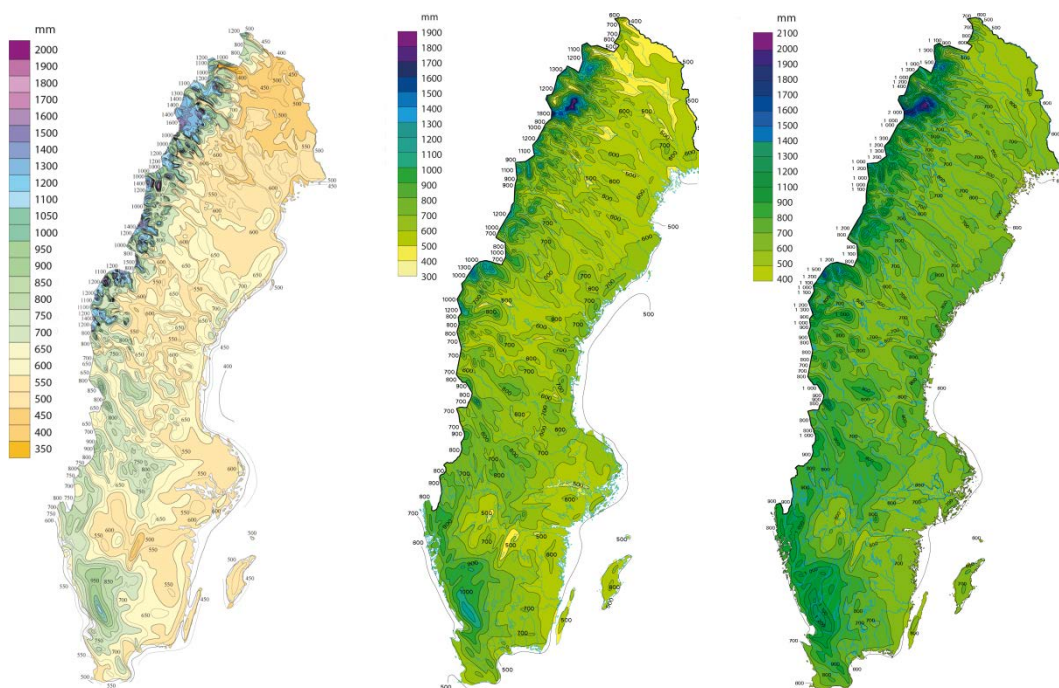


Figur 24. Medelnederbörd under hösten (september, oktober och november).

5.2 Normalperioder

Liksom för temperaturen används perioden 1961-1990 som den senaste referensperioden (figur 25). För jämförelse visas även perioden 1931-1960. Nederbördsmonstret över landet stämmer väl överens för de två perioderna.

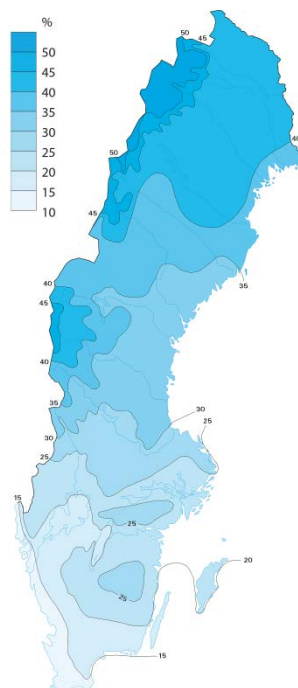
De uppmätta värdena är lägre än den egentliga nederbörden. Det finns olika källor till detta, men den primära orsaken är vindförlusterna, dvs. att all nederbörd inte faller i mätaren utan blåser förbi. I figur 25 visas för 1961-1990 dels en karta baserad på direkta mätvärden och dels en karta där värdena korrigerats för att erhålla en mer verklighetsnära beskrivning.



Figur 25. Årsnederbörd för normalperioden 1931-1960 (vänster) och uppmätt 1961-1990 (mitten) samt uppmätt korrigerad (höger) 1961-1990. Med korrigerad avses att de uppmätta värdena korrigerats för mätförluster. Källa: www.smhi.se

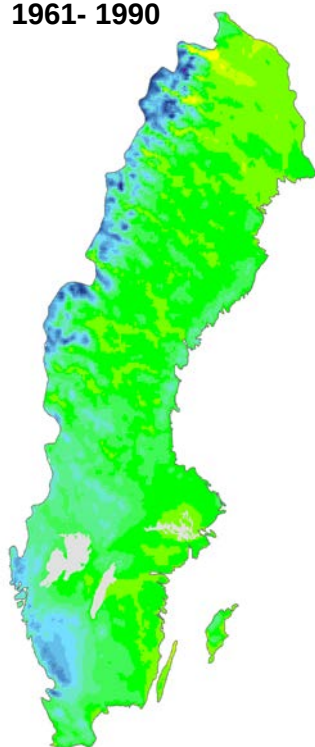
Sverige är ett avlångt land med stora variationer i temperatur, vilket avspeglar sig i snötäckets utbredning. På högfjället kan den första snön falla redan i september och ligga kvar ända tills början av juni, medan de sydligaste delarna av landet ibland bara har ett fåtal dagar med snö under vintern. I fjälltrakterna finner vi också den största andelen snö av årsnederbörden och den lägsta andelen snö återfinns i de sydvästliga delarna av landet (figur 26).

I figur 27 visas medelnederbörden för perioderna 1961-1990 och 1991-2010 baserat på data från den s.k. PTHBV-databasen som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korrigerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer. Nederbördsmonstret är likartat i kartorna men den ökade nederbörden för den senare perioden ses speciellt för de sydvästliga delarna av landet. I sammanställningen av data från klimatanalyser för olika län (tabell 3) framgår också att årsmedelnederbörden ökat, särskilt för Västra Götaland, Kronobergs och Jönköpings län (obs Hallands län ingick inte).

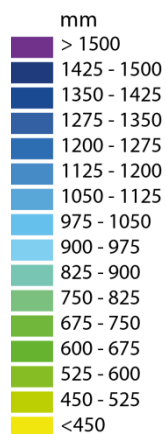
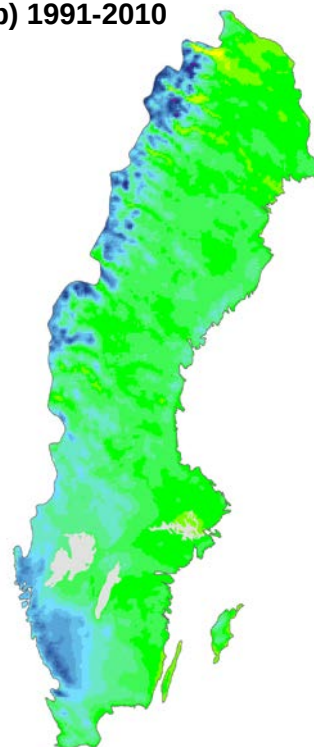


Figur 26. Andel snö av årsnederbörden, medelvärde för 1961-1990.
Källa: www.smhi.se.

a) 1961- 1990



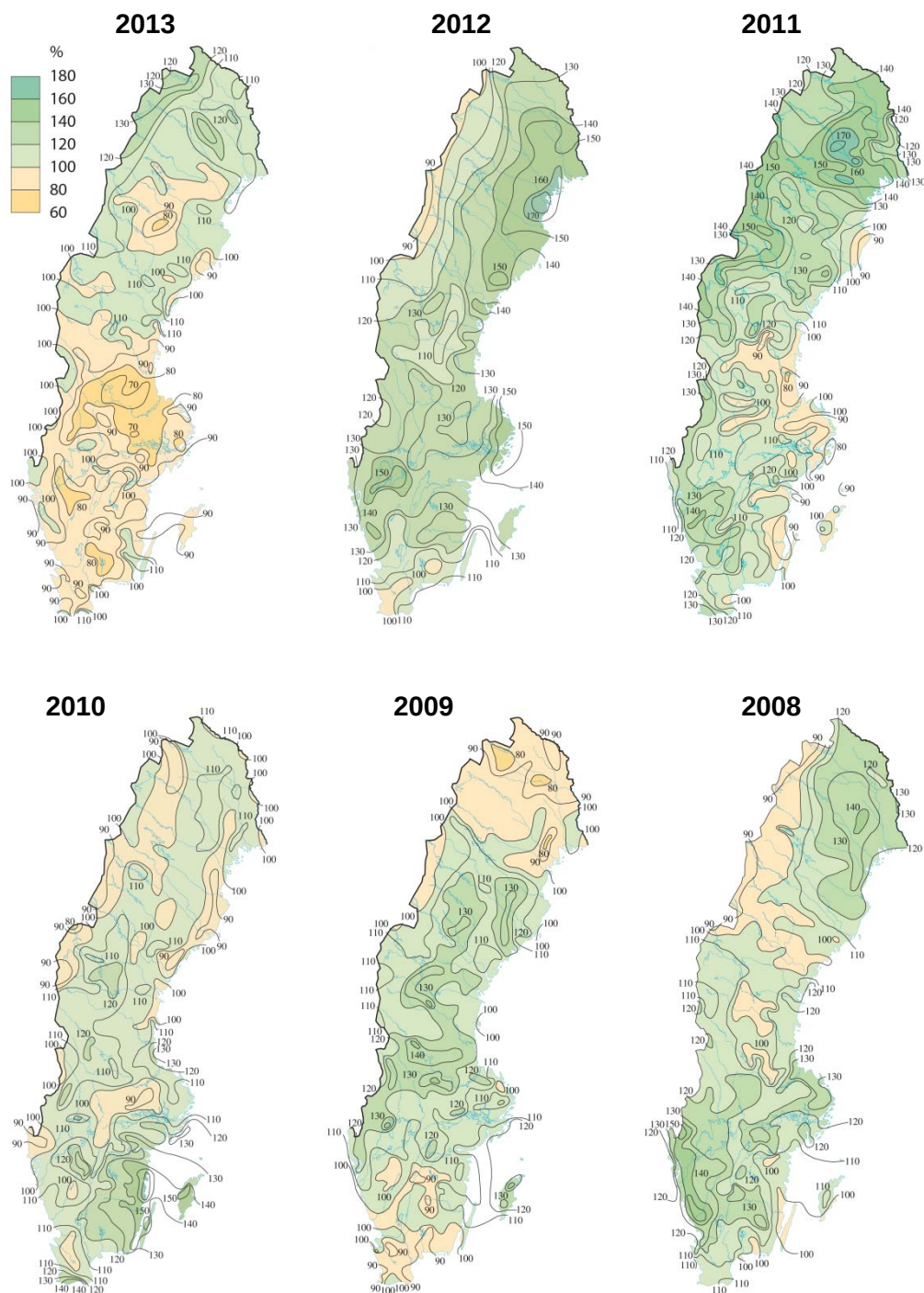
b) 1991-2010



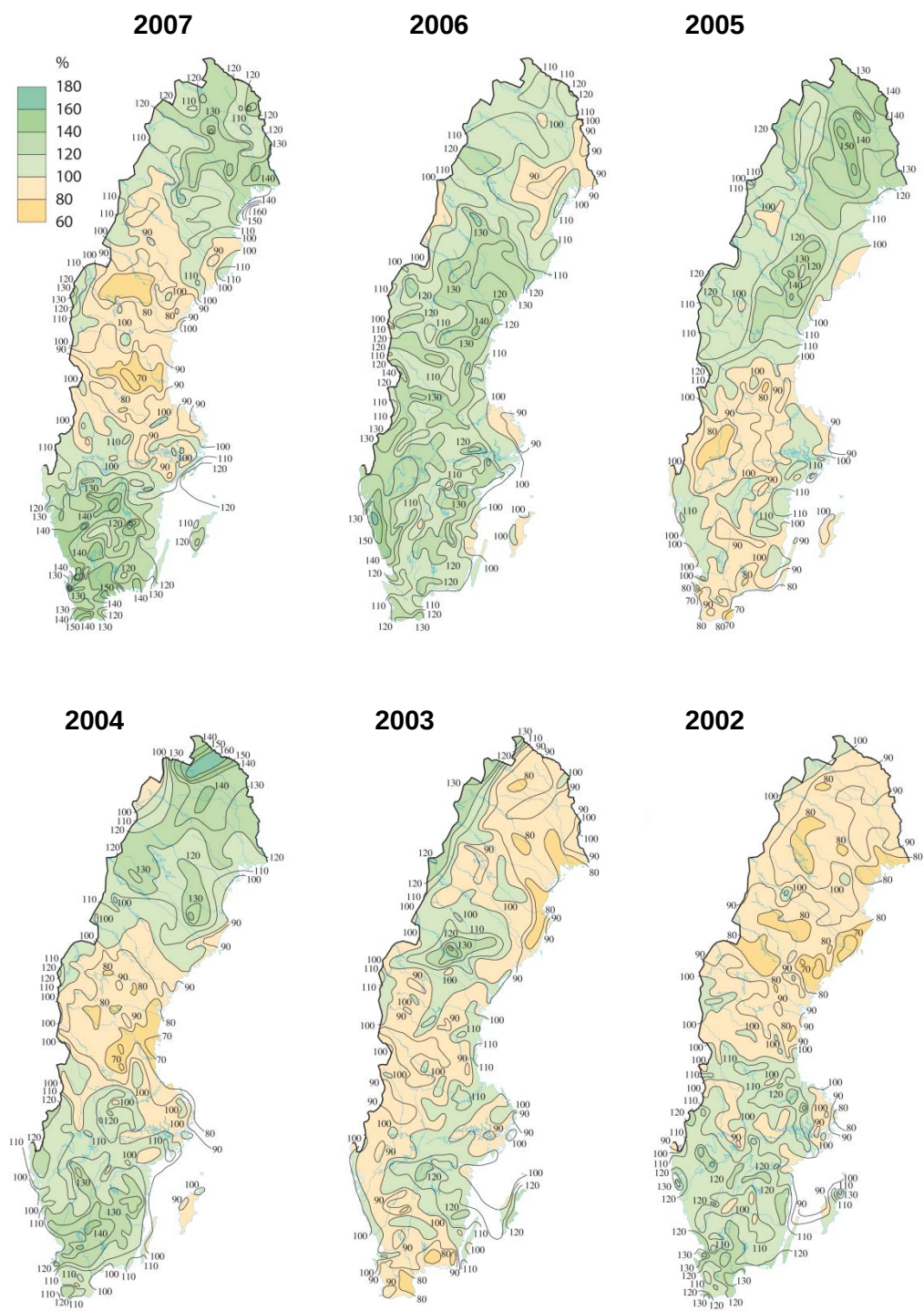
Figur 27. Årsmedelnederbörd 1961-1990 (a) respektive 1991-2010 (b). Konstruerad utifrån data från PTHBV-databasen, som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korregerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer. Källa: SMHI

5.3 Årsnederbördens avvikelse från 1961-1990

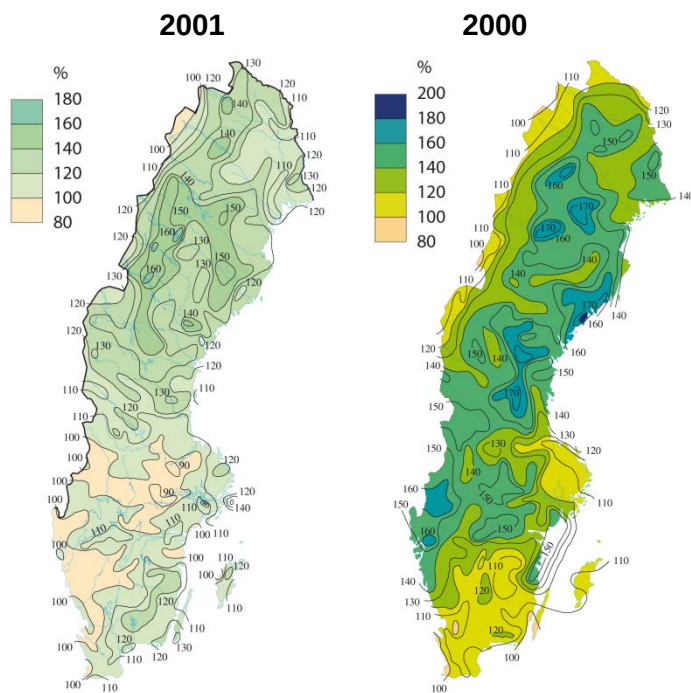
Kartorna nedan visar respektive års nederbörd i procent av den s.k. normala dvs. medelvärdet för perioden 1961-1990, från år 2000 och t.o.m. 2013. Analysen bygger på observationer från cirka 600 stationer som rapporterar in nederbördsmätningar varje dag.



