

Hanna Gustavsson, Björn Stensen och Lennart Wern

Rapport Nr 2011-20

Regional klimatsammanställning — Norrbottens län



Omslagsbild: Storforsen, Piteälven i oktober 2010. Foto Sten Bergström.



Författare:
Hanna Gustavsson, m.fl.

Uppdragsgivare:
Norrbottnens länsstyrelse

Rapportnr:
2011-20

Granskningsdatum:
2011-06-29

Granskare:
Johan Andreasson

Dnr:
2010/2327/204

Version:
2.0

Regional klimatsammanställning - Norrbottens län

Uppdragstagare
SMHI
601 76 Norrköping

Projektansvarig
Hanna Gustavsson
011-495 8706
Hanna.Gustavsson@smhi.se

Uppdragsgivare
Norrbottnens länsstyrelse
Miljöenheten

Kontaktperson
Rebecca Möller
0920-96000
Rebecca.Moller@lansstyrelsen.se

Distribution

Klassificering
(x) Allmän

Nyckelord
Klimatsammanställning, klimatscenarier

Övrigt

Sammanfattning

Länsstyrelsen i Norrbottens län har gett SMHI i uppdrag att utföra en regional klimatsammanställning för länet. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen.

Då de parametrar som undersöks inom miljöövervakningen ofta är starkt kopplade till rådande klimatförhållanden syftar den här analysen att tillhandahålla underlag som möjliggör en jämförelse av klimatet historiskt, och under kommande 100 år. Rapporten är ett stöd i arbetet att tyda eventuella trender och förändringar i naturen som samvarierar med klimatets förändring.

Den historiska tillbakablicken visar att det generellt, för alla analyserade klimatstationer, blivit varmare under slutet av det förra seklet jämfört med referensperioden, 1961-1990. Varmare perioder förekommer även tidigare under 1900-talet, särskilt 1930-talet sticker ut som en varm period.

Framtidsberäkningarna avser i första hand tidsperioden fram till år 2100. För att ge en bild av de osäkerheter som råder om framtidens klimat har ett flertal klimatscenarier utnyttjats. Detta urval är betydligt mer omfattande än det begränsade antal scenarier som fanns tillgängliga när Klimat- och sårbarhetsutredningen lade fram sitt slutbetänkande hösten 2007.

Följande huvudsakliga slutsatser dras i rapporten:

- Klimatberäkningarna visar en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet. Men de visar också på stor spridning. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger i medeltal på cirka 4-6 °C ökning mot slutet av seklet.
- Förändringen av årsmedelnederbörd ligger i medeltal på en ökning med 10 % till 50 % i slutet av seklet. Nederbördsökningen framträder under alla säsonger. Antal dagar per år då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm kan komma att öka i ett framtida varmare klimat.
- Snötillgången beräknas enligt samtliga beräkningar minska avsevärt i Norrbottens län efterhand som klimatet blir varmare. Snöns maximala vatteninnehåll beräknas minska med upp till 45 % i länets östra delar under seklet. Resultaten från beräkningarna visar att antalet dagar med snö på marken kommer att minska fram till i slutet av seklet.

Ett antal övriga klimatberoende förhållanden i Norrbottens län behandlas också i rapporten. Ett mildare klimat medför en tidigarelagd start samt en förlängning av vegetationsperioden i länet och färre graddagar för värmebehov. Förändringen i graddagar för kylbehov samt för nollgenomgångar verkar vara liten.

Den här klimatanalysen behandlar inte framtida havsvattenstånd.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	1
3	METOD	2
3.1	Omfattning.....	2
3.2	Geografiskt analysområde	2
3.3	Referensperiod.....	3
3.4	Extremhändelser	3
3.5	Variation och osäkerhet	3
3.6	Modeller för klimatberäkningar	5
3.7	Skalering av klimatdata för effektstudier	6
3.8	Utsläppsscenarier	7
3.9	Klimatscenarier	8
3.10	Nyttjade klimatscenarier	9
4	NUVARANDE KLIMAT	11
4.1	Allmän karakteristik	11
4.2	Temperatur	11
4.3	Nederbörd.....	11
4.3.1	Extrem nederbörd	12
5	RESULTAT AV HISTORISK ANALYS.....	13
5.1	Temperatur	14
5.2	Nederbörd.....	17
6	RESULTAT AV KLIMATANALYS.....	21
6.1	Temperatur	21
6.1.1	Medeltemperatur för år och säsong i framtida klimat.....	21
6.1.2	Högsta och lägsta dygnsmedeltemperatur	22
6.1.3	Nollgenomgångar över dygnstemperatur.....	24
6.1.4	Antal graddagar med värmebehov.....	25
6.1.5	Antal graddagar med kylbehov	27
6.1.6	Vegetationsperiod	28
6.2	Nederbörd.....	29
6.2.1	Medelnederbörd för år och säsong i ett framtida klimat.....	29
6.2.2	Antal dygn med dygnsmedelnederbörd >10 mm	31
6.2.3	Största nederbördsmängd för länet under en 7 dagarsperiod	33
6.2.4	Längsta torrperioden inklusive förändring i framtiden	34

6.3	Snö	35
6.3.1	Framtida maximala snötäcke	35
6.3.2	Framtida antal snö dagar	37
7	SLUTSATSER	40
8	REFERENSER.....	41

BILAGA 1 - TEMPERATUR OCH NEDERBÖRDSFÖRÄNDRING UPPDELAT PÅ ÅRSTID

1 Inledning

I samband med den regionala miljöövervakningen och miljömålsuppföljningen i Norrbottens län finns ett behov av att åskådliggöra klimatets utveckling i länet historiskt, i nutid och under kommande sekel. Länsstyrelsen i Norrbottens län har gett Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) i uppdrag att genomföra en sådan analys.

Då de parametrar som undersöks inom miljöövervakningen ofta är starkt kopplade till rådande klimatförhållanden syftar den här analysen att tillhandahålla underlag som möjliggör en jämförelse av klimatet historiskt, och under kommande 100 år. Rapporten är ett stöd i arbetet att tyda eventuella trender och förändringar i naturen som samvarierar med klimatets förändring.

Sammanställningen redovisar en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i Norrbottens län såväl under dagens klimatförhållanden som i framtidens klimat. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. I de flesta analyser behandlas Norrbottens län som ett analysområde. Resultaten blir av denna anledning översiktlig och variationer inom länet har i de flesta fallen inte studerats.

Framtidsberäkningarna avser i första hand tidsperioden fram till år 2100. Urvalet av klimatscenarier är betydligt mer omfattande än det begränsade antal scenarier som fanns tillgängliga när Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a) lade fram sitt slutbetänkande hösten 2007.

Föreliggande rapport har utarbetats vid SMHIs avdelning för miljö och säkerhet. SMHI har tidigare gjort liknande analyser för Kronobergs län, Gävleborgs län, Stockholms län, Västernorrlands län och Örebro län.

2 Bakgrund

Planering i långa tidsperspektiv baseras med fördel på ett underlag som inte enbart utgår från historiska observationer, utan som även tar hänsyn till de osäkerheter som ofrånkomligen finns i alla förutsägelser om framtiden. Ett sätt att ta hänsyn till möjliga framtida utvecklingar är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver framtiden på olika sätt. Inom det internationella forskningssamhället genomförs stora ansträngningar för att beräkna och skatta ett framtida klimat.

Dynamiken och förekomsten av vatten kommer att förändras då ett förändrat klimat innebär väsentliga skillnader i årstidernas karaktär, speciellt med avseende på temperatur och nederbörd.

Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbördsmönster och lagring av vatten i landskapet i till exempel snö och sjöar. I de delar av Sverige som upplever längre köldperioder lagras betydande mängder vatten under vintern i form av snö som under en relativt kort period smälter när temperaturen stiger under vår och försommar. I ett klimat med högre temperatur kan denna säsongsvariation förändras och bli mindre accentuerad, samtidigt som höga flöden kan uppträda vintertid. Intensiva skyfall uppträder idag främst sommartid och orsakar ibland översvämningar, speciellt för vattensystem som inte dimensionerats för extrema flöden såsom exempelvis kombinerade dag- och spillvattensystem samt dränage i anslutning till infrastruktur. I ett framtida varmare klimat med ökad konvektiv nederbörd kan riskerna för skyfall komma att öka.

Inom det EU-finansierade projektet ENSEMBLES (van der Linden m.fl, 2009) har ett ensemblesystem utvecklats för beräkning av klimatförändringar baserat på de bästa Europeiska globala och regionala klimatmodellerna med hög upplösning. Idag finns fler klimatscenarier tillgängliga än tidigare, och för analys av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden. Analys av en samling klimatscenarier ger nya och bättre möjligheter att behandla de osäkerheter som är nära förknippade med frågeställningen.

3 Metod

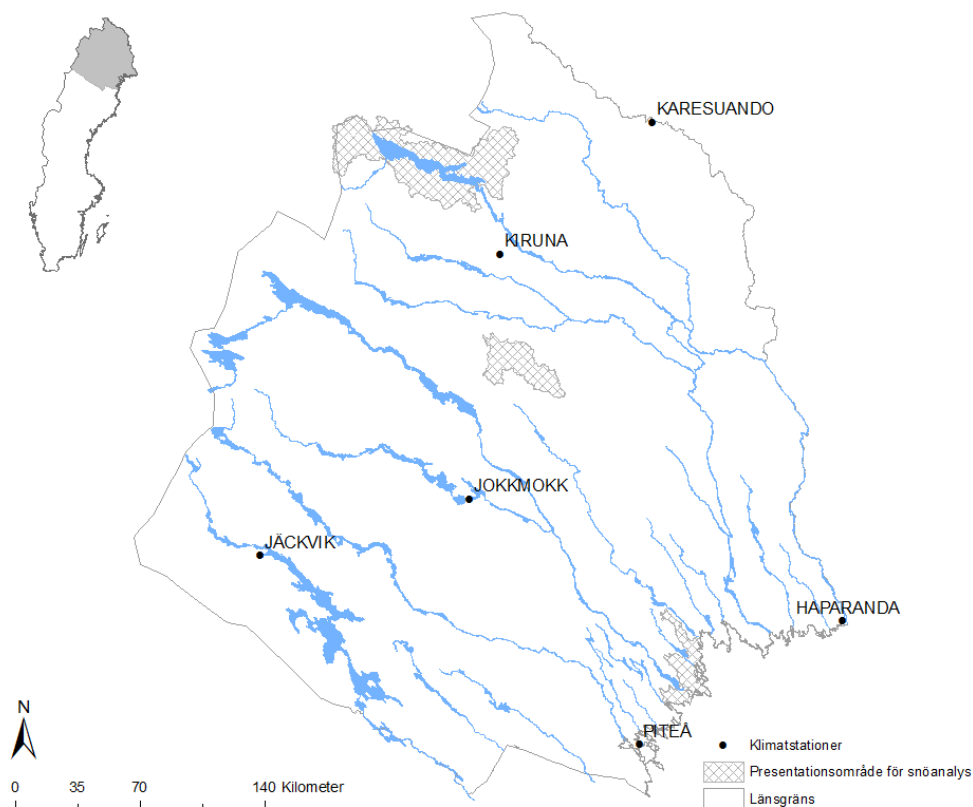
3.1 Omfattning

Denna utredning omfattar en klimatologisk beskrivning av historiskt klimat samt en analys av olika klimatscenarier som enligt rådande kunskapsläge beskriver en trolig utveckling fram till slutet av seklet. Nuvarande klimat redovisas med uppmätt data där så är möjligt, medan förutsägelser om framtiden av naturliga skäl baseras på modellberäkningar.

Långtidsmedelvärden av temperatur och nederbörd redovisas från observerade data under perioden 1961-1990. För analyser av temperaturen och nederbörd i framtiden används en ensemble av 16 st klimatscenarier till år 2050 och 12 st klimatscenarier till år 2098. De regionala klimatscenarier som används härstammar ifrån EU-projektet ENSEMBLES samt från Rossby Centre vid SMHI. Trender för ensemblen presenteras.

3.2 Geografiskt analysområde

Figur 3-1 visar en figur över Norrbottens län samt dess större sjöar, vattendrag och 6 klimatstationer placering samt tre beräkningsområden för att underlätta tolkning av resultat i de fall där resultat med geografisk variation presenteras. Analysen presenteras för länet som helhet förutom i avsnittet om snö där resultat med geografisk variation inom länet presenteras.



Figur 3-1. Norrbottens län, dess större sjöar, vattendrag samt placering av klimatstationer för historisk analys samt markering av tre områden inom länet, ett fjällområde i närheten av Katterjåkk, ett inlandsområde i närheten av Gällivare och ett kustområde i närheten av Luleå för vilka resultat för snöanalysen presenteras.

3.3 Referensperiod

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Denna standardnormalperiod används fram till år 2021 då en ny 30-årsperiod, 1991-2020, är fullbordad. Referensperiod och analysperiod för olika undersökta parametrar i denna utredning kan variera med ett par år beroende på datatillgång och den tid det tar för modellerna att nå ett rimligt starttillstånd.

3.4 Extremhändelser

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala i samband med diskussioner om översvämningsrisker och extrema regn, men terminologin skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Infrastruktur med lång livslängd exponeras för denna risk under lång tid och således är den ackumulerade sannolikheten avsevärd. Sannolikheten för exempelvis en dygnsnederbörd med en återkomsttid på 100 år är 1 på 100 för varje enskilt år. För ett objekt med en beräknad livslängd på 100 år och som är anpassat för att klara en dygnsnederbörd med en återkomsttid på 100 år, är den ackumulerade sannolikheten för att 100-årshändelsen inträffar eller överträffas under denna period 63 %. Tabell 3-1 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent. Sannolikheter under 1 % redovisas ej. Resultat från en frekvensanalys måste tolkas med försiktighet. Dessa är i högsta grad beroende på mätseriens längd vilket gör att magnituden för en viss händelse med en återkomsttid på 100 år kan ändras i takt med att nya data flyter in.

Tabell 3-1. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent. (Sannolikhet under 1 % redovisas inte i tabellen)

Åter-komst-tid (år)	Sannolikhet under 1 år	Sannolikhet under 5 år	Sannolikhet under 10 år	Sannolikhet under 20 år	Sannolikhet under 50 år	Sannolikhet under 100 år
2	50	97	100	100	100	100
5	20	67	89	99	100	100
10	10	41	65	88	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	64	87
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	10
10 000						1

3.5 Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används 25:e resp. 75:e percentilen, vilket betyder att i princip all data förutom de fyra lägsta samt de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 olika scenarier används. Därmed fås en uppfattning av

klimatscenariernas spridning. Detta underlättar tolkningen då det ger en mer samlad bild av den tänkbara framtidsutvecklingen.

Metoden som använts karakteriseras av att använda flera möjliga klimatscenarier, en så kallad *ensemble*, och bearbeta resultatet statistiskt. Syftet är att öka kvalitén i analysen och identifiera trender som är generella mellan olika scenarier. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation. Speciellt gäller detta klimatsimuleringar där det är önskvärt att täcka in ett stort antal möjliga och olika scenarier som kan medföra mycket olika effekter.

Osäkerheter i den typ av resultat som presenteras i denna analys påverkas av:

- Val av utsläppsscenarier
- Val av global klimatmodell
- Val av regional klimatmodell
- Naturlig variabilitet

Spridningen i resultat kan vara betydande för somliga klimatvariabler delvis beroende på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

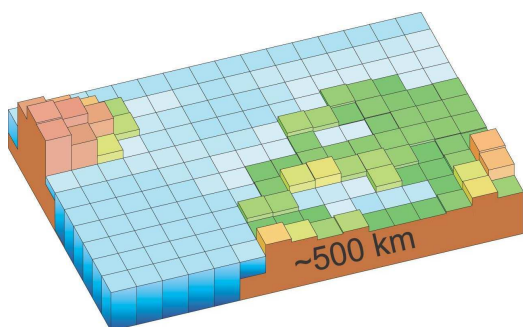
Det ligger i frågeställningens natur att det är svårt att på förhand definiera ett mått på responsen för ökade emissioner av växthusgaser, då detta är en effekt som modellerna syftar till att studera. Således är tillgången till flera olika klimatmodeller en stor fördel. Trender i respons som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppsscenarier är således att betrakta som mer robust eftersom samma resultat uppnåts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarier är mycket olika är osäkerheten större.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, till exempel korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

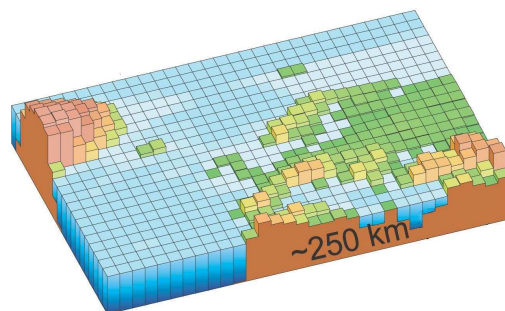
3.6 Modeller för klimatberäkningar

För att få en översiktlig bild av framtida klimat använder man sig av globala klimatmodeller (GCM) som beskriver luftströmmar och väderfenomen översiktligt över hela jorden. Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarioer. Figur 3-2 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC utvecklats under de senaste 20 åren.

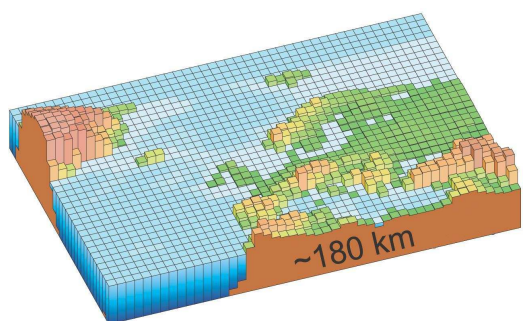
1990



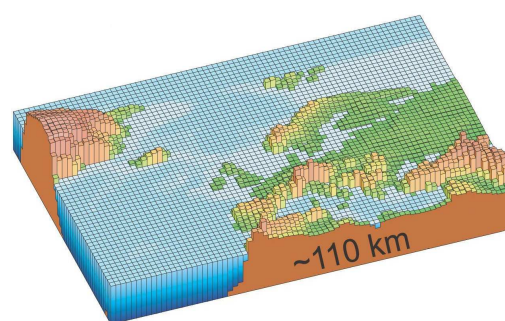
1996



2001



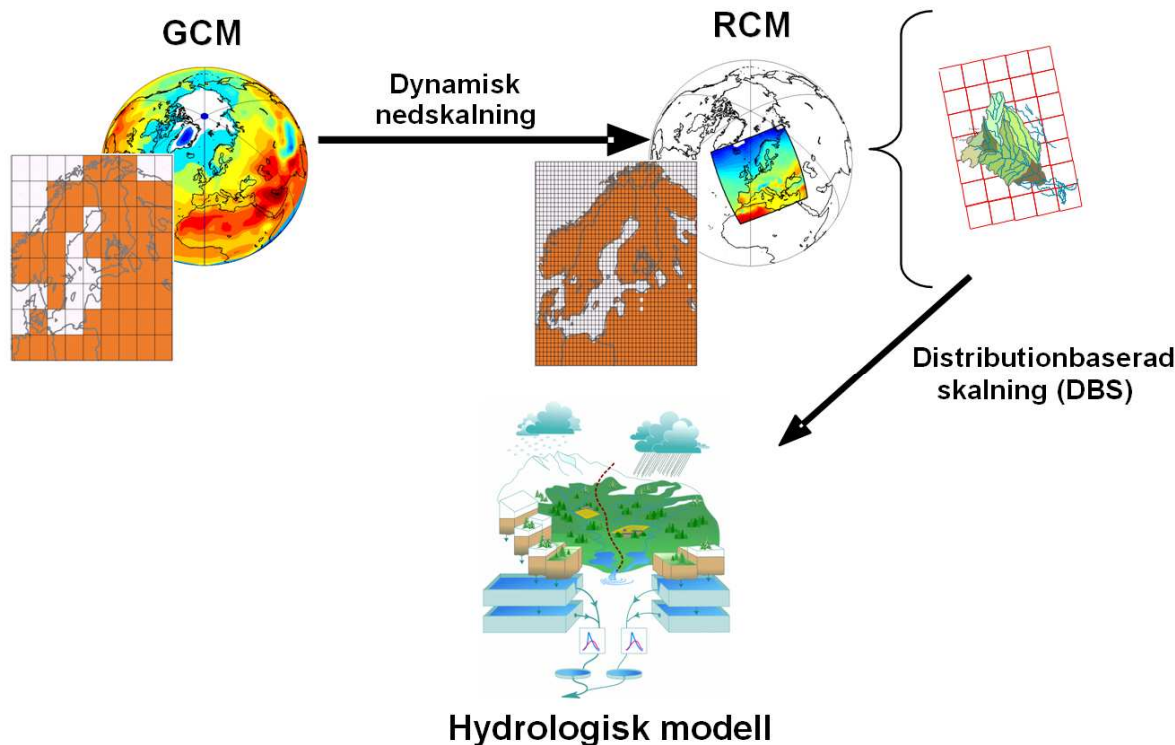
2007



Figur 3-2. Horisontell upplösning i olika generationer av klimatmodeller som använts inom IPCC (modifierad efter IPCC 2007). Vertikal upplösning visas inte i figuren men följer en liknande utveckling mot finare upplösning.

För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer såsom exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen på randen av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHI:s forskningsavdelning.

Figur 3-3 visar hur dataflödet ser ut mellan klimatmodeller på olika skalor och hur indata levereras till en hydrologisk modell där det är möjligt att studera effekter på vattenföring, magasinering etc.



Figur 3-3. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell

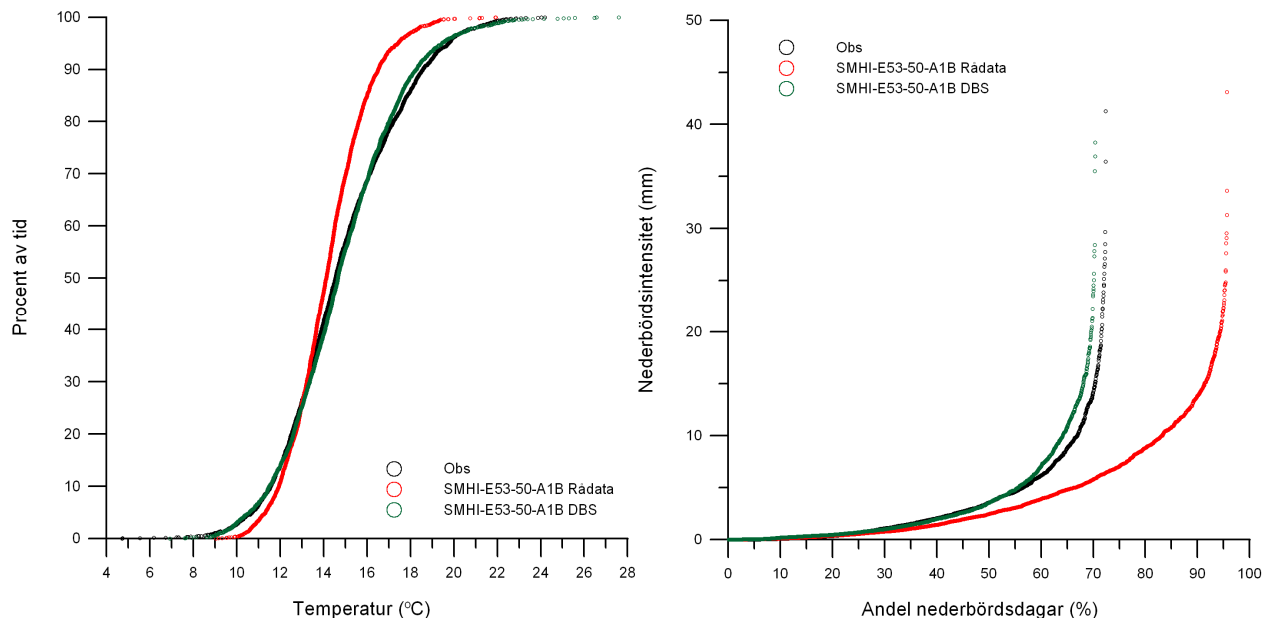
För att studera framtida snöförhållanden används en hydrologisk modell, HBV-modellen, vilket är en konceptuell avrinningsmodell som har utvecklats vid SMHI sedan slutet av 70-talet (Lindström, m.fl., 1997). Modellen byggs upp av rutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen har i denna studie hämtats från regionala klimatmodeller efter DBS-skalering, som beskrivs i avsnitt 3.7.

