

Klimatanalys för Jönköpings län



- Klimatanalys för
Jönköpings län

Meddelande	nr 2012:09
Referens	Malin Berglind, Administrativa avdelningen, Februari 2012
Kontaktperson	Malin Berglind, Länsstyrelsen i Jönköpings län, Direkttelefon 036-39 50 08, e-post malin.berglind@lansstyrelsen.se
Webbplats	www.lansstyrelsen.se/jonkoping
Fotografier	Omslagsfoto: Länsstyrelsen
Kartmaterial	SMHI
ISSN	1101-9425
ISRN	LSTY-F-M—12/XXSE
Upplaga	50 exemplar.
Tryckt på	Länsstyrelsen, Jönköping 2012
Miljö och återvinning	Rapporten är tryckt på miljömärkt papper. Eventuellt omslaget består av PET-plast, kartong, bomullsväv och miljömärkt lim. Vid återvinning tas omslaget bort och sorteras som brännbart avfall, rapportsidorna sorteras som papper.
© Länsstyrelsen i Jönköpings län 2012	

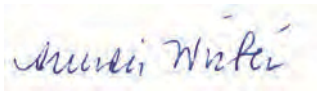


Förord

Det pågår globala klimatförändringar vilka förväntas bli påtagliga även i Jönköpings län. Effekterna kommer att påverka brett över alla sektorer och verksamheter. Detta medför att anpassningen till klimatförändringar kommer att bli nödvändigt.

Länsstyrelserna har i uppdrag att samordna det regionala klimatanpassningsarbetet. I uppdraget ingår att samla och sprida information om klimatförändringarnas påverkan i länen. Därför har Länsstyrelsen i Jönköpings län låtit göra en klimatanalys som beskriver en möjlig utveckling av klimatet i länet baserat på utsläppsscenarier från FN:s klimatpanel. Analysen och rapporten har tagits fram av SMHI och utgör ett underlag för Länsstyrelsens fortsatta arbete med klimatanpassning.

I arbetet att nå en hållbar utveckling är klimatanpassning en viktig del. Arbetet med klimatanpassning behöver genomsyra hela samhället och vara en del av myndigheters och organisationers verksamheter. Med denna rapport vill Länsstyrelsen sprida kunskap om kommande klimatförändringar i länet. Materialet i rapporten ska utgöra underlag till framtida planering och riskbedömning till nytta för aktörer som har intresse av de förändrade förutsättningarna i länet.



Anneli Wirtén

Avdelningschef



Johan Andréasson, Gunn Persson, Elin Sjökvist, Dan Eklund, Magnus Asp, Jonas Olsson, Kristoffer Hallberg och Anna Johnell

Rapport Nr 2011-74

Klimatanalys för Jönköpings län



Pärmbild: Vy över centrala Jönköping och Vättern (2007). © Länsstyrelsen i Jönköpings län.



Författare:
Rapportnr:

Johan Andréasson m. fl.
2011-74

Uppdragsgivare:

Länsstyrelsen i Jönköpings län

Granskningsdatum:

2011-12-21

Granskare: Dnr:

Sten Lindell2011/1268/203

Version:

1.2

Klimatanalys för Jönköpings län

Uppdragstagare
SMHI
601 76 Norrköping

Projektansvarig
Johan Andréasson
011-495 8609
johan.andreasson@smhi.se

Uppdragsgivare
Länsstyrelsen i Jönköpings län

Kontaktperson
Gustav Enander

Distribution

Klassificering

(x) Allmän

Nyckelord

Klimatanalys, klimatsammanställning, klimatscenarier, hydrologiska förändringar

Övrigt

Sammanfattning

Länsstyrelsen i Jönköpings län har uppdragit åt SMHI att genomföra en analys och sammanställning av dagens och framtida klimat i Jönköpings län.

SMHI har utfört en regional klimatanalys för perioden fram till slutet av detta sekel för Jönköpings län. Syftet var att klargöra konsekvenserna av ett förändrat klimat, speciellt med avseende på temperatur, nederbörd och vattenföringsdynamik utgående från ett underlag baserat på de senast tillgängliga klimatscenerierna.

Arbetet grundar sig på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenerier från den internationella klimatforskningen. 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 klimatscenerier 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. I några avsnitt i denna rapport finns även sammanfattningar från pågående forskning samt tidigare utredningar som gjorts genom åren, bland annat från Klimat och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). Klimatforskningen kommer ständigt med nya resultat som kan komma att modifiera bilden ytterligare, vilket läsaren bör vara medveten om.

Rapporten har utarbetats vid SMHIs avdelning Miljö & Säkerhet.

Följande huvuddrag framgår för Jönköpings läns framtida klimat jämfört med dagens klimat:

- Klimatberäkningarna visar en samstämmig successiv ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet, men med stor spridning mellan beräkningarna. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Årsmedeltemperaturen ligger i medeltal 3-5 °C högre mot slutet av seklet jämfört med dagens klimat. Det regionala temperaturmönster som framträder över länet i dagens klimat, med varmare förhållanden i lägre terräng och svalare på de mer höglänta områdena, kvarstår i framtidsberäkningarna.
- Årsmedelnederbörden ökar 10-30 % i slutet av seklet. Den största ökningen av nederbörden sker under vintern. Det regionala nederbördsmönstret över länet kvarstår och nederbördsökningen i mm är störst i länets sydvästra del.
- En analys av nederbörden 1961-2010 visar att årets största dygnsnederbörd har ökat. De kraftiga regnen förväntas även öka i framtiden till upp emot 30% i slutet av seklet.
- Snötillgången minskar avsevärt efterhand som klimatet blir varmare. Perioden med snötäckt mark minskar redan i mitten av seklet med nästan 1 månad.
- Isläggning av sjöar i Jönköpings län kommer generellt att ske senare och islossning tidigare, som en effekt av stigande lufttemperaturer. Mot slutet av seklet kommer flertalet år helt sakna islagda perioder.
- Vattenföringens variation under året förändras mot högre flöden under vintern och lägre vår- och sommarflöden. Lågvattenperioden blir längre och med lägre flöden.

Grundvattenför-hållanden påverkas på motsvarande sätt. Det beräknade framtida 100-årsflödet väntas öka för vissa områden och minska för andra i länet.

Ett stort antal övriga klimatberoende förhållanden kommer också att förändras efterhand som klimatet ändras.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
1 Inledning	4
2 Bakgrund.....	4
3 Jönköpings län	5
3.1 Avrinningsområden	6
3.2 Sjöar	8
3.3 Klimatet.....	8
4 Metod för framtidsanalys	15
4.1 Studerade klimatindex.....	15
4.2 Geografiskt analysområde.....	16
4.3 Tidsperioder.....	16
4.4 Variation och osäkerhet	16
4.5 Beräkningsmodeller	18
4.6 Klimatdata för effektstudier	19
4.7 Utsläppsscenarier	20
4.8 Klimatscenarier	21
5 Jönköpings läns framtidsklimat	25
5.1 Temperatur	25
5.2 Nederbörd	41
5.3 Extrema vindar	52
5.4 Övriga relevanta klimatfaktorer	53
5.5 Vattenföring.....	58
5.6 Grundvatten	83
5.7 Snö och tjäle	85
5.8 Isläggning och islossning	92
6 Slutsatser	99
7 Referenser	101
8 Bilagor	104

1 Inledning

Länsstyrelsen i Jönköpings län ser behov av ett klimatunderlag för länet utöver det som erbjuds genom SMHIs myndighetsuppdrag.

SMHI har på beställning av länsstyrelsen utfört en regional klimatanalys för Jönköpings län. Analysen omfattar en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i länet såväl under dagens klimatförhållanden som i framtidens klimat. Arbetet är baserat på observationer och beräkningar från SMHI samt klimatscenerier från den internationella klimatforskningen. Framtidsberäkningarna avser i första hand tidsperioden fram till år 2100.

Föreliggande rapport har utarbetats vid SMHIs avdelning Miljö & säkerhet.

2 Bakgrund

Planering i långa tidsperspektiv baseras med fördel på ett underlag som tar hänsyn till de osäkerheter som ofrånkomligen finns i alla förutsägelser om framtiden. Ett sätt att ta hänsyn till osäkerheterna är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver olika möjliga framtidsutvecklingar. 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 nederbördsmonster 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 dränering i anslutning till infrastruktur. Skyfall har oftast sitt ursprung i konvektiv nederbörd, som bildas då luften nära marken värms upp av solen. Luften hävs och bildar moln och ju mer värme och fukt som finns att tillgå, desto större och mäktigare blir molnen. I ett varmare klimat kan riskerna för skyfall därmed öka.

IPCC har nyligen utkommit med en kort sammanfattning av en rapport som kommer att publiceras i februari 2012 (IPCC, 2011). Rapporten behandlar hur risker för extrema händelser och katastrofer kan hanteras. I sammanfattningen framkommer inget nytt om klimats utveckling avseende extremer.

Beräkningar av framtida klimat har tidigare genomförts i bland annat den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). För dessa analyser användes sex klimatscenerier framtagna av SMHI (se mer beskrivning av dessa i kapitel 4.8). Ett delbetänkande berörde även översvämningssproblematiken där höga flödets bakomliggande faktorer såsom exempelvis extrem nederbörd och intensiv snösmältning identifierades (SOU, 2006). Underlag till detta delbetänkande levererades av SMHI (Bergström, m.fl., 2006). Klimat- och sårbar-

hetsutredningen sammanställde även riskerna för naturolyckor i ett förändrat klimat (SOU, 2007b).