Figur 28a. Årsnederbörd 2008-2013 uttryckt som procent i jämförelse med medelvärdet för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden.
Källa: www.smhi.se



Figur 28b. Årsnederbörd 2002-2007 uttryckt som procent i jämförelse med medelvärdet för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden. Källa: www.smhi.se.



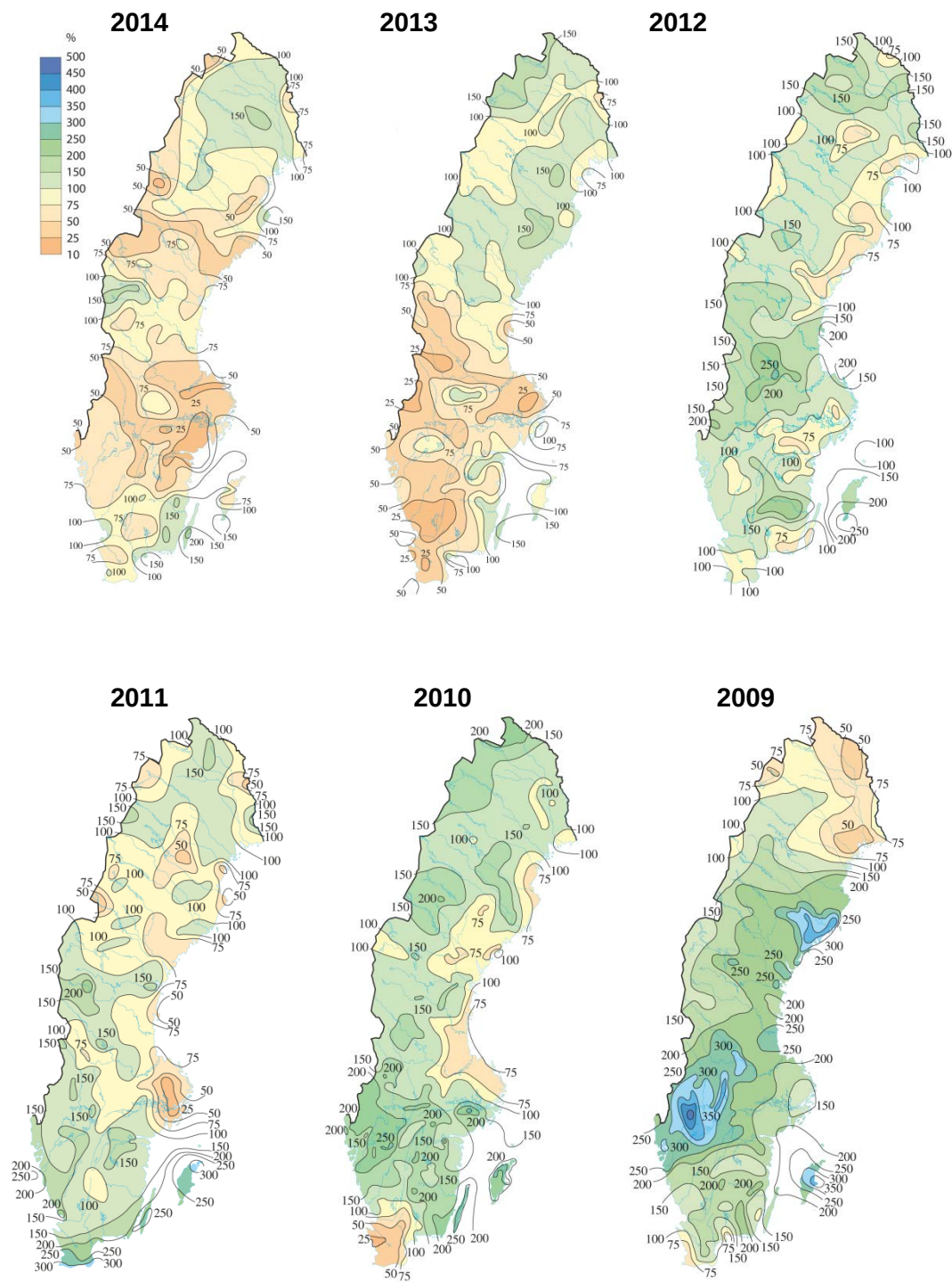
Figur 28c. Årsnederbörd 2000-2001 uttryckt som procent i jämförelse med medelvärdet för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden.
Källa: www.smhi.se

För de flesta år under perioden 2000-2013 har årsnederbörden legat över medelårsnederbörden 1961-1990 för större delen av landet. Variationen mellan år är dock stor. Så var t.ex. år 2002 torrare i norra delen av landet och södra delen av landet blötare än normalperioden. År 2013 var förhållandena de motsatta.

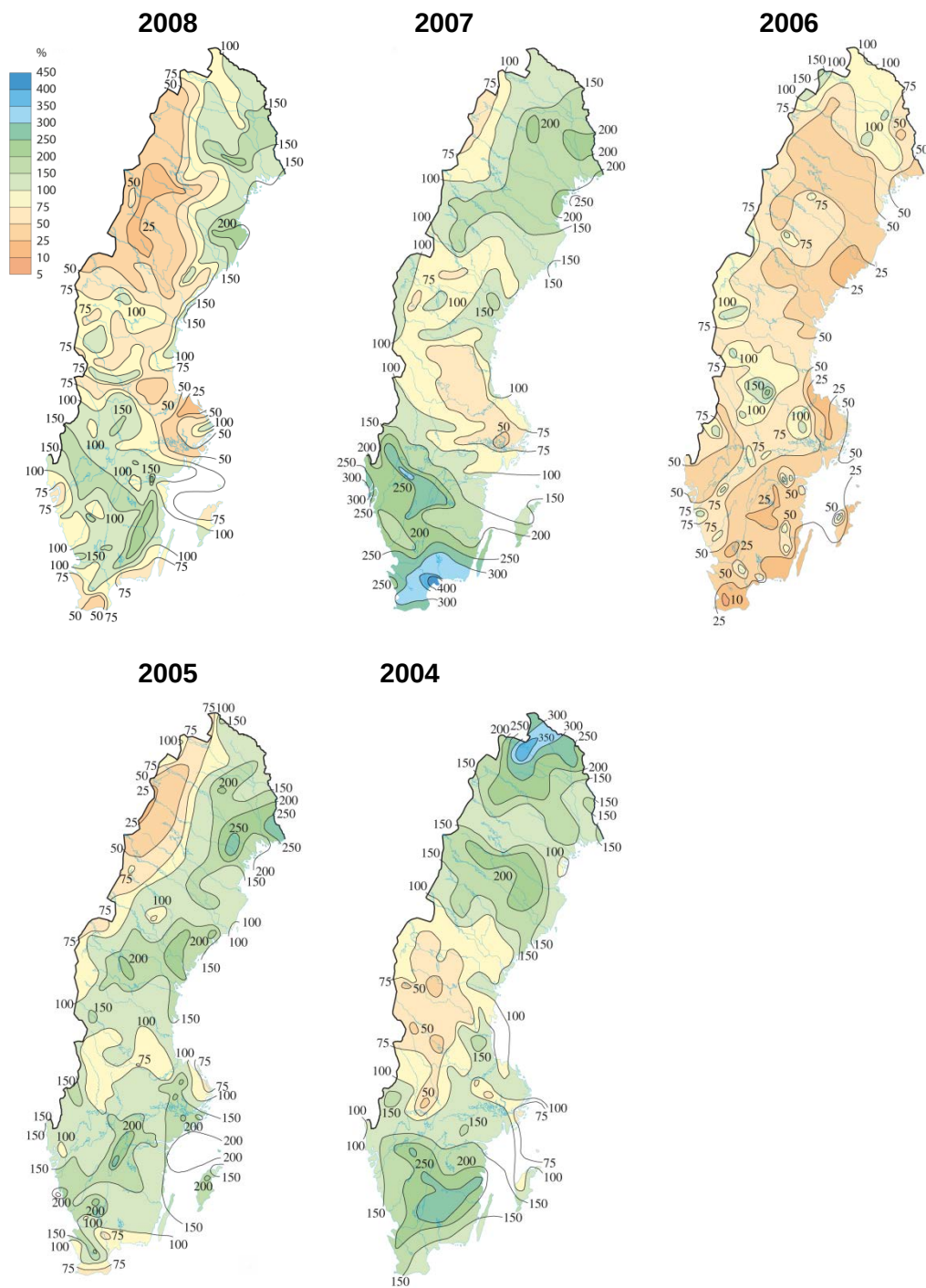
5.4 Månadsnederbördens avvikelse från 1961-1990

Den vanligen nederbördsrika månaden juli har här valts att representera variationer mellan år för månadsnederbörd (figur 29). Variationen mellan år och över landet är stor. Juli 2009 sticker ut som en mycket blöt månad t.ex. för området kring Vänern men för de nordligaste delarna av landet var månaden torr. Juli 2007 var mycket blöt för de allra sydligaste delarna av landet. För juli 2006 är bilden mer enhetligt torr i hela landet.

Kartorna nedan visar månadsnederbörden i procent av månadens s.k. normala nederbörd (medelvärdet 1961-1990) för juli år 2004 -2014. Analysen bygger på observationer från drygt 300 stationer som rapporterar in nederbördsmätningar varje dag.



Figur 29a. Juli månadsnederbörd 2009-2014 uttryckt som procent i jämförelse med juli månadsmedelvärde för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden. Källa: www.smhi.se



Figur 29b. Juli månadsnederbörd 2004-2008 uttryckt som procent i jämförelse med juli månadsmedelvärde för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden. Källa: www.smhi.se

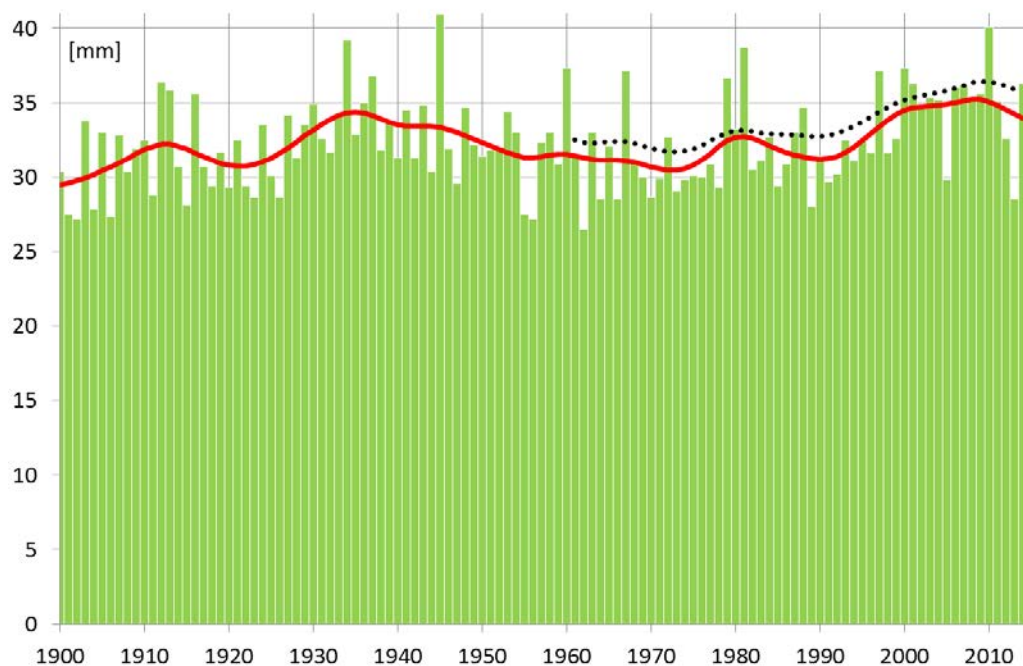
6 Extrem nederbörd

Hur mycket måste det regna för att det ska upplevas som extremt? SMHIs definition av skyfall är minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut. Men om det är extremt beror också på hur nederbörden utvecklas över tiden och hur stort område den berör. De enskilda fallen av extrem nederbörd kan alltså se väldigt olika ut. För att kunna presentera statistik över lång tid och få en bild av hur den extrema nederbörden har varierat används observationer. Det har dock betydelse hur dessa görs.

Flertalet mätningar av nederbörd utförs en gång per dygn. I praktiken genom att tömma en kanna på den nederbörd som fallit sedan föregående tömning. Denna dygnsnederbörd från kl. 7 till kl. 7 (svensk normaltid) nästa morgon har bearbetats för ett urval av stationer vars data finns digitaliserade sedan år 1900. Ett viktigt krav för urvalet är att stationerna ska ha mätt på samma plats eller nästintill samma plats hela perioden. Bearbetningar för perioden 1900-2013 respektive 1961-2013 har gjorts för medelvärden av årets största dygnsnederbörd, antal observationer med dygnsnederbörd på minst 40 mm samt årets största dygnsnederbörd i Sverige.

6.1 Extrem dygnsnederbörd

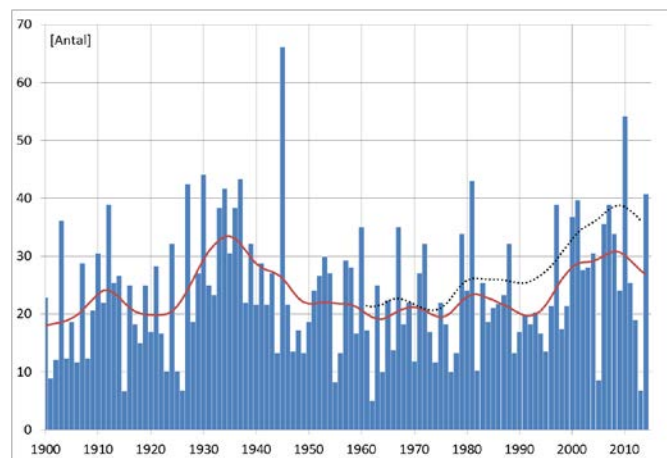
Extrem nederbörd har generellt sett ökat i Sverige från 1900 fram till 1930-talet, därefter blev det en minskning till 1970-talet för att sedan öka fram till idag. Det är mer extrem nederbörd idag än på 1930-talet. Figur 30 visar årets i genomsnitt största mängd nederbörd under ett dygn för 60 av SMHIs väderstationer som varit i drift under perioden. Dessa 60 stationer är relativt jämt fördelade över landet.



Figur 30. Medelvärdet av årets största 1-dygnsnederbörd (staplar) som bygger på 60 utvalda stationer 1901-2013. Röd kurva visar en utjämnad kurva av staplarna. Prickad svart kurva visar en utjämnad kurva av samtliga stationer som varit i drift under året. Källa: www.smhi.se (klimatindikator).