3.7 Skalering av klimatdata för effektstudier

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera exempelvis hydrologiska effekter, krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig hydrologisk respons, när utdata från klimatmodellen används direkt som indata till en hydrologisk modell.

Under senare år har en ny metod utvecklats som möjliggör en sådan anpassning. Metoden benämns DBS-metoden (Yang m.fl., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata blir statistiskt jämförbar med observationer och direkt kan användas som indata till en hydrologisk modell. Vid användning av DBS-metoden bibehåller man vid övergången till den hydrologiska modellen därmed, förutom förändringar i medelvärden, även de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson m.fl., (2009).

Figur 3-4 visar exempel på en anpassning med DBS-metoden. Figuren visar rådata i form av temperatur och andel nederbördsdagar och deras nederbördsintensitet från en klimatmodell, samt när dessa rådata anpassats med DBS-metoden. I figuren visas att data efter anpassningen stämmer väl överens med observerade data. Särskilt viktigt är att den överskattning av antal dagar med nederbörd med en viss intensitet som ges av klimatmodellen korrigeras.



Figur 3-4. Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden. Till vänster dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskrids och till höger nederbörd (andel dagar med olika nederbörsintensitet).

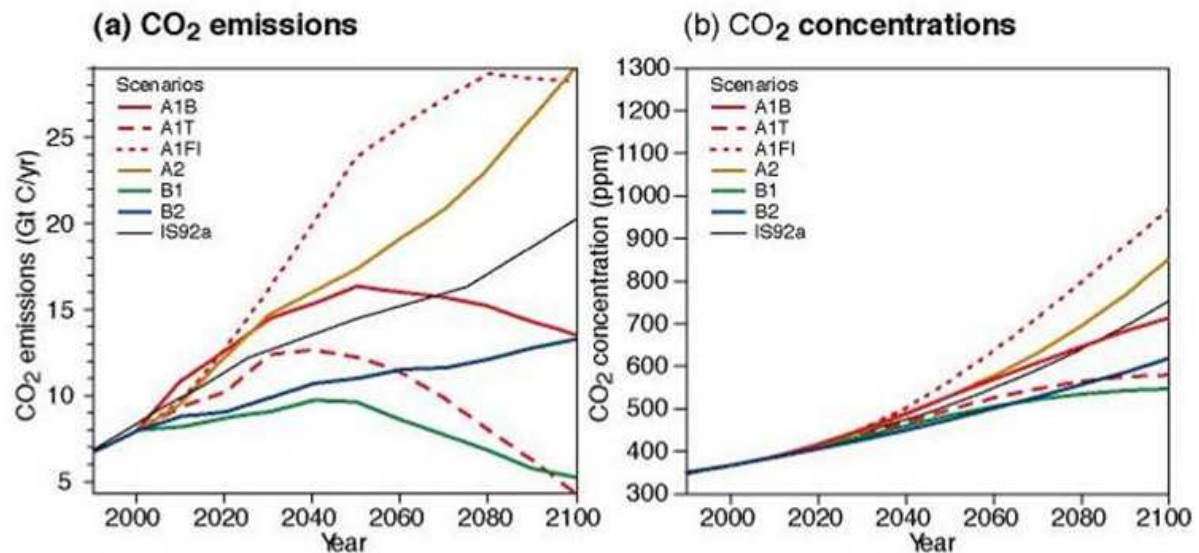
En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

Anpassning av klimatmodellsdata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och temperatur, vilket också är drivvariablerna för den hydrologiska modellen.

3.8 Utsläppsscenarioer

För att kunna göra beräkningar av framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarioer som utarbetats av FN:s klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i Figur 3-5. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović m.fl., 2000). I utsläppsscenarioerna görs olika antaganden om jordens befolkning, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden har man sedan uppskattat hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet.

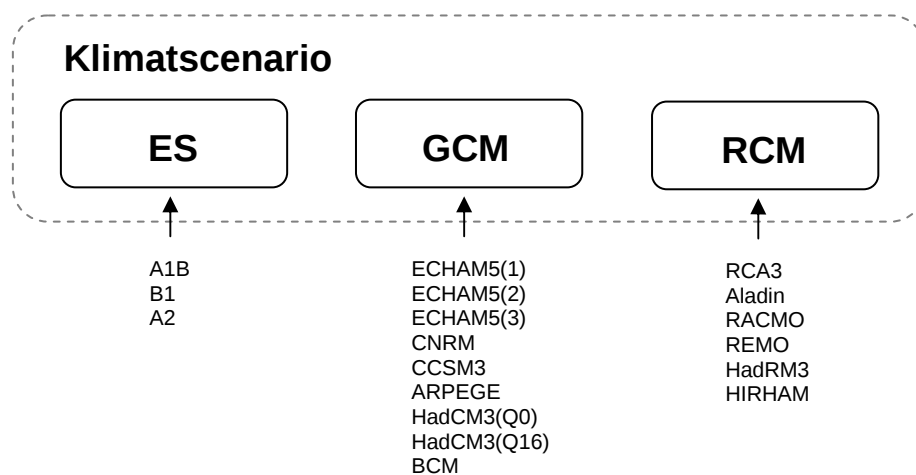
Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet.



Figur 3-5. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (a) och resulterande CO₂-koncentrationer (b) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

3.9 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppsscenario i en global och regional klimat modell enligt dataflödet som beskrivs i Figur 3-3. Samma utsläppsscenario kan således rendera olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i Figur 3-6 där också de möjliga alternativen för utsläppsscenario (ES), global klimatsmodell (GCM) och regional klimatsmodell (RCM) som används i denna studie framgår (se vidare avsnitt 3.10).



Figur 3-6. Ett klimatscenario består av en kombination av ett utsläppsscenario (ES), en global modell (GCM) och en regional modell (RCM).

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007). Dessa sex klimatscenarier bygger på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). Dessa globala modeller har körts med utsläppsscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović m.fl. (2000). I tillägg till

detta användes två olika regionala modellversioner. Dessa benämns RCAO och RCA3 och kommer från Rossby Centre vid SMHIs forskningsenhet.

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. Det europeiska ENSEMBLES-projektet (van der Linden m.fl, 2009) syftade till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmodeller. Rossby Centre deltog i ENSEMBLES-samarbetet med den regionala klimatmodellen RCA3. ENSEMBLES-projektet fokuserade i huvudsak på klimatförändringar i ett tidsperspektiv fram till år 2050, varför en del klimatscenarier bara sträcker sig fram till mitten på seklet. Det utsläppsscenario som huvudsakligen användes inom ENSEMBLES benämns A1B (Nakićenović & Swart, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, användes också.

I Figur 3-5 visas ett antal utsläppsscenarioer, där A1B, A2 och B1 ingår. Ur figuren framgår bland annat att A1B är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas att kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario att stiga även efter 2050 på grund av systemets tröghet. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenarioer är liten fram till mitten av seklet och ökar därefter.

3.10 Nyttjade klimatscenarier

De sammanställningar som gjorts av temperatur, nederbörd och snö bygger på DBS-skalerade data från klimatscenarierna i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 innehåller klimatscenarier från ENSEMBLES-projektet samt några från Rossby Centre vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100. De övriga 4 sträcker sig fram till 2050. Till största delen har utsläppsscenario A1B använts eftersom de flesta modellkörningar inom ENSEMBLES-projektet använt sig av detta, men även A2 och B1 finns representerade.

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland och HadCM3 från Hadley Center i England. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar. Denna modell är därför den vanligaste globala klimatmodell som används i denna rapport.

Även HadCM3 har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametriserad med olika klimatkänslighet, som är ett mått på den temperaturökning som kan förväntas om mängden koldioxid i atmosfären fördubblas. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser. Övriga använda globala klimatmodeller är ARPEGE från CNRM i Frankrike, BCM från METNO i Norge och den nordamerikanska modellen CCSM3.

Av de regionala klimatmodellerna kommer Aladin ursprungligen från Frankrike, RACMO från Holland, REMO och HIRHAM från Tyskland, HadRM3 från England och RCA3 från SMHI. Som framgår av nationsflaggorna har de regionala modellerna ofta tillämpats av forskare från andra länder än ursprungslandet. En utförlig beskrivning av RCA3 har nyligen publicerats av Samuelsson m.fl. (2011).

De klimatscenarier som använts är de som funnits tillgängliga vid genomförandet, d.v.s inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarioer inkluderas i klimatensemblsimuleringar. På så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida

utveckling kan se ut. Den idag tillgängliga ensemblen är dock en stor förbättring mot vad som fanns tillgängligt för några år sedan, även om urvalet inte är systematiskt.

Tabell 3-2. Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM). Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från CNRM i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från METNO i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100.

Nation	Institut	Scenario	GCM	RCM	Upplösning	Period
	SMHI	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CNRM	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	1961-2100
	CNRM	A1B	ARPEGE	Aladin	25 km	1961-2050
	KNMI	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	1961-2100
	MPI	A1B	ECHAM5(3)	REMO	25 km	1961-2100
	C4I	A2	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2050
	HC	A1B	HadCM3(Q0)	HadRM3	25 km	1961-2100
	C4I	A1B	HadCM3(Q16)	RCA3	25 km	1961-2100
	METNO	A1B	BCM	HIRHAM	25 km	1961-2050
	METNO	A1B	HadCM3(Q0)	HIRHAM	25 km	1961-2050
	DMI	A1B	ECHAM5(3)	HIRHAM	25 km	1961-2100

4 Nuvarande klimat

4.1 Allmän karakteristik

Klimatets variationer mellan olika tidsperioder och mellan olika regioner beskrivs ofta med några få viktiga parametrar, i första hand temperatur och nederbörd med hänsyn tagen till rådande vegetationsförhållanden. Enligt allmänna klimatklassningssystem hör den största delen av Sveriges yta, vilket även inkluderar Norrbottens län, till kalltempererat klimat på grund av kalla vintrar med mycket snö och dominerande vegetation av barrskog. Norrbottens län utgör ett mycket stort område och klimatet inom länet kan variera stort.

4.2 Temperatur

Temperatur är en klimatvariabel som varierar måttligt både i tid och rum. Temperaturen är således relativt likartad över större områden men till följd av fördelningen av lågt och högt belägna områden kan större lokala temperaturvariationer synas. Ofta är det kallare i länets bergstrakter än i de lägre belägna delarna. En tumregel är att temperaturen sjunker med ca $0,6\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$.

För att sammanställa statistik för dagens klimat för Norrbottens län har observationer för temperatur hämtats från SMHIs areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000, Johansson och Chen 2003; 2005). Genom att använda PTHBV kan områden mellan klimatstationer analyseras med hänsyn taget till bland annat topografi och regionala trender. Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på $4 \times 4\text{ km}$ och har data från och med året 1961.

En analys av medeltemperaturen i Norrbottens län för referensperioden 1961 – 1990 (30 år) ger att den var $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. För perioden 1991-2008 (18 år) var medeltemperaturen $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, det vill säga $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ varmare än i den föregående 30-årsperioden.

4.3 Nederbörd

Nederbörd varierar till skillnad från temperaturen avsevärt både i tid och rum. Nederbördens varaktighet och intensitet är nära kopplat till den mekanism som genererar nederbörden. De vanligaste mekanismerna är frontal nederbörd, orografisk nederbörd samt konvektiv nederbörd (Bergström, 1993).

Frontal nederbörd faller i samband med kall- och varmfrontspassager och ger relativt jämnt fördelad nederbörd över stora områden och faller med låg intensitet. Konvektiv nederbörd faller sommartid då luften värms kraftigt lokalt och stiger högt upp i atmosfären. Ofta bildas åskoväder på detta sätt. Karakteristiskt för dessa är stora lokala variationer, hög intensitet och kort varaktighet.

Orografisk nederbörd uppstår när en luftmassa tvingas över ett bergsparti. Nederbörden ökar på vindsidan och minskar på läsida av bergspartiet, något som ofta samverkar med frontala och konvektiva nederbördstillfällen. Nederbörd har, sett över större områden, en tendens att öka med höjden vilket leder till att länets höglänta områden har något högre årsnederbörd än de låglänta.

I Norrbottens län faller ca 35 % till över 50 % av årsnederbörden som snö och snösmältning är ett viktigt bidrag till vattenföringen främst under våren. I relation till kraftiga regn har snösmältning i regel lägre intensitet, men har potential att pågå under längre tid vilket kan ge ackumulationseffekter i vattensystem.

För att sammanställa statistik för dagens klimat för Norrbottens län har observationer för nederbörd hämtats på samma sätt som för temperatur från SMHIs areellt interpolerade databas PTHBV.

En analys av den totala årsmedelnederbörden i Norrbottens län för referensperioden 1961 – 1990 (30 år) ger att den var 661 mm/år. För perioden 1991-2008 (18 år) var den totala årsmedelnederbörden 729 mm/år, det vill säga 10 % högre än i den föregående 30-årsperioden.

4.3.1 Extrem nederbörd

Korta och intensiva nederbördshändelser har stor påverkan inom urbana områden där avrinning till stor del sker från små hårdgjorda ytor. Detta ger en snabb respons vid regn och ställer krav på dimensionering av dagvattensystem både i form av ledningsnät och öppna diken. Extrem nederbörd avser mängder som väsentligt överstiger normala nederbördsmängder under en viss tidsperiod till exempel på en dag eller en timme.

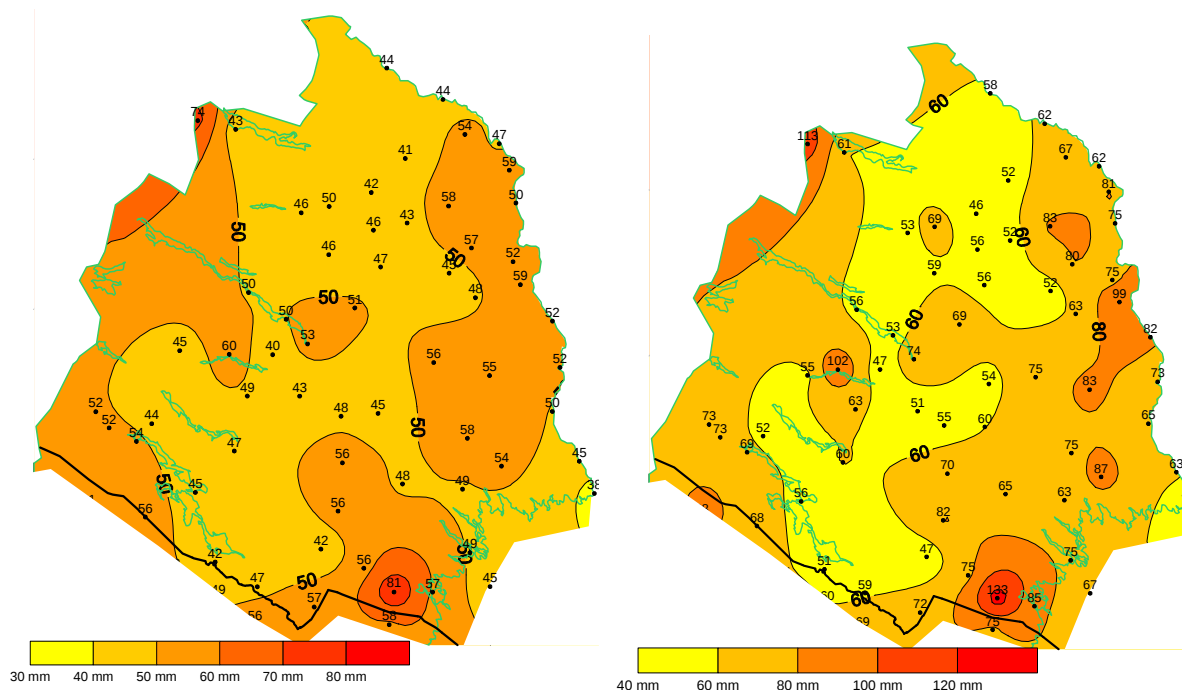
Intensiva regn inträffar främst under juni-september och är således ett sommarfenomen. För att beskriva intensiva regn är både nederbördsmängden och tiden under vilken nederbörden sker viktig. Flera utredningar, till exempel Hernebring 2006 och 2008, har analyserat data för ett urval av städer. Rikstäckande dataunderlag har analyserats av Wern och German (2009). Överensstämmelsen mellan olika studier är generellt god. I Tabell 4-1 presenteras resultaten från analys av okorrigerade nederbördsdata, vilka kan behöva korrigeras uppåt ca 15% för att kompensera för mätförluster. De presenterade värdena är generella för hela landet.

Tabell 4-1. Korttidsnederbörd i mm, okorrigerade värden (efter Wern och German, 2009).

Varaktighet	Återkomsttid [År]			
	2	10	50	100
15-min	8,7	13,1	17,6	19,6
30-min	11,7	18,0	24,7	27,8
60-min	14,5	22,2	30,7	34,6
12-tim	32,0	44,7	57,0	62,2
24-tim	38,6	53,4	67,3	73,1

Det svenska rekordet för regn under ett dygn är noterat från Fagerheden, i länets sydöstra del, då 198 mm föll den 28 juli 1997 (Alexandersson och Vedin, 2004). Den största mängd nederbörd som registrerats under 15-minuter av SMHIs automatstationer har rapporterats från i Daglösen i Gullspångsälvens avrinningsområde. Här föll den 5 juli 2000 40,2 mm under 15 minuter, vilket är att betrakta som en ovanlig händelse med en statistisk återkomsttid avsevärt större än 100 år.

Baserat på nederbördsstationer inom Norrbottens län har största nederbördsmängd under ett dygn och med en återkomsttid på 20 år resp 100 år (Figur 4-1) tagits fram. Analysen baseras på observationsdata under perioden 1961 – 2010 och återkomsttiderna har tagits fram med extremvärdesanalys enligt GEV (Generalised Extreme Value). Största nederbördsmängden i figuren syns vid Fagerhedens observationsstation där nivåerna med en 100 års återkomsttid överstiger 120 mm. Det innebär att regnmängderna som föll i Fagerheden den 28 juli 1997 kan betraktas som en ovanlig händelse med en statistisk återkomsttid större än 100 år. Vid analys av resultaten är det viktigt att ha i åtanke att när återkomsttiden ökar, ökar också osäkerheten.



Figur 4-1. Dygnsnederbörd (mm) för Norrbottens län med en återkomsttid på 20 år till vänster och 100 år till höger. Notera att skalan skiljer sig mellan figurerna.

5 Resultat av Historisk analys

En analys av hur temperatur och nederbördsmönster har förändrats under det gångna seklet redovisas i följande avsnitt. Sex stycken av SMHIs klimatstationer med observationer sedan början av seklet har valts ut. En karta vilken presenterar stationernas placering i länet visas i Figur 3-1. För varje klimatstation redovisas förändring av år- och säsongsförändring av temperatur och nederbörd jämfört med klimatstationens årsmedelvärde för referensperioden 1961-1990. För alla stationer förutom Jäckvik (1931-2008) finns observationer sedan 1800-talet. Haparanda, Jokkmokk och Piteå har observationer sedan 1860-talet och Karesuando och Kiruna sedan 1800-talets senare del. De data som presenteras från Kiruna är en kombinerad observationsserie från Kirunas klimatstation (1899-1964, 2000-2008) och Kirunas flygplats klimatstation (1865-1999) för att få en lång kontinuerlig tidsperiod med observationer. Information om klimatstationerna, samt medelvärden för klimatstationernas referensperiod återfinns i Tabell 5-1.

Tabell 5-1. Medelvärden för klimatstationernas referensperiod.

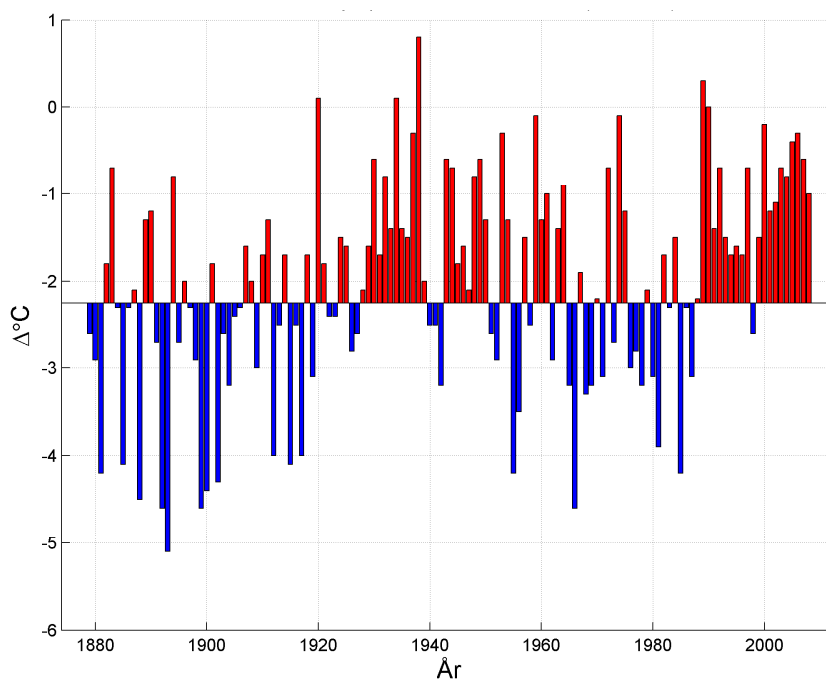
Station	Tidsperiod	Årsmedeltemperatur °C (1961-1990)	Årsmedelnederbörd, mm/år (1961-1990)	Saknade år
Karesuando	1879-2008	-2,3	442	-
Kiruna	1899-2008	-1,7	503	1994-1996, 1998-1999
Jokkmokk	1862-2008	-0,7	518	2002,2003
Haparanda	1861-2008	1,1	558	-
Jäckvik	1931-2008	-1,5	585	1994,1998,2004
Piteå	1861-2008	2,0	548	1999,2002,2005

5.1 Temperatur

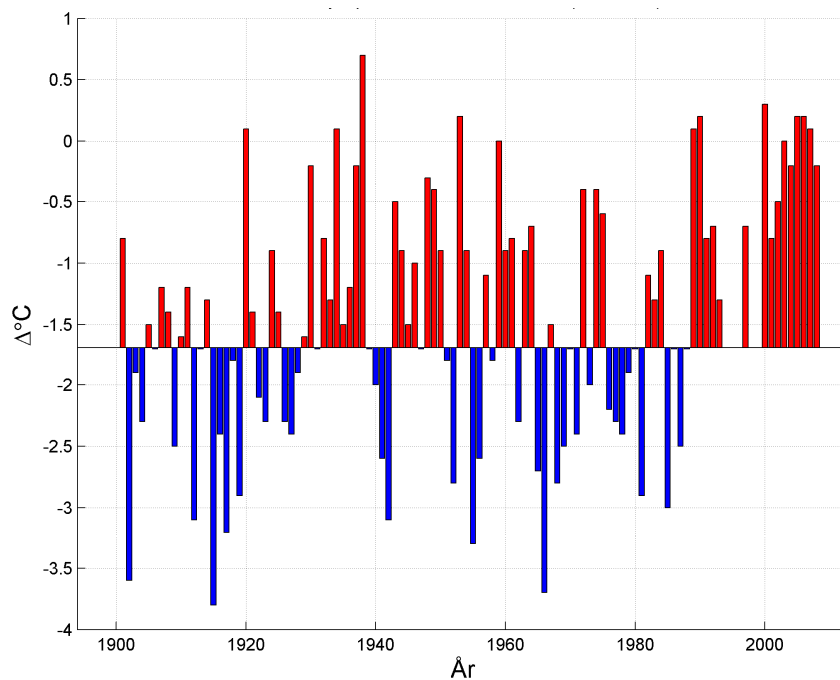
I följande analys, baserad på historiska observationer visas förändringen av årsmedeltemperaturen de senaste 100 åren jämfört med medelvärdet för referensperioden, 1961-1990

I Figur 5-1- Figur 5-6 visas årsmedeltemperaturen som avvikelser i grader C från referensperiodens årsmedelvärde. Positiv avvikelse visas i röda staplar och negativ avvikelse visas i blå staplar. Stationerna presenteras i ordningen från norr till söder i ordningen Karesuando, Kiruna, Jokkmokk, Haparanda, Jäckvik och Piteå. Samma analys fast uppdelat på årstider redovisas i bilaga 1.