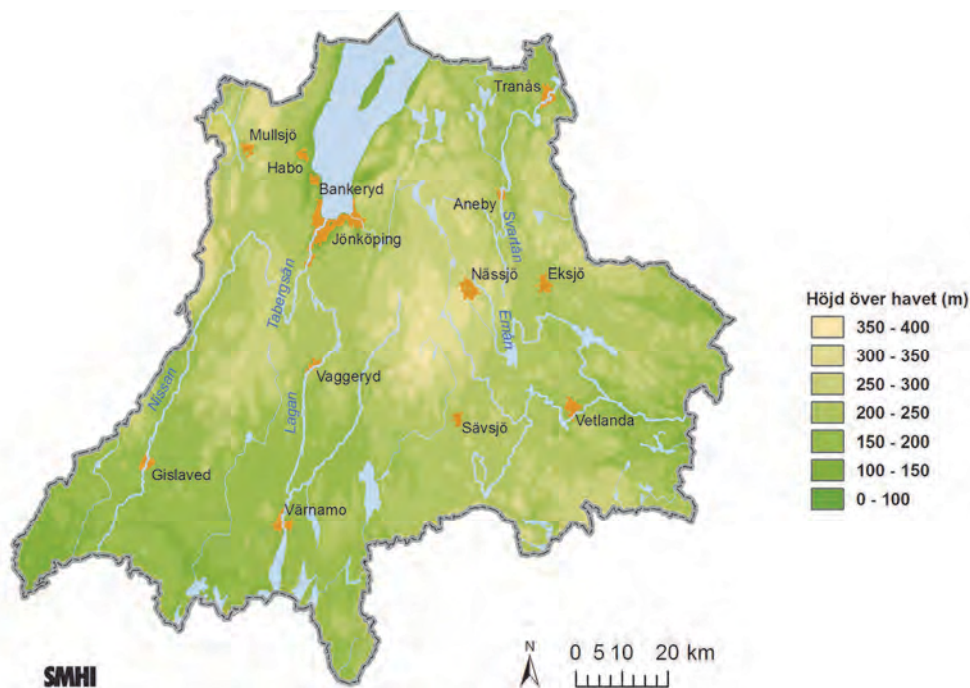
Inom det EU-finansierade projektet ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell, 2009) har ett ensemblesystem utvecklats för beräkning av klimatförändringar baserat på de bästa europeiska globala och regionala klimatmodellerna med hög upplösning. Idag finns fler klimatscenarier tillgängliga än tidigare, och för analys av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden i denna rapport har 16 olika klimatscenarier använts. Dessa scenarier kommer både från ENSEMBLES-projektet och från Rossby Centre vid SMHI:s forskningsenhet. Analys av en samling klimatscenarier ger nya och bättre möjligheter att behandla de osäkerheter som är nära förknippade med frågeställningen.

SMHI har under senare år också utvecklat tekniken att använda resultat från klimatscenarierna, vilket beskrivs i kap 4.6, och att presentera klimatdata i diagram och kartor.

3 Jönköpings län

I detta kapitel beskrivs Jönköpings läns landskap och det rådande klimatet översiktligt. Beskrivningen baseras främst på faktablad från SMHI och de klimatkartor som tillsammans med information i Kunskapsbanken finns publicerat på www.smhi.se. Kapitel 3.3.3 om extrem korttidsnederbörd baseras dock på inom detta uppdrag framtagna analyser.

Småland, Sveriges tredje största landskap, är indelat i tre län; Jönköping, Kalmar och Kronoberg. Jönköpings län utgör den nordvästra delen av landskapet och har 13 kommuner. Länet är ett utpräglat skogslän med 2/3 av arealen skogklädd. Jönköpings län omfattar totalt 11 758 km² (SMHI, 2002) (figur 3-1).



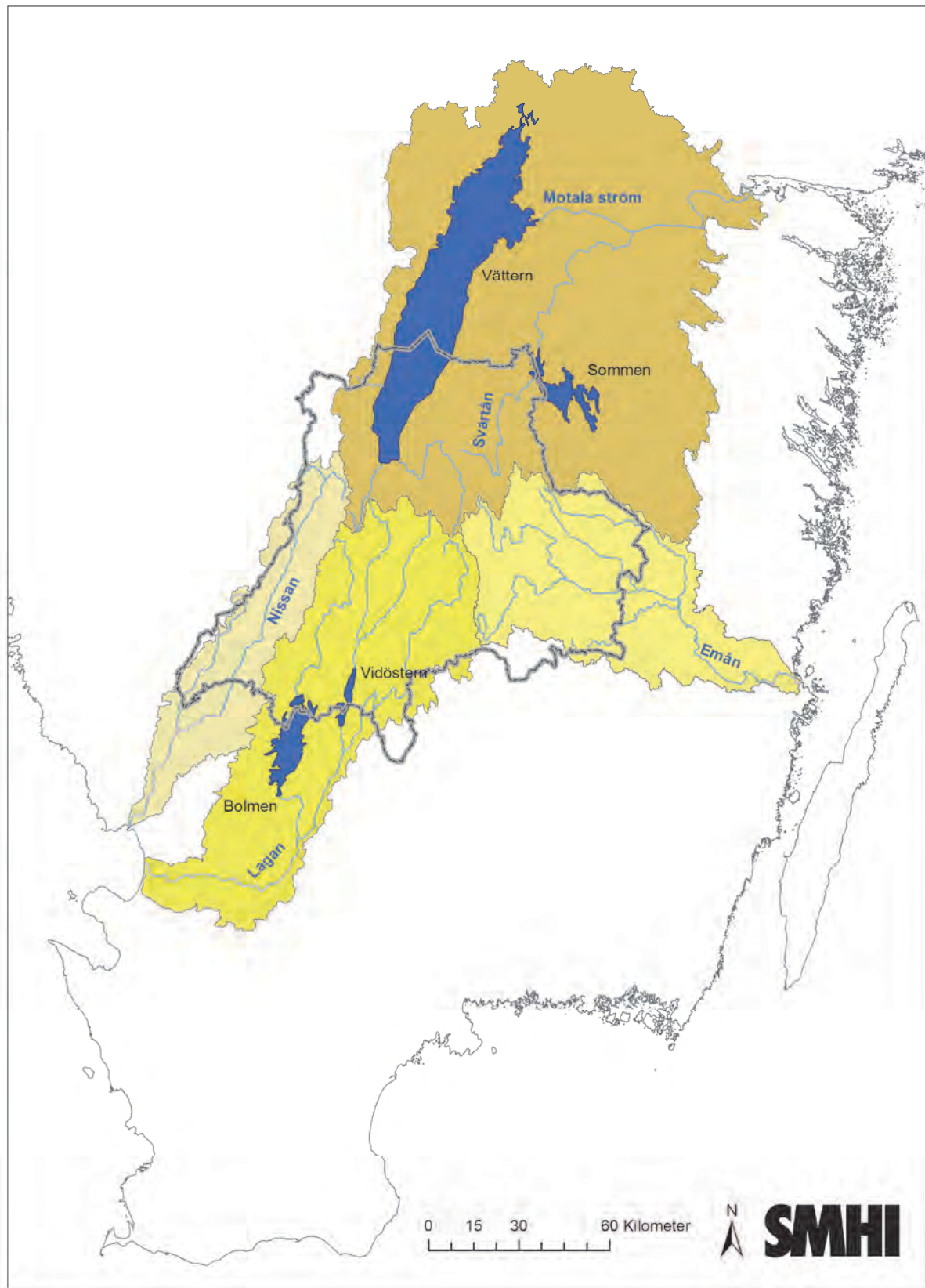
Figur 3-1. Jönköpings län, dess topografi, större vattendrag och sjöar samt ett urval orter. Kartan är producerad med Lantmäteriets data under Länsstyrelsens tillstånd för publicering av data och med data från SMHI.

3.1 Avrinningsområden

De 8 huvudavrinningsområden som delvis finns inom länet är listade i tabell 3-1. Lagans, Motala ströms och Emåns avrinningsområden upptar drygt 80% av avrinningsområdena i länet (SMHI, 2002).

Tabell 3-1. Avrinningsområden i Jönköpings län, deras totala areal och den procentuella andelen av den totala arealen som finns inom länet samt hur stor del av länets areal som upptas av respektive avrinningsområde (SMHI, 2002).

Nr	Avrinningsområde	Total area (km ²)	Areaandel inom länet (%)	Del av länets areal (%)
67	Motala ström	15481	21,3	28,1
74	Emån	4472	59,2	22,5
86	Mörrumsån	3369	7,8	2,2
88	Helge å	4749	2,1	0,8
98	Lagan	6452	54,6	30,0
101	Nissan	2686	57,5	13,1
103	Ätran	3342	1,8	0,5
108	Göta älv	50229	0,6	2,6



Figur 3-2. De fyra huvudavrinningsområdena Nissan, Lagan, Emån och Motala ström samt de största sjöarna inom avrinningsområdena.

3.2 Sjöar

Jönköpings län ligger på det sydsvenska höglandet med relativt många och stora sjöar. Totala antalet sjöar > 0,01 km² är 1882 (SMHI, 2002), varav 1180 finns i storleksintervallet 0,01-0,1 km² och 556 finns i storleksintervallet 0,1-1 km². Tre sjöar är > 100 km² och 14 finns i intervallet 10-100 km².

Vättern - Sveriges näst största sjö - ligger i en förkastningssänka och är därför långsträckt med branta strandlinjer och bråda djup (figur 3-2). Vattenarealen är 1893 km², medelvoly-men är 73,5 km³ och medeldjupet är 40 m (www.smhi.se). Sjön ligger högt i terrängen jämfört med de omgivande slätterna och har därför ett litet tillrinningsområde. Vattenomsätt-ningstiden är närmare 70 år (SMHI, 2008).