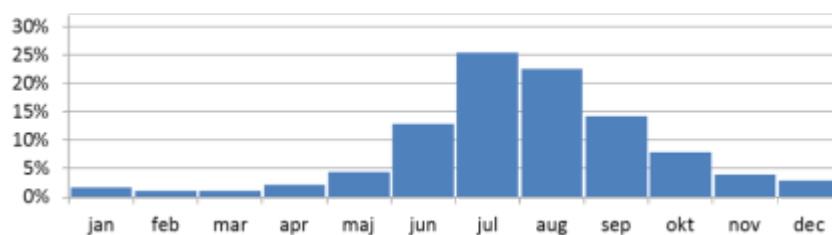
I figur 31 visas antal fall per år då dygnsnederbörden varit minst 40 mm på de utvalda 60 stationerna. Många fall med minst 40 mm inträffade under 1930-talet men allra flest fall inträffade under 1945 då exempelvis Härnösand drabbades av 5 dygn med minst 40 mm

och Ljungby med 3 dygn. Det var en anhopning av många fall med minst 40 mm under 1930-talet, 1945 och under 2000-talet. Toppen under 1930-talet är ungefär lika höga som idag.



Figur 31. Antal observationer med dygnsnederbörd på minst 40 mm per år som bygger på 60 utvalda stationer 1901-2013. Röd kurva visar en utjämnad kurva av staplarna. Prickad svart kurva visar en utjämnad kurva av samtliga stationer som varit i drift under året. Källa: www.smhi.se (klimatindikator)

Det är vanligast att årets största nederbördsmängd i Sverige under ett dygn faller under juli följt av augusti. Minst vanligt är att den största mängden faller under februari eller mars (figur 32).



Figur 32. Andelen fall per månad (%) då årets största 1-dygnsnederbörd inträffat i Sverige under perioden 1961 – 2011. Källa: Wern, 2012

De största mängderna under ett dygn faller vanligen längs södra norrlandskusten, i fjällen eller i de västra delarna av det sydsvenska höglandet. Det senare området sammanfaller med det område som i genomsnitt får mest nederbörd i Sverige under ett helt år. De allra största nederbördsmängderna under ett dygn, som kommer en gång vart hundra år, drabbar ofta den södra norrlandskusten.

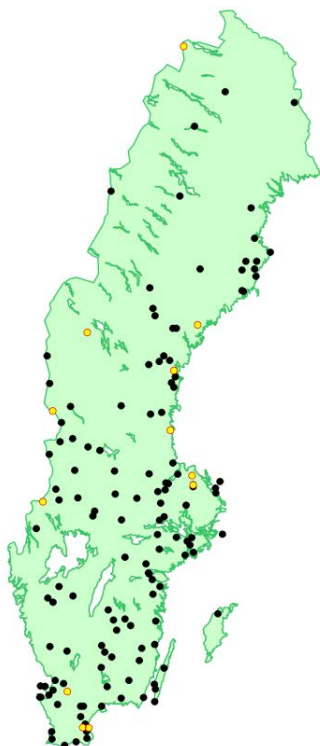
Nederbördstillfällena då minst 90 mm uppmätts under ett dygn har analyserats för 1961-2014. Figur 33 visar alla SMHIs väderstationer, från år 1961 t.o.m. 2014-09-23, där minst 90 mm uppmätts under ett dygn, totalt 144 stationer. Totalt 157 fall har registrerats. Svarta prickar visar vilka stationer som mätt minst 90 mm under ett dygn en gång medan gulröda prickar visar stationer som mätt minst 90 mm under ett dygn minst två gånger.

Dessa extrema nederbördstillfällena har alltså drabbat hela landet men de har varit vanligare längs Norrlandskusten, i Svealand, östra Götaland och i Skåne.

I de områden där årsnederbörden är som störst dvs. västra delarna av sydsvenska höglandet och fjälltrakterna, saknas anhopning av tillfällena med värsta skyfall. I dessa områden är det snarare ovanligt med 90 mm eller mer under ett dygn. Under år 2014 har

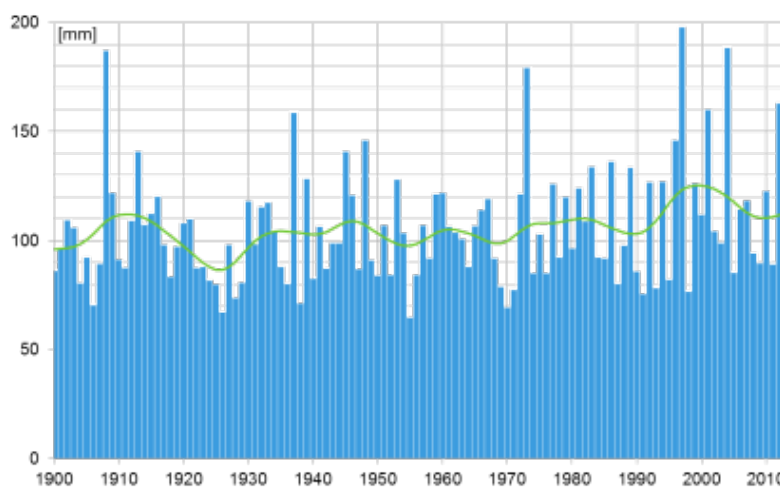
några fall tillkommit i detta område. I ett område från västkusten och kring Vänern, Vättern och Hjälmaren har SMHI mätt minst 90 mm enbart ett fåtal gånger.

Noterbart är att under 2014 har det hittills (september) lagts till fyra fall inom detta område där det enbart fanns tre fall tidigare. Kraftiga extremregn orsakas vanligen då lågtryck rör sig från Polen norrut och ger kraftiga regn i östra delarna. Dessa lågtryck är ofta svårprognosticerade och drabbar inte lika ofta västra Götaland som därmed vanligtvis inte får de riktigt stora skyfallen.



Figur 33. Stationer som mätt minst 90 mm (1961 – 2014-09-23) under ett dygn en gång (svarta prickar) och minst 90 mm under ett dygn minst två gånger (gulröda prickar). Källa: SMHI.

Figur 34 visar årets absolut största dygnsnederbörd uppmätt vid någon av SMHI:s stationer. De tre allra största mängderna under senare år härrör från Hinshult i Småland som fick 163 mm den 7 juli 2012, från Råda i Värmland med 188,6 mm den 4 augusti 2004 och från Fagerheden i Norrbotten som översköldes med 198 mm den 28 juli 1997. Det sista värdet är den största mängden SMHI mätt under ett dygn.



Figur 34. Årets största dygnsnederbörd uppmätt vid någon av SMHI:s stationer. Grön kurva visar en utjämnad kurva baserad på staplarna. Källa: Wern, 2012

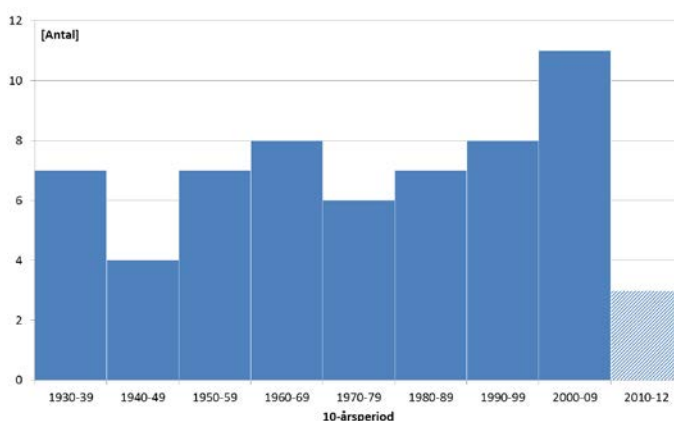
Större mängder nederbörd under 24 timmar än ovan nämnda har uppmätts utanför SMHI:s stationer; 237 mm i Karlaby i Skåne den 6 augusti 1960 vid ett hydrologiskt projekt, samt 276 mm uppmätt av en privatperson på Fulufjället i Dalarna den 30-31 augusti 1997.

6.2 Extrem arealnederbörd

Klimatindikatorn extrem arealnederbörd visar antalet fall med minst 90 mm nederbörd över 1000 km² under 24 timmar sedan 1930-talet (figur 35). När så mycket som 90 mm faller på 24 timmar får man höga flöden i vattendrag med risk för ras och översvämningar i det utsatta området.

För att kartlägga tillfällena med extrem nederbörd på ett enhetligt och jämförbart sätt utgår man från nederbörden för två dygn (48 timmar) och tar sedan fram ett värde för den 24-timmarsperiod som har den största nederbördsmängden. Analyserna baseras enbart på observationer från SMHI:s officiella stationer för att data ska vara jämförbara över tiden. Det innebär att det har funnits fall med extrem nederbörd som fallit mellan mätstationerna, som därmed inte finns med i klimatindikatorn.

Ett sådant fall inträffade den 30-31 augusti 1997 i Fulufjället. En specialstudie av detta fall gav ett värde på 172 mm, som alltså är högre än något av de fall som ingår i den officiella serien. Där är det högsta värdet 154 mm.



Figur 35. Varje stapel i diagrammet visar antalet fall per tioårsperiod sedan 1930 i Sverige med minst 90 mm nederbörd över 1000 km² under 24-timmar. Under den nuvarande 10-års perioden (2010-2019) har ett fall inträffat 2010, inget 2011, två under 2012 och inget 2013. Källa: www.smhi.se.

6.3 Svenska nederbördsrekord

Den högsta uppmätta årsnederbörden i Sverige är 1866 mm, som föll år 2008 i Mollsjönäs i Västergötland. Det gamla rekordet för årsnederbörd var 1725 mm i Baramossa i Halland och sattes så sent som år 2007. Rekordet dessförinnan var 1631 mm i Åstrilt i Halland år 1998, som inte var särskilt mycket högre än de knappa 1600 mm som uppmättes i Fröslida 1954.

Det svenska rekordet för största årsnederbörd har alltså slagits tre gånger de senaste decennierna. Detta är antagligen inte bara en följd av att nederbörden i Sverige visar en långsamt stigande trend, utan även en följd av att vi fått fler stationer i de allra nederbördsrikaste områdena i västra Götaland.

Årsrekorden är egentligen inte anmärkningsvärt höga med tanke på att medelvärdet av årsnederbörden i de nederbördsrikaste delarna av Lapplandsfjällen beräknas vara ca 2000

mm. I extrema fall torde årsnederbördsmängder på minst 2500 mm kunna förekomma där något enstaka år, då frekvensen av vindar från sektorn sydväst-nord är extremt hög.

Eftersom nederbördsintensitet och nederbördsmängd varierar kraftigt mellan närbelägna platser är sannolikheten för att upptäcka de mest extrema nederbördsmängderna beroende av hur tätt nätet av nederbördsstationer är. Antalet mätpunkter var ca 400 under perioden 1880-1900 och ökade därefter till ungefär 800 på 1940-talet. Fördelningen av mätstationer över Sverige har varit ojämn. I äldre tid var stationsnätet mycket glest i främst nordvästra Norrland. Eftersom det är svårt att mäta nederbörd i helt obebodda trakter innebär det att mätpunkter i hög terräng är underrepresenterade. Det är mycket få nederbördsstationer i Sverige som ligger högre än 600 meter över havet. Nederbördsmängden under en månad eller ett år stiger med 10-20 procent för var 100:e meter terrängen höjer sig. I högt belägen terräng inom de nederbördsrika västra fjälltrakterna har de officiella rekordvärdena därför säkert överskridits.

Under årets tre första månader plus december är det i de västligaste fjällen nära norska gränsen som de största dygnsmängderna har inrapporterats. I dessa fall är nederbörden ihållande under dygnet. Nederbörd faller som varmfrontsnederbörd i varmsektorn mellan varm- och kallfrontspassagerna och ofta även efter att kallfronten passerat. Stora dygnsmängder under perioden maj-november faller i samband med kraftiga, långvariga regnskurar oftast i samband med åska och ibland hagel. Men i några fall är även passerande lågtryck och fronter inblandade, och i regnområdena finns då insprängda åskceller.

6.4 Torka

Det finns många olika mått på torka och de varierar beroende på vilken tillämpning som avses. De allra flesta förknippar torka med perioder med så lite nederbörd att vattentillgången börjar bli otillräcklig för växtligheten i naturen och i odlingar.

Ett begrepp som är besläktat med torka är torrperiod, eller med andra ord en sammanhängande period med torra förhållanden t.ex. utan mätbar nederbörd. Torrperioder kan också relateras till perioder med låg vattenföring (se kap. 8.5) eller torra markförhållanden.

I ett internationellt perspektiv är Sverige förskonat från stora katastrofer till följd av extrem torka. Under torra år kan dock vattenbrist medföra stora problem lokalt och regionalt i landet.

Den längsta dokumenterade perioden utan nederbörd i Sverige är 65 dygn och inföll mellan den 22 mars och 25 maj 1974 i trakterna av Skövde. Ungskär i Blekinge hade en 60 dygn lång torrperiod från den 13 maj till 11 juli 1992.

Senast en svensk väderstation inte rapporterade någon mätbar nederbörd under en kalendermånad var i mars 2013 (Hacksta och Hallstabergr).

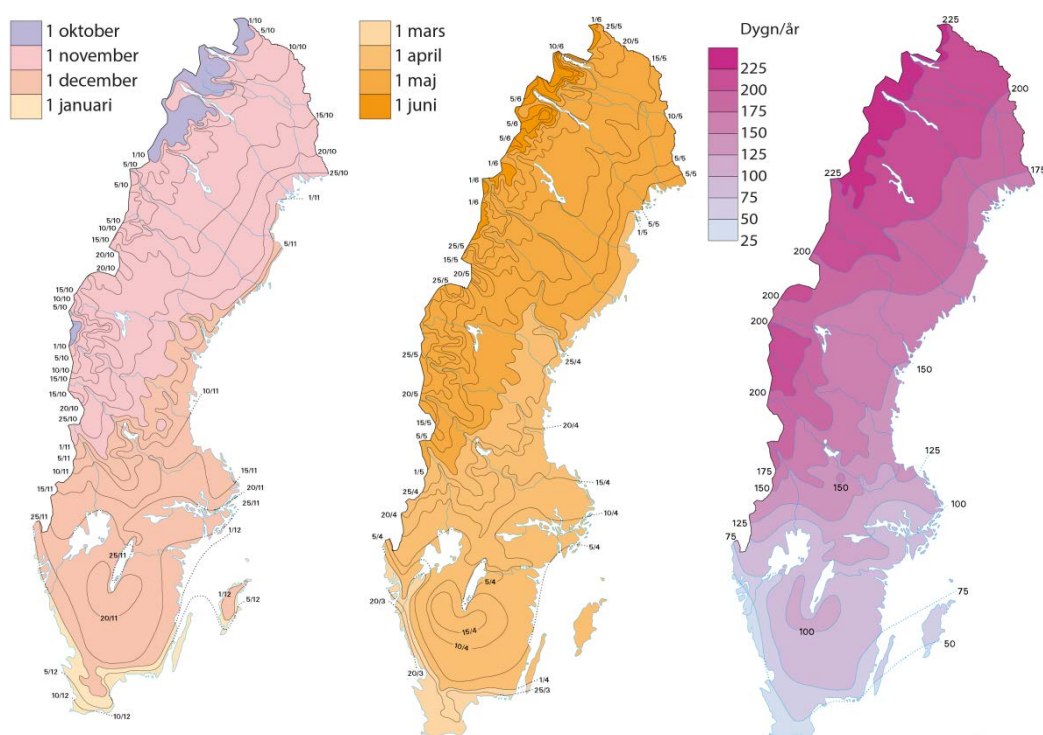
7 Snö

Sverige är ett avlångt land med stora variationer i temperatur, vilket tydligt avspeglas i snötäckets utbredning (figur 36). På högfjället kan den första snön falla redan i september och ligga kvar ända tills början av juni, medan de sydligaste delarna av landet ibland bara har ett fåtal dagar med snö under vintern. I dalgångar i de nordligaste fjälltrakterna bildas normalt det första snötäcket i början av oktober. På högfjället sker detta redan i september.