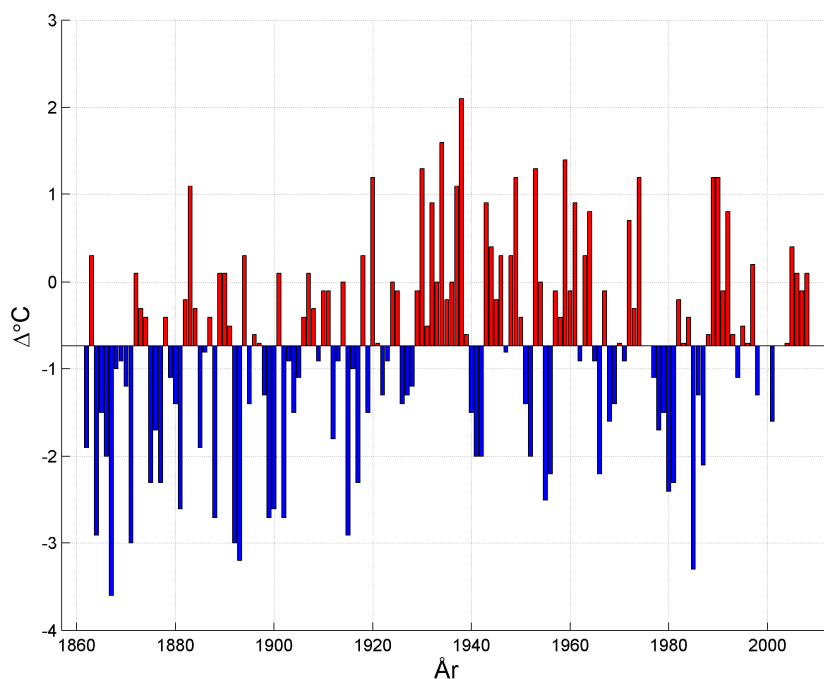
Generellt gäller, för alla analyserade klimatstationer, att det blivit varmare under slutet av det seklet som gått jämfört med referensperioden, 1961-1990. Endast enstaka år understiger referensperiodens årsmedelvärde. Varma perioder förekommer även tidigare under seklet, särskilt 1930-talet sticker ut som en varm period.



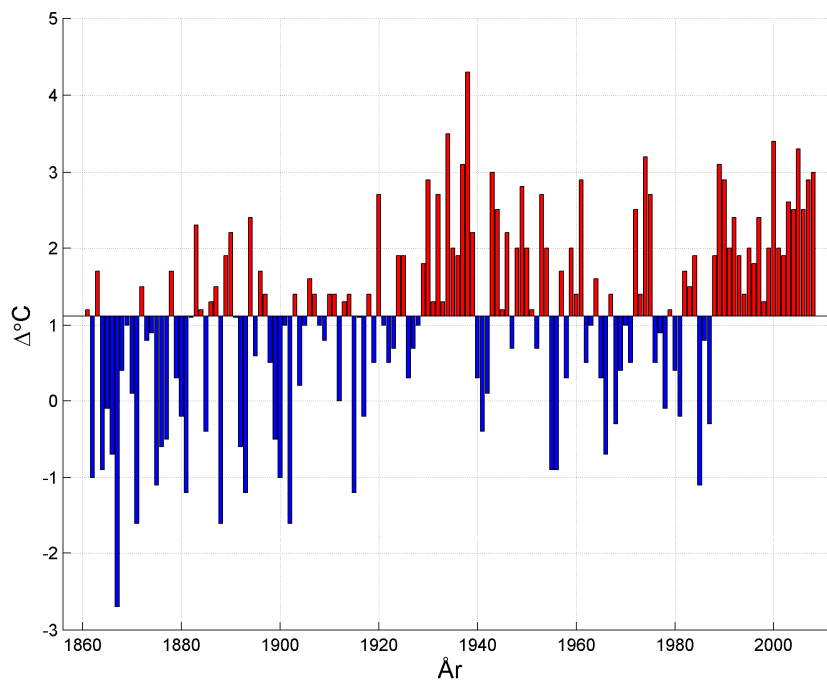
Figur 5-1. Förändring av årsmedeltemperatur för perioden 1879-2008 för Karesuandos klimatstation relativt referensperiodens (1961-1990) medelvärde, -2,3 °C. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.



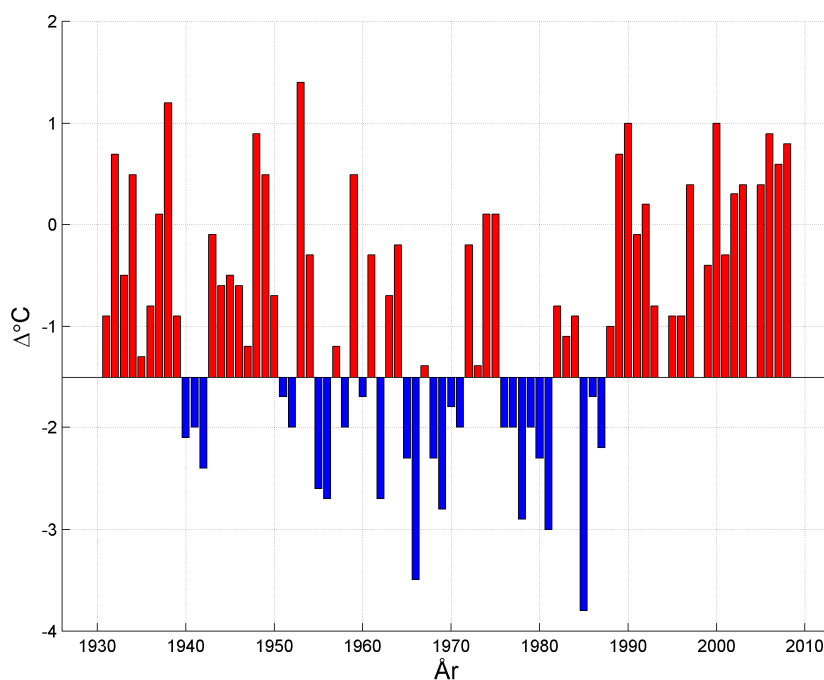
Figur 5-2. Förändring av årsmedeltemperatur för perioden 1899-2008 för Kiruna och Kiruna flygplats klimatstation relativt referensperiodens (1961-1990) medelvärde, $-1,7^{\circ}\text{C}$. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.



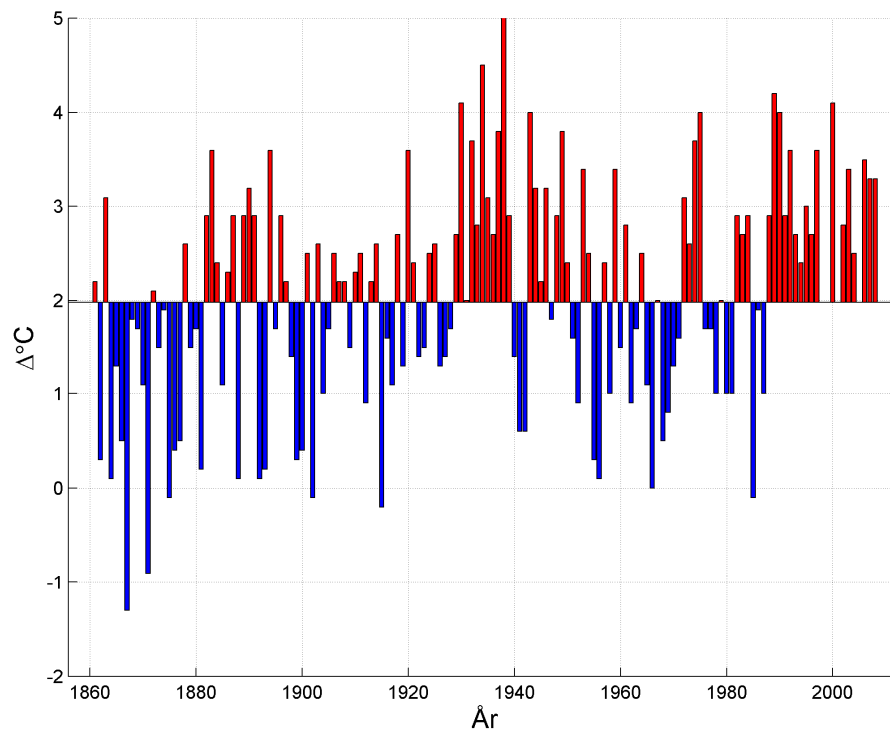
Figur 5-3. Förändring av årsmedeltemperatur för perioden 1862-2008 för Jokkmokks klimatstation relativt referensperiodens (1961-1990) medelvärde, $-0,7^{\circ}\text{C}$. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.



Figur 5-4. Förändring av årsmedeltemperatur för perioden 1861-2008 för Haparandas klimatstation relativt referensperiodens (1961-1990) medelvärde, 1,1 °C. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar



Figur 5-5. Förändring av årsmedeltemperatur för perioden 1931-2008 för Jäckviks klimatstation relativt referensperiodens (1961-1990) medelvärde, -1,5 °C. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.



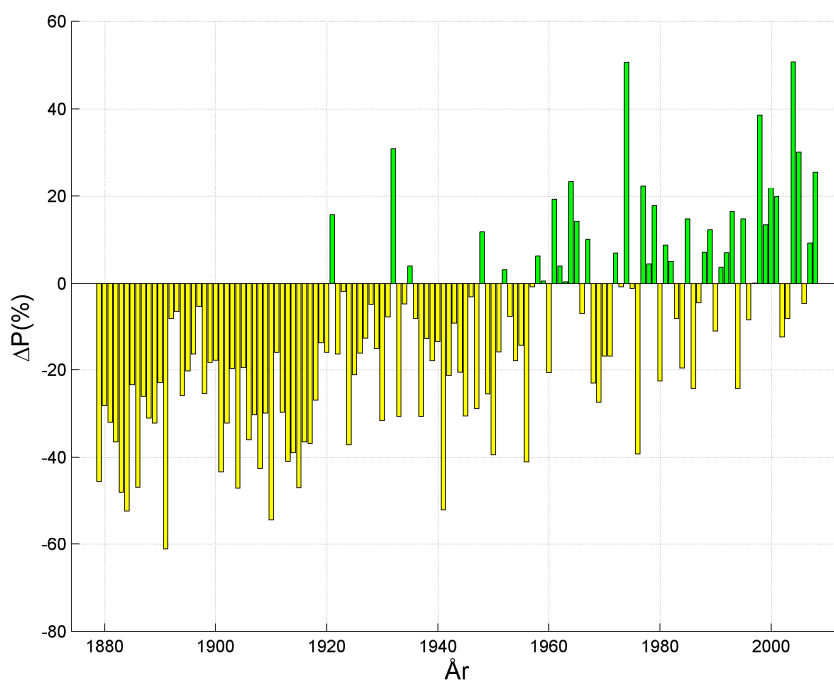
Figur 5-6. Förändring av årsmedeltemperatur för perioden 1861-2008 för Piteås klimatstation relativt referensperiodens (1961-1990) medelvärde, 2,0 °C. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.

5.2 Nederbörd

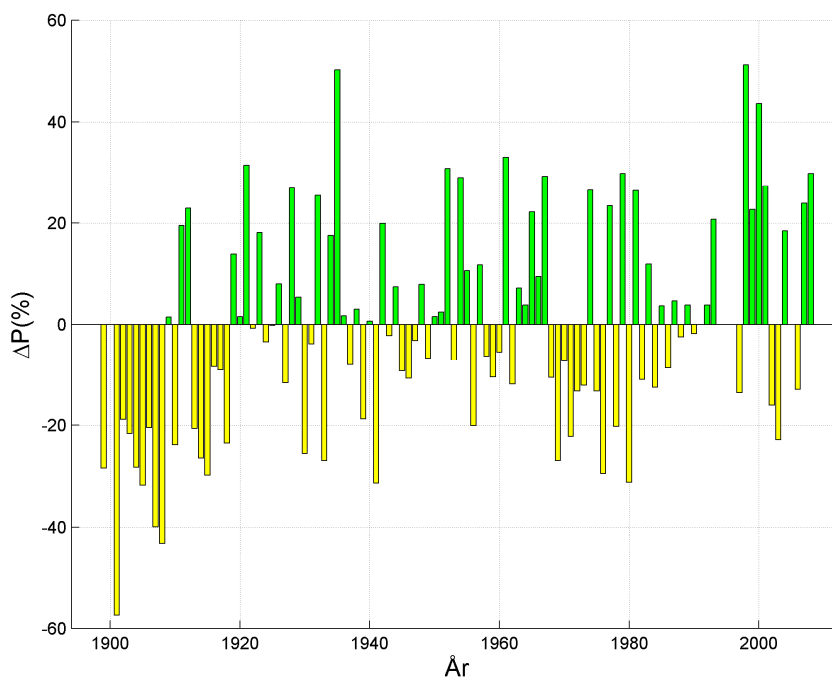
Samma analys som för årsmedeltemperaturen har gjorts för årsmedelnederbörden. Baserat på historiska observationer visas förändringen av årsmedelnederbörden de senaste 100 åren jämfört med medelvärdet för referensperioden, 1961-1990

I Figur 5-7- Figur 5-12 visas årsmedelnederbörden som avvikelser i procent från referensperiodens årsmedelvärde. Positiv avvikelse visas i gröna staplar och negativ avvikelse visas i gula staplar. Stationerna presenteras i ordningen samma ordning som tidigare från norr till söder, Karesuando, Kiruna, Jokkmokk, Haparanda, Jäckvik och Piteå. Samma analys fast uppdelat på årstider redovisas i bilaga 1.

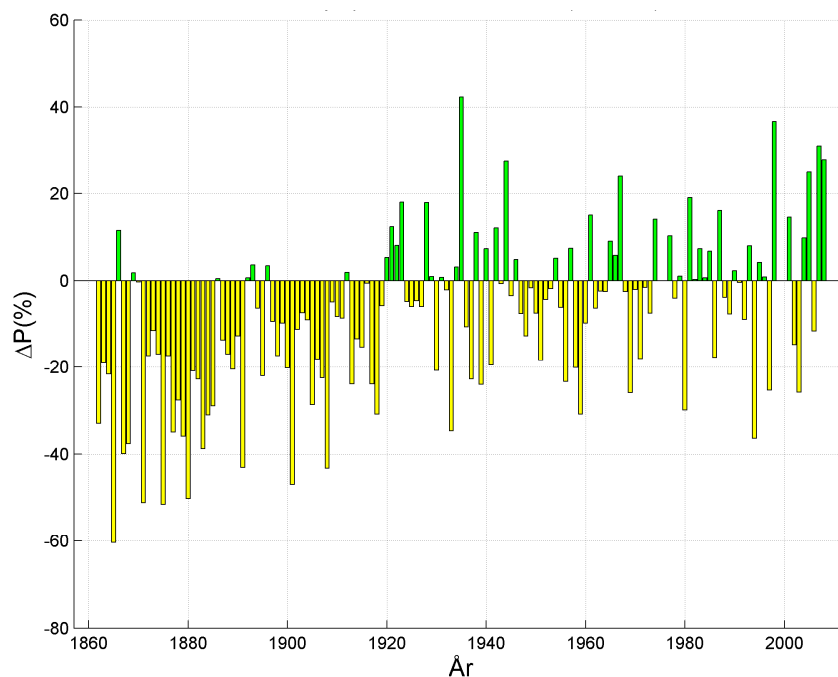
Under 1930-talet infördes vindskydd på nederbördsstationerna i Norrbottens län. Denna förändring syns tydlig i observationsserierna. Innan det infördes, i början av 1900-talet, visar därför en underskattning av den verkliga nederbörden. Av denna anledning kan inte någon slutsats från skenbar trend innan 1930-talet dras.



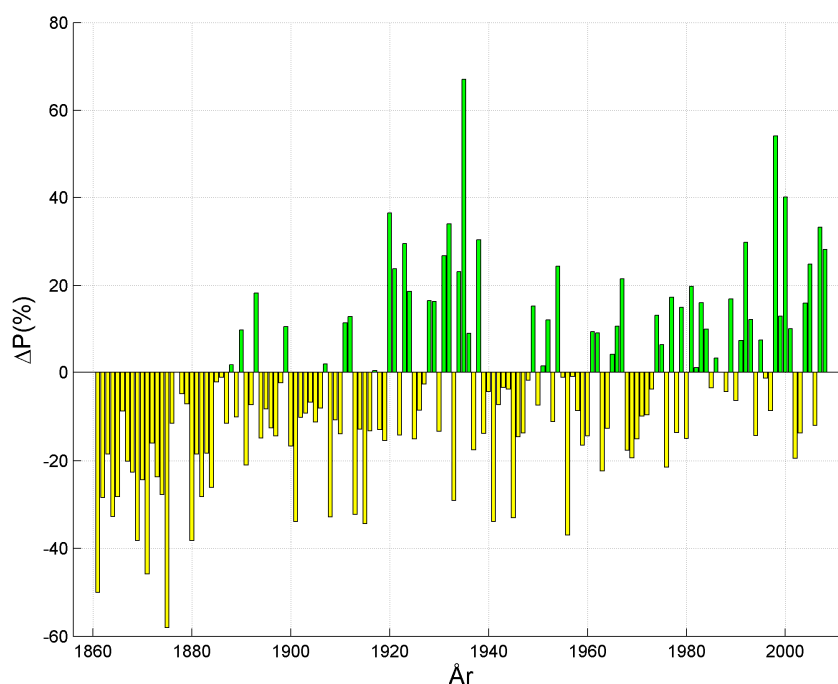
Figur 5-7. Årsmedelnederbördens utveckling för perioden 1879-2008 för Karesuandos klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens medelvärde, 442mm/år visas som gröna staplar och negativ som gula staplar



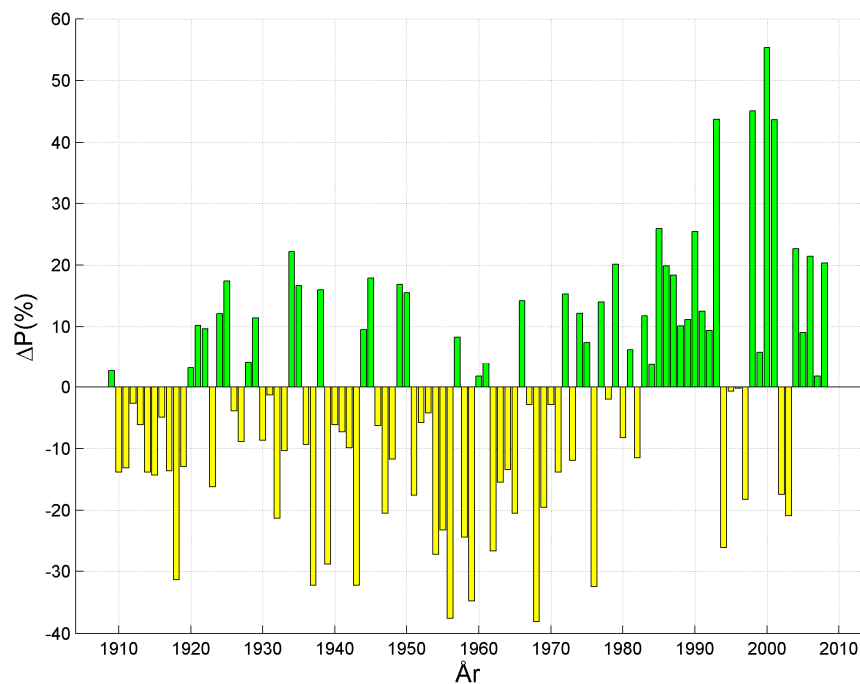
Figur 5-8. Årsmedelnederbördens utveckling för perioden 1899-2008 för Kiruna och Kirunas flygplats klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens medelvärde, 503mm/år visas som gröna staplar och negativ som gula staplar



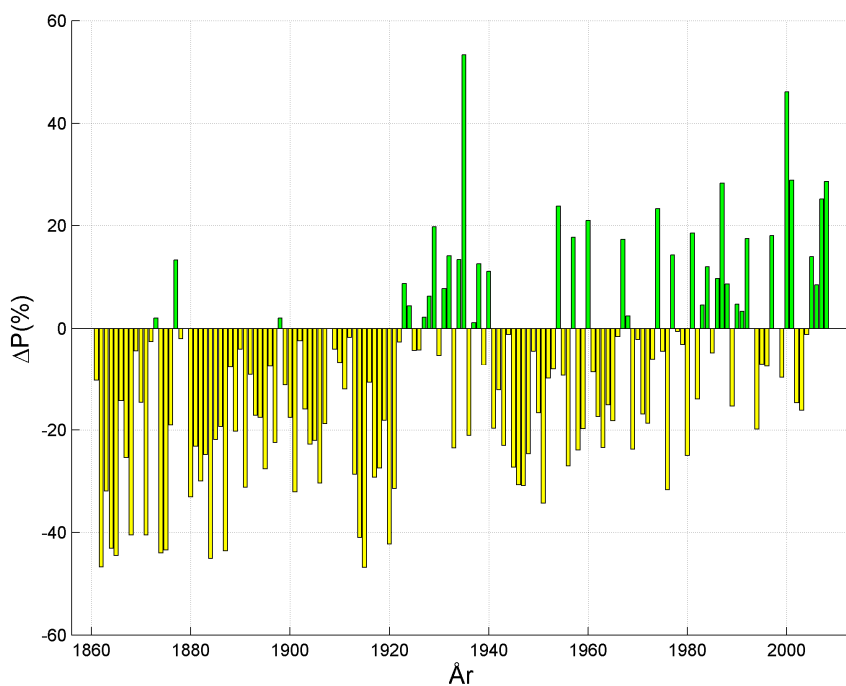
Figur 5-9. Årsmedelnederbördens utveckling för perioden 1862-2008 för Jokkmokks klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens medelvärde, 518mm/år visas som gröna staplar och negativ som gula staplar



Figur 5-10. Årsmedelnederbördens utveckling för perioden 1861-2008 för Haparandas klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens medelvärde, 558mm/år visas som gröna staplar och negativ som gula staplar



Figur 5-11. Årsmedelnederbördens utveckling för perioden 1909-2008 för Jäckviks klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens medelvärde, 585mm/år visas som gröna staplar och negativ som gula staplar