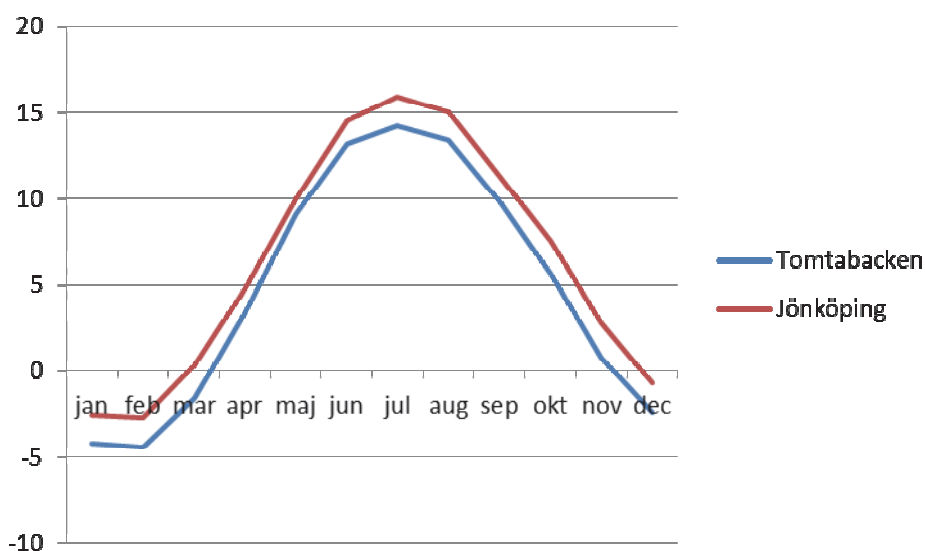
Vätterns vattenstånd har registrerats kontinuerligt sedan 1858. I slutet av 1930-talet byggdes sjön ut för vattenreglering och sedan 1940 anses regleringsförhållandena vara oförändrade. Medelvattenståndet före och efter reglering är i princip lika 88,49 m.ö.h. respektive 88,50 m.ö.h. Skillnaden mellan högsta och lägsta vattenstånd var 1,11 m före regleringen (1858-1939) och 1,03 m efter regleringen. Sjön är långsmal och ligger i nord-sydlig riktning vilket gör att landhöjningen påverkar vattennivån. Landhöjningen är högre i norr än i söder så att Vätterns nivå varje år stiger med ca 1,4 mm i Jönköping (www.smhi.se). Vättern rin-ner av mot Östersjön genom Motala ström.

3.3 Klimatet

Klimatet i Jönköpings län präglas av maritim påverkan från Atlanten och västliga vindar. Det maritima klimatet innebär relativt svala somrar och milda vintrar samt hög luftfuktig-het. Sydsvenska höglandet gör att nederbörden är rikligast i länets västra del.

3.3.1 TEMPERATUR

Figur 3-3 illustrerar temperaturklimatet i Jönköpings län (månadsmedeltemperaturer 1961-1990). Temperaturklimatet styrs av solinstrålningen, molnighet, topografi och närhet till stora vattenområden. Dygns- och årstidsvariation i temperaturen är nära knutet till solens variationer i höjd men även molnigheten påverkar. Hög molnighet jämnar ut temperaturva-riationerna medan klara dagar och nätter ger stora dygnsvariationer. Topografin påverkar så att temperaturen sjunker med ökande höjd över havet, särskilt sommartid. I Jönköpings län ger närheten till den stora sjön Vättern ett gynnsamt klimat för områdena runt sjön och Vi-singsö. (SMHI Klimatarkiv).



Figur 3-3. Månadsmedeltemperaturer(°C) för perioden 1961-1990 (s.k. normalperiod) för stationerna Tomtabacken och Jönköping i Jönköpings län. Årsmedeltemperaturen för perioden 1961-1990 var 4,7°C i Tomtabacken och 6,3°C i Jönköping. Källa: SMHI Klimatarkiv.

På landskapets högsta punkt, Tomtabacken, är det i genomsnitt -4°C i januari, vilket är jämförbart med Gävletrakten. I juli är medeltemperaturen endast 14°C, jämförbart med Jokkmokk vid polcirkeln. I Jönköping är månadsmedeltemperaturen högre än i Tomtabacken och då framförallt under den kallaste perioden (januari-februari) och den varmaste (juni-augusti). Årsmedeltemperaturen skiljer 1,6°C mellan Tomtabacken och Jönköping.

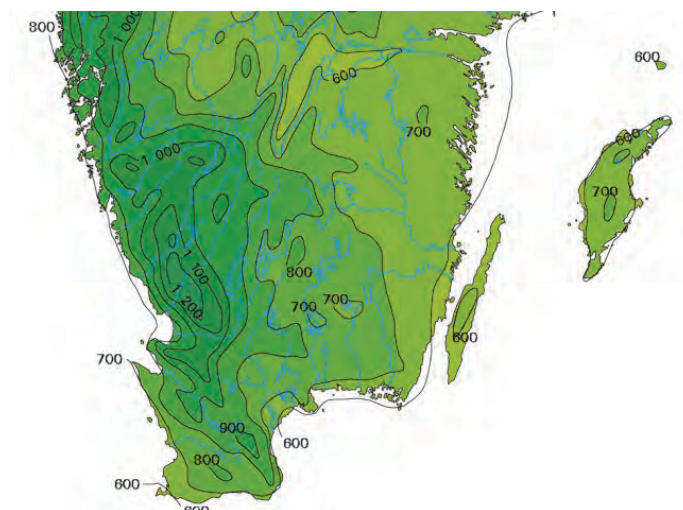
De kallaste vintrarna i södra Sverige var 1941-1942 (SMHI, 1999). Köldrekordet för hela Götaland sattes dock 13 och 14 januari 1918 i Lommaryd med -38,5°C. Flahult hade -37,1°C den 9 februari 1966. Under 2000-talet har den lägsta uppmätta temperaturen varit -25,4°C, vilket registrerades 5 januari 2003 i Jönköping (SMHI Klimatarkiv).

Den högsta temperaturen, 36,0°C, uppmättes i juni 1947 i Prästkulla. Den näst högsta temperaturen, 35,4°C, har registrerats vid tre tillfällen; Hagshult 1947, Huskvarna 1958 och Lommaryd 1946. Det svenska värmerekordet sattes i Målilla 29 juni 1947 med 38°C. De högsta temperaturerna under 2000-talet hittills i Jönköpings län uppmättes 11 juli 2010 då Hagshult hade 34,1°C, Jönköping 33,4°C och Flahult 33,1°C (SMHI Klimatarkiv).

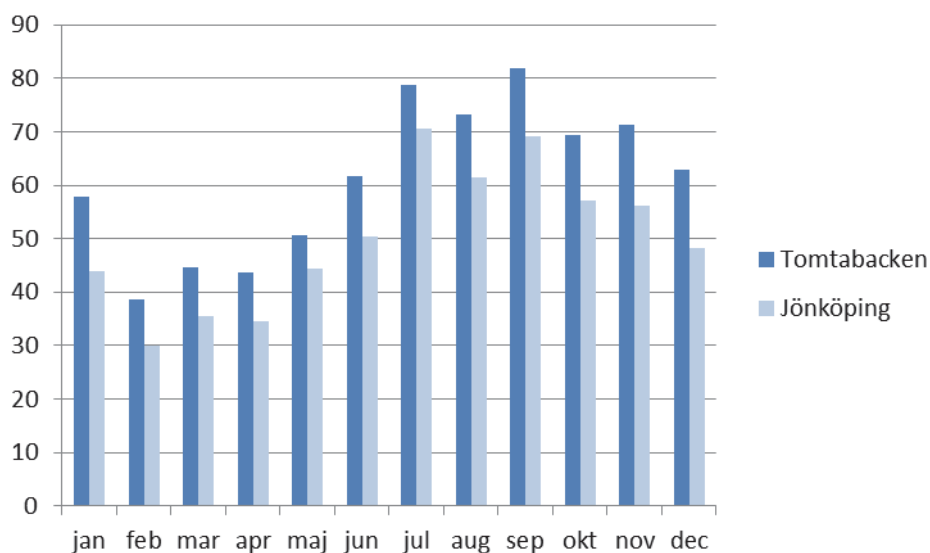
3.3.2 NEDERBÖRD

Vindarna i Jönköpings län kommer vanligen från sydväst och tvingas stiga över höglandet vilket medför nederbörd. Den västra delen av landskapet får alltså mer nederbörd än den östra. De största nederbördsmängderna på dygnsbasis kommer i samband med lågtryck som sveper norrut över Östersjön (SMHI, 2009).

Variationen i uppskattad verklig årsnederbörd 1961-1990 är mellan 600mm och 900mm över länet. Runt Vättern är årsnederbörden lägst och de högsta värdena finns längst västerut (figur 3-4).