Närmast hav och större sjöar är temperaturen förhållandevis hög under hösten och förvintern, varför kusttrakterna som regel är snöfattiga i början av vintern. Vid Skånes sydkust bildas snötäcke i medeltal först en bit in i december. Det kan dröja betydligt

längre än det datum kartan visar innan ett mer varaktigt snötäcke bildas, särskilt i landets södra delar. Söder om en linje från mellersta Värmland, genom södra Dalarna till mellersta Gästrikland kan man inte heller räkna med att snötäcket alltid ligger kvar vintern igenom.

På hög fjället ligger snön ibland kvar ända in i juni månad, medan resten av Norrland brukar få snöfritt någon gång i maj eller slutet av april. I sydligaste Sverige brukar de sista dagarna med snötäcke vara i slutet av mars. I Norrlandsfjällen och i övrigt i norra Lappland är marken snötäckt i medeltal drygt 200 dagar om året. I Götalands kusttrakter är däremot i genomsnitt mindre än 50 dygn per år snötäckta. Under milda vintrar kan bestående snötäcke i stort sett utebli där.



Figur 36. Första dag med snötäcke (vänster), sista dag med snötäcke (mitten) och antal dagar med snötäcke (höger), medelvärden för perioden 1961-1990.

8 Avrinning

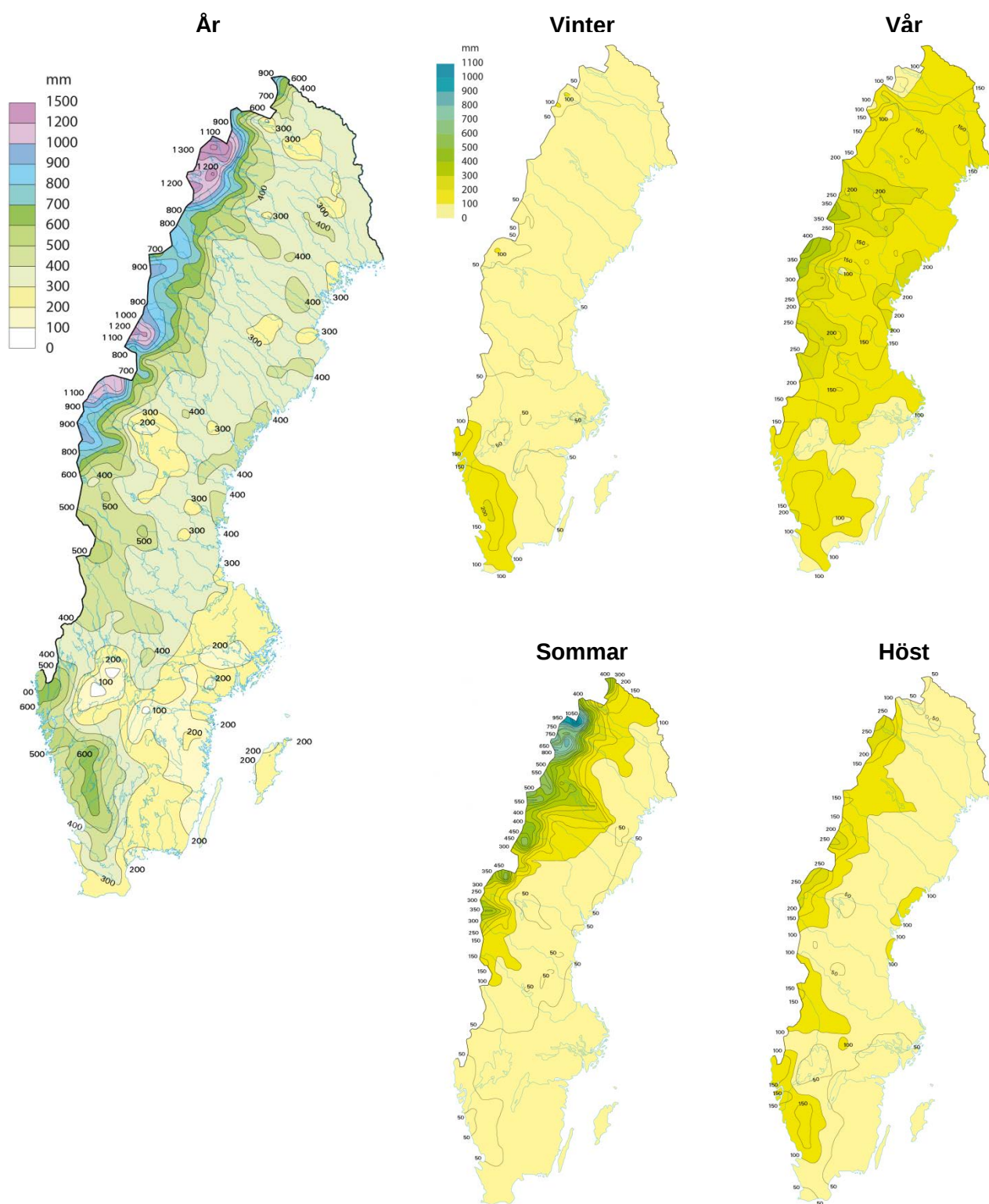
Det samlade vattenflödet från ett område i naturen kallas avrinning. Den specifika avrinningen, dvs. avrinningen per ytenhet, är ett mått på den långsiktiga vattentillgången i området, och uttrycks ofta i mm (1 liter per kvadratmeter). Årsmedelavrinningen för perioden 1961-1990 (figur 37) visar ett mönster över landet som i stort speglar nederbördsfördelningen. Västliga vindar ger störst nederbörd i fjälltrakterna och längs västkusten. Sydöstra Sverige kännetecknas av minst nederbörd och avrinning.

Säsongerna delas in enligt: vår (mars, april, maj), sommar (juni, juli, augusti), höst (september, oktober, november) och vinter (december, januari, februari). Störst är avrinningen som regel i samband med snösmältningsperioden under våren. Eftersom snön smälter sent i fjälltrakterna syns hög avrinning där under den s.k. sommarperioden i figur 37.

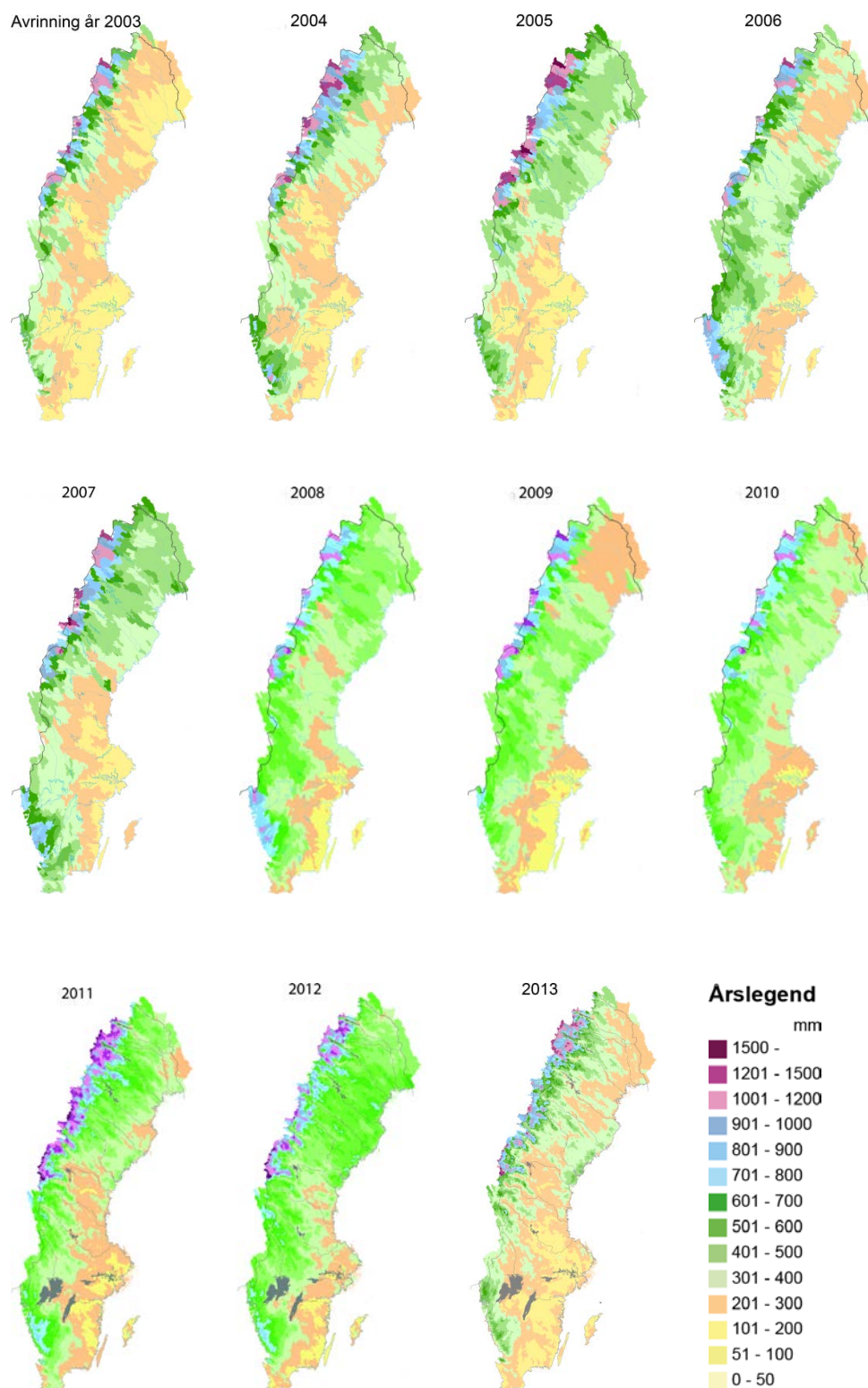
Avrinningen varierar mycket mellan åren och beror främst på nederbördens årsvariation, t.ex. var år 2000 ett blött år med $17 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ (535 mm) och 1976 ett torrt år med $8 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ (252 mm). $1 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ utläses 1 liter per sekund från arean 1 kvadratkilometer, och motsvarar 31,5 mm/år.

SMHI tar varje år fram avrinningskartor för att ge en generell överblick av hur vattentillgången varierat under det gångna året och även per säsong (figur 38 och 39). Mellan år 2003-2010 är underlaget till dessa avrinningskartor framtaget med hjälp av den hydrologiska modellen HBV, som beräknar hur mycket vatten som rinner av från ett i förväg bestämt avrinningsområde. I den använda modelluppsättningen är Sverige indelat i drygt 1000 delavrinningsområden. Från och med 2011 används en annan hydrologisk modell, S-HYPE där Sverige är indelat i knappt 38000 delavrinningsområden.

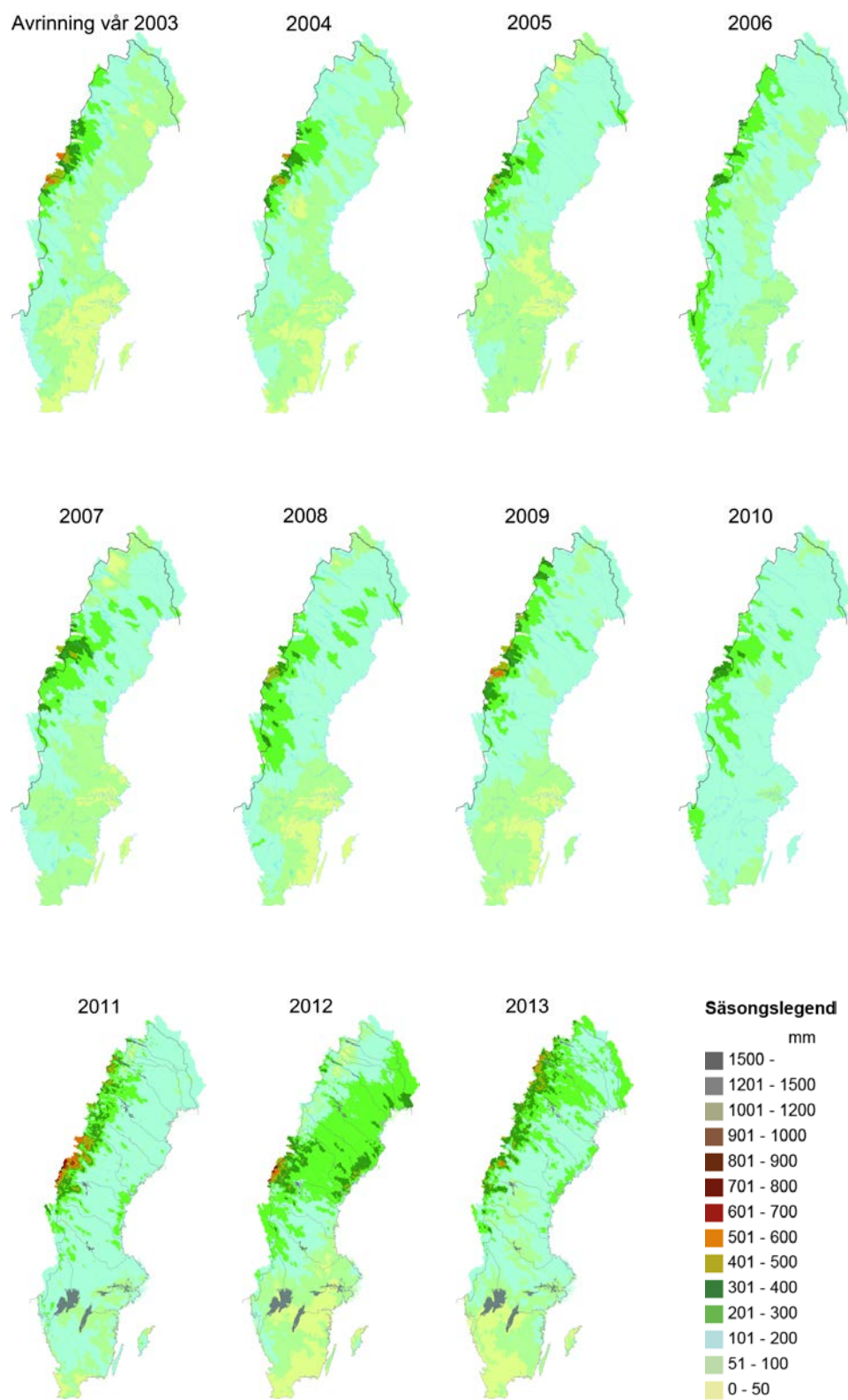
Modellerna är kalibrerade för att ge en generell bild över avrinningen från Sverige. Indata till modellerna kommer från en nederbörds- och temperaturdatabas, där nederbörd och temperatur har beräknats för ett gridnät som täcker hela Sverige. Varje gridruta är $4 \times 4 \text{ km}^2$ stor. Notera att legenden för årskartan inte är densamma som för säsongskartorna.



Figur 37. Årsmedelavrinningen (stora kartan) och medelavrinning vinter (dec-feb), vår (mars-maj), sommar (juni-aug) samt höst (sep-nov) för normalperioden 1961-1990.