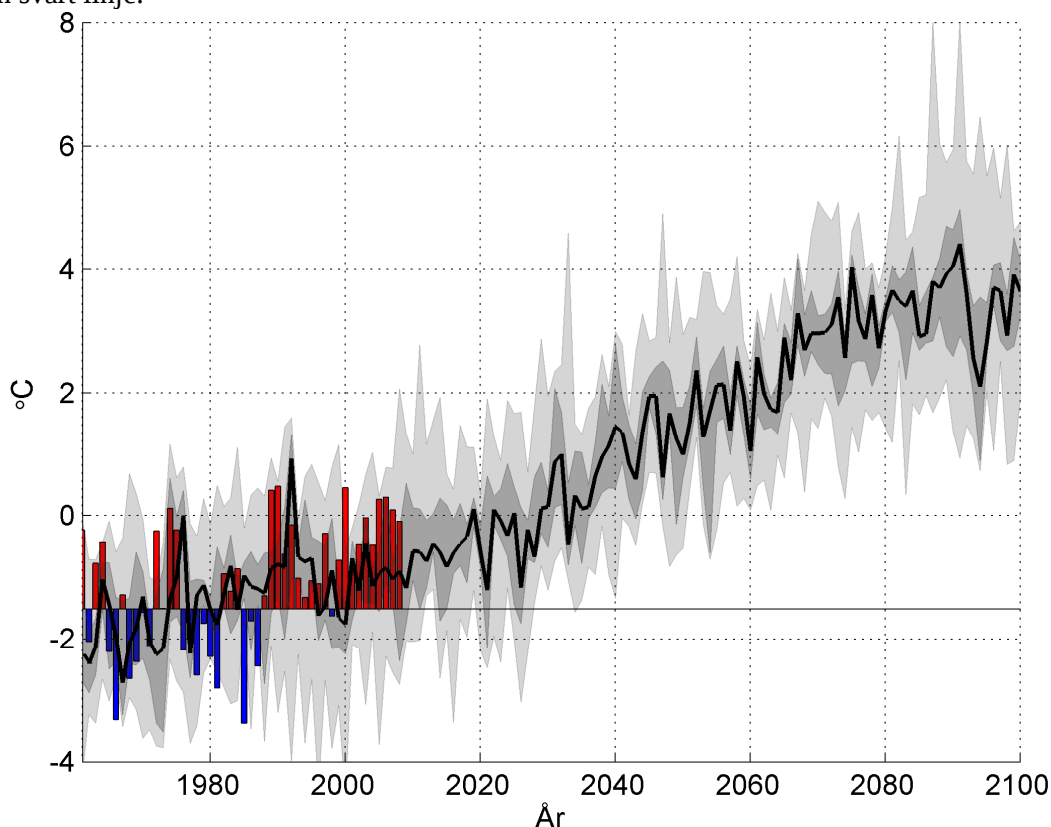
Figur 5-12. Årsmedelnederbördens utveckling för perioden 1861-2008 för Piteås klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens medelvärde, 548mm/år visas som gröna staplar och negativ som gula staplar

6 Resultat av klimatanalys

6.1 Temperatur

6.1.1 Medeltemperatur för år och säsong i framtida klimat

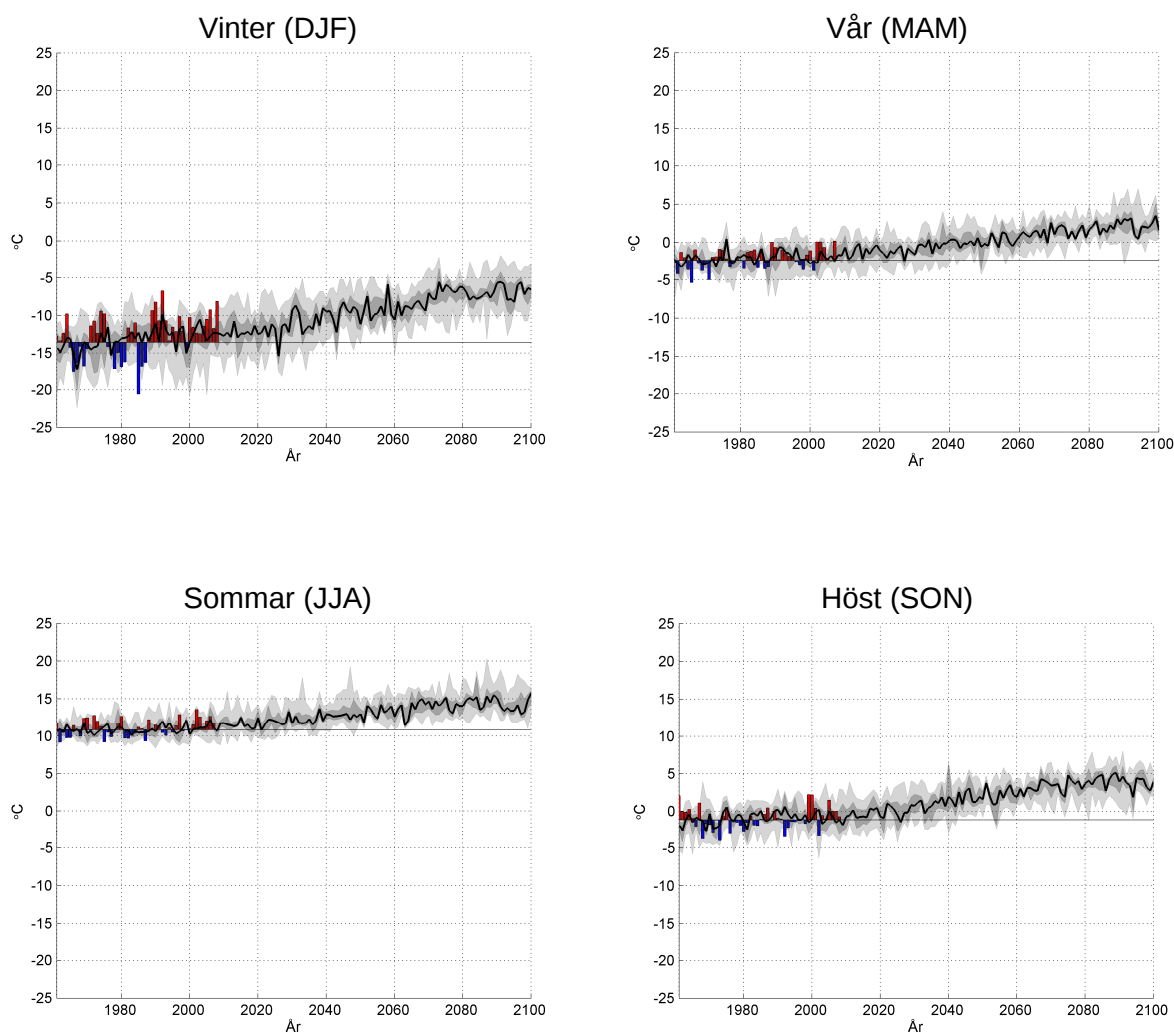
Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen för Norrbottens län baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2 visas i Figur 6-1. Årsmedeltemperaturen under referensperioden 1961-1990 var $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ och visas som en horisontell linje. Historiska observationer för länet illustreras som avvikelse från medeltemperaturen med staplar. Positiv avvikelse visas i röda staplar och negativ avvikelse visas i blå staplar. De olika skuggningarna beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarier visas med en svart linje.



Figur 6-1. Beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i Norrbottens län baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Figuren visar en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under resten av seklet.

Resultaten visar på en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under resten av seklet men också på en stor spridning mellan scenariernas maximala och minimala ökning. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger på cirka $4\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ökning mot slutet av seklet om medianvärdet studeras. Figur 6-2 visar säsongsvariationer av medeltemperaturen. Vinter definieras som december – februari (DJF), vår som mars – maj (MAM), sommar som juni – augusti (JJA) och höst som september – november (SON). Värt att notera är att temperaturökningen framträder under alla årstider och trenden

är likartad för de flesta klimatscenarier. Störst temperaturökning ses för vintertid. Även de lägsta temperaturerna mot slutet av seklet ligger på ett högre värde än referensperiodens medeltemperatur.



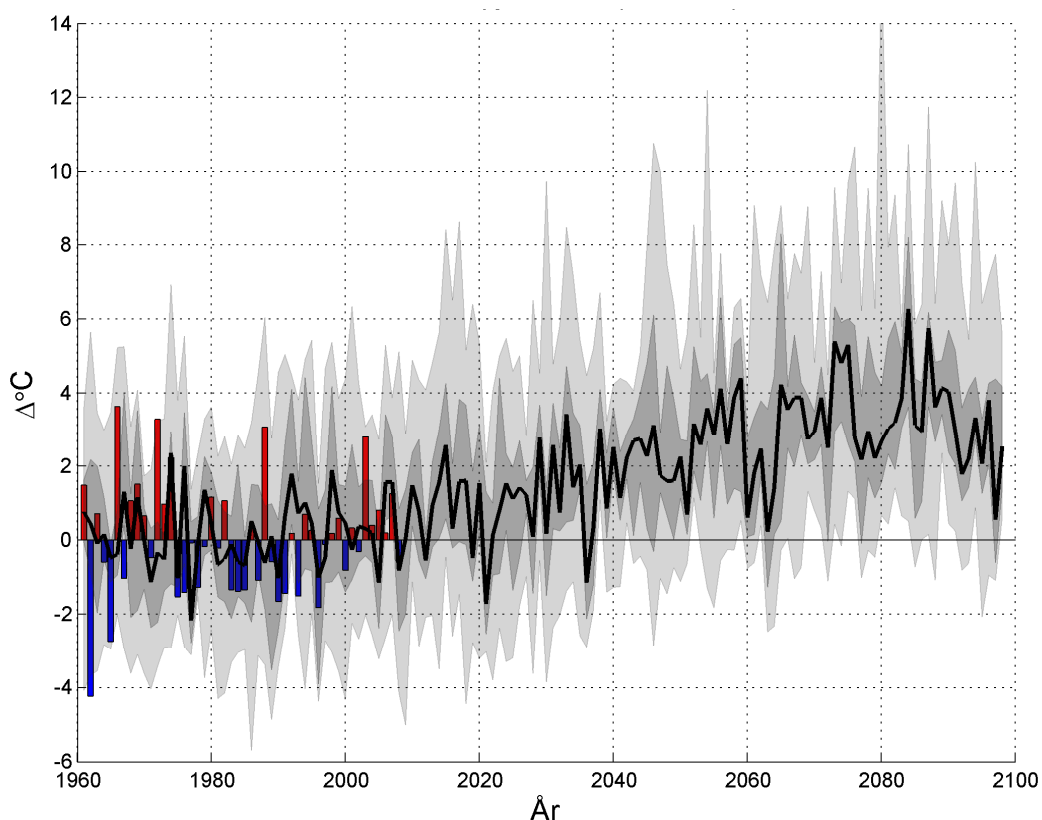
Figur 6-2. Beräknad temperaturutveckling i Norrbottens län för de olika årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar.

6.1.2 Högsta och lägsta dygnsmedeltemperatur

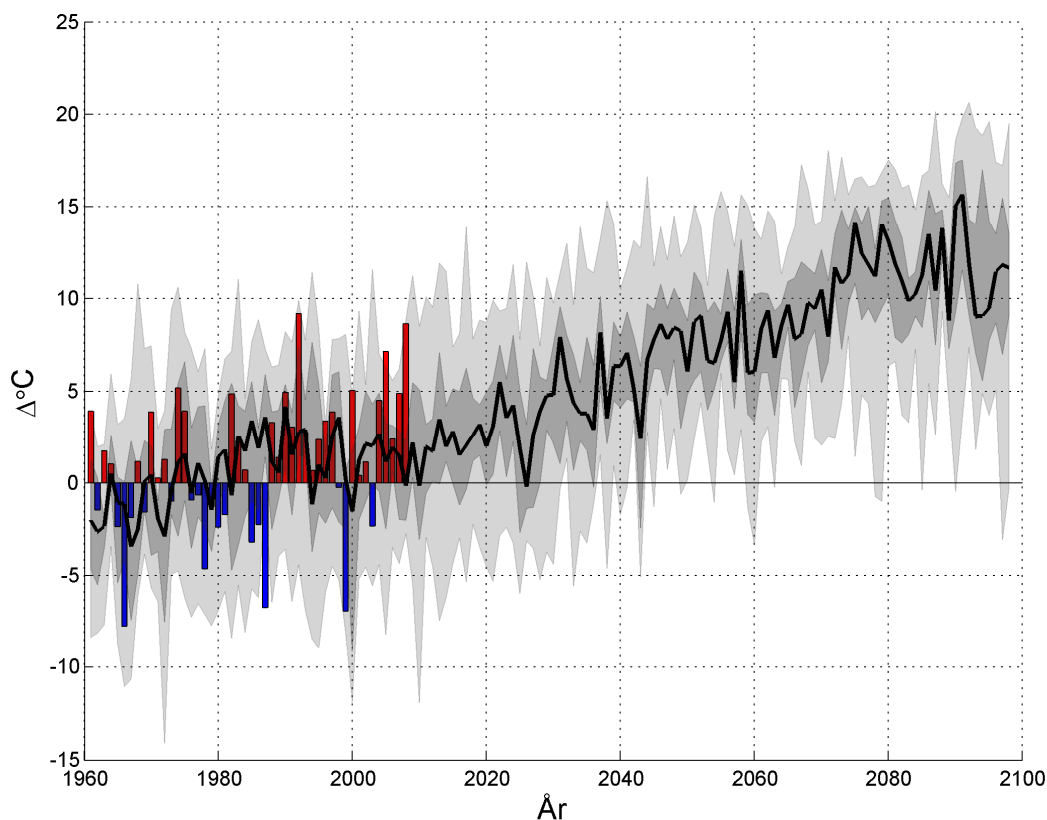
Temperaturutvecklingen för årets högsta respektive lägsta dygnsmedeltemperatur för de kommande 100 åren relativt referensperioden 1961-1990 presenteras i Figur 6-3 och Figur 6-4. Medeltemperatur för årets högsta dygnsmedeltemperatur under perioden 1961-1990 ligger på cirka 18 °C och medeltemperatur för årets lägsta dygnsmedeltemperatur på cirka -30 °C. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.

Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

Resultatet pekar på att de högsta dygnsmedeltemperaturerna mot slutet av seklet ökar med ca 1-6 °C jämfört med referensperioden om medianlinjen studeras. För de lägsta dygnsmedeltemperaturerna syns den ökande trenden tydligare. Mot slutet av seklet visar medianlinjen på en ökning på ca 9-16 °C jämfört med referensperiodens lägsta dygnsmedeltemperatur på -30 °C. Det förekommer dock en stor spridning i resultaten.



Figur 6-3 Årets maximala värde för temperatur relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Mot slutet av seklet visar medianlinjen på en svag ökning på cirka 1-6 °C jämfört med referensperioden. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka 18 °C.



Figur 6-4 Årets minimala värde för temperatur relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Mot slutet av seklet visar medianlinjen på en ökning på cirka 9-16 °C jämfört med referensperioden. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka -30 °C.

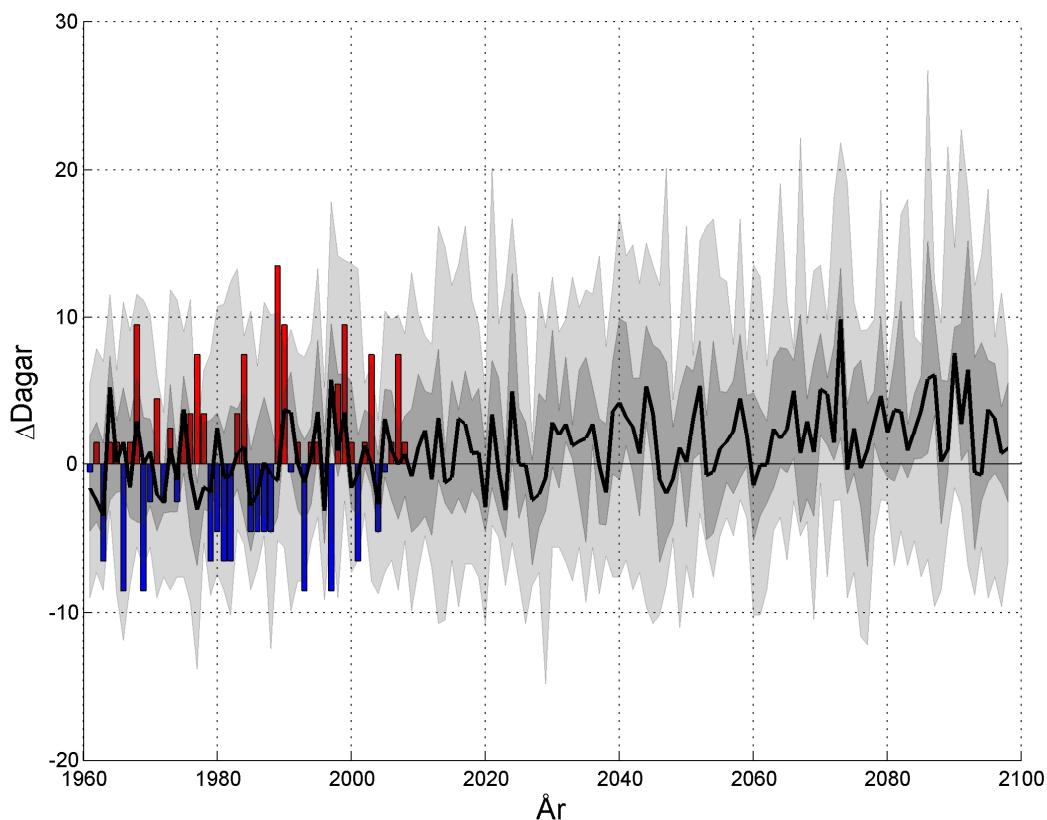
6.1.3 Nollgenomgångar över dygnstemperatur

Antalet nollgenomgångar i ett framtida klimat har i den här analysen beräknats genom att studera när två på varandra följande dagar har en skillnad i temperatur som genomkorsar 0 °C. Antalet sådana tillfällen per år relativt referensperioden 1961-1990 presenteras i Figur 6-5. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka 21 tillfällen per år. I figuren visas historiska observationer som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

Förändringen är liten men möjligen kan antalet komma att öka något i ett framtida varmare klimat. Det är svårt att se någon tydlig trend i figuren då spridningen i resultatet är stor.

SMHI har även tidigare gjort en analys av nollgenomgångar för Norrbottens län (SMHI Rapport 2010-88). Den tidigare analysen baserades på sex stycken observationsstationer med mycket högre dygnsupplösning än den i den här länsöversiktliga klimatanalysen och definitionerna av nollgenomgång skiljer sig något mellan analyserna. I den mer högupplösta analysen med flera observationer under dygnet undersöks antal dygn då temperaturen växlar runt noll grader inom dygnet. I den mer översiktliga klimatanalysen som presenteras i denna rapport analyseras bara

dygnsvärden och definitionen för nollgenomgång blir dygn i följd som växlar kring noll grader. Störst skillnad kan väntas under våren då temperaturväxlingar runt noll under dygnet inte alls är ovanligt men då den totala dygnsmedeltemperaturen kan ligga på samma sida nollstrecket under längre perioder. Dessa nollgenomgångar kan man missa i en översiktlig analys. Båda analyserna tyder dock på att förändringar av nollgenomgångar generellt är små de kommande 100 åren.



Figur 6-5. Antal nollgenomgångar relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Referensperiodens medelvärde ligger på cirka 21 tillfällen per år. Det är svårt att se någon tydlig trenden i figuren som visar på hur antalet nollgenomgångar beräknas förändras i ett framtida varmare klimat.

6.1.4 Antal graddagar med värmebehov

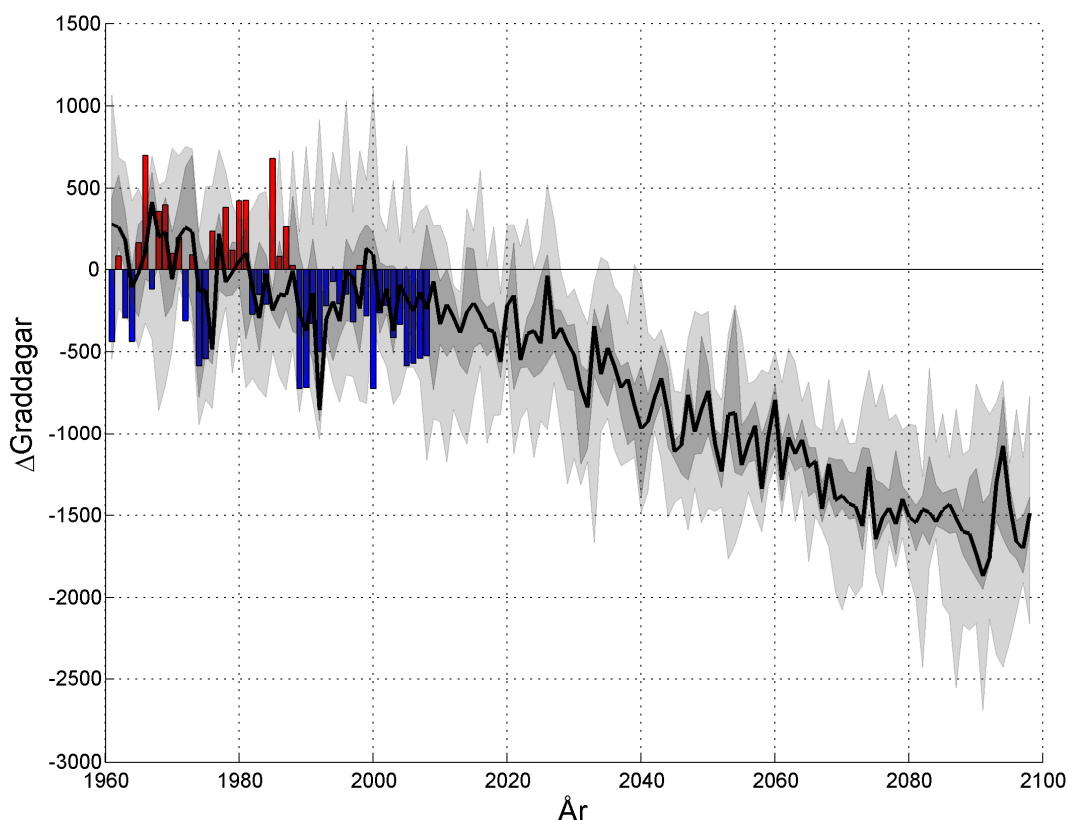
Energiåtgången för att värma upp en fastighet korrelerar starkt med temperaturen utomhus. Utgående från att byggnadens värmesystem ska värma upp byggnaden till 17 °C analyseras antalet graddagar. Resterande energibehov antas tillkomma från solinstrålning samt från värme som alstras av personer och elektrisk utrustning i byggnaden

Beräkningen av graddagar görs genom att för varje dag under året beräkna skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och 17 °C, förutsatt att dygnsmedeltemperaturen understiger 17 °C. Denna skillnad summeras sedan årsvis. Till exempel, ger en dag då medeltemperaturen varit 5 °C ett bidrag med 12 graddagar under året. Vår, sommar och höst har solinstrålningen särskilt stor betydelse, varför

graddagar då endast beräknas när dygnsmedeltemperaturen underskrider följande värden: April 12 °C, maj-juli 10 °C, augusti 11 °C, september 12 °C, oktober 13 °C.

I Figur 6-6 visas graddagar under 17 °C från observerade temperaturserier som staplar. Fler graddagar än referensperiodens (1961-1990) medelvärde på 5663 visas som röda staplar och färre graddagar än referensperioden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

Det förekommer en viss spridning av resultaten, men den generella trenden är att antalet graddagar kommer att minska i framtiden som en följd av det varmare klimatet. Färre graddagar innebär minskat uppvärmningsbehov. Efter år 2040 uppnår inget enskilt år från något av klimatscenarierna samma antal graddagar som medelvärdet för referensperioden.