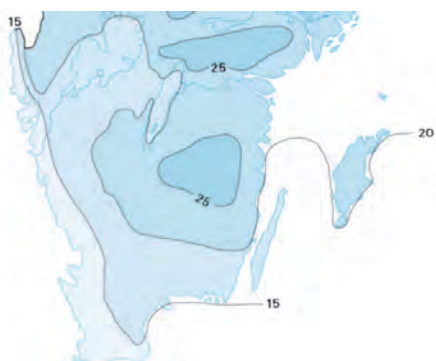


Figur 3-4. Uppskattad verklig årsmedelnederbörd (mm) 1961-1990. Källa: www.smhi.se



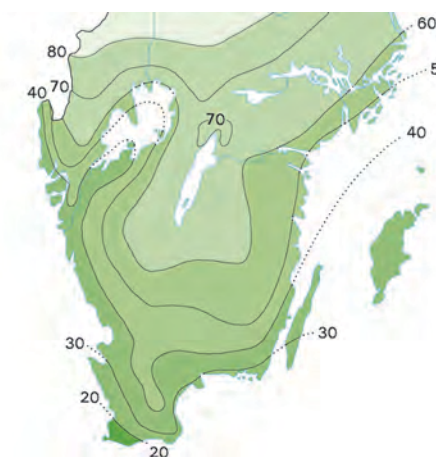
Figur 3-5. Månadsmedelnederbörd (mm) 1961-1990 för stationerna Tomtabacken och Jönköping i Jönköpings län. Årsmedelnederbörden är 735 mm i Tomtabacken och 602 mm i Jönköping för normalperioden 1961-1990. Källa: SMHI Klimatarkiv.

I figur 3-5 visas månadsmedelnederbörden för två platser, som illustrerar variationerna inom länet och under året. Juli och september är nederbördsrikast men även under oktober-november faller mycket regn. De torraste månaderna är februari-april. Observera att det i figur 3-4 är okorrigerade värden dvs. observationsdata.



Figur 3-6. Andel snö (%) av årsnederbörden 1961-1990. Källa: www.smhi.se

Av årsnederbörden faller 20-25% i form av snö (figur 3-6). Svåra snöfall i Sverige sker vanligen längs kusten men även inlandet kan drabbas. Så skedde den 17 november 1995 då Ramsjöholm, nordost om Huskvarna fick 75 cm snö. Händelsen betecknas som en mycket svår snöstorm med hård vind (SMHI, 1999). Det största snödjup som uppmätts i länet (och Småland) är 125 cm i Tranhult, väster om Vaggeryd den 14 februari 1977.



Ett omfattande snöfall den 23 oktober 1921 ledde till närmast totalt elavbrott i norra Götaland och södra Svealand. Snö kan komma sent på säsongen vilket skedde 14 juni 1982. Det gav upp till en decimeter snö i länet (SMHI, 2009). Största uppmätta snödjup under 2000-talet är 94 cm vilket uppmättes i Flathult 25 februari 2010 (SMHI Klimatarkiv).

Chansen att uppleva vita jular (1931-1980) var 50-70% dvs av 10 jular var 5-7 av dem vita (figur 3-7).

Figur 3-7. Frekvensen (%) av vita jular 1931-1980 med tröskelvärde minst 1 cm snö. Källa: www.smhi.se

3.3.3 EXTREM KORTTIDSNEDERBÖRD

En analys av extrem korttidsnederbörd i dagens klimat har gjorts baserad på nederbörds-mätningar utförda var 15:e minut med fasta intervall (00, 15, 30 och 45 minuter varje timme) från 7 stationer i regionen; Visingsö och Tomtabacken (sydost Nässjö) i Jönköpings län samt Malexander, Ljungby, Växjö, Rångedala (öster om Borås) och Ullared. Stationen Målilla har för få årsdata (2008-2010) för att kunna analyseras.

För de utvalda stationerna har återkomsttidsberäkningar av 15-minuters nederbörden utförts.

De utnyttjade stationerna upprättades 1995. För några stationer har dataunderlaget under enstaka år varit för litet för att kunna utnyttjas. För samtliga stationer har dock minst 12 års data kunna utnyttjas, de flesta har 14 års data eller mer (tabell 3-2). Vid statistisk återkomsttidsanalys av tidsserier för t.ex. nederbörd brukar en tumregel vara att inte extrapolera återkomsttiden från analysen längre än dubbla tidsseriens längd. Därför redovisas inte resultat för återkomsttider längre än 30 år. Ju högre återkomsttid desto större osäkerhet och för 30-årsvärden är osäkerheten relativt stor.

Statistisk extremvärdesanalys har gjorts där varje års högsta värde använts som indata. Alla årsmaxima har för samtliga analyserade stationer inträffat under perioden maj-september, den tid på året då kraftig skurnederbörd är vanligast. Majoriteten av årsmaxima, har som förväntat, inträffat i juli och augusti.

Två olika fördelningsfunktioner har testats: Gumbel (anpassning till rät linje) och GEV (Generalized Extreme Value distribution, anpassar värdena till en krökt kurva). Gumbel-anpassningen visade sig följa observationerna bäst för de flesta stationer och därför ligger denna fördelningsfunktion bakom resultaten.

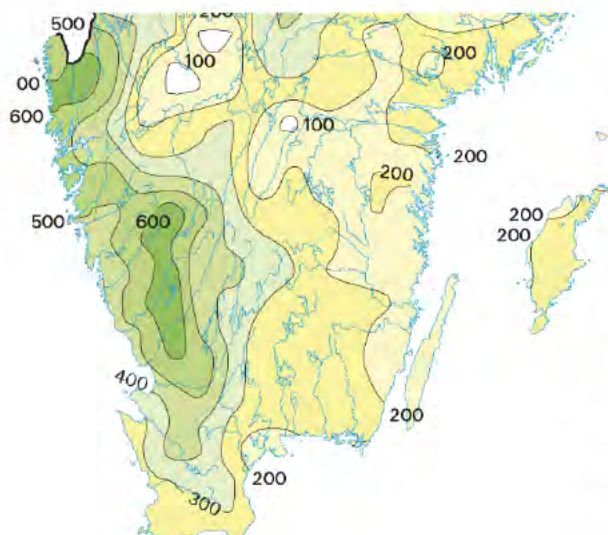
Resultaten presenteras i tabell 3-2 som nederbördsmängd under 15 minuter med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år för de analyserade stationerna. Nederbördsmängd anges i mm oavsett vilken form nederbörden har. Vid snöfall eller hagel smälts nederbörden och mängden anges som mm i smält form.

Tabell 3-2. Nederbörd under 15-minuter (mm) med återkomsttiderna 1, 2, 5, 10, 20 och 30 år.

Station	Data-längd (år)	Återkomsttid					
		1 år	2 år	5 år	10 år	20 år	30 år
Visingsö	14	7	10	14	17	20	22
Tomtabacken	12	8	13	20	26	31	34
Malexander	15	7	9	12	15	17	18
Ljungby	16	8	12	17	20	24	26
Växjö	15	8	10	13	15	17	18
Rångedala	16	7	10	12	15	17	18
Ullared	14	7	10	13	15	17	18

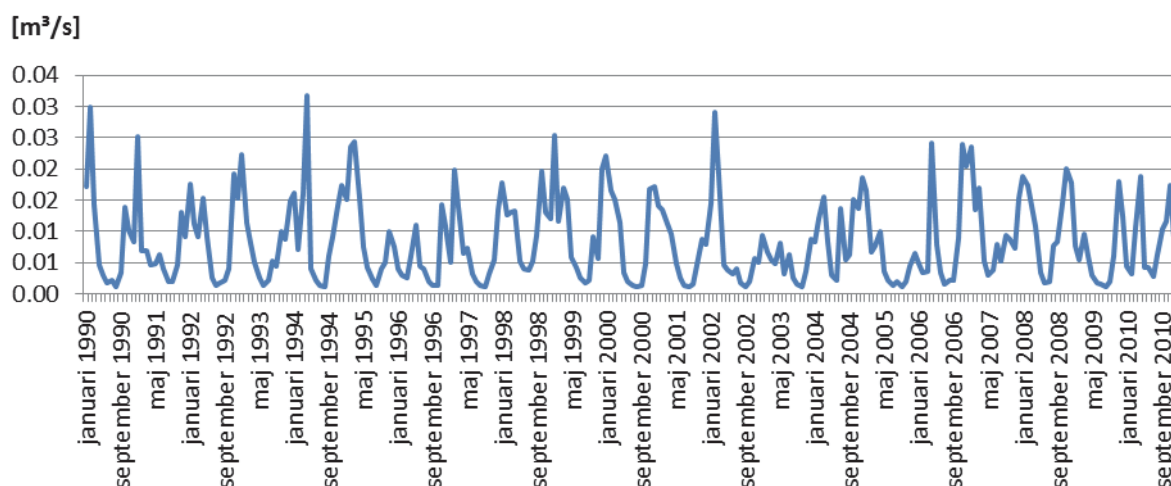
3.3.4 AVRINNING

Årsavrinningen speglar årsnederbörden på så sätt att den är lägst runt Vättern, ca 200 mm (motsvarar 6 l/s/km²), och högst i de västliga delarna av länet, ca 500 mm (motsvarar 20



l/s/km²) (se figur 3-8). Avrinningen är lägst under sommaren då avdunstningen är högst. När avrinningen är som störst under året beror framförallt på hur vintern utvecklar sig. Om vintern blir kall och nederbördsrik så blir avrinningen stor då snön smälter på senvintern-våren. Vissa år kan dock avrinningen vara som störst under vintern (ex. februari 2002) eller under hösten (t.ex. november 2008). Variationen mellan år är stor, vilket illustreras i figur 3-9. Den högsta flödestoppen på månadsbasis perioden 1990-2010 nåddes april 1994.

Figur 3-8. Årsavrinning (mm) för normalperioden 1961-1990. Källa: Klimatdata, vattenbalans (www.smhi.se).