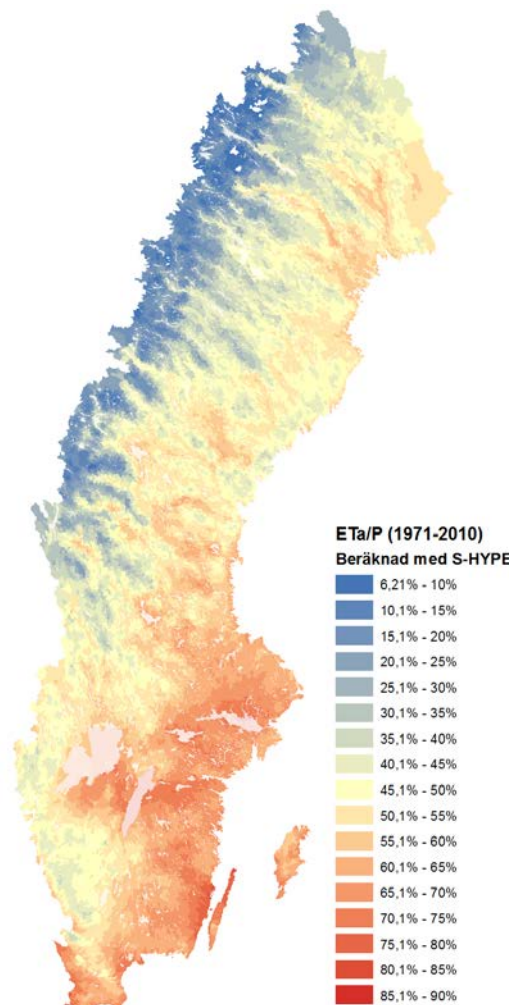


Figur 38. Årsavrinning 2003-2013 (mm)



Figur 39. Avrinning under våren (mars-maj) 2003-2013 (mm).

Avrinningen på årsbasis bestäms av nederbörd och avdunstning. Kvoten mellan avdunstning och nederbörd anger hur stor del av nederbörden som återgår till atmosfären. Ju högre andelen är desto mindre del av nederbörden bildar avrinning. Det är alltså ett sätt att beskriva torra områden. I kartan (figur 40) framträder östra Götaland, östra Svealand, Skåne och Västergötland som områden med hög andel avdunstning.



Figur 40. Andelen av nederbörden som avdunstar baserat på beräkning med den hydrologiska modellen SHYPE för ca 38 000 områden och avser medelvärden för perioden 1971-2012.

8.1 Vattenföring i Sverige 1860-2010

Rapporten "Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860-2010" publicerades av Elforsk 2011 och är framarbetad vid SMHIs forskningsavdelning. Rapporten beskriver långtidvariationen i nederbörd, temperatur, vattentillgång och höga flöden i Sverige, med särskilt tonvikt på frågeställningar av betydelse för vattenkraftindustrin, för perioden 1860-2010.

Utgångspunkten för studien är framtagandet av regionala serier för nederbörd, temperatur och avrinning för tillrinningsområdena till de fyra havsbassängerna i Östersjön och Västerhavet: Bottenviken, Bottenhavet, Egentliga Östersjön och Västerhavet. Storleken, timingen på året, och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag studerades genom analys av 69 vattenföringsserier om minst 60 år (figur 41). Följande slutsatser drogs i rapporten:

- Temperaturen har varit ovanligt hög under senare den senaste 20-årsperioden, med ett temperaturöverskott runt 1 grad i hela landet, jämfört med den gällande normalperioden 1961-1990.
- Vattentillgången har varit relativt stabil under perioden 1901-2010. 1970-talet var det torraste årtiondet, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var de blötaste årtiondena (knappt 10 % blötare än normalperioden).
- Avrinningen vintertid har varit hög under senare år, särskilt i södra Sverige, beroende på de milda vintrarna.
- Storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabila, liksom tidpunkten för när under året de högsta flödena inträffar.

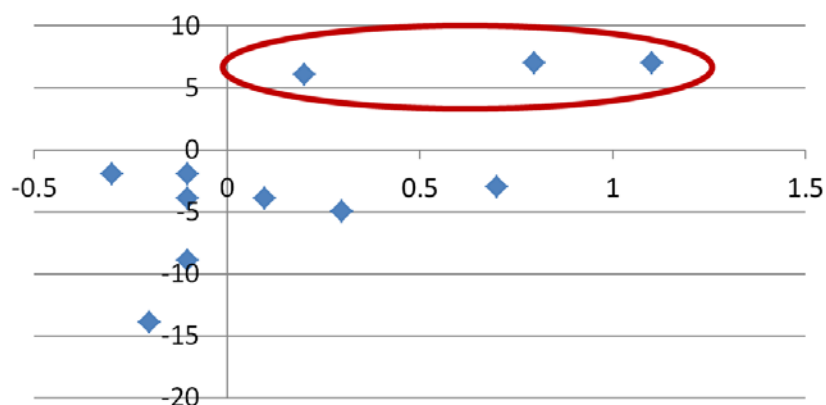


Figur 41. Indelning av Sverige i fyra regioner i vänstra kartan och de stationer som ingick i analysen för höga flöden som användes i rapporten. Källa: Lindström, 2011.

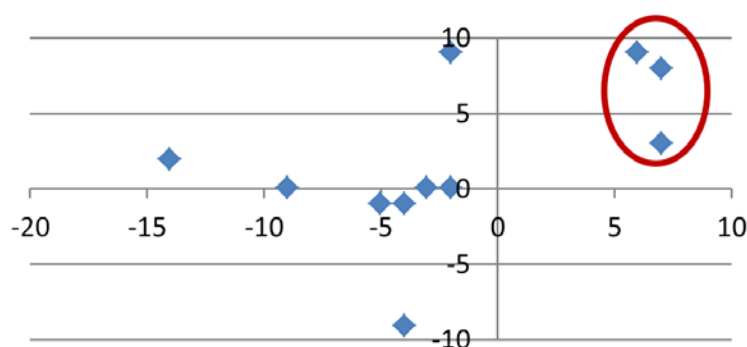
Avrinningen var hög under 1920-, 1980- och 1990-talen. Efter två blöta årtionden kulminerade avrinningen år 2000. Torraste årtiondet var 1970-talet. Torra år under senare tid var 1996 och 2003. Perioden 2001-2010 har varit något högre avrinning än långtidsmedelvärdet.

De enskilt mest extrema åren för avrinning är 1976 (lägst) och 2000 (högst). År 2000 var även året med störst mängd nederbörd.

Osäkerheter förekommer givetvis i materialet t.ex. beroende på förändringar i mätmetoder över tiden. Osäkerheterna är störst för de äldre data, särskilt före 1890-talet, eftersom det då endast finns tre dataserier.



Figur 42. Avvikelser i nederbörd (%) mot avvikelser i temperatur (°C) per årtionde 1901-2010 för hela landet. Avvikelse beskriven i jämförelse med 1961-1990. Temperatur på x-axeln och nederbörd på y-axeln. 10-årsperioderna 1980-2010 är inringade. Baserad på data från Lindström, 2011.

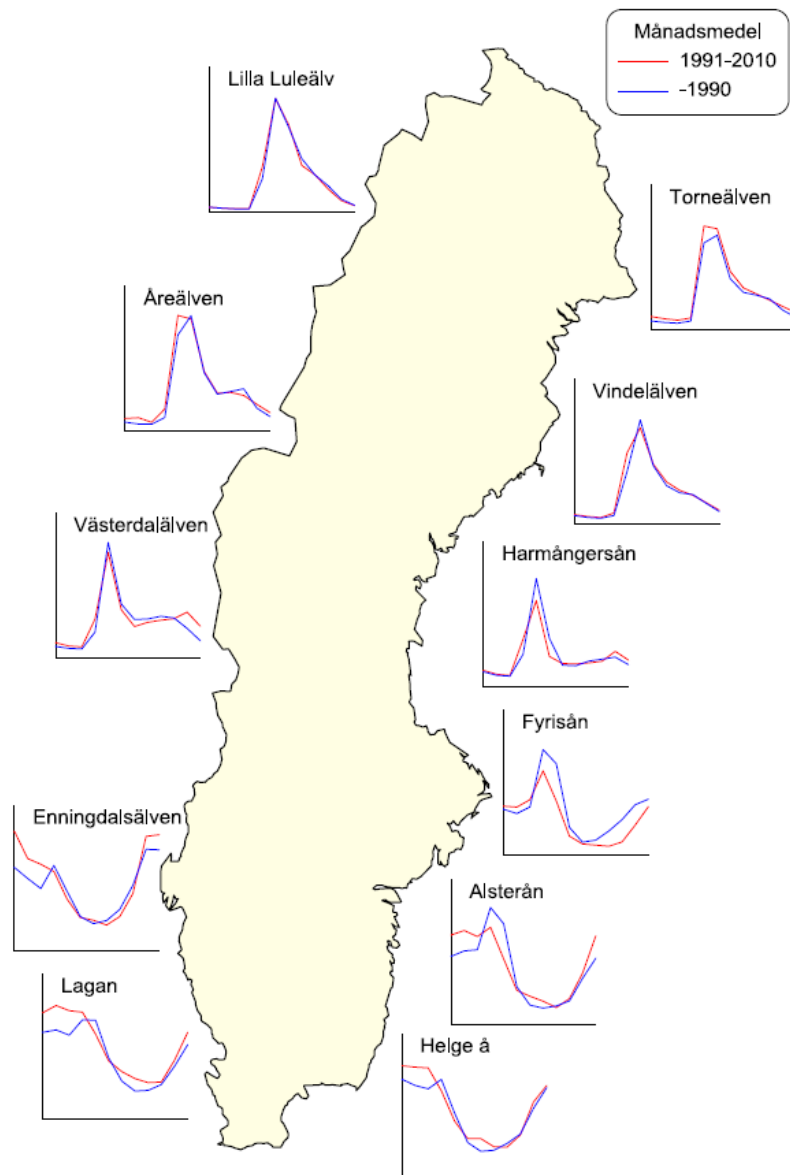


Figur 43. Avvikelser i avrinning (%) mot avvikelser i nederbörd (%) per årtionde 1901-2010 för hela landet. Avvikelse beskriven i jämförelse med 1961-1990. Nederbörd på x-axeln och avrinning på y-axeln. 10-årsperioderna 1980-2010 är inringade. Baserad på data från Lindström, 2011.

Lindström (2011) jämför 10-årsperioderna från 1901 till 2010 med medelvärden för 1961-1990 för hela landets temperatur, nederbörd och avrinning. Inget entydigt samband kan påvisas 10-årsperioderna för 1980-2010 ligger i rutan för varmt och regnigt (figur 42) respektive regnigt och hög avrinning (figur 43).

Nederbörden har, enligt analysen, ökat betydligt mer än avrinningen. Detta diskuterades i en tidigare rapport (Hellström och Lindström, 2008). De kom fram till att den troligaste orsaken är att nederbörden nu mäts noggrannare. Någon tydlig effekt av ökad biomassa i skogen eller av ökad temperatur kunde då inte påvisas. Det finns fler faktorer som kan spela in men som inte studerats noggrannare t.ex. förändringar i mätning av vattenföring.

I figur 44 visas hur månadsmedelvärdena för perioden 1991-2010 avviker från observationsserien för åren före 1990. Avvikelse är betydligt större för södra Sveriges vattendrag, där vi framförallt ser högre vinteravrinning men också en tendens till lägre vårfloed för vattendragen på den östra delen.



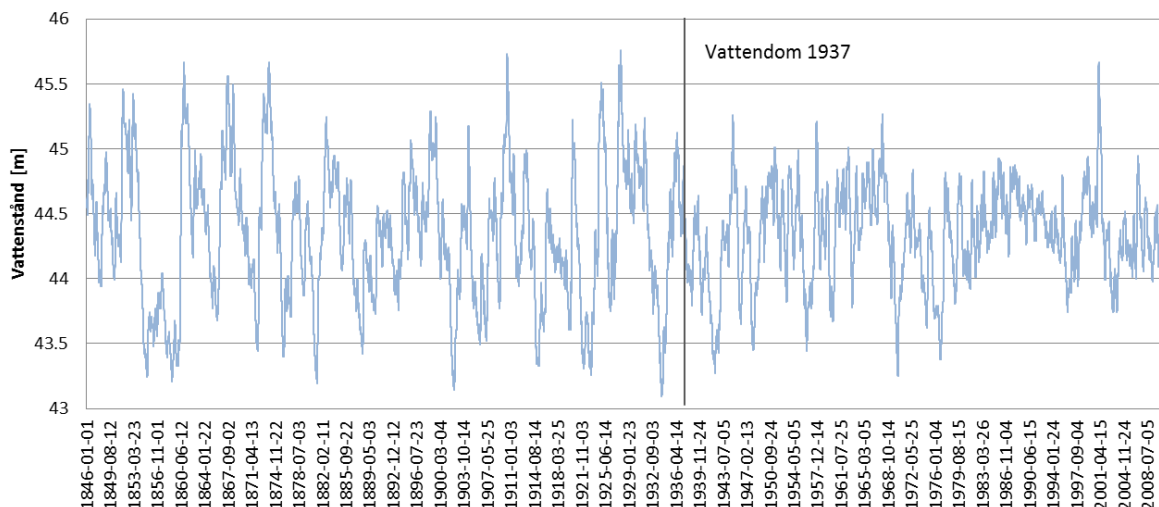
Figur 44. Avrinningens fördelning över året som månadsmedelvärden för åren före respektive efter 1990, för ett urval stationer med långa observationsserier. Källa: Lindström, 2011.

8.2 Vätern

Vattenståndsuppgifter från våra största sjöar finns ända från 1700-talet. Anledningen till att mätningarna startade var att allt fler människor berördes av ändringar i vattenståndet. Runt sjöarna fanns stora jordbruksmarker som vid översvämning kunde skadas. En sänkning av vattenståndet medförde däremot att bördig mark torrlades och kunde börja odlas. Den ökande sjöfarten behövde också uppgifter om vattenståndet för att planera sina rutter.

Genom mätningar av vattenståndet under en längre tid fick man kunskap om hur högt och hur lågt det kunde bli. Detta gav en ökad kännedom om var man kunde uppföra byggnader och andra anläggningar utan risk för att de skulle skadas vid en översvämning. Nya industrier som växte upp använde vattnet som kraftkälla. Genom att bygga dammar vid sjöarnas utlopp kunde vattenflödet ur dessa hållas jämnare. Detta medförde också att man kunde planera tappningen av sjöarna så att stora fluktuationer i vattenståndet utjämnades.

Vänern är Sveriges största sjö och Europas tredje största sjö. Avrinningsområdet är cirka 46880 km². Sjön började regleras 1937. Att regleringen startade 1937 syns tydligt i vattennivåmätningarna (figur 45) eftersom en minskning av de högsta vattennivåerna framträder efter 1937.



Figur 45. Vänerns vattenstånd (m) enligt höjdsystem RH00. Källa: smhi.se

Vattendomen bestämmer villkoren för en reglering. I en vattendom förekommer ofta begreppen dämningssgräns (DG) och sänkningsgräns (SG) dvs. gränser för högsta respektive lägsta vattenstånd. Dämningssgränsen liksom sänkningsgränsen varierar vanligtvis under året.