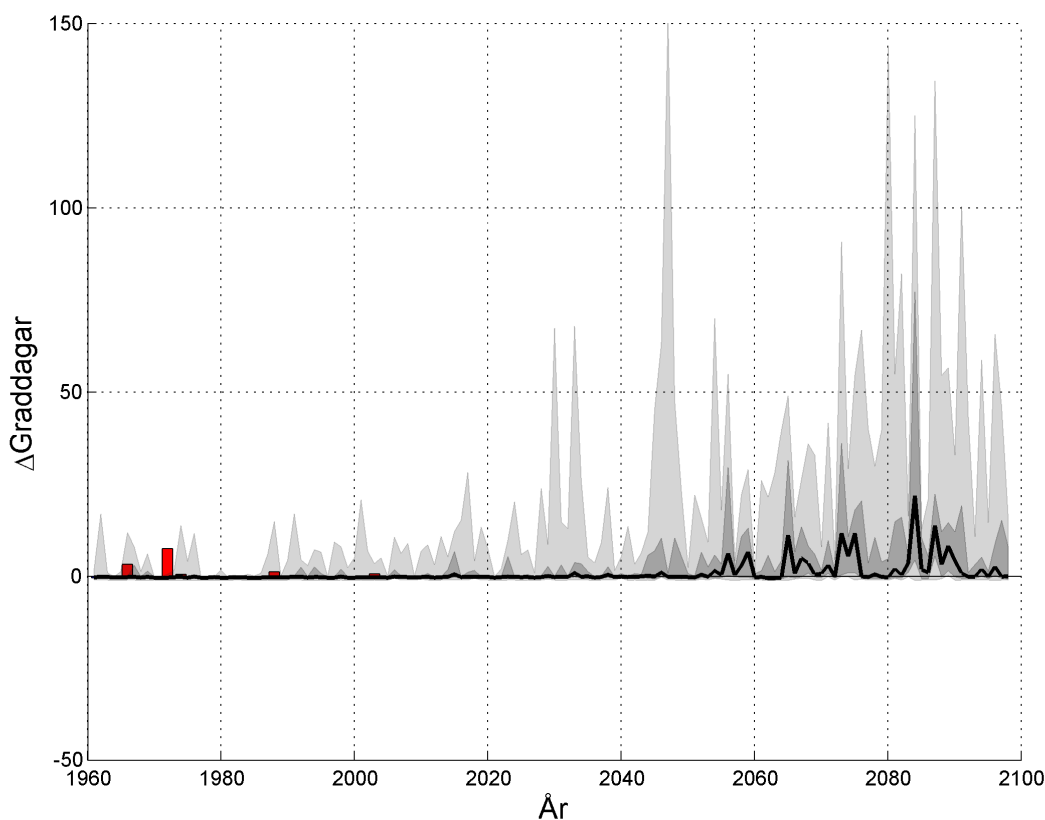
Figur 6-6. Antal graddagar understigande 17 °C relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Medelvärdet för referensperioden var 5663 graddagar. Det förekommer en spridning av resultaten, men den generella trenden är att antalet graddagar kommer att minska i framtiden.

6.1.5 Antal graddagar med kylbehov

Energiåtgången för att kyla en fastighet beror av temperaturen utomhus och antal graddagar per år överstigande 20 °C har beräknats och jämförts med referensperioden 1961-1990. För varje dag då dygnsmedeltemperaturen överstiger 20 °C beräknas skillnaden mellan denna dags värde och 20 °C. Till exempel ger en dag då dygnsmedeltemperaturen varit 23 °C ett bidrag med 3 graddagar under året. En summering av alla dygns graddagar har sedan gjorts.

I Figur 6-7 visas graddagar över 20 °C från observerade temperaturserier som staplar. Fler graddagar än referensperiodens medelvärde på 0,5 visas som röda staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

Resultatet tyder på att kylbehovet förändras mycket lite under kommande 100 år om medianlinjen studeras. Dock förekommer det en spridning i resultaten, vilket indikerar att extrema somrar kan ge avsevärt större kylbehov än vad som ses enbart från medianvärdet.



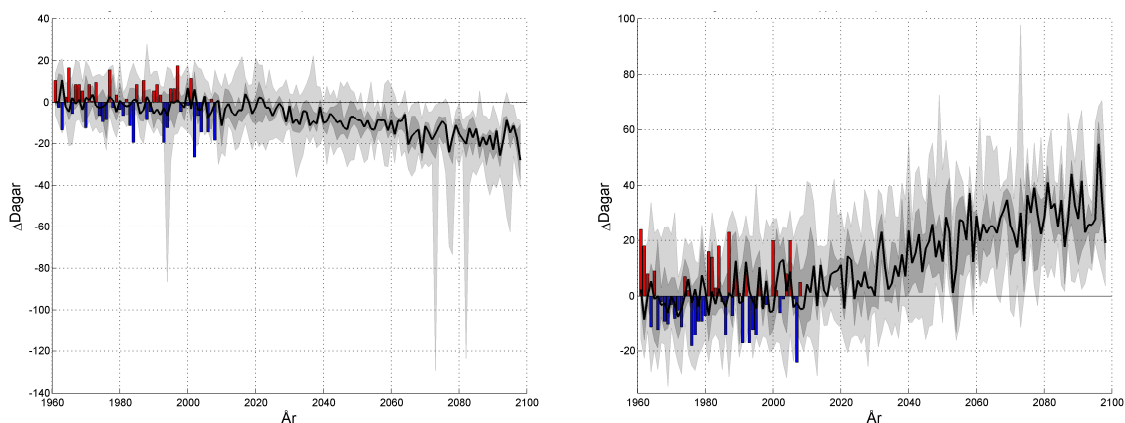
Figur 6-7. Antal graddagar överstigande 20 °C relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden för graddagar större än referensperiodens medelvärde visas som röda. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Referensperiodens medelvärde är cirka 0,5 graddagar per år.

6.1.6 Vegetationsperiod

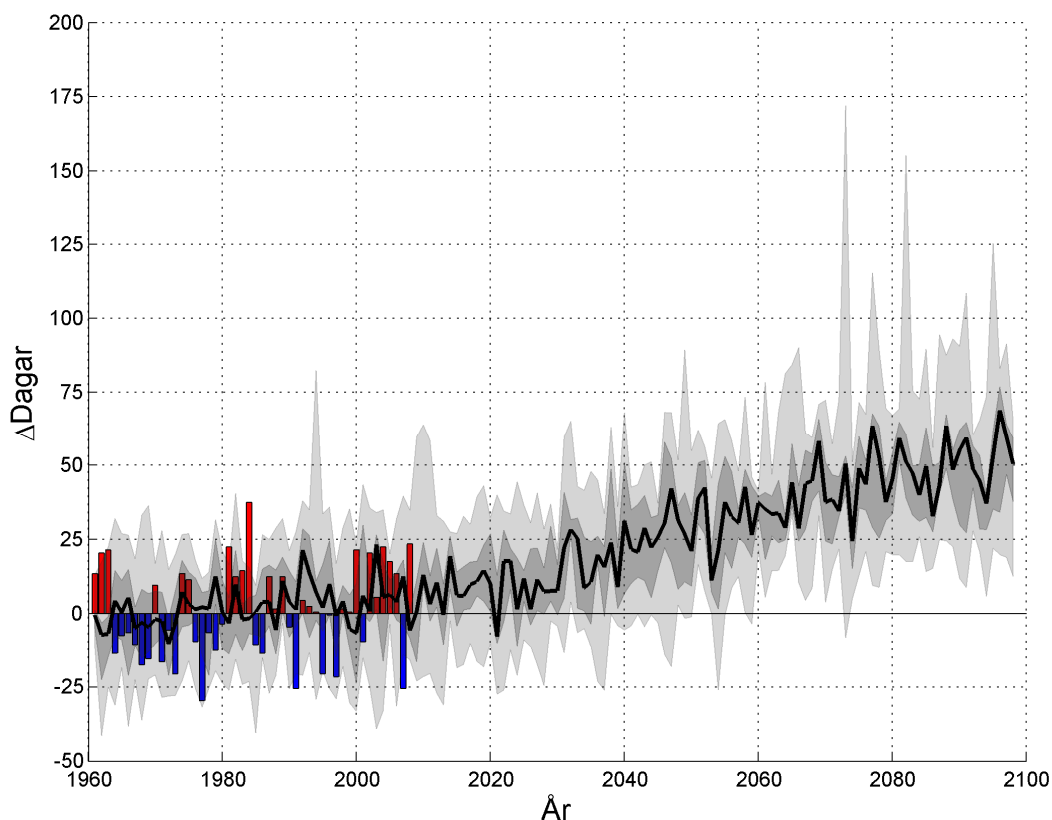
För att undersöka hur odlingssäsongerna kommer att påverkas av ett framtida varmare klimat studeras vegetationsperioden. Vegetationsperiodens start har beräknats genom att studera första tillfället för varje år då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 dagar i följd. Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 6-8. Referensperiodens medelvärde låg på dagnummer 140, vilket motsvarar senare delen av maj. Utifrån referensperiodens dagnummer 140 redovisas observerade år med senare vegetationsstart som röda staplar och observerade år med tidigare vegetationsstart som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar.

Figur 6-8 visar att vegetationsperiodens start beräknas infalla tidigare under året i ett framtida varmare klimat. Det förekommer en viss spridning i resultaten, men om man bortser från de mest extrema avvikelserna tyder resultatet på att vegetationsperiodens start mot slutet av seklet tidigare läggs mellan 1-4 veckor jämfört med referensperioden.

Då klimatet blir varmare förskjuts även vegetationsperiodens slut från september in i oktober. En tidigare start och ett senare slut på vegetationsperioden visar att vegetationsperioderna kan förväntas bli längre något som även syns tydligt i Figur 6-9. Medelvärdet för vegetationsperiodens längd under referensperioden, 1961-1990, låg på cirka 121 dagar. Medianlinjen i figuren visar på en ökning med cirka 1-2 månader fram emot slutet av seklet. Säsongen förlängs något mer på hösten än på våren. Alla klimatscenarierna som används har denna ökande trend.



Figur 6-8. Vegetationsperiodens start (till vänster) och slut (till höger) på året relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Referensperiodens medelvärde för periodens start låg på dagnummer 141, vilket motsvarar senare delen av maj. Referensperiodens medelvärde för periodens slut låg på dagnummer 261, vilket motsvarar mitten av september. Ur figuren kan ses att vegetationsperioden blir längre i ett framtida varmare klimat då dess start beräknas infalla tidigare och dess slut beräknas infalla senare under året.



Figur 6-9. Vegetationsperiodens längd relativt referensperioden 1961-1990. Historiska observationer visas som staplar. Observerade perioder längre än referensperiodens medellängd visas som röda staplar och perioder kortare än referensperiodens medellängd visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Medelvärde för referensperioden låg på cirka 121 dagar. Figuren visar att i ett framtida varmare klimat beräknas vegetationsperioderna bli längre.

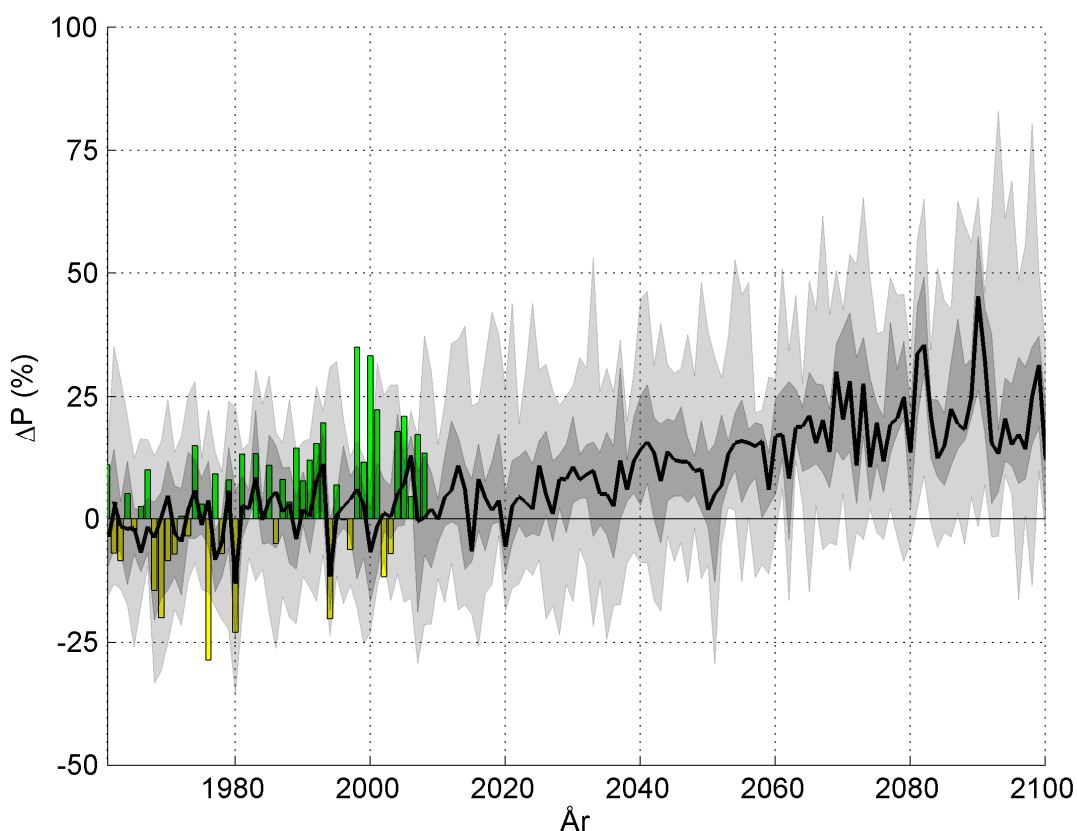
6.2 Nederbörd

6.2.1 Medelnederbörd för år och säsong i ett framtida klimat

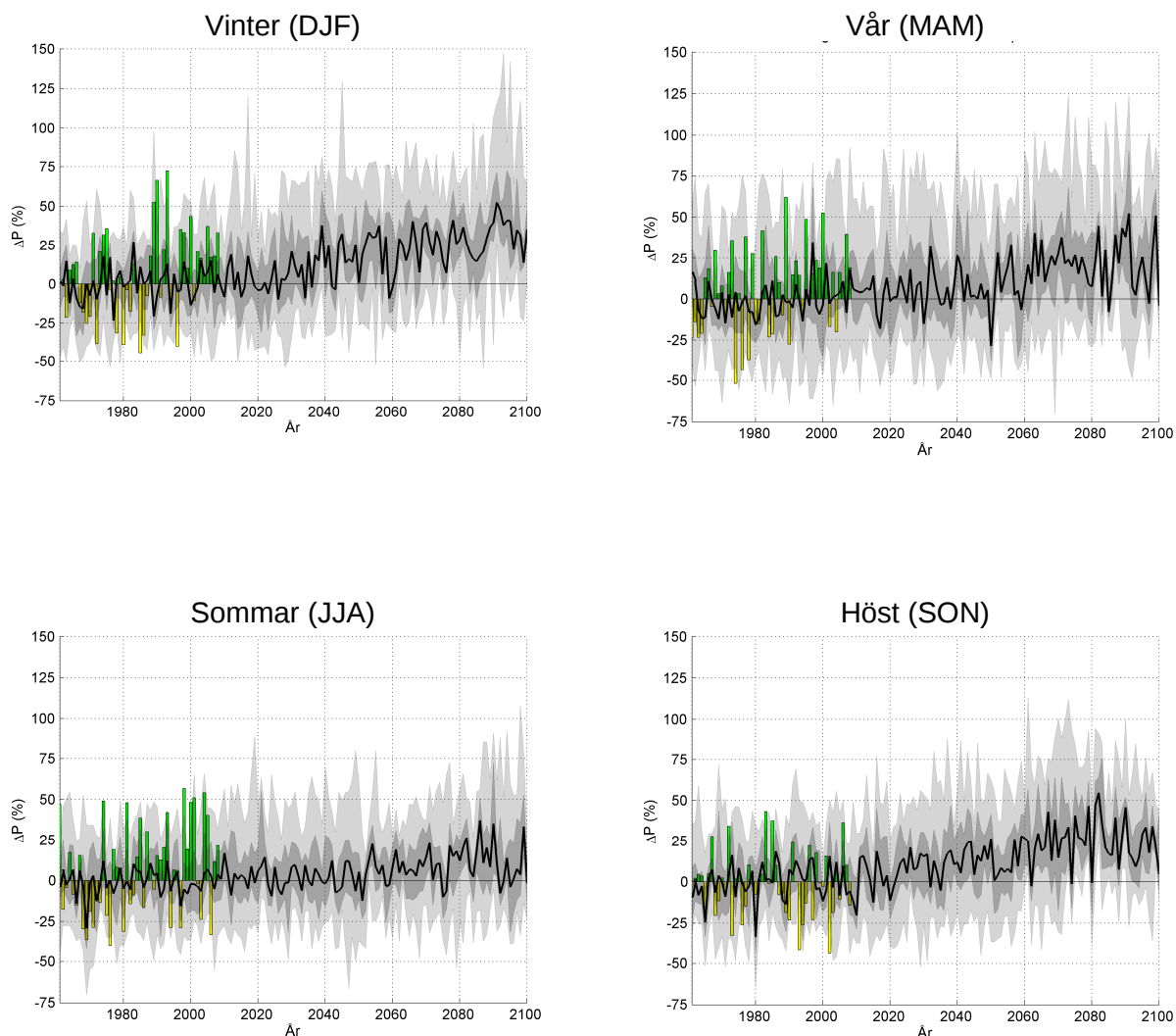
Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd för Norrbottens län baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2 visas i Figur 6-10. I analysen har beräknad total årsnederbörd jämförts med den normala under referensperioden (661mm/år). Förändringen anges i procentuell avvikelse. Historiska observerade avvikelser från referensperiodens totala årsmedelnederbörd för länet visas som staplar. Röda staplar visar positiv avvikelse och blå staplar visar negativ avvikelse.

De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, den största positiva avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den minsta negativa avvikelsen för klimatscenarierna jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarier visas med en svart linje.

I Figur 6-11 visas motsvarande förändring uppdelat per årstid där vinter definieras som december – februari (DJF), vår som mars – maj (MAM), sommar som juni – augusti (JJA) och höst som september – november (SON).



Figur 6-10. Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd i Norrbottens län baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde (661 mm/år) visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar.



Figur 6-11. Beräknad nederbördsutveckling i Norrbottens län, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av säsongsnederbörden från samtliga klimatberäkningar

Årsmedelnederbörden för Norrbottens län kan förväntas öka med 10- 50 % under perioden fram till år 2100 men resultaten innehåller stor spridning. I säsongsanalysen syns att nederbörden kan förväntas öka under alla säsonger men att störst ökning kan förväntas under vintersäsongen.

6.2.2 Antal dygn med dygnsmedelnederbörd >10 mm

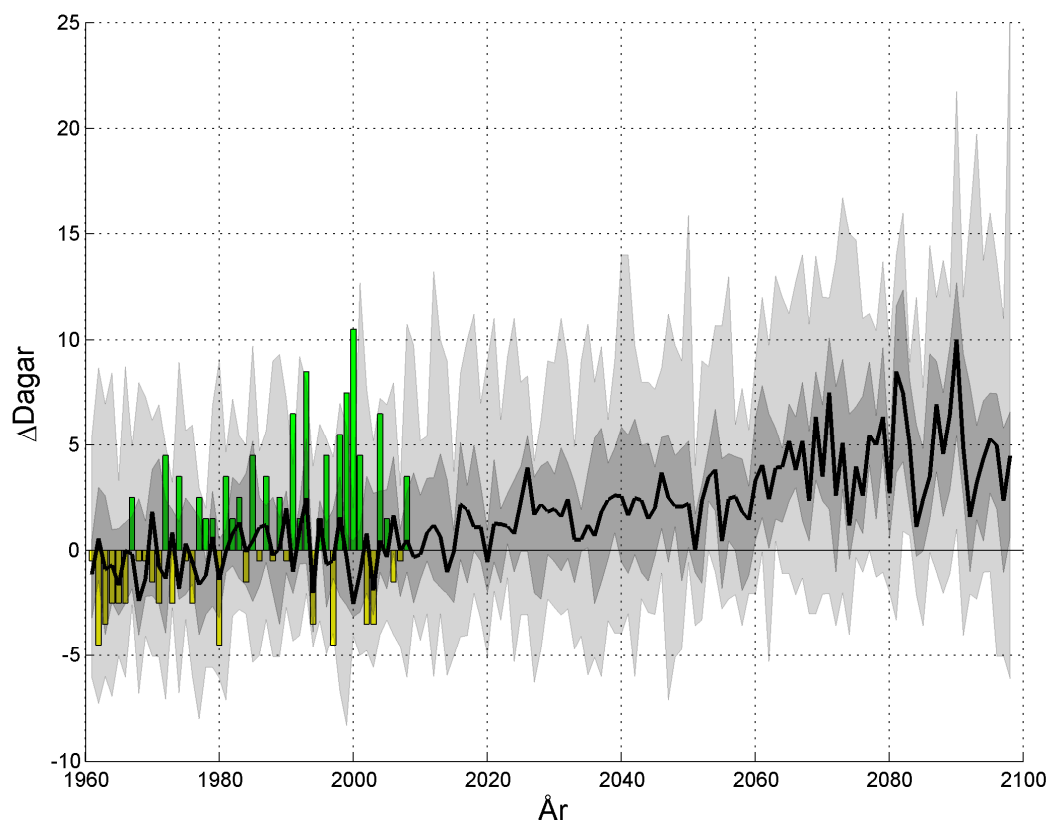
Beräkningar av antal dygn då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm har utförts för samtliga klimatscenarier Figur 6-12. Notera att det är dygnsmedelnederbörden för hela Norrbottens län som studerats och att en dygnsmedelnederbörd på 10 mm på en så pass stor yta visar på ett kraftigt regn över hela området. Det är även värt att notera att denna typ av analys inte studerar förekomsten av extrema nederbördshändelser (se tidigare avsnitt 4.3.1) .

I analysen har dygnsmedelnederbörden överstigande 10 mm jämförts med den normala under referensperioden (8 dygn/år). Förändringen anges i antal dagar. Historiska observerade avvikelse från

referensperiodens antal dygn för länet visas som staplar. Röda staplar visar positiv avvikelse och blå staplar visar negativ avvikelse.

De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, den största positiva avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den minsta negativa avvikelsen för klimatscenarierna jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarier visas med en svart linje.

Resultatet tyder på att antal dagar per år då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm kan komma att öka i ett framtida varmare klimat. Dock förekommer det en stor spridning i resultatet.



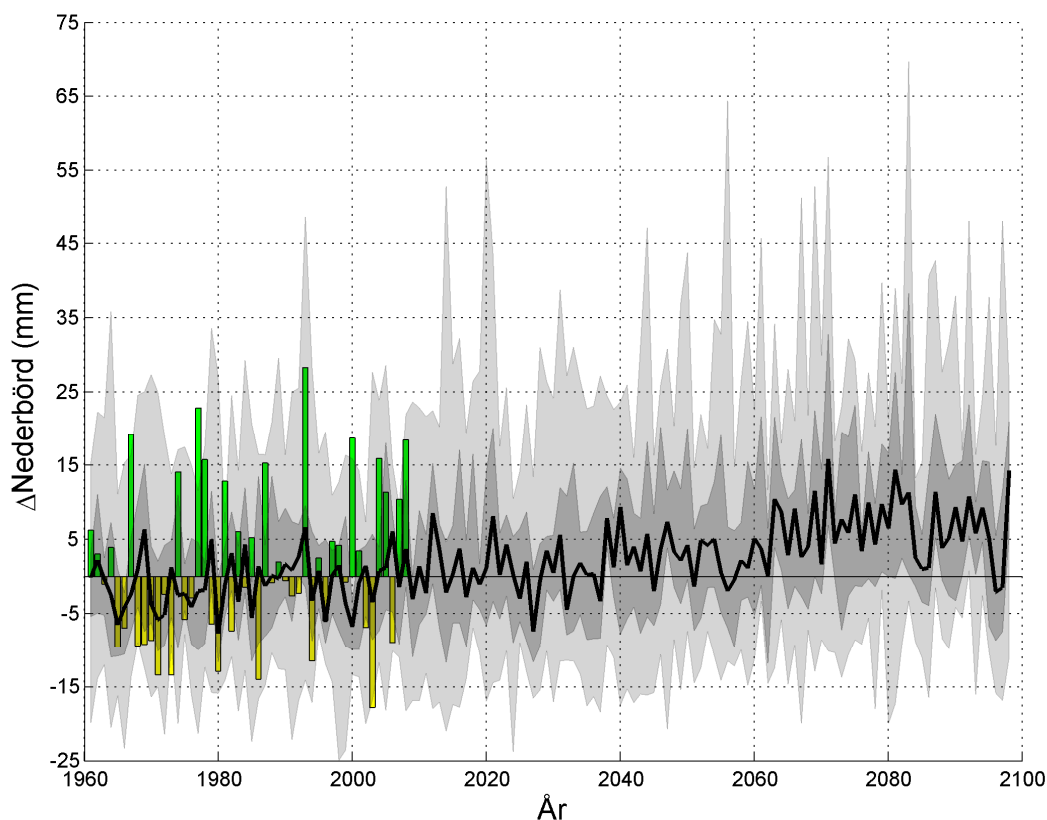
Figur 6-12. Figuren visar antal dygn med dygnsmedelnederbörd >10 mm för samtliga studerade klimatscenarier relativt referensperioden 1961-1990. Antal historiskt observerade dagar fler än 8 visas som gröna staplar och antalet färre visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar av samtliga klimatberäkningar.