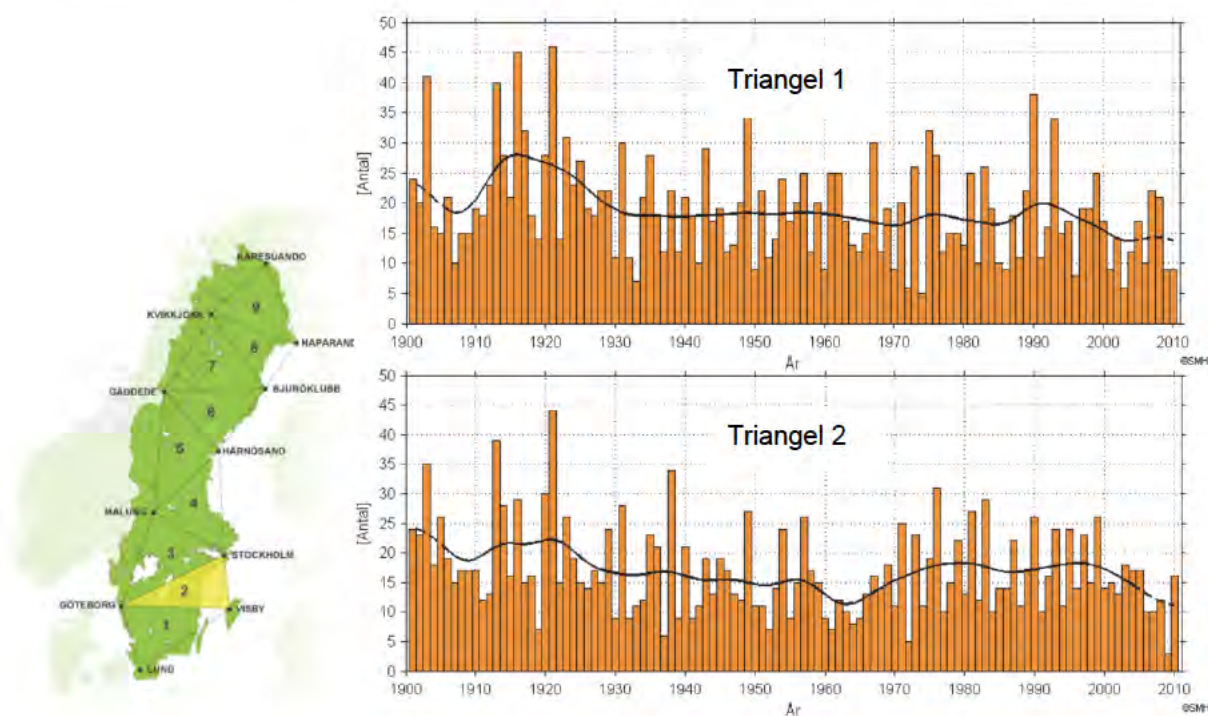
Figur 3-9. Exempel på vattenföringens variation mellan olika år. Modellberäknad vattenföring (m^3/s) i en punkt i Lagan (RT90: 637763-139734). Källa: vattenweb.smhi.se.

3.3.5 VINDAR

Wern och Barring (2009) har studerat hur vinden varierat i Sverige under perioden 1901-2008. Studien har kompletterats med ett faktablad som även omfattar 2009-2010 (SMHI, 2011a). Vindmätningar har i Sverige gjorts sedan 1800-talet men först på 1950-talet standardiserades mätningarna. Därför saknas långa homogena mätserier av vindhastighet i Sverige. Analysen baseras på förändring i geostrofisk vind, som utgår från tryckmätningar. Geostrofisk vind är en approximation av vinden en bit upp i atmosfären och tar inte hänsyn till friktion från landytan. Landet indelas i nio trianglar och den geostrofiska vinden ses som ett regionalt medelvärde för den centrala delen av triangeln. Beräkningen tar inte hänsyn till landskapets uppbromsande effekt, vilket direkta vindmätningar gör. Därför är den geostrofiska vindhastigheten högre än den uppmätta.

På www.smhi.se finns en webbapplikation där grafer över olika vindmått kan laddas ned för de i studien använda nio trianglarna. Webbapplikationen är i dagsläget uppdaterad t.o.m. 2010. Ett av vindmåten är antal tillfällen per år då den geostrofiska vindhastigheten varit minst 25 m/s. Det kan betraktas som ett mått på antal stormtillfällen inom triangeln. SMHI påpekar att första halvan av tidsperioden innehåller osäkrare värden än den senare halvan (figur 3-10).

Jönköpings län faller inom två av trianglarna, Göteborg-Lund-Visby (nr 1) och Göteborg-Stockholm-Visby (nr 2).



Figur 3-10. Antal fall med geostrofisk vindhastighet > 25 m/s. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp motsvarande ungefär 10-årsmedelvärden. Diagrammen avser trianglarna Göteborg-Lund-Visby (triangel 1) och Göteborg-Stockholm-Visby (triangel 2) 1900-2010. Källa: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/vind/1.3971>

En linjär trendanalys av perioden 1951-2010 visar att antal tillfällena med geostrofiska vindhastigheter > 25 m/s ökar i triangel 2 (13%) och minskar i triangel 1 (-18%), men siffrorna är inte statistiskt signifikanta (SMHI, 2011a). Om däremot perioden 1901-2008 studeras visar triangel 2 en statistiskt signifikant linjär trend med -49% och triangel 1 -39% dvs. minskande antal tillfällena (se figur 3-10). I det längre tidsperspektivet (1900-talet) ser stormtillfällena ut att ha minskat, men för den senare delen av perioden är det mer svårtytt. Linjära trender i tidsserier påverkas mycket av vilken period som analyseras. Författarna (Wern och Barring, 2009) är försiktiga med slutsatsen om säkerställda förändrade vindförhållanden. Variationen mellan år är stor. De anser dock att det finns en långsiktig trend mot lugnare vindklimat sedan 1900-talet början, men att den beror på blåsigare förhållanden under de första årtiondena av 1900-talet.

Den högsta beräknade geostrofiska vindhastigheten i studien, 66 m/s, inträffade i triangel 1 (Göteborg - Lund-Visby) 13 januari 1983. Vid Landsort och Vinga uppmättes vid samma tillfälle 31 m/s respektive 30 m/s (SMHI, 2011a).

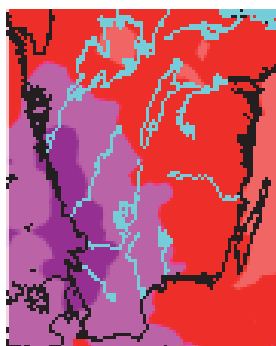
Det blåser från väster då det stormar i Sverige och därför drabbas väst- och sydkusten värst. Men även Jönköpings län kan drabbas av hårda vindar. Så skedde 8 januari 2005, med vindbyar uppåt 33 m/s (SMHI, 2009). Stormen Gudrun orsakade mycket omfattande skogsskador och långvariga avbrott i elförsörjningen och teletrafiken. Elförsörjningen kan även drabbas av att salt skum piskas upp från havet och driver in över land, där det sätter sig på elledningarnas isolatorer och orsakar kortslutning. Så skedde t.ex. under en storm den 22 september 1969.

Ett intensivt lågtryck resulterade i en adventstorm 2011 över södra Sverige. Även om skadeverkningarna blev stora, så visar en jämförelse att den här stormen inte kom upp i riktigt

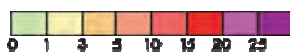
samma klass som de beryktade stormarna Gudrun år 2005 och Per 2007. Det förekom kraftigare vindbyar under åtminstone någon av de tidigare stormarna. Det som ställer Gudrun i en klass för sig är att det då förekom orkanbyar även i inlandet, vilket var en bidragande orsak till den enorma trädgållningen vid det tillfället. I Ljungby registrerades 23 m/s som högsta vindby den 27 november 2011 att jämföra med 33 m/s under Gudrun-stormen (www.smhi.se).

3.3.6 ÅSKA OCH BLIXTAR

I Sverige är åska vanligast under perioden maj-september och då särskilt eftermiddagar i juli. Åska kan dock förekomma under hela dygnet och under alla månader. I södra Sverige åskar det mer än i norra Sverige och Västra Götaland är det åskrikaste området i Sverige. Enskilda intensiva åsktillfällen kan ge stort utslag i statistiken.



De blixregistreringar som gjorts sedan 2002 i ett system med sensorer på nio platser runtom i Sverige har analyserats t.o.m. 2009 (Isaksson och Wern, 2010). Åskaktiviteten var under perioden störst i sydvästra Sverige. I Götaland registrerades flest urladdningar år 2002, drygt 80 urladdningar per 100 km² (rutor om 10 km x 10 km) och flest åskdagar 2006, drygt 20 per 25 km x 25 km (figur 3-11). Antalet dagar med åska per år varierade i medeltal mellan 25 vid kusten och avtagande inåt landet ned till 15 vid Vättern. Antal urladdningar per år i 10 x10 km rutor är drygt 120 kring Tjörn och Orust (2002-2009).



Figur 3-11. Antal åskdagar per år baserat på perioden 2002-2009. Varje beräkningsspunkt motsvarar 25 km x 25 km=625 km². Källa: beskuren karta från SMHI, 2011b.

En relativt stor del av urladdningarna registrerades kring öarna Orust och Tjörn natten till den 2 augusti 2002. Ett kraftigt åsk- och regnväder drog då in från havet vilket ledde till bränder och kraftiga översvämningar. För Götaland som helhet registrerades vid detta tillfälle uppemot 25 000 urladdningar och centrum för åskvädret låg runt öarna (SMHI, 2011b).

4 Metod för framtidsanalys

Klimatsammanställningen har gjorts för Jönköpings län avseende temperatur, nederbörd, vattenföring snö och sjöis. Ett antal klimatindex har framtagits kopplade till temperaturer och nederbörd. Dessa beskrivs under kap 4.1. Relevanta resultat för länet om extrema vindar, grundvatten, tjäle och några övriga klimatfaktorer baseras på tidigare studier och presenteras i kap. 5.3, 5.4, 5.6 respektive 5.7 .