I Vänern är dämningssgränsen lägre under våren för att ge plats för en del av vårfloden. Den får dock överskridas under vissa förutsättningar. Vid upp till 30 cm för högt vattenstånd skall tappningen vara 900 ± 30 m³/s och vid vattenstånd på mer än 30 cm över dämningssgränsen måste 1000 ± 30 m³/s tappas ur sjön. Före regleringen var den högsta uppmätta vattenföringen ca 840 m³/s. Denna högre vattenföring har möjliggjorts genom stora vidgningar av en del älvsträckor. Att tappningen inte får överskrida cirka 1000 m³/s beror på att man vill undvika skador från ras och skred i Göta Älv. Vid långvariga perioder med nederbörd kan det innebära att tillrinningen är större än den mängd vatten som man får tappa ur Vänern med följd att vattennivåen stiger. Detta var situationen år 2000/2001.

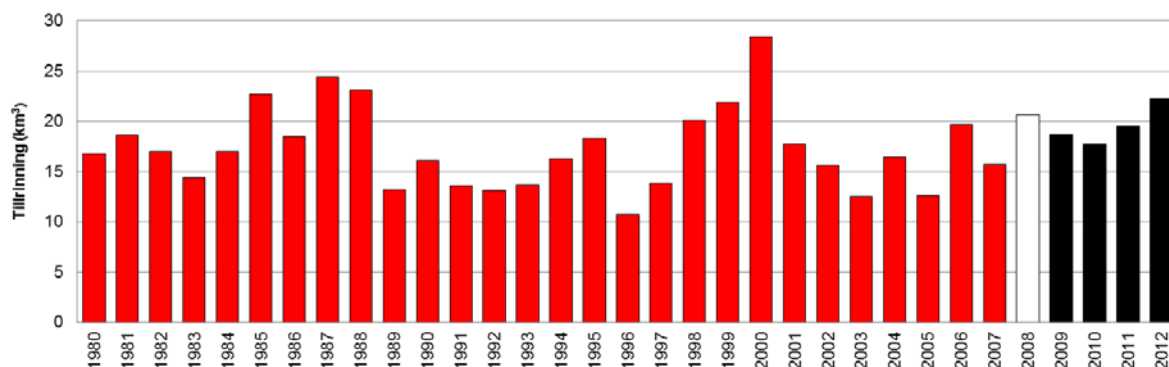
Även sänkningsgränsen varierar under året. Då dämningssgränsen inte är överskriden får tappningen inte överskrida $900 +$ tillfälligtvis 30 m³/s. Den får heller inte vara mindre än att vissa minimitappningar kan hållas i Göteborgsgrenen nedanför Kungälv för att förhindra saltvatten från att tränga för långt upp i älvmynningen. Vid låga flöden och höga havsvattenstånd kan saltvatten tränga in längs botten och vålla svårigheter för Göteborgs vattenverk och en del industrier, som tar sitt vatten från älven.

Vattenfall tillämpar på prov sedan 2008 en ny tappningsstrategi, bland annat för att försöka hålla nere de högsta vattenstånden under extrema flöden. Denna strategi har tagits fram genom en överenskommelse mellan Vattenfall och länsstyrelsen i Västra Götaland och i samråd med Sjöfartsverket och SMHI. Denna nya strategi håller sig inom befintlig vattendom.

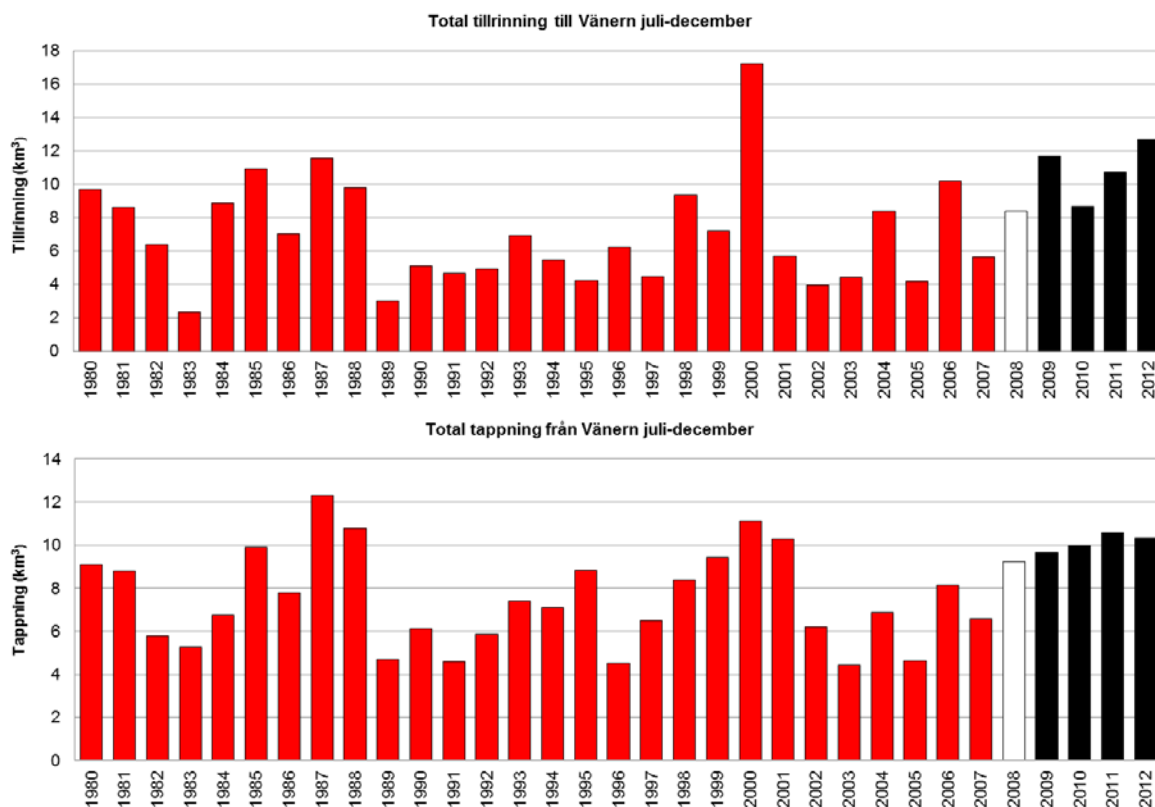
Data över vattenstånd och tappning för Vänern erhålls från Vattenfall. Tillrinning har beräknats vid SMHI. Av figur 45 framgår tydligt hur extrema förhållandena var 2000-2001. För övrigt är variationerna stora mellan åren.

SMHI har särskilt tittat på perioden 1980-2012 för att se effekten av den förändrade tappningsstrategin (Bergström och Eklund, 2013). Figur 46 visar årstillrinningen under

perioden 1980-2012. De röda staplarna avser perioden före överenskommelsen om ny reglering och de svarta avser perioden därefter. Den vita stapeln avser år 2008, det år då överenskommelsen trädde i kraft. Tillrinningarna var höga under åren efter överenskommelsen, men höga tillrinningar förekom också under några år på 1980-talet.



Figur 46. Årstillrinningen under perioden 1980-2012. De röda staplarna avser perioden före överenskommelsen om ny reglering och de svarta avser perioden därefter. Den vita stapeln avser år 2008, det år då överenskommelsen mellan Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall trädde i kraft.



Figur 47. Tillrinningarna till och tappning från Vänern under andra halvåret (juli-december) för perioden 1980-2012. De röda staplarna avser perioden före överenskommelsen om ny reglering och de svarta avser perioden därefter. Den vita stapeln avser år 2008, det år då överenskommelsen trädde i kraft.

Tillrinningen och tappningen under andra halvåret (juli-december) är speciellt intressanta för analysen av effekterna av den nya tappningsstrategin. Det var den höga tillrinningarna under det andra halvåret 2000 som ledde till de extrema förhållandena i Vänern vintern 2000-2001. Figur 47 visar tillrinningarna till och tappningen från Vänern under andra halvåret för vart och ett av åren under perioden 1980-2012. De år som följde efter

Den totala tappningen från Vänern för andra halvåret uppvisar ett annorlunda mönster än tillrinningen. Det beror på att den totala tappningen under perioden till stor del påverkas av utgångsvattenståndet i början på perioden och tillrinningens fördelning under de sex månaderna varierar.

8.3 Mälaren

För att motverka översvämningar av jordbruksmark, undvika lågvatten för sjöfarten och hindra saltvatteninträngning genomfördes en reglering av Mälaren enligt vattendom från 1941. Regleringen togs i bruk 1943. Avsänkningen av högvattenstånden blev ungefär de avsedda men lågvattenstånden blev betydligt lägre än väntat. Regleringsbestämmelserna justerades något 1966. Mälarens medelvattenstånd har beräknats, i enlighet med vattendom, från mätningar i Västerås, Södertälje och Stockholm.



46

Effekten av regleringarna avspeglas tydligt i vattenståndet som visas i figur 49. De högsta vattenstånden har minskat och inflödena från Saltsjön bemästras (ses som negativa värden). Efter 1943 är svängningarna betydligt mindre och efter 1968 är nivåerna än mer stabila. Mätserien visar en trend före 1943, men den beror på att landhöjningen påverkat referenspunkten.

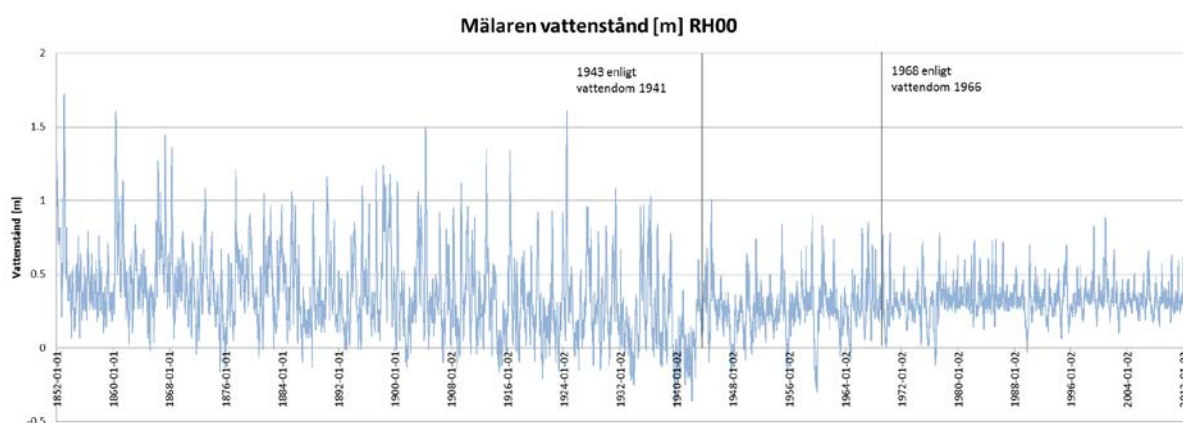
De kraftiga översvämningarna i Sverige 2000-2001 påverkade även Mälaren. Det högsta vattenståndet under reglerad tid uppmättes då till 0,89 m i RH00 (se även figur 49). Situationen orsakade betydande problem runt Mälaren och tydliggjorde behovet av en ökad tappningskapacitet.

Avtappningen av Mälarens vatten sker vid Norrström och Söderström i centrala Stockholm samt via slussarna i Hammarby och Södertälje. Möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren bestäms av sjöns vattennivå, luckornas utformning samt skillnaden i nivå mellan Mälaren och Saltsjön. När skillnaden är liten begränsas möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren. Dagens avtappningskapacitet är, vid stor vattenståndsskillnad mellan Mälaren och Saltsjön, ca 800 m³/s. Klimat- och sårbarhetsutredningen föreslog en ökning av avtappningskapaciteten till 1800 m³/s (SOU, 2006). Utredningen föreslog även en omprövning av nu gällande vattendom i samband med ombyggnaden av Slussen i Stockholm. Under slutet av 2011 kom slutförslaget angående en ny reglering, "Projekt Slussen – Förslag till ny reglering av Mälaren" från SMHI. I denna föreslås ökad tappningskapacitet från Mälaren till cirka 1500 m³/s samtidigt som Slussen byggs om.

I ett regeringsuppdrag konstaterade MSB bland annat att risken för översvämning runt Mälaren är idag hög (MSBa, 2012). Detta eftersom tillrinningen till sjön kan vara högre än kapaciteten att tappa ut vatten från sjön. MSB konstaterade även att vid en översvämning med höga nivåer i Mälaren kommer problemen sannolikt att vara mycket stora även i tillrinnande vattendrag och inom en större region av landet. Därmed kommer konkurrens att uppstå om samhällets samlade resurser.

SMHI konstaterar att sannolikheten för att Mälaren under den kommande 10-årsperioden drabbas av en händelse liknande den år 2000, eller värre, är i storleksordningen 10% (Andréasson m.fl., 2011a).

Sedan 2014 finns sex nya mätstationer utplacerade runt Mälaren som kontinuerligt rapporterar vattenstånd. Ett avancerat hydrologiskt prognossystem för Mälarens vattenstånd och utflöden finns också i drift på SMHI.



Figur 49. Mälarens vattenstånd (uttryckt som meter i höjdsystemet RH00) 1852-2012. De vertikala svarta strecken markerar då vattendomen 1941 och den justerade vattendomen 1966 togs i bruk. Källa: Andréasson m. fl., 2011a

8.4 Höga flöden och översvämningar

Översvämningar kan uppstå då vattennivån i hav, sjöar eller vattendrag stiger så mycket att landområden som normalt är torra ställs under vatten. Det kan drabba även områden som inte gränsar till vatten. I Sverige är vi som regel förskonade från stora översvämningsskatastrofer men de materiella skadorna och kostnaderna till följd av översvämningar är betydande.

Översvämningar i Sverige orsakas främst av stor vattentillförsel till sjöar och vattendrag från kraftiga regn eller snösmältning. Höga flöden och mindre översvämningar återkommer i de norra delarna av landet i samband med snösmältningen. Översvämningar orsakade av stora regnmängder förekommer i norra Sverige främst under sommaren eller hösten. I södra Sverige kan de inträffa under större delen av året.

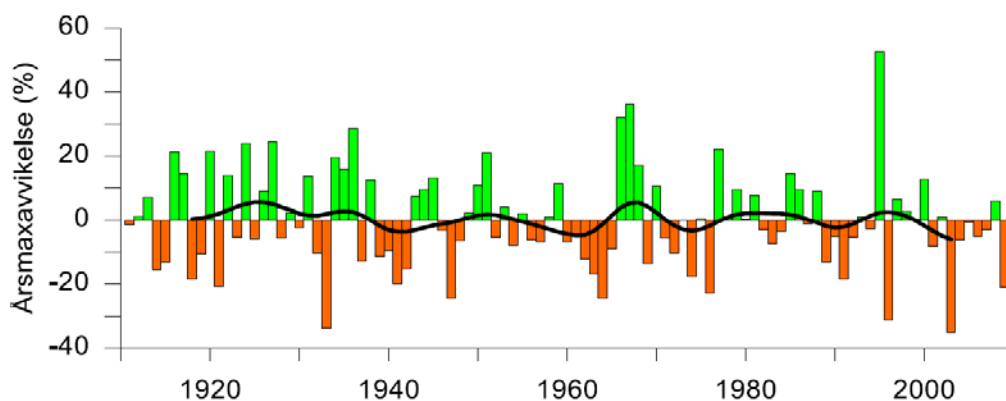
Vid stora vårflöden, orsakad av riklig snötilgång under vintern, ökar risken för översvämning om snösmältningen sker senare än normalt. Den blir då intensiv och snabb på grund av hög lufttemperatur. Sen snösmältning gör som regel att snön smälter samtidigt i fjällområden och i skogsområden och då sammanfaller flödestopparna. Regnar det dessutom ökar översvämningrisken ytterligare.

Om regn faller på tjälad jordbruksmark kan lokala översvämningar ske men det krävs kraftiga regn under flera dygn för att rejäla problem ska uppstå.