6.2.3 Största nederbörds mängd för länet under en 7 dagarsperiod

Analys av den största nederbörds mängd för länet under en 7 dagarsperiod visas i Figur 6-12. Notera att det är största nederbörds mängd för hela Norrbottens län som studerats.

I analysen har den största nederbörds mängd för länet under en 7 dagarsperiod jämförts med den under referensperioden (51 mm). Förändringen anges i mm. Historiska observerade avvikelser i mm jämfört med referensperioden visas som staplar. Röda staplar visar positiv avvikelse och blå staplar visar negativ avvikelse.

De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarioer. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, den största positiva avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den minsta negativa avvikelsen för klimatscenarioerna jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarioer visas med en svart linje.

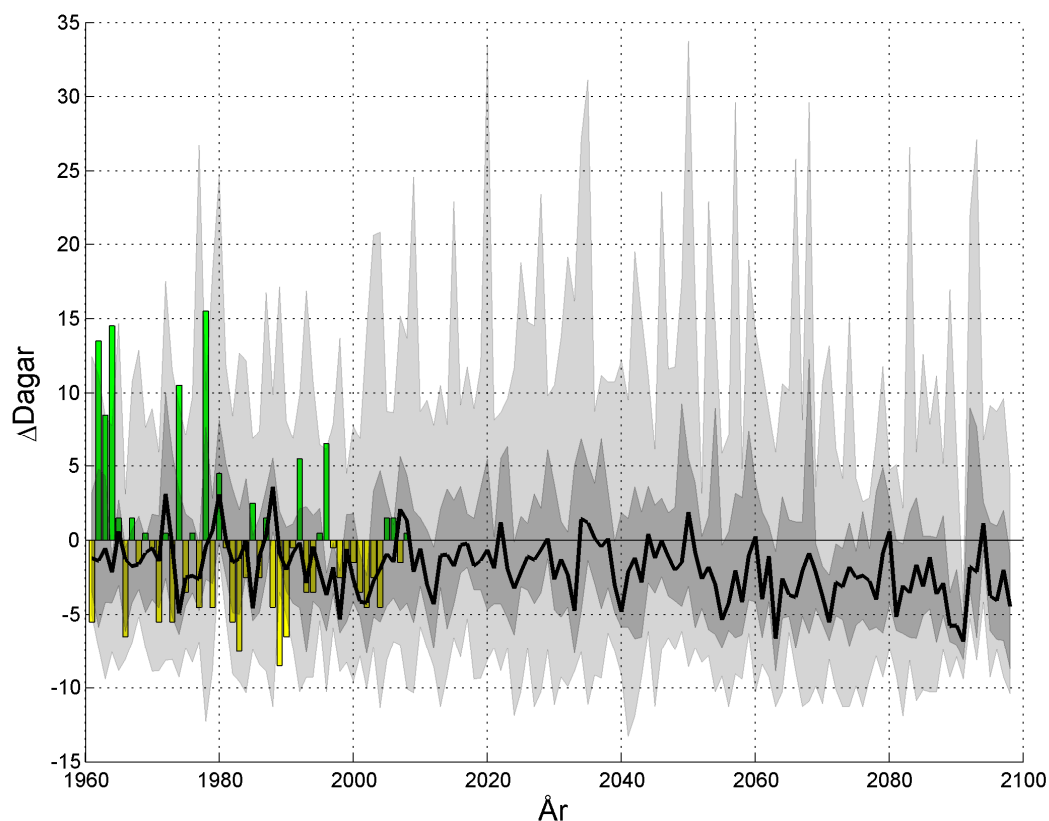


Figur 6-13. Förändring i största nederbörds mängd för länet under en 7 dagarsperiod jämfört med referensperiodens 51 mm. Förändringen anges i mm. Historiska observerade avvikelser från referensperiodens antal dygn för länet visas som staplar. Röda staplar visar positiv avvikelse och blå staplar visar negativ avvikelse. De olika skuggningarna beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarioer. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, den största positiva avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den minsta negativa avvikelsen för klimatscenarioerna jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarioer visas med en svart linje.

Resultatet pekar på att den största nederbördsmängd för länet under en 7 dagarsperiod kan komma att öka i framtiden. Dock förekommer det en stor spridning i resultatet. Analysen är gjord över hela länet och lokala variationer fångas inte upp av analysen.

6.2.4 Längsta torrperioden inklusive förändring i framtiden

För att studera framtida förekomster av torka har analyser av längst antal sammansatta dygn då dygnsmedelnederbörden understiger 1 mm utförts för samtliga klimatscenarier. Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 (17,5 dygn) och visas i Figur 6-14. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar av samtliga klimatberäkningar.



Figur 6-14. Figuren visar längsta torrperioden (def längst sammansatta period då nederbörden understiger 1 mm) relativt referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar.

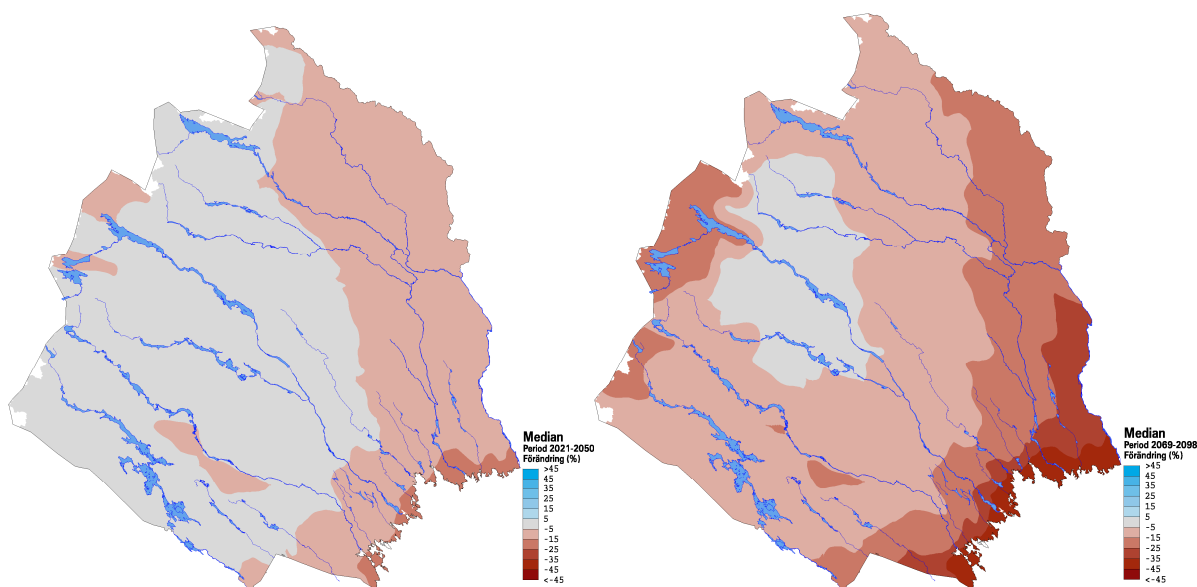
Torrperiodernas längd ser ut att förändras mycket lite under perioden fram till år 2100. Spridningen för de mest extrema värdena är dock stor. Analysen är gjord över hela länet och lokala variationer fångas inte upp av analysen.

6.3 Snö

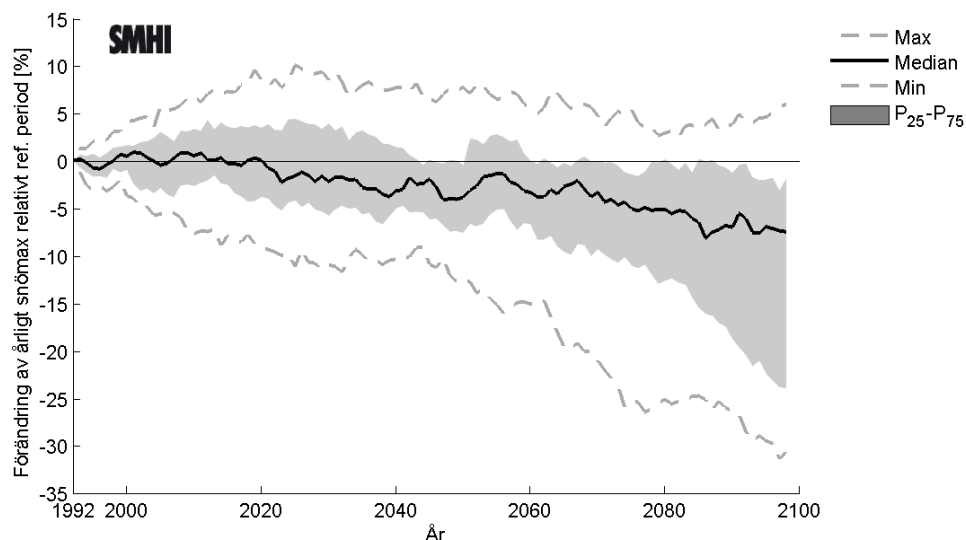
6.3.1 Framtida maximala snötäcke

Snöns vatteninnehåll beräknat i mm är ett bättre mått än snödjup, då snödjupet är beroende av snöns densitet och därmed svårare att skatta korrekt. Följande analys presenteras den framtida procentuella förändring av snöns vatteninnehåll jämfört med referensperioden. Figur 6-15 visar klimatsceneriarnas rumsliga förändring av vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke, d.v.s varje års maximala snötäcke för mitten av seklet och slutet av seklet jämfört med referensperioden (1963 - 1992).

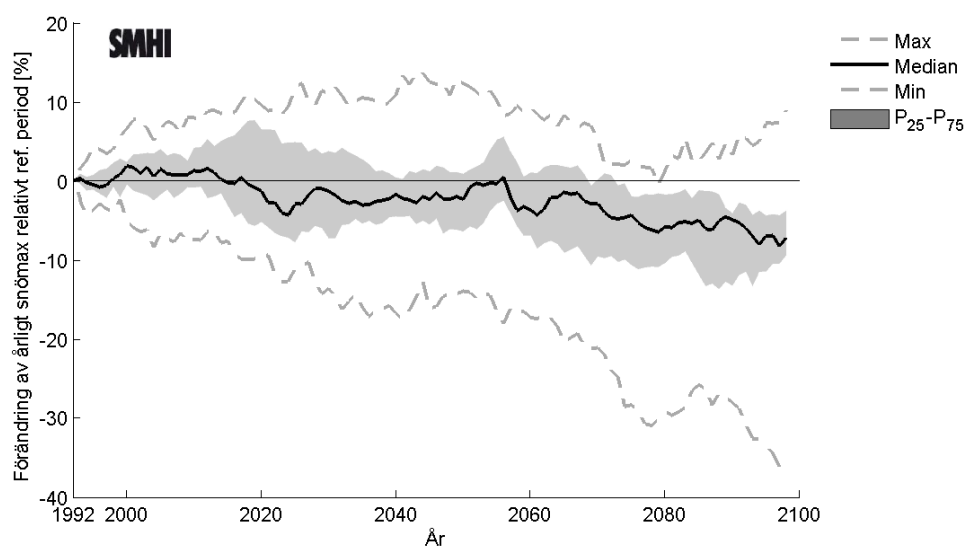
Figur 6-16 - Figur 6-18 visar medianvärdet av den procentuella förändringen av det maximala vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke i utvalda områden för samtliga klimatscenerier under perioden fram till år 2100 relativt referensperioden 1963-1992. Analysen har gjorts för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (d.v.s 1964- 1993, 1965-1994, ..., 2069-2098. De utvalda områden som presenteras är ett fjällområde i närheten av Katterjåkk, ett inlandsområde i närheten av Gällivare samt ett kustområde i närheten av Luleå. De presenterade områdenas geografiska placering i länet visas i Figur 3-1. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.



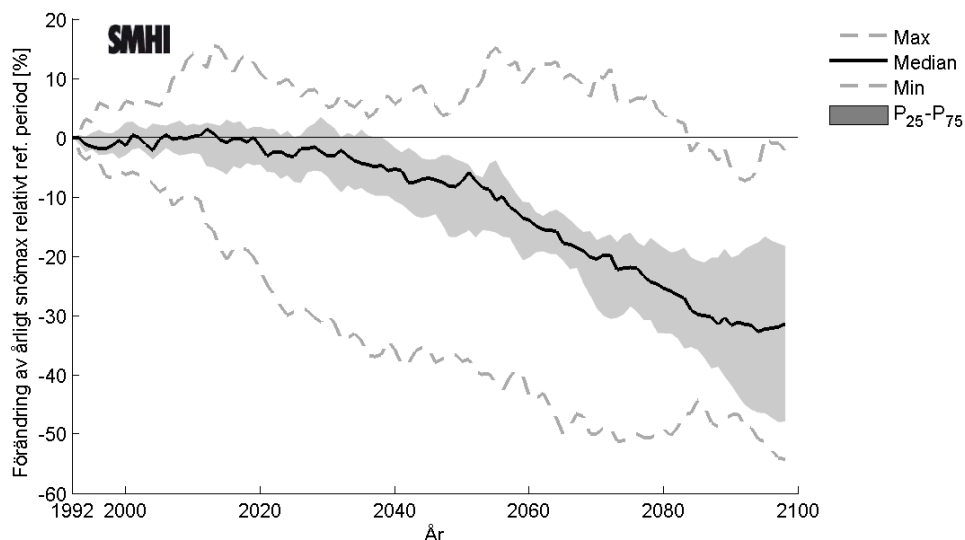
Figur 6-15. Beräknad framtida förändring av maximala vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke för Norrbottens län för perioden 2021-2050 (vänster) och för perioden 2069-2098(höger) jämfört med referensperioden 1963-1992.



Figur 6-16. Beräknad framtida förändring av maximala vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke för ett **fjällområde** i närheten av Katterjåkk för hela perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.



Figur 6-17 Beräknad framtida förändring av maximala vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke för ett **inlandsområde** i närheten av Gällivare för hela perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.



Figur 6-18. Beräknad framtida förändring av maximala vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke för ett **kustområde** i närheten av Luleå för hela perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.

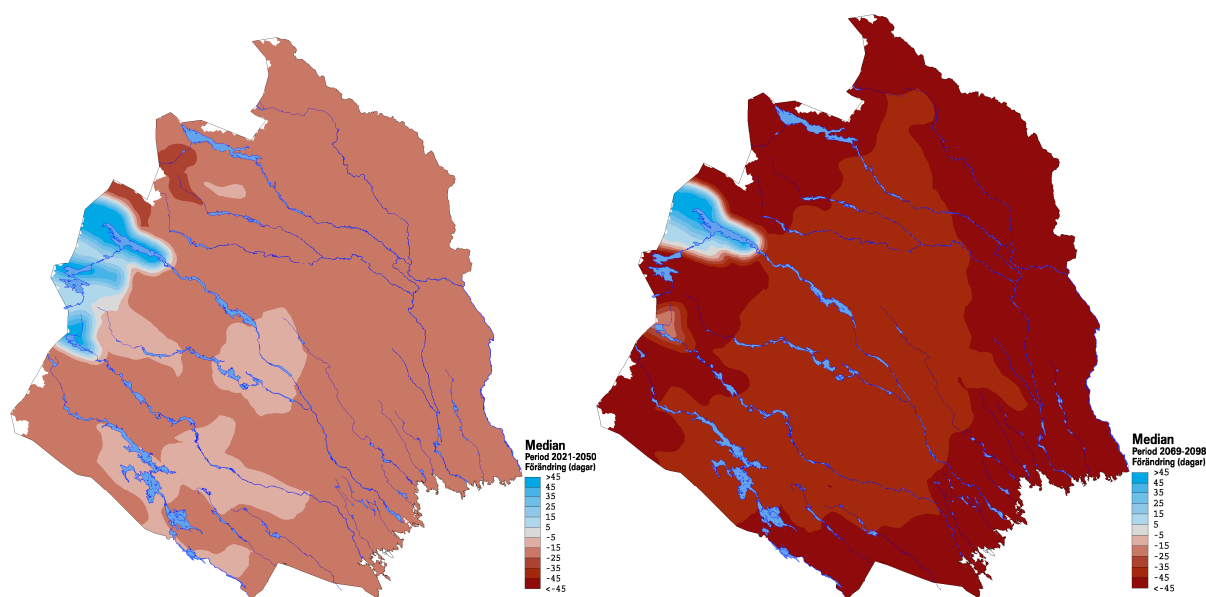
Trenden att det maximala snötäcket under året kommer att minska för Norrbottens län syns generellt över hela länet, förutom Norrbottens inland som uppvisar oförändrat maximalt snötäcke även i slutet på seklet. Medianförändringen av scenarioensemblen visar att minskningen förväntas bli störst i kustområden där man kan se en minskning upp mot 25% till mitten av seklet och ca 45 % fram mot slutet av seklet.

6.3.2 Framtida antal snödag

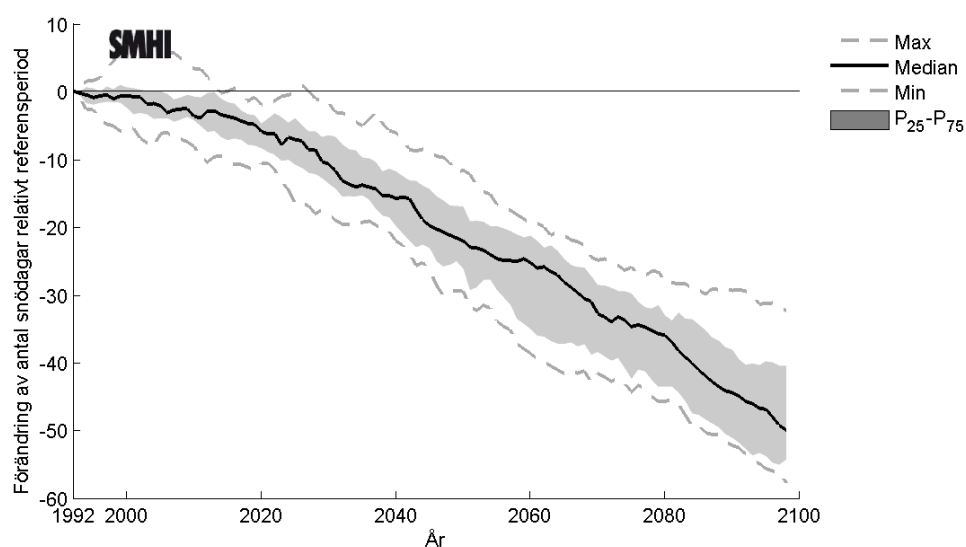
Analys av antal dagar per år med snötäcke presenteras i följande avsnitt. Figur 6-19 visar klimatsceniernas rumsliga förändring av antal snödag. Definitionen av snödag är de dagar som har ett snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm. Resultatet presenteras för mitten av seklet och slutet av seklet jämfört med referensperioden (1963 - 1992).

Figur 6-20- Figur 6-22 visar medianvärdet av förändring av antal dagar med snötäcke per år för utvalda områden för alla klimatscenarier beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (d.v.s 1964- 1993, 1965-1994, ..., 2069-2098).

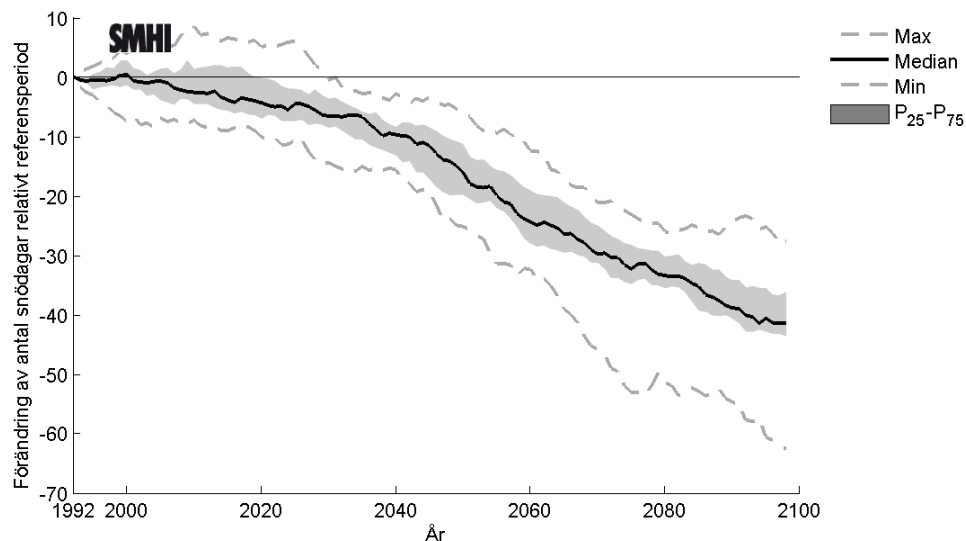
De utvalda områden som presenteras är ett fjällområde i närheten av Katterjåkk, ett inlandsområde i närheten av Gällivare samt ett kustområde i närheten av Luleå. De presenterade områdenas geografiska placering i länet visas i Figur 3-1. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.



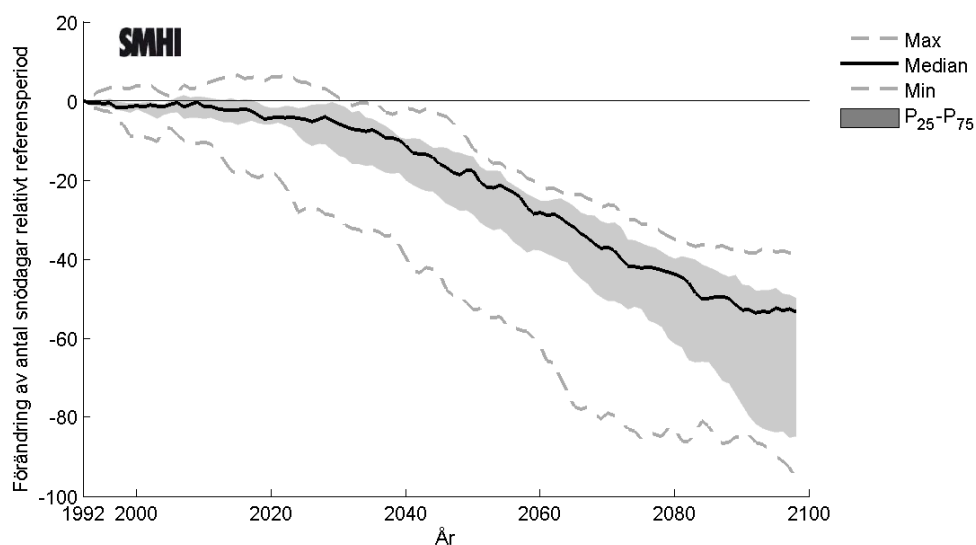
Figur 6-19 Beräknad framtida förändring av antal snödagar för Norrbottens län för perioden 2021-2050 (vänster) och perioden 2069-2098 (höger) jämfört med referensperioden 1963-1992.



Figur 6-20. Beräknade framtida förändringen av antal dagar per år med snötäcke dvs antal dagar med snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm för ett fjällområde i närheten av Katterjåkk för hela perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.



Figur 6-21. Beräknade framtida förändringen av antal dagar per år med snötäcke dvs antal dagar med snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm för ett **inlandsområde** i närheten av Gällivare för hela perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.



Figur 6-22. Beräknade framtida förändringen av antal dagar per år med snötäcke dvs antal dagar med snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm för ett **kustområde** i närheten av Luleå för hela perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer.

Antalet snötäckta dagar kan förväntas minska i ett framtida varmare klimat. Resultaten från beräkningarna visar att antalet snödag kommer att minska upp till 25 dagar per år i mitten av seklet och med mer än 45 dagar i slutet av seklet i förhållande till referensperioden. En ökning av snödag kan ses i delar av fjällen.