4.1 Studerade klimatindex

Beräkningar och analyser av framtida klimatscenarier har gjorts för olika klimatindex.

- Kap. 5.1 Temperatur (medeltemperatur för år och säsong; vegetationsperiodens längd samt start- och sluttidpunkt; värmeperioder i form av varma dagar, värmeböjor, maximumtemperatur; dagar runt 0°C (nollgenomgång); kalla perioder med dygnsmedeltemperatur under -10°C, mintemperatur; uppvärmnings- och kylbehov)
- Kap 5.2 Nederbörd (medelnederbörd för år och säsong; kraftig nederbörd i form antal dagar med > 10 mm samt största 1-dygnsnederbörd och 5-dygnsnederbörd; perioder utan nederbörd dvs. < 1mm/dygn)
- Kap 5.5 Vattenföring (säsongsvariation och medelvattenföring; flöden med 100 års återkomsttid)
- Kap 5.7 Snö (maximala vatteninnehållet i snön; antal dagar med snö)

4.2 Geografiskt analysområde

Det analyserade området avser Jönköpings län (figur 3-1) och resultaten presenteras främst i form av kartor (ex. bilaga 1-11). I diagrammen visas resultat för hela länet men också för enskilda mätplatser. Analyser gällande vattenföring presenteras i utvalda punkter, såväl som i kartformat. Det område eller den plats som avses för respektive karta, diagram eller tabell framgår i figurerna eller i figurtexterna.

4.3 Tidsperioder

De studerade tidsperioderna är 1961-1990 för dagens klimat och för analys av framtidsklimatet har två perioder valts; 2021-2050 och 2069-2098. Samtliga tidsperioder omfattar 30 år.

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell meteorologisk praxis används i denna rapport standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod.

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.

4.4 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 och de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 olika scenarier används. Därmed fås en uppfattning av klimatsceniernas 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. Hydrologisk respons som uppträder i flera olika klimatscenarier bedöms således mer trolig än hydrologisk respons som uppträder sporadiskt.

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

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

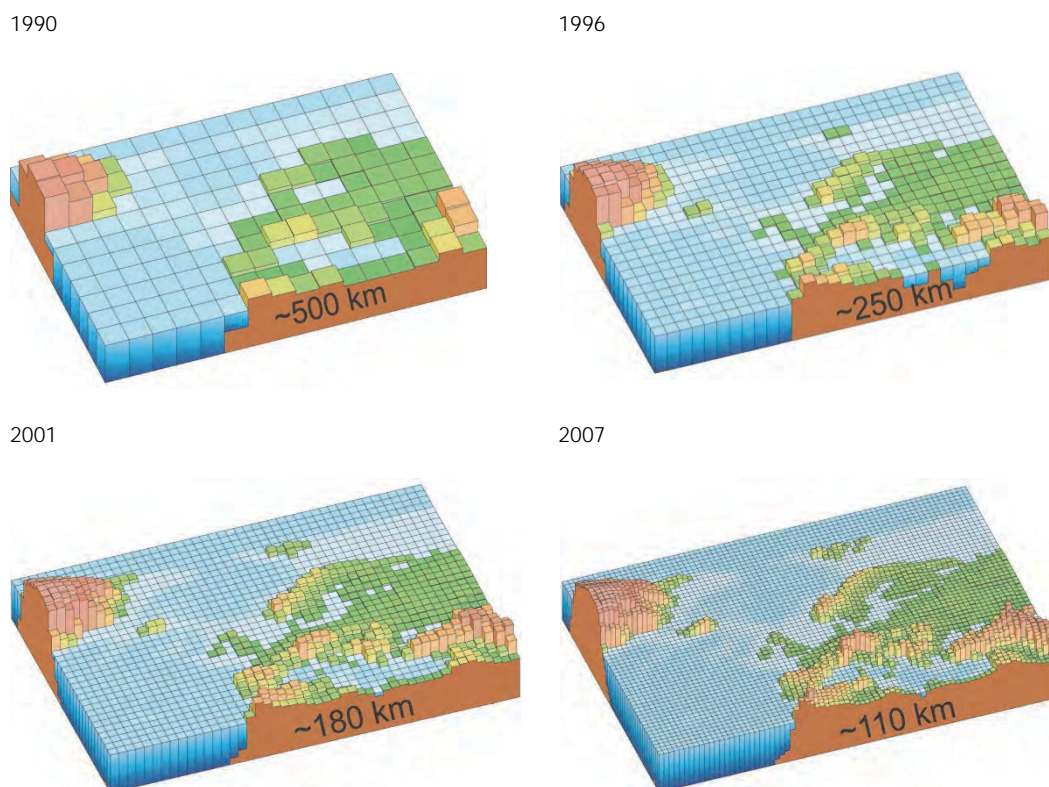
Spridningen i resultat kan vara betydande för somliga klimatvariabler delvis beroende på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

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 utsläppsscenarioer är således att betrakta som mer robust eftersom samma resultat uppnåtts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarioer 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 väl fungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t ex korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

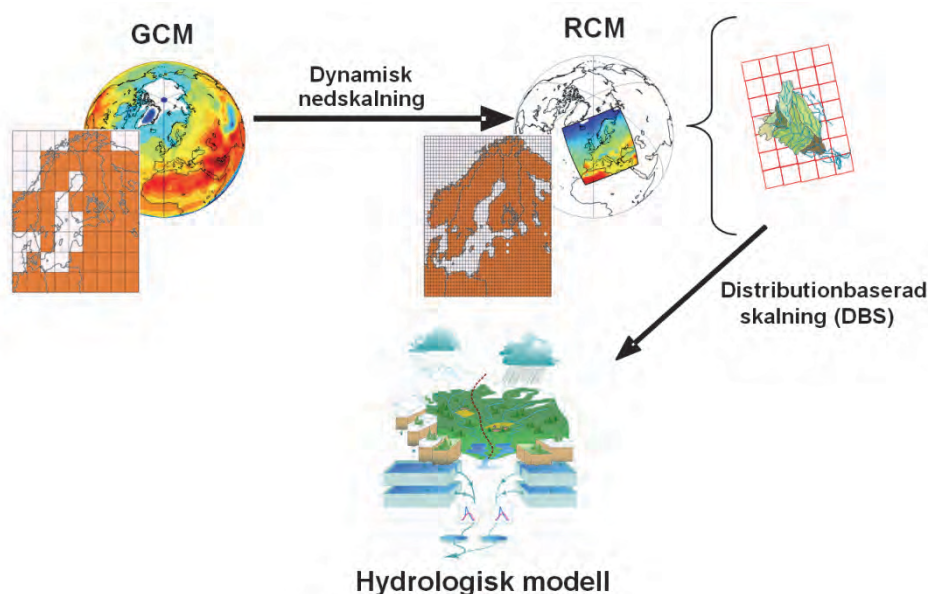
4.5 Beräkningsmodeller

För att få en översiktlig bild av framtida klimat används 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 utsläppsscenarier. Figur 4-1 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC utvecklats under de senaste 20 åren.



Figur 4-1. 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 4-2 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, magasineringen etc.



Figur 4-2. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell.

Den hydrologiska modell som används är HBV-modellen. Det är en konceptuell avrinningsmodell utvecklad vid SMHI sedan slutet av 1970-talet (Lindström, m.fl., 1997). Modellen byggs upp av beräkningsrutiner 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 4.6.

Analysen med HBV-modellen är gjord för *oreglerade* förhållanden. Det innebär att sjöar och reglerade magasin beskrivs som om de hade haft naturliga utlopp och inte aktivt reglerats för exempelvis vattenkraftsproduktion. Effekten av dessa reglerade magasin är dock begränsad för riktigt stora flöden, eftersom de måste släppas fram, oavsett reglering. Analyserna är gjorda för oreglerade förhållanden av flera skäl. Dels är det svårt att överblicka hur magasinerna regleras. Dessutom kan de regleringsstrategier som tillämpas under nuvarande klimatförhållanden komma att ändras när klimatet ändras. Andra faktorer, som exempelvis ändrade marknadsstrategier hos kraftproducenterna, kan ha minst lika stor effekt på vattenhushållningen som klimatförändringarna.

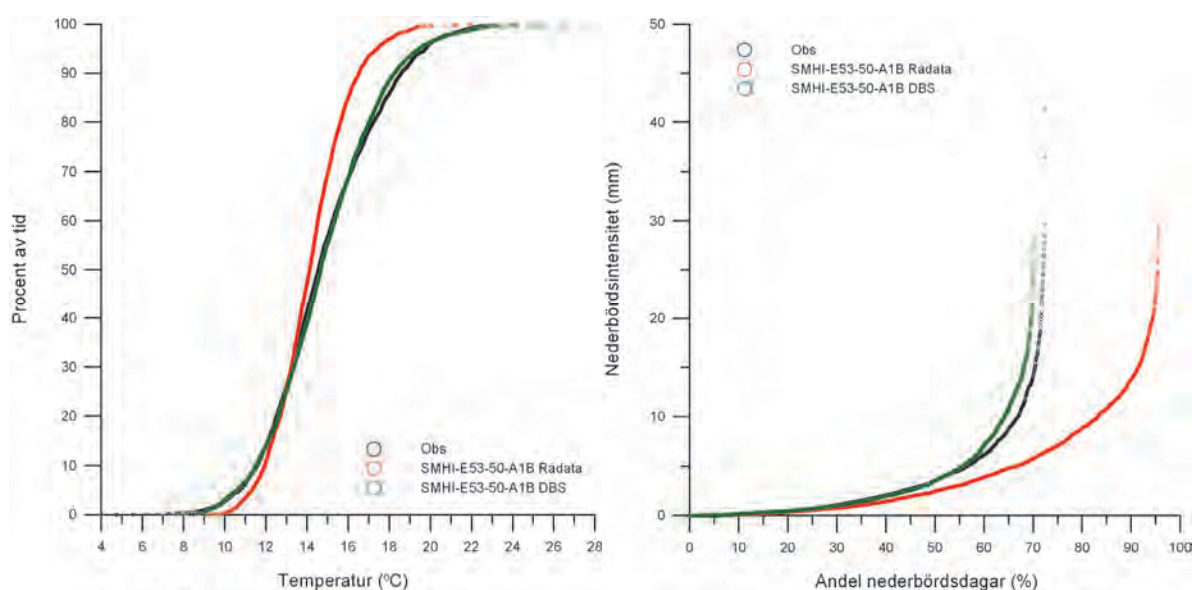
4.6 Klimatdata för effektstudier

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 kli-

mat, 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 både förändringar i medelvärden och de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson m.fl. (2011).