Samma volym nederbörd kan på samma plats ge olika resultat beroende på hur väl marken är vattenmättad. Om marken vattenmättats av långvarigt regnande eller snösmältning rinner ytterligare nederbörd till närliggande vattendrag och flödena ökar snabbt. Är marken däremot torr finns stora möjligheter att magasinera nederbörden.

Högt vattenstånd i havet kan försvåra problemen vid höga flöden. Det gäller vid låglänta kuster, som exempelvis vid Helge ås mynning i Kristianstad.

Höga flöden som inträffat i Sverige under senare år har rönt stor uppmärksamhet. Inte minst de sommarregn som leder till översvämningar i städer. Dessa flöden framträder oftast inte lika tydligt i SMHIs hydrologiska mätningar, eftersom dessa görs i större vattendrag. På smhi.se finns sammanställningar över höga flöden och översvämningar. Man kan lätt få intrycket att de ökat men sanningen är nog snarare att dokumentationen ökat.



Figur 50. Varje års maximala flöde, som viktat värde för Sverige, uttryckt som procentuell avvikelse från perioden 1961-1990. Källa: Lindström, 2011.

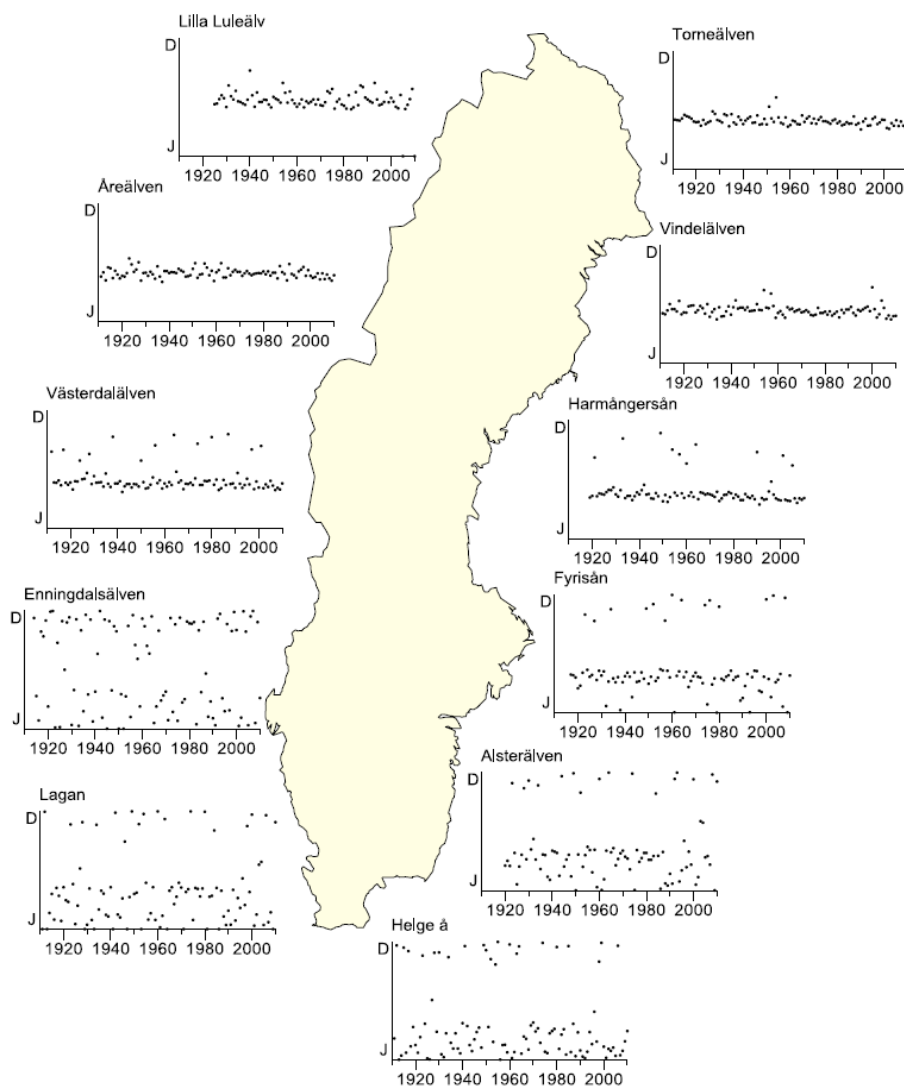
I Lindström (2011) presenteras medelavvikelsen för högsta flödet för hela året och för hela Sverige, baserat på 69 stationer med observationer under minst 60 år (figur 50). Referensnivån gäller för 1961-1990 och data är arealviktade för respektive region. I figuren framträder åren 1936, 1951, 1966, 1967 och 1995 som de mest flödesrika. 1900-talets högsta flöden i ett flertal oreglerade vattendrag i mellersta och norra Sverige inträffade just 1995. 1951 inträffade höga flöden i sydvästra Sverige och i Götaland.

Att titta summerat över hela landet ger inte hela bilden. I Lindström (2011) finns även en figur av andelen 10-årsflöden presenterade regionvis. Då framträder 1995 för region 1 och 2 och 1951 för region 3 och 4.

En annan orsak till ökad uppmärksamhet för höga flöden är den ökade sårbarhet som samhället står inför, med mer bebyggelse, hårdgjorda ytor och infrastruktur samt önskan till vattennära boende.

Många av de höga flödena under senare år har varit direkt orsakade av mycket regn. Regnflöden är svårare att göra prognos för än snösmältningsflöden. Sommaren 2010 är ett exempel på en period med flera översvämningar orsakade av regn. I juni drabbades Jönköping och Åre; i juli östra Götaland, Gotland, Stockholm och Göteborg; i augusti drabbades Göteborg igen samt Uppsala, Kungsbacka, Värmland, Malmö, Trelleborg och Åmål. De Realtidsrapporterande vattenföringsstationer som används i varningstjänsten nådde då inte ens upp till den lägsta varningsklassen. Även 2014 orsakade kraftiga sommarregn problem med översvämningar t.ex. i Stockholm och Malmö.

Städer drabbas av kraftiga regn eftersom det finns många hårdgjorda ytor som inte kan ta emot stora mängder regn på kort tid. Vattenföringsstationerna däremot finns i de naturliga vattendragen där kraftiga regn vanligen inte påverkar flödet så mycket. Det beror på att de kraftiga regnen oftast är lokala och därmed bara faller på en del av avrinningsområdet. Dessutom infiltrerar vattnet i marken och rinner inte direkt till vattendragen.



Figur 51. Tidpunkt för högsta uppmätta flöde vid olika mätstationer. Källa: Lindström, 2011.

Om man tittar på när under året som de högsta flödena inträffar syns tydligt snödominansen i norra Sverige dvs. vårflödet orsakar de högsta flödena (figur 51). I mellersta Sverige syns även ett inflytande av nederbördsbaserade flödestoppar och i södra Sverige är bilden än mer splittrad. Det går inte fastställa att förskjutningar skett i tidpunkten för flödena under perioden

Under hösten 2010 genomförde MSB en inventering av de översvämningar i Sverige som lett till ogynnsam påverkan på människors hälsa, miljön, kulturarvet och ekonomisk verksamhet under åren 1901-2010 (MSB, 2012b). Inventeringen resulterade i totalt 190 inträffade betydande översvämningar med flertalet under senare delen av perioden. Det är troligen mest beroende på att översvämningar nu dokumenteras mer och att sårbarheten i samhället ökat.

Av de dokumenterade fallen skedde ca 70 procent utmed sjöar och vattendrag. Översvämning till följd av skyfall uppträder också förhållandevis ofta och orsakar stora skador, men de berör relativt begränsade geografiska områden. Försämrade kvalitet på yt- eller grundvattenförekomster samt skador på dricksvattenförekomster är relativt vanligt i samband med översvämningar. En orsak är att orenat avloppsvatten kommit ut på grund av störningar i funktionen på reningsverk.

Det är mycket sällan en översvämning i Sverige leder till dödsfall. Vid sju tillfällen har dödsfall inträffat i samband med betydande översvämningar i Sverige, där en till tre personer uppgetts ha omkommit. Det kan jämföras med att i genomsnitt 5400 personer omkommer varje år i världen i samband med översvämningar. I Sverige har personer skadats allvarligt vid nio tillfällen i samband med översvämningar och vid 37 översvämningar har evakuering av personer genomförts. Vid fyra tillfällen har fler än 50 personer varit tvungna att evakueras (MSB, 2012b).

I inventeringen sticker Västerbotten ut med flest inrapporterade översvämningar. Därefter följer Jämtland, Norrbotten, Skåne och Värmland.

8.5 Lågflöden

En översiktlig analys över vilken tid på året det vanligtvis är låga vattenflöden har utförts baserad på observationer från hydrologiska stationer i SMHIs grundnät (SMHI, 2012). Analysen visar ett tydligt mönster. I södra Sverige är det främst på sensommaren dvs juli, augusti och september. I norra Sverige är den lägsta vattenföringen som regel i mars och april, strax innan snösmältningen startar.

SMHI har även analyserat vilka år som haft låg avrinning baserat på modellberäknade årsvärden och för Sverige som helhet. Det innebär att lokala avvikelser eller kortare perioder inte syns. De år som identifierades från perioden 1971-2010 var 1971, 1972, 1976, 1996 och 2003.

En jämförelse med uppgifter från SGU över år då grundvattennivån var låg visar överensstämmelse för åren 1976 och 1996. År 1976 nämns också i kap 8.1 som mest extremt vad gäller låg avrinning under perioden 1860-2010.

9 Havsvattenstånd

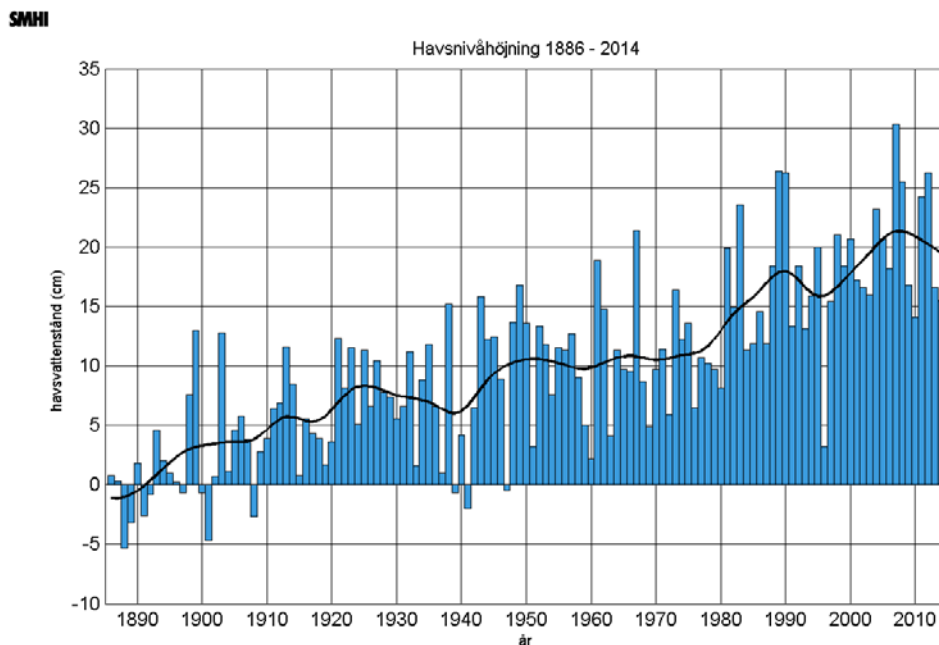
Den totala volymen vatten i världens hav påverkar vattenståndet i våra hav. Världshavens volym bestäms bland annat av havsvattnets temperatur och hur mycket vatten som ligger på land i form av glaciärer och då främst landisarna på Antarktis och Grönland. Den globala uppvärmningen har gjort att världshavens volym har ökat. Landisens avsmältning har tillfört vatten och den sammanlagda effekten är att världshavens vattenstånd stigit med ungefär 20 cm sedan slutet av 1800-talet. Den totala vattenståndshöjningen efter den senaste istiden (för 10000 år sedan) beräknas till 130 m.

9.1 Havsvattenståndets variationer

Havsvattenstånd mäts vid ett flertal stationer längs Sveriges kust. Vattenståndet på en plats är effekten av många faktorer som verkar med olika kraft och variation över tiden. Förutom världshavens vattenstånd påverkar vindar, lufttryck, vattnets densitet och landhöjningen. Längs de svenska kusterna är det framförallt lufttrycket och vindarna på Nordsjön och Östersjön som påverkar vattenståndet, men även så kallade periodiska svängningar i havsbassängerna. Det innebär i huvudsak att när kraftiga vindar pressat upp vatten mot en kust kommer vattnet att sjunka tillbaka. Rörelsen i vattnet fortsätter ända tills motsatta kusten nås och förhöjer vattenytan där. Så kan det svänga fram och tillbaka ett antal gånger.

I många delar av världen har människor redan börjat uppleva hur havsnivån stiger. I Skandinavien är höjningen inte lika synlig tack vare landhöjningen, som är störst i norr. Men i södra Sverige har havet stigit ungefär 20 centimeter sedan slutet på 1800-talet. Under de senaste 30 åren har "höjningstakten" ökat till nästan 3 millimeter per år. På många håll i Sverige där landhöjningen är stor, till exempel i Västerbottens kustland, kommer man i praktiken inte att uppleva att havet stiger, medan man utmed Götalands kuster kommer att utsättas för allt högre havsnivåer.

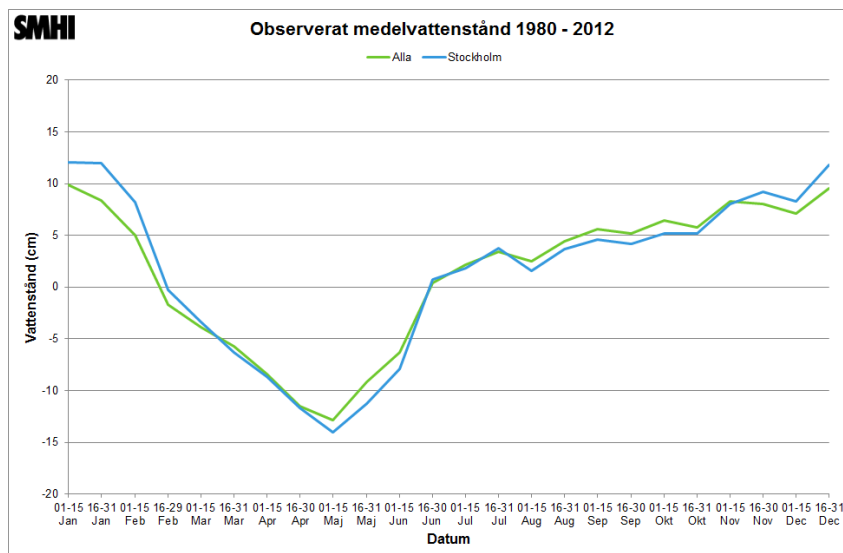
I figur 52 visas havsvattenståndet för Sverige baserat på mätningar vid 14 stationer längs Sveriges kust 1886-2013. Variationen mellan år är stor men en tydlig ökning av havsvattenståndet ses i figuren.



Figur 52. Havsvattenståndets förändring i centimeter för 14 mätstationer sedan 1886. Diagrammet är korrigerat för landhöjningen. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp. Källa: www.smhi.se

Havsvattenståndet vid den svenska kusten uppvisar ofta en tydlig årstidsvariation. Under hösten ligger vattenståndet vanligtvis högre orsakat av förhärskande sydvästliga vindar som höjer nivåerna (figur 53). Hur högt vattenståndet blir vintertid styrs primärt av om vintern är lågtrycks- eller högtrycks-betonad. En lågtrycksbetonad vinter med sydvästliga vindar ger höga havsvattenstånd, vilket också är mest vanligt förekommande vintertid.