7 Slutsatser

I föreliggande rapport redovisas en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i Norrbottens län, såväl under dagens klimatförhållanden som i framtidens klimat samt med en tillbakablick på det förra seklet. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen.

Den historiska tillbakablickken visar att det generellt, för alla analyserade klimatstationer, blivit varmare under slutet av det förra seklet jämfört med referensperioden, 1961-1990. Eftersom Sverige och Norrbotten bara utgör en liten del av jordytan framträder regionala variationer i en jämförelse med globala värden. Bland annat den varma perioden under 1930-talet, 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.

Framtidsberäkningarna avser i tidsperioden fram till år 2100. För att ge en bild av de osäkerheter som råder om framtidens klimat har ett antal klimatscenarier utnyttjats i arbetet. Detta urval är baserat på vad som varit tillgängligt vid SMHIs forskningsavdelning när rapporten skrevs. Scenarierna representerar en god bredd av den internationella forskningens resultat och är betydligt mer omfattande än det begränsade antal scenarier som fanns tillgängliga när Klimat- och sårbarhetsutredningen lade fram sitt slutbetänkande hösten 2007.

Den stora spridningen mellan olika klimatmodeller ger en mer nyanserad bild än vad som tidigare varit fallet. Man bör vara medveten om att klimatforskningen ständigt kommer med nya resultat som kan komma modifiera bilden ytterligare.

Följande huvuddrag framgår av föreliggande klimatanalyser:

- Klimatberäkningarna visar en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet. Men de visar också på stor spridning. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger i medeltal på cirka 4-6 °C ökning mot slutet av seklet.
- Förändringen av årsmedelnederbörd ligger i medeltal på en ökning med 10 % till 50 % i slutet av seklet. Nederbördsökningen framträder under alla säsonger. Antal dagar per år då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm kan komma att öka i ett framtida varmare klimat.
- Snötillgången beräknas enligt samtliga beräkningar minska avsevärt i Norrbottens län efterhand som klimatet blir varmare. Snöns maximala vatteninnehåll beräknas minska med upp till 45 % i länets östra delar under seklet. Resultaten från beräkningarna visar att antalet dagar med snö på marken kommer att minska fram till i slutet av seklet.

Ett antal övriga klimatberoende förhållanden i Norrbottens län kommer också att förändras efterhand som klimatet ändras. Bland annat har nollgenomgångar studerats översiktligt men det är svårt att se någon tydlig trenden som visar på hur antalet nollgenomgångar beräknas förändras i ett framtida varmare klimat.

Förändringen av torrperiodernas längd synes vara mycket liten under perioden fram till år 2100. Spridningen för de mest extrema värdena är dock stor. Analysen är gjord över hela länet och lokala variationer fångas inte upp av analysen.

Vegetationsperiodens start beräknas infalla tidigare under året i ett framtida varmare klimat. Om man bortser från de mest extrema avvikelserna tyder resultatet på att vegetationsperiodens start mot slutet av seklet tidigareläggs mellan 1-4 veckor. Även vegetationsperiodens slut förskjuts i ett framtida varmare klimat jämfört med referensperioden, från september in i oktober. En tidigare start och ett senare slut på vegetationsperioden tyder på att vegetationsperioderna kan förväntas förlängas med

cirka 1-2 månader i ett framtida varmare klimat. Vegetationsperioden förlängs något mer mot hösten än p våren.

Kylbehovet, beräknat utifrån antalet graddagar förändras mycket lite under kommande 100 år. Dock förekommer det en spridning i resultaten, vilket indikerar att extrema somrar kan ge avsevärt större kylbehov än vad som ses enbart från medianvärdet.

Den generella trenden är att antalet graddagar för värmebehov kommer att minska i framtiden som en följd av det varmare klimatet.

8 Referenser

Alexandersson, H. och Vedin, H. (2004). *Extrem nederbörd 1900-2001*, SMHI Faktablad nr 4.

Andréasson, J., Bergström, S. och Gardelin, M. (2009) *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - Scenarier i ett 50-årsperspektiv*. Delrapport från SMHI till Elforsk, november 2009.

Bergström, S. (1993) *Sveriges hydrologi –grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI/Svenska Hydrologiska Rådet, maj 1993

IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Johansson, B. (2000) *Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective*. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.

Johansson, B. and Chen, D. (2003) *The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling*. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.

Johansson, B. and Chen, D. (2005) *Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden*. *Climate Research*, 29, 53-61.

Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. (1997) *Development and test of the distributed HBV-96 model*. *Journal of Hydrology*, 201, 272-288.

Nakićenović, N., and R. Swart (eds.) (2000) *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.

Samuelsson, P., Jones, C., Willén, U., Ullerstig, A., Gollvik, S., Hansson, U., Jansson, C., Kjellström, E., Nikulin, G. and Wyser, C. (2011) *The Rossby Centre Regional Climate model RCA3: model description and performance*. *Tellus* 63A, 4-23.

SOU (2007a). *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen*. SOU 2007:60, Stockholm.

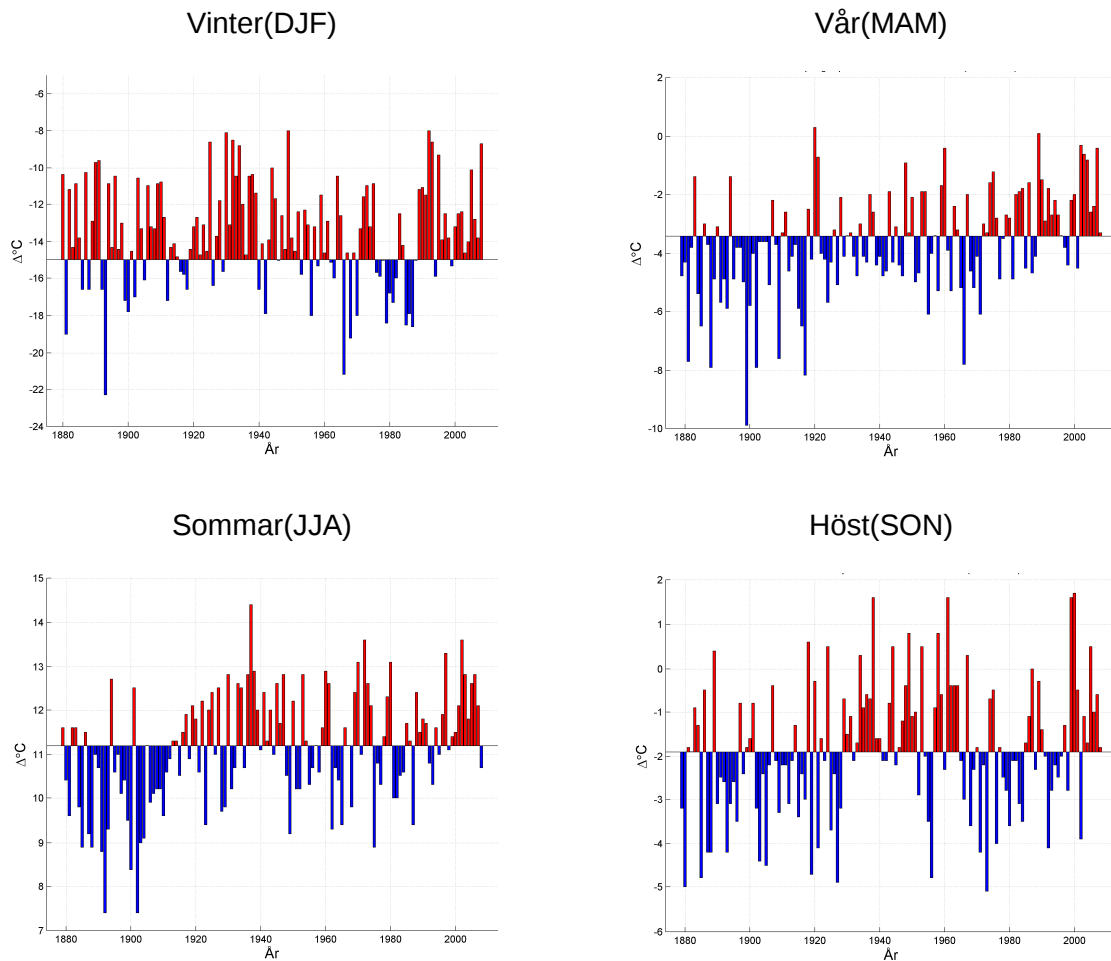
SOU (2007b) *Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat*. Klimat- och sårbarhetsutredningen SOU 2007:60, bilaga B14.

van der Linden P., och J.F.B. Mitchell (eds.) (2009) *ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.

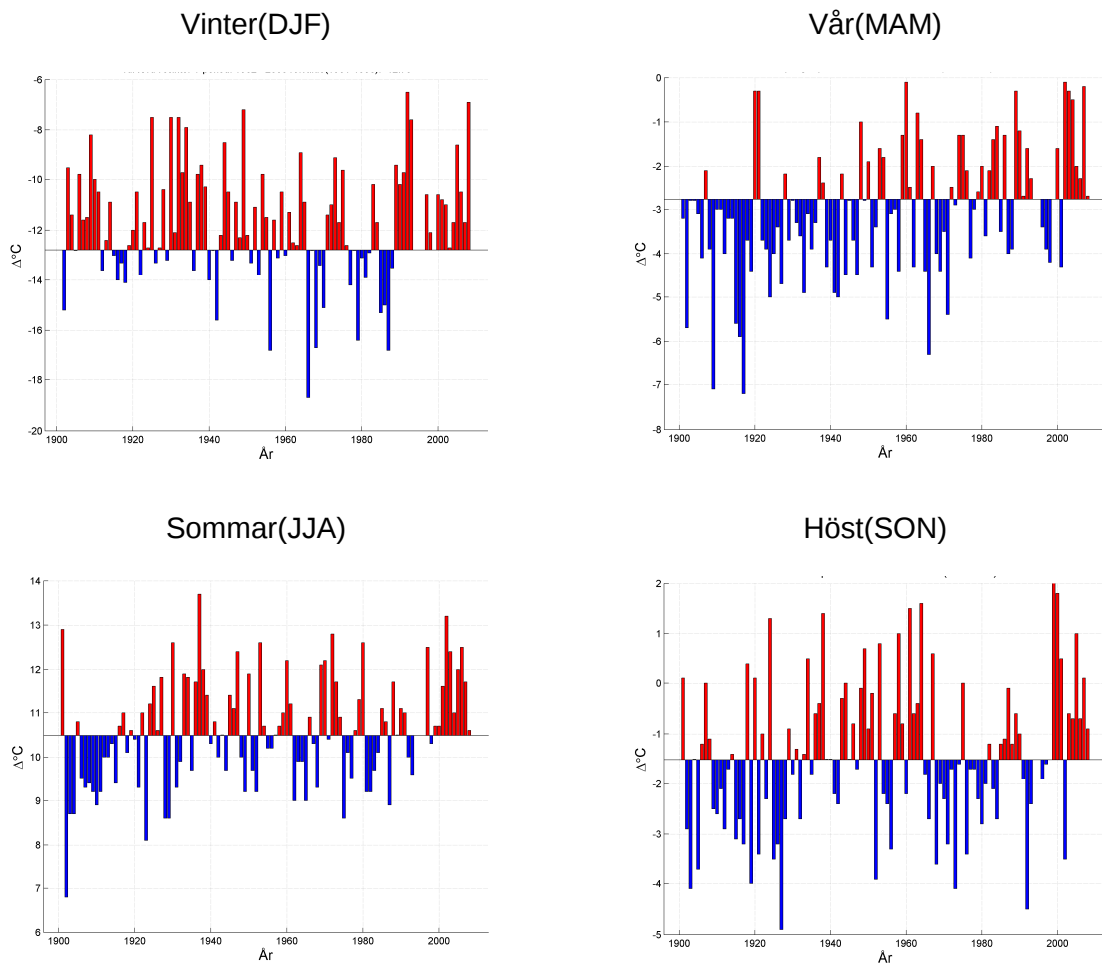
Wern, L. och German, J. (2009). *Korttidsnederbörd i Sverige 1995 – 2008* METEOROLOGI Nr 139

Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J and Wetterhall, F. (2010) *Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies*. Hydrology Research, 41.3-4, 211-229.

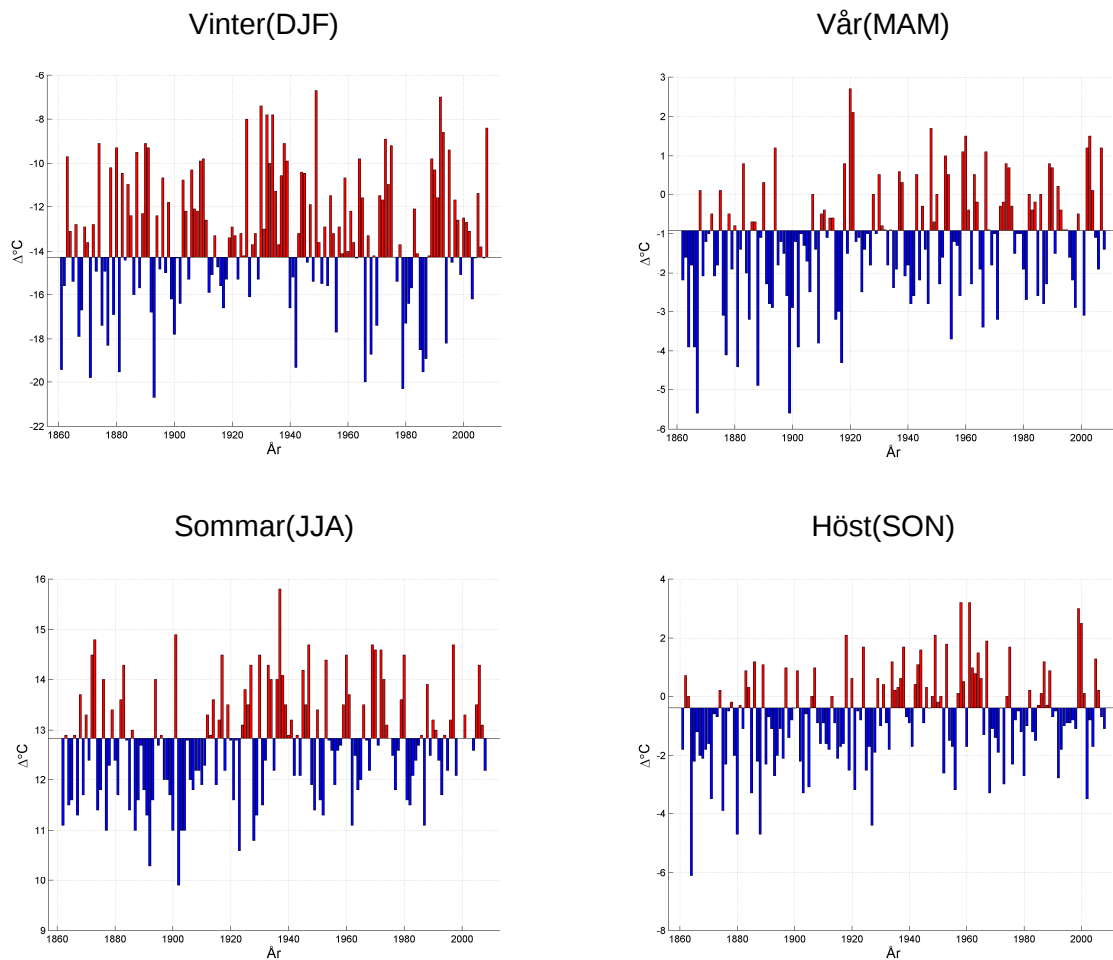
Bilaga 1 - Temperatur och nederbördsförändring uppdelat på årstid



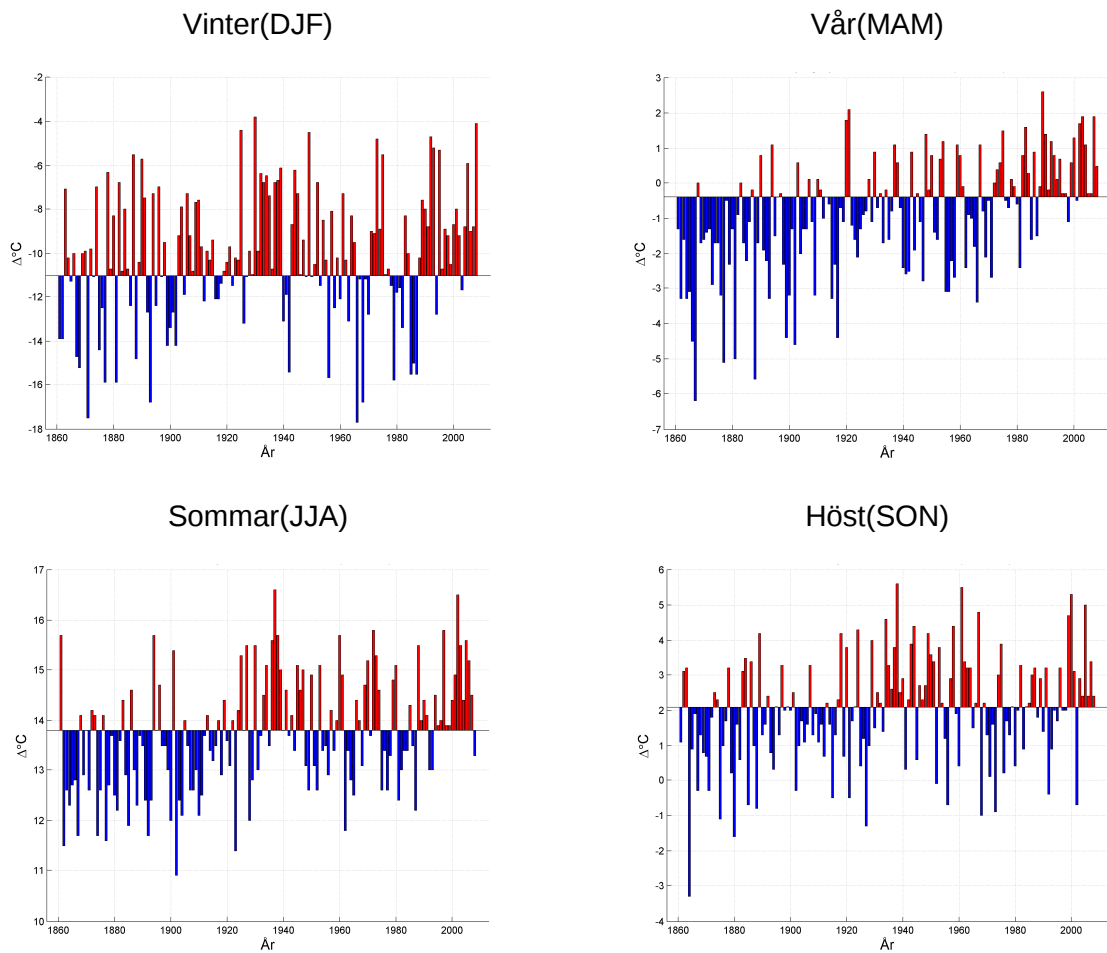
Figur 1. Förändring av medeltemperatur, uppdelat på de olika årstiderna för perioden 1879-2008 för Karesuandos klimatstation relativt årstidsmedelvärdet för referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.



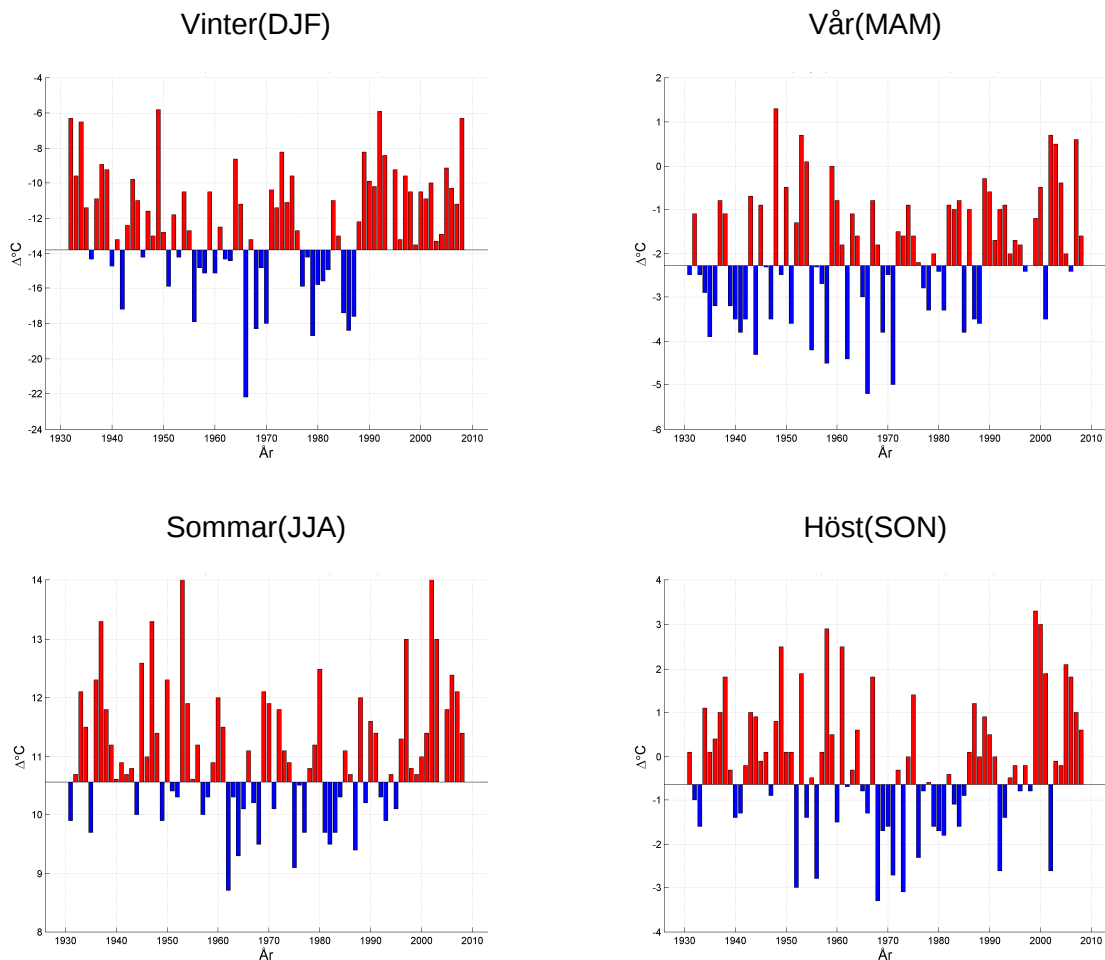
Figur 2. *Förändring av medeltemperatur, uppdelat på de olika årstiderna för perioden 1899-2008 för Kiruna och Kiruna flygplats klimatstation relativt årstidsmedelvärdet för referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.*