Figur 4-3 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 4-3. 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 nederbördsintensitet).

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.

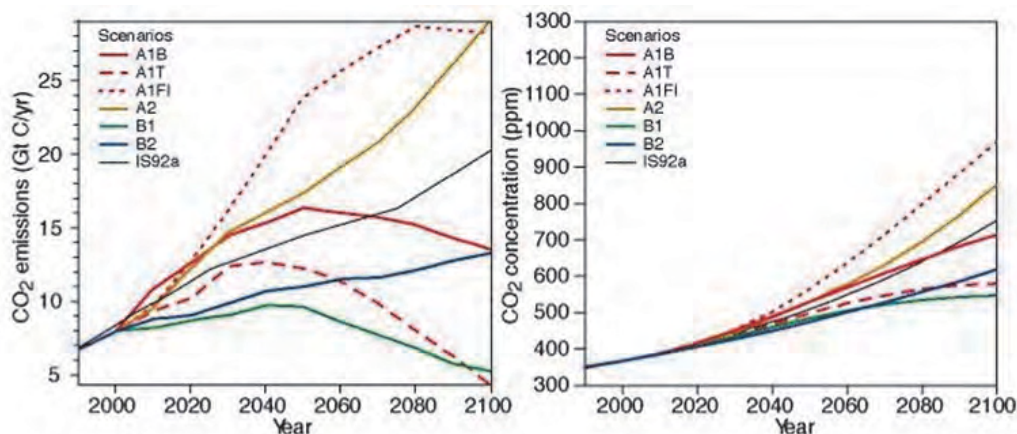
Anpassning av klimatmodellsdata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och temperatur, vilka också är drivvariablerna för den hydrologiska modellen.

4.7 Utsläppsscenarier

För att kunna göra beräkningar av framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarier som utarbetats av FN:s klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i figur 4-4. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović and Swart, 2000). I utsläppsscenarierna görs olika antaganden om jordens folkmängd, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa

antaganden uppskattas 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.

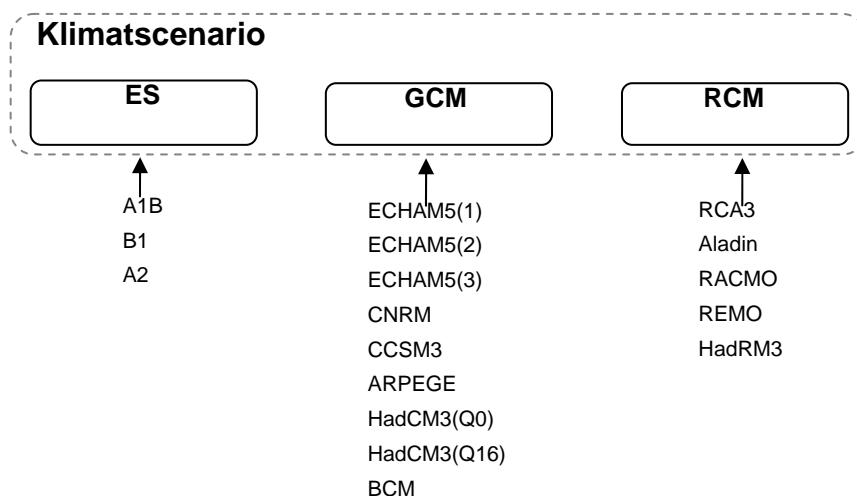


Figur 4-4. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (vänster) och resulterande CO₂-koncentrationer (höger) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

4.8 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppscenario i en global- och en regional klimatmodell enligt dataflödet som beskrivs i figur 4-2. Samma utsläppscenario kan således ge upphov till olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i figur 4-5 där också de möjliga alternativen för utsläppscenario (ES= Emissions scenario), global klimatmodell (GCM= Global Circulation Model) och regional klimatmodell (RCM= Regional Climate Model) som används i denna studie framgår (se vidare avsnitt 4.8.1).

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). 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 utsläppscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović m.fl. (2000). De regionala klimatmodeller som användes benämns RCAO och RCA3 och kommer från Rossby Centre vid SMHI:s forskningsenhet.



Figur 4-5. Ett klimatscenario består av en kombination av utsläppsscenario (ES), global modell (GCM) och regional modell (RCM).

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. För Östersjön finns dock inga senare resultat än de som fanns tillgängliga vid tidpunkten för Klimat- och sårbarhetsutredningen. Det europeiska ENSEMBLES-projektet (van der Linden and Mitchell, 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 and Swart, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, användes också.

I figur 4-4 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.

4.8.1 KLIMATSCENARIER I DENNA STUDIE

De sammanställningar som gjorts av temperatur, nederbörd, vattenföring och snö (Kap. 5.1, 5.2, 5.5 och 5.7) bygger på DBS-skalerade data från klimatscenarioerna i tabell 4-1. I övriga avsnitt används olika klimatscenarier som beskrivs inom respektive avsnitt.

Tabell 4-1 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.

De klimatscenarier som använts är de som funnits tillgängliga vid genomförandet, dvs. inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarier inkluderas i klimatensemblesimuleringar. 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 4-1. 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	ARPEGE	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

5 Jönköpings läns framtidsklimat

Analysen av Jönköpings läns framtidsklimat har gjorts utgående från de klimatscenarier som beskrivits i kap. 4.8.1. Dessa klimatscenarier har, som framgår av tabell 4-1, en horisontell upplösning av 25-50 km. Efter justering med hjälp av observationer har klimatscenerierna lagrats med samma upplösning som den observerade databasen, dvs. 4 km × 4 km. Analyser av dessa bearbetade klimatscenarier gör det möjligt att presentera analyser och kartor med motsvarande upplösning i rummet. Det är dock mycket viktigt att här poängtera att *klimatsignalen från klimatmodellerna inte har denna höga upplösning*. Den största delen av klimatets variation inom länet kommer från variationer som beror på topografin och närheten till havet. Denna variation beskrivs av den observerade databasen och även av klimatscenerierna efter bearbetning.

De flesta vädersystem som berör länet har sitt ursprung över Atlanten. När dessa passerar österut över länet hävs luften av det sydsvenska höglandet, vilket skapar förutsättningar för stora regnmängder i länets västra del. När vädersystemen når den östra delen av länet, läsidan av höglandet, minskar regnmängderna och ett torrare klimat återfinns. Detta regionala mönster syns även i de justerade klimatscenerierna. När klimatsignalen studeras, i termer av exempelvis procentuell förändring, är de regionala skillnaderna vanligen små.

Resultaten presenteras i form av diagram och kartor samt ett fåtal tabeller. I bilagorna 1-11 finns kartor för temperatur- och nederbördsvariabler och olika index baserade på dessa. De ger en samlad överblick för respektive klimatvariabel/-index. Några av dessa kartor finns också i detta kapitel. En lista över bilagorna finns i kapitel 8. Ibland förekommer enheten ”dagar” och ibland ”dygn” men beräkningarna avser alltid hela 24-timmarsperioder.

5.1 Temperatur

Statistik över dagens klimat för Jönköpings län har sammanställts utifrån SMHIs areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003 och 2005). Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4 km x 4 km och med data från 1961.

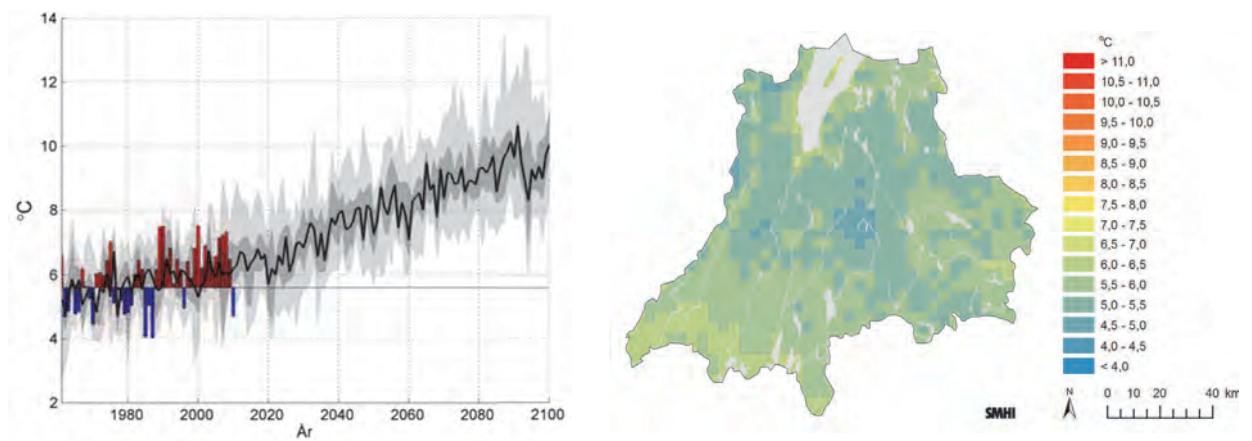
5.1.1 MEDELTEMPERATUR FÖR ÅR OCH SÄSONG

Årsmedeltemperaturen i Jönköpings län för referensperioden 1961-1990 (30 år) baserad på PTHBV-databasen var 5,6°C. För perioden 1991-2010 (20 år) var medeltemperaturen för länet 6,4°C, dvs. ca 0,8°C varmare.