En kall högtrycksbetonad vinter förknippas ofta med låga vattenstånd p.g.a. nordostliga vindar som pressar ut vattnet från Östersjön. Under våren brukar också vattenståndet vara lågt p.g.a. det stabila högtryck som då brukar växa in över Skandinavien. Sommartid är variationerna mindre p.g.a. svagare vindar.



Figur 53. Observerat medelvattenstånd per halvmånad, baserat på data från SMHI:s 23 stationer för perioden 1980-2012. I diagrammet visas medelvärdet för alla stationer (grön kurva) och medelvärdet för Stockholm (blå kurva). Stockholm följer, p.g.a. sitt centrala läge i Östersjön, medelvärdet för alla stationerna. Värdena presenteras relativt beräknat medelvattenstånd år 2013.

De högsta nivåerna fås i samband med långa perioder med förhärskande sydvästliga vindar som succesivt höjer vattenståndet. En stormpassage från sydväst kan då orsaka höga havsvattenstånd, t.ex. vid västkusten och bottenvikskusten. I Öresund observeras vid dessa tillfällen låga vattenstånd när vattnet pressas norrut i Östersjön. Det observerade årsmedelvärdet, som används vid beräkning av medelvattenståndet eller "årets medelvattenstånd", styrs ofta av förhållandena vintertid då starka vindar orsakar större variationer relativt medelvattenståndet.

Årets medelvattenstånd är ett beräknat värde bestämt genom regression på många års årsmedelvärden av havsvattenståndet. Det krävs mer än 30 års värden för att någorlunda väl kunna bestämma regressionslinjen. Med hjälp av linjen kan man sedan bestämma årsmedelvattenstånd såväl framåt som bakåt i tiden. Eftersom medelvattenståndet är ett beräknat värde kan man redan på årets första dag känna till årets medelvattenstånd.

Tidvatten har liten betydelse för våra kuster. I Skagerrak och Kattegatt finns ett så kallat halvdagligt tidvatten som en följd av öppningen mot Nordsjön och Atlanten. Amplituden på tidvattnet är normalt ca 10 centimeter i Skagerrak och 5 centimeter i Kattegatt men när de olika faktorerna samverkar (springflod) kan det vara 40 resp. 20 cm. Östersjön är för liten och har för trång öppning för att ha något egentligt tidvatten. Tidvattnet är enbart någon centimeter. Tidvattensvågen från Kattegatt genom sunden ger dock några centimeters tidvatten i södra Östersjön.

Vattendragen som mynnar ut i Östersjön tillför sötvatten och minskar havets salthalt. Densiteten hos sötvatten är lägre än saltvatten, vilket påverkar havsvattenståndet i Östersjön.

I Bottenviken är salthalten 3-4 promille, i Bottenhavet 5-6 promille, i Egentliga Östersjön 6-9 promille och i Västerhavet 15-30 promille. Eftersom sötare vatten är lättare behövs mera volym i form av högre vattenstånd för att systemet skall vara i balans.

Bottenvikens vattenstånd är på grund av detta alltid 35-40 cm högre än Skagerraks. Eftersom varje mätstation ges ett eget årsmedelvattenstånd syns inte detta i vattenståndsdigrammen.

9.2 Extrema havsvattenstånd

Extrema vattenståndsnivåer inträffar oftast i samband med kraftiga pålands- eller frånlandsvindar. Hur högt eller lågt det kan bli varierar längs med den svenska kusten. Det högsta vattenståndet har observerats i Kalix och det lägsta i Skanör (Tabell 5 och 6).

Tabell 5. *Högsta observerade vattenstånd relativt medelvattenståndet för de olika havsområdena längs Sveriges kust samt de datum då observationerna gjordes. Källa: www.smhi.se*

Havsområde	Högsta vattenstånd	Station	Datum
Bottenviken	+177 cm	Kalix	1984-01-14
N.Kvarken	+142 cm	Ratan	2002-02-23
N.Bottenhavet	+131 cm	Skagsudde	2002-02-22
S.Bottenhavet	+145 cm	Forsmark	2007-01-14
N.Östersjön	+117 cm	Stockholm	1983-01-18
M.Östersjön	+136 cm	Ölands norra	1914-01-09
S.Östersjön	+169 cm	Ystad	1904-12-31
S.Öresund	+132 cm	Skanör	1997-04-11
M.Öresund	+159 cm	Barsebäck	2013-12-06
N.Öresund	+167 cm	Viken	2013-12-06
Kattegatt	+165 cm	Ringhals	2005-01-08
Skagerrak	+157 cm	Stenungsund	1990-02-27

Tabell 6. *Lägsta observerade vattenstånd relativt medelvattenståndet för de olika havsområdena längs Sveriges kust samt de datum då observationerna gjordes. Källa: www.smhi.se*

Havsområde	Lägsta vattenstånd	Station	Datum
Bottenviken	-123 cm	Furuögrund	1971-02-26
N.Kvarken	-122 cm	Ratan	1912-10-03
N.Bottenhavet	-87 cm	Draghällan	1906-11-11
S.Bottenhavet	-84 cm	Forsmark	1996-01-30
N.Östersjön	-70 cm	Landsort	1972-03-12
M.Östersjön	-82 cm	Oskarshamn	1972-03-12
S.Östersjön	-142 cm	Ystad	1902-12-26
S.Öresund	-158 cm	Skanör	2013-12-06
M.Öresund	-101 cm	Klagshamn	1987-01-30
N.Öresund	-115 cm	Viken	2008-01-05
Kattegatt	-116 cm	Varberg	1900-02-16
Skagerrak	-118 cm	Stenungsund	1996-02-10

10 Is på sjöar

Isläggningen tenderar att ske senare och islossningen tidigare än normalt för flertalet sjöar i Sverige. Det kan kopplas till den varmare period vi befinner oss i.

I en klimatanalys för Jönköpings län (Andréasson m.fl., 2011b) gjordes en studie av sjöarna Bolmen, Sommen, Vidöstern och södra Vättern. Perioden 1961-2006 användes för Sommen och Vidöstern och Vättern 1961-1992 och Bolmen 1961-2005 p.g.a. av avslutade mätningar. Studien gjordes för att bestämma samband mellan temperatur och isläggning och islossning som sedan användes för att studera framtida tidpunkter med hjälp av klimatscenarier. Bolmens isperiod var i medeltal 103 dagar och det är sällsynt med isfria år. Isläggning sker i mitten av december och islossning sker i början av april. För Sommen 87 dagar isläggning vid årsskiftet och islossning i mitten av april. Vidöstern har i medeltal 100 isdagar med isläggning mitten av december och islossning början av april. Södra Vättern 69 dagar i medeltal och isläggning slutet av januari och islossning början av april.

Vid jämförelse ses en tydlig tendens till kortare isläggningsperioder under 2000-talet jämfört med mätningarna på 1900-talet.

Islossningen 2014 var extremt tidig, framförallt i Dalarna och södra Norrland. Ett exempel är sjön Näckten i Jämtland där isobservationer skett under cirka 100 år. Årets islossning skedde 21 april, vilket är cirka en månad tidigare än normalt och sex dagar tidigare än det förra rekordet från 1990. Ännu mer extrem var islossningen i Bysjön i Gästrikland och Runn i Dalarna. Isen på dessa sjöar försvann 20 dagar tidigare än det förra rekordåret 1990.

Eftersom isläggningen var sen och islossningen tidig blev den islagda perioden mycket kort vintern 2013/2014.

11 Slutsatser

I rapporten har material över Sveriges klimat sammanställts med fokus på perioden 1960-2013, men även med utblickar i ett längre tidsperspektiv då så varit möjligt. Rapporten utgår från befintligt material som framtagits för olika syften, framförallt från www.smhi.se men även rapporter. Materialet är alltså inte homogent framtaget avseende exempelvis tidsperioder och geografisk fördelning. Här görs en generell sammanfattning för Sverige. Termen "extrem" är i ett svenskt sammanhang. Internationellt sett har vi små variationer i klimatet:

Temperatur

- Årsmedeltemperaturen 1961-1990 går från -3° i norr till +8° i söder, vilket även avspeglas i grundvattentemperaturer.
- Sedan 1988 har alla år, utom 1996 och 2010 varit varmare än medelvärdet för 1961-1990. För flera år har temperaturavvikelsen varit störst i norra Sverige.
- Temperaturökningen under de senaste ca 20 åren är ca 1 grad (årsmedelvärde)
- Den största variationen i årsmedeltemperatur ses för vintern (0°-10°)
- I januari är skillnaden i medeltemperatur över landet störst (-1° – -14°). Januari 2005 och 2008 sticker ut som mycket varma.
- I juli är skillnaden i medeltemperatur över landet lägst (ca 5 grader, undantaget fjällen). Juli 2014 var ovanligt varm, särskilt i fjällen.

Temperatur -extremer

- Högsta uppmätta temperatur i Sverige är 38° (1933 och 1947), högsta månadsmedeltemperatur är 21,8° (juli 1901,1914)

- Låga temperaturer höst, vinter och vår är uppmätta i norra Norrland men för högsommaren i Härjedalen. Lägsta uppmätta temperatur är -52,6° (2 februari 1966), lägsta månadsmedeltemperatur är -27,2° (februari 1985).
- Lokala skillnader är betydligt större för minimitemperatur än för maximitemperatur. Det kan skilja uppemot 20 grader mellan svackor och höjder vid kallt väder.

Vegetationsperiod

- I norra Sverige har vegetationsperioden ökat med ca två veckor under de senaste 40 åren. I södra Sverige ses också en ökning men svagare och främst det senaste årtiondet. Framförallt ses en tidigare start på säsongen.

Nederbörd

- Äldre nederbördsdata är mer osäkra än de som samlas in idag.
- Årsnederbörden för Sverige var lägre än 600 mm fram till 1920, därefter fram till ca 1980 låg den kring 600 mm, sedan har den ökat. Idag är det sällsynt med värden under 600 mm.
- Den ökade nederbörden syns speciellt för de sydvästliga delarna av landet.
- Mest nederbörd kommer som regel under sommaren och lägst under våren. Ökad nederbörd syns tydligast för sommaren, från ett torrt 1970-tal.
- Variationen är stor mellan år och över landet. År 2002 var det t.ex. torrt i norr och blött i söder, år 2013 var det tvärsom.
- Juli 2006 var torr i hela landet, juli 2007 var mycket blöt i de sydligaste delarna och juli 2009 var mycket blöt t.ex. runt Vänern men det var torrt i de nordligaste delarna av landet.
- Det blötaste året var år 2000.

Nederbörd-extrem

- Det svenska rekordet för årsnederbörd har slagits tre gånger de senaste decennierna. Högsta uppmätta årsnederbörd är 1866 mm (Mollsjönäs, Västergötland 2008).
- Längsta dokumenterade period utan nederbörd är 65 dygn (i trakterna av Skövde 1974).
- Extrem nederbörd har generellt sett ökat från 1900 fram till 1930-talet, därefter minskning till 1970-talet för att sedan öka fram till idag. Det är mer extrem nederbörd idag än på 1930-talet
- Extrema regn (årets största 1-dygnsnederbörd) kan drabba hela landet men vanligen faller störst dygnsnederbörd under juli och oftast längs norrlandskusten, i fjällen eller i de västra delarna av sydsvenska höglandet.
- Absolut störst uppmätt dygnsnederbörd under senare tid är 198 mm (Fagerheden, Norrbotten 1997), därefter 188,6 mm (Råda, Värmland 2004) och 163 mm (Hinshult, Småland 2012).
- De allra värsta skyfallen (med återkomsttid 100 år) faller i östra Sverige.

Avdunstning

- Östra Götaland, östra Svealand, Skåne och Västergötland har hög avdunstning

Avrinning

- Årsmedelavrinningen visar ett mönster över landet som i stort speglar nederbördsfördelningen. Västliga vindar ger störst nederbörd i fjälltrakterna och längs västkusten. Sydöstra Sverige kännetecknas av minst nederbörd och avrinning.
- Vattentillgången har varit relativt stabil 1901-2010. 1970-talet var torrast, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var blötast (knappt 10% jämfört med normalperioden).
- För perioden 1991-2010 jämfört med före 1990 avviker södra Sveriges vattendrag i flödesmönster under året. Högre vinteravrinning och lägre vårflod.

Höga och låga flöden

- Mest extremt avseende avrinning var år 2000, tillika året med störst mängd nederbörd.
- Det mest flödesrika året för norra Sverige är 1995 och för södra Sverige 1951.
- Lågflöden uppträder i södra Sverige främst på sensommaren och i norra Sverige som regel strax innan snösmältningen.
- År med låg avrinning perioden 1971-2010 var 1971, 1972, 1976 (lägst), 1996 och 2003.
- Många uppmärksammade flöden under senare år har varit direkt orsakade av regn. Kraftiga regn i städer kan orsaka stora problem. Stockholm och Malmö drabbades sommaren 2014. Under sommaren 2010 skedde översvämningar i flera städer bl.a. Göteborg.

Havsvattenstånd

- Havsnivån har stigit med ca 20 cm i södra Sverige sedan slutet på 1800-talet. Höjningstakten har ökat de senaste 30 åren. Längre norrut motverkar den pågående landhöjningen.
- Havsvattenståndet uppvisar årtidsvariationer och under hösten ligger det som regel högt.
- Kraftiga vindar kan orsaka extrema vattenstånd.

Sjöis

- Isläggningen tenderar att ske allt senare och islossningen allt tidigare för flertalet sjöar, vilket ger kortare islagd period.

12 Referenser

Andréasson, J., Gustavsson, H. och Bergström, S. (2011a). Projekt Slussen- Förslag till ny reglering av Mälaren. SMHI-rapport 2011:64.

Andréasson, J., Persson, G., Sjökvist, E., Eklund, D., Asp, M., Olsson, J., Hallberg, K. och Johnell, A. (2011b). Klimatanalys för Jönköpings län. Rapport Nr 2011-74.

Bergström, S. och Eklund, A. 2013. Effekterna av ändrad tappning från Vänern. SMHI Rapport Nr 2013-10.

Eklund, A., Axén Mårtensson, J., Bergström, S., Björck, E., Dahné, J., Lindström, L., Nordborg, D., Olsson, J., Simonsson, L. och Sjökvist, E. (2015) Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen. SMHI Klimatologi 14, 2015.

Hellström, S. och Lindström, G. 2008. Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden. SMHI Rapport Hydrologi nr 110.

Lindström, G. 2011. Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860-2010. Elforsk rapport 11:73.

MSB 2012a. Konsekvenser av en översvämning i Mälaren. Redovisning av regeringsuppdrag Fö2010/560/SSK. ISBN 978-91-7383-198-7. MSB dnr 2010-3498.

MSB (2012b). Översvämningar i Sverige 1901-2010. ISBN: 978-91-7383-197-0

SMHI (2012). Undersökning av indikatorer för torka och år med torka. Intern rapport.

SOU (2006). Översvämningsshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2006:94. Stockholm.

Wern, L. (2012). Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900-2011. SMHI Meteorologi Nr 143.

www.smhi.se

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- 1 Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton, (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation
- 2 Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
- 3 Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem
- 4 Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Döscher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter
- 5 Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012.
- 6 Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige.
- 7 Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utföringen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2014)
FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet.
- 8 Att begränsa klimatförändringar. (2014)
(Ej publicerad)
- 9 Eric Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI. (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget.
- 10 Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014).
- 11 Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier.
- 12 Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 1654-2258