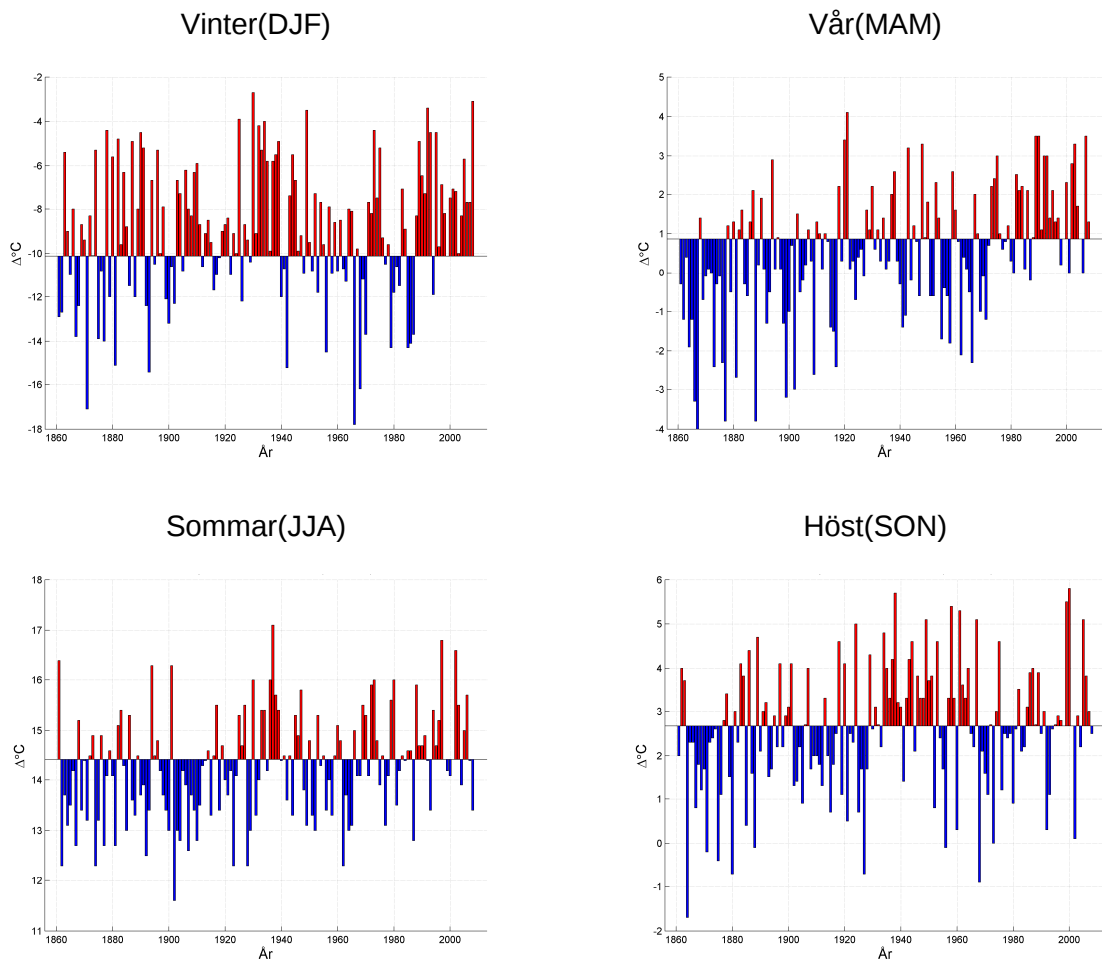
Figur 3. *Förändring av medeltemperatur, uppdelat på de olika årstiderna för perioden 1862-2008 för Jokkmokks klimatstation relativt årstidsmedelvärdet för referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar.*



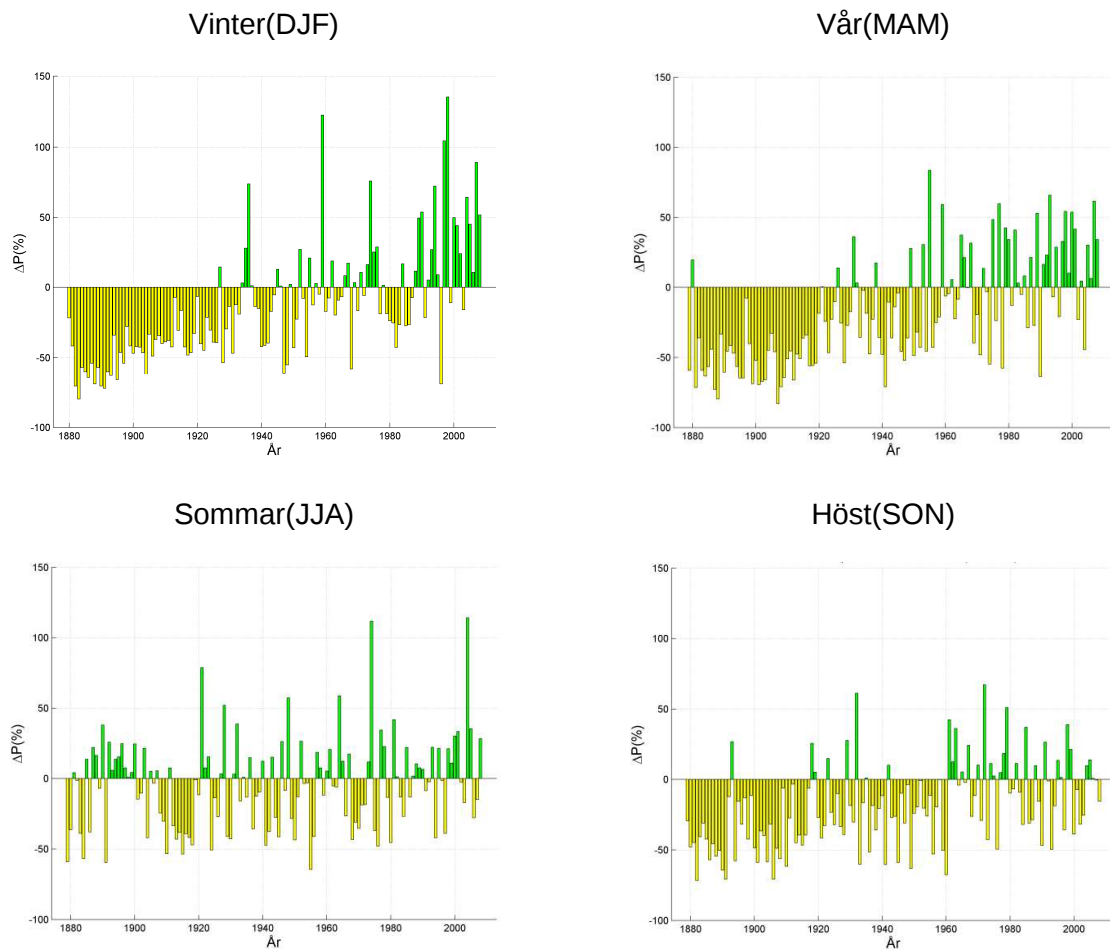
Figur 4. Förändring av medeltemperatur, uppdelat på de olika årstiderna för perioden 1861-2008 för Haparandas klimatstation relativt årstidsmedelvärdet för referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar



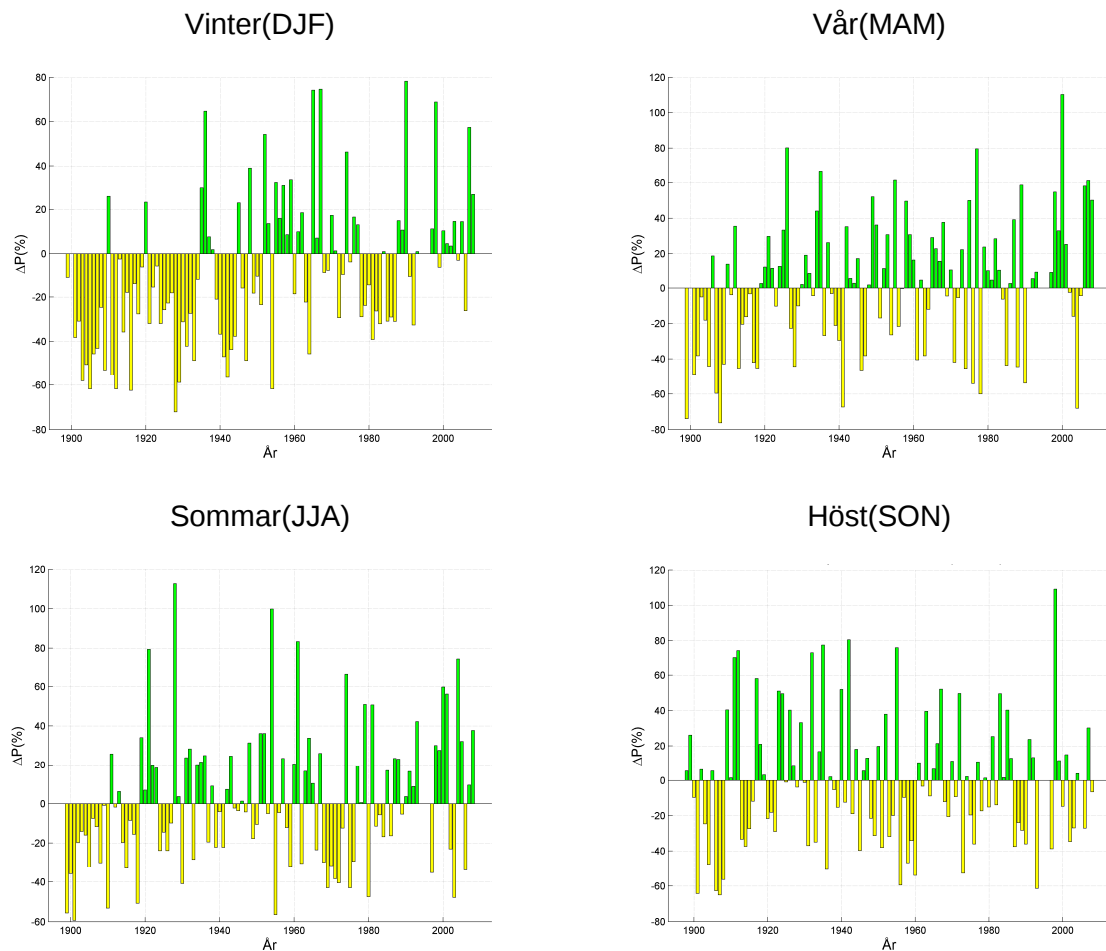
Figur 5. Förändring av medeltemperatur, uppdelat på de olika årstiderna för perioden 1931-2008 för Jäckviks klimatstation relativt årstidsmedelvärdet för referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar



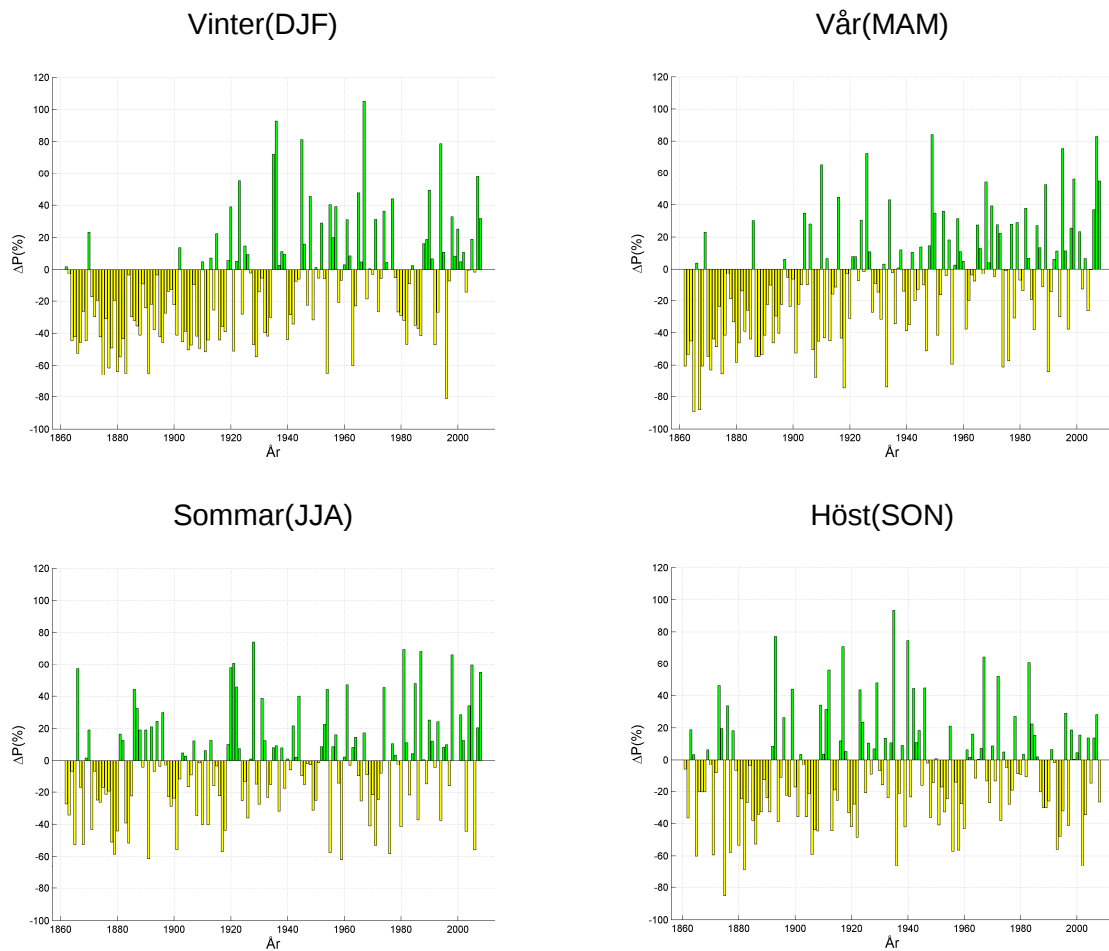
Figur 6. *Förändring av medeltemperatur, uppdelat på de olika årstiderna för perioden 1861-2008 för Piteås klimatstation årstidsmedelvärdet för referensperioden 1961-1990. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar*



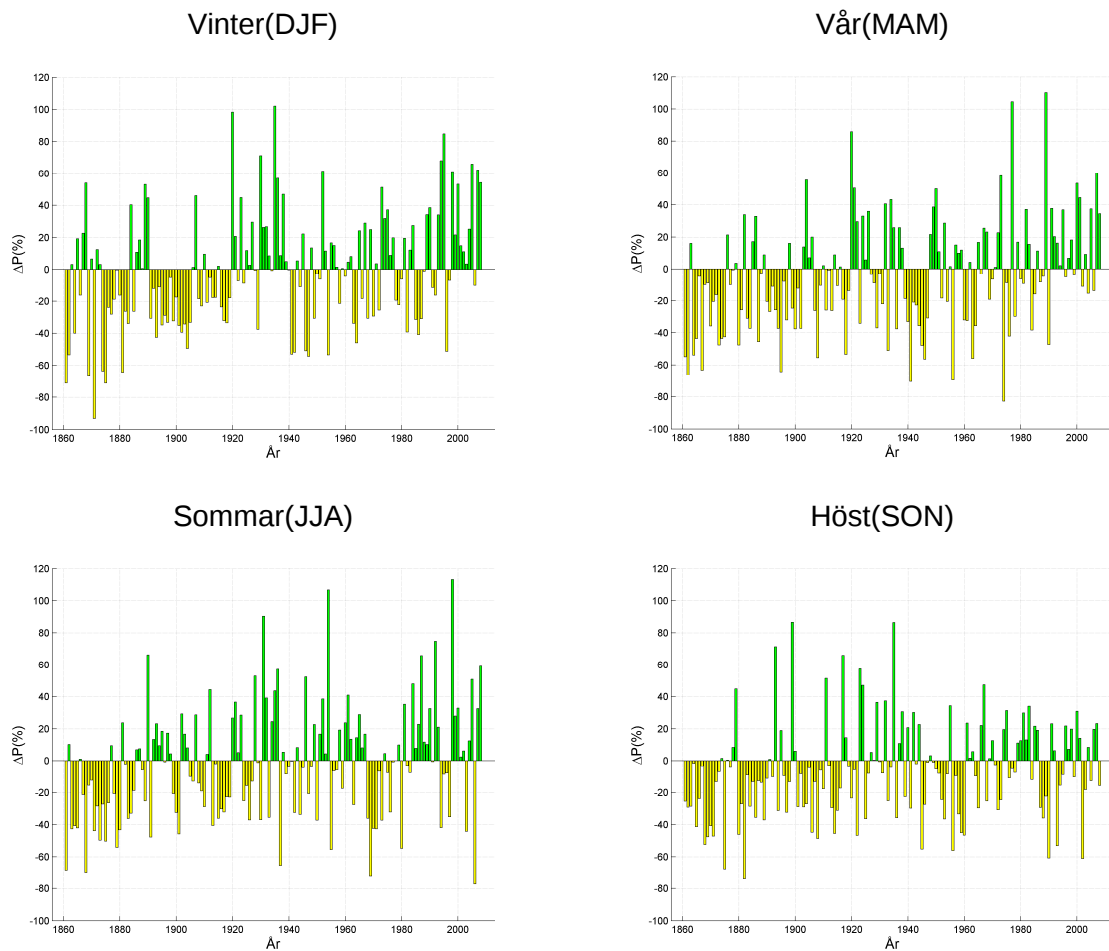
Figur 7. Medelnederbördens utveckling, uppdelat på de fyra årstiderna, för perioden 1879-2008 för Karesuandos klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens säsongsmedelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar.



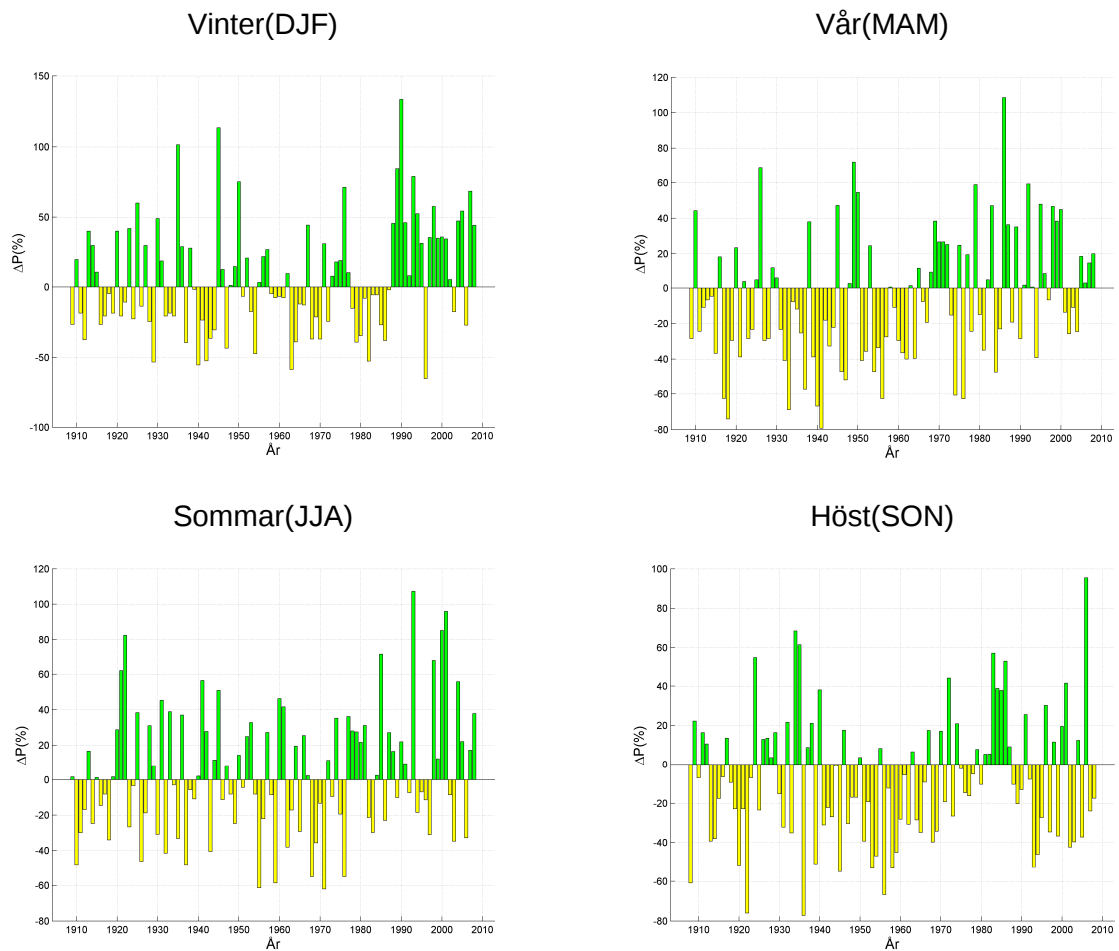
Figur 8. Medelnederbördens utveckling, uppdelat på de fyra årstiderna, för perioden 1899-2008 för Kiruna och Kirunas flygplats klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens säsongsmedelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar.



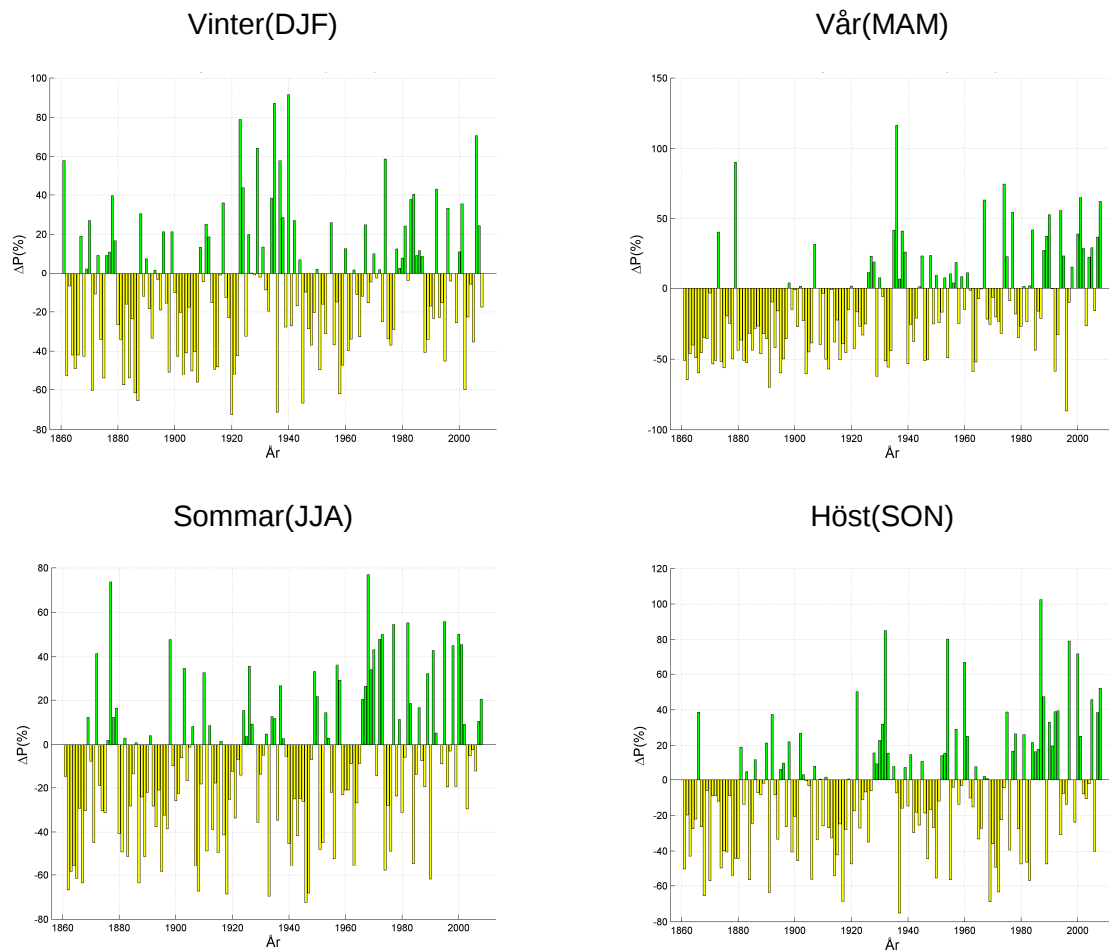
Figur 9. *Medelnederbördens utveckling, uppdelat på de fyra årstiderna, för perioden 1899-2008 för Jokkmokks klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens säsongsmedelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar.*



Figur 10. Medelnederbördens utveckling, uppdelat på de fyra årstiderna, för perioden 1861-2008 för Haparandas klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens säsongsmedelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar.



Figur 11. Medelnederbördens utveckling, uppdelat på de fyra årstiderna, för perioden 1909-2008 för Jäckviks klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens säsongsmedelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar.



Figur 12. Medelnederbördens utveckling, uppdelat på de fyra årstiderna, för perioden 1861-2008 för Piteås klimatstation relativt referensperioden, 1961-1990. Historiska observationer visas med staplar där positiv avvikelse relativt referensperiodens säsongsmedelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar.



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