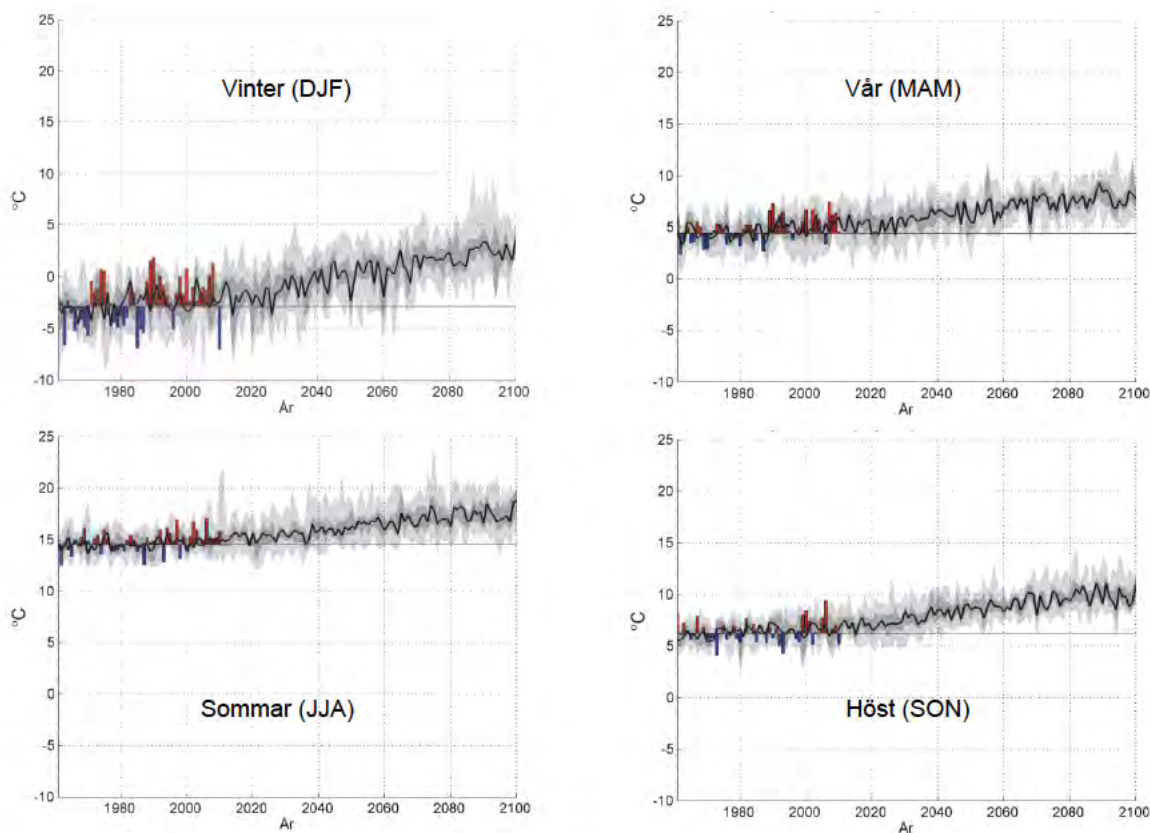
Den beräknade temperaturutvecklingen för Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1 framgår av figur 5.1-1. Årsmedeltemperaturen ökar successivt och når temperaturer i medeltal mellan 9 och 10°C i slutet av seklet. Variationen mellan år är dock stor och spridningen visar att relativt kalla år kan förekomma de närmsta årtiondena. Årsmedeltemperaturer på ca 13 °C såväl som ca 7°C kan enligt beräkningarna förekomma i slutet på seklet.

Kartan (figur 5.1-1) visar hur den observerade årsmedeltemperaturen varierar i länet. Det är varmast i lång terräng och kallast på höjdpartierna.

I bilaga 1 visas alla kartor över årsmedeltemperaturen och säsongstemperaturen beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differensen för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. De observerade värdena för 1961-1990 och 1991-2010 visas också som jämförelse med beräknade värden för samma period. Observerade och beräknade värden visar mycket god överensstämmelse för länet under referensperioden 1961-1990. Under nästa observationsperiod, 1991-2010 (20 år) tyder observationerna på en något snabbare höjning av medeltemperaturen än vad klimatscenerierna visar.



Figur 5.1-1. Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenerier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 visas som en horisontell linje. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje. Kartan visar den observerade årsmedeltemperaturen 1961-1990 (°C).



Figur 5.1-2. Den beräknade temperaturutvecklingen i Jönköpings län för de fyra årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier. Årstiderna definieras enligt meteorologisk standard: månaderna december-februari = vinter, mars-maj = vår, juni-augusti = sommar och september-november = höst. Observerade värden, medianvärden, percentiler, min- och maxvärden visas i enlighet med figur 5.1-1.

I beräkningarna över framtidsklimatet, avseende årsmedeltemperaturer, kvarstår det regionala mönstret med varmare förhållanden i lägre terräng och svalare på de mer höglänta områdena (se bilaga 1). Det kan även sägas om säsongerna. Differenskartorna antyder att klimatsignalen är ungefär lika stor över hela länet.

Temperaturutvecklingen för de fyra säsongerna visas i figur 5.1-2. Variationen i säsongs-temperatur mellan åren är störst för vintern. Medeltemperatur för referensperioden 1961-1990 är $-2,9^{\circ}\text{C}$ för vintern, $4,4^{\circ}\text{C}$ för våren, $14,5^{\circ}\text{C}$ för sommaren och $6,3^{\circ}\text{C}$ för hösten. För samtliga säsonger syns en temperaturuppgång under seklet men den är mest framträdande för vintern.

5.1.2 VEGETATIONSPERIODER

Vegetationsperiodens start har här definierats som första tillfället för varje år då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C under 4 dagar i följd. Starttidpunkten avser den första dagen av de fyra. Indexet kan dock inte direkt översättas till odlingssäsongens start eftersom det bara baseras på temperatur och inte tar hänsyn till variationen i solinstrålning under året. I figur 5.1-3 visas resultaten relativt referensperioden 1961-1990. Medelvärdet för refe-

rensperioden är dagnummer 109, vilket motsvarar mitten av april. Variationen i starttidpunkt är stor mellan åren enligt observationerna och starttidpunkten kan redan idag infalla tidigt på året. Beräkningarna visar att en tidig start på vegetationsperioden blir alltmer frekvent och i slutet på århundradet mer permanent. Då beräknas dagnumret ha minskat med ca 60 dagar, vilket motsvarar mitten på februari.

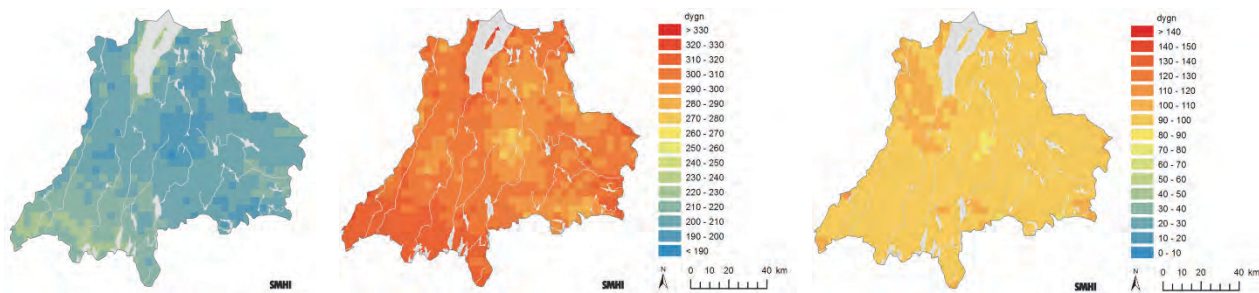


Figur 5.1-3. 30-års medelvärden av vegetationsperiodens start beräknad för 1961-1990 (vänster karta) och 2069-2098 (höger karta).

I bilaga 7 finns kartor över vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098. Observerade värden finns för 1961-1990 och 1991-2010. Medelvärdet för växtsäsongens slut under referensperioden är 306. Mot slutet av seklet sker en ökning med ca 40 dagar, vilket innebär att växtsäsongen pågår in i december.

Vegetationsperioden utökas alltså med tiden så att i slutet av århundradet innefattas största delen av året (ca 11 månader) med den definition som här använts. Vegetationsperiodens längd för referensperioden är 197 dagar i medeltal. Vid slutet av århundradet har vegetationsperiodens längd ökat med ca 100 dagar (fig. 5.1-4).

I bilaga 7 visas också kartor över vegetationsperiodens längd beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 samt differensen för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. De observerade värdena för 1961-1990 och 1991-2010 visas också som jämförelse med beräknade värden för samma period. I låglänta områden är vegetationsperioden längre än i högre terräng. De kortaste vegetationsperioderna finns på de högre belägna delarna av länet och följer väl den topografiska kartan. Denna skillnad över länet kvarstår även i framtidsberäkningarna (se bilaga 7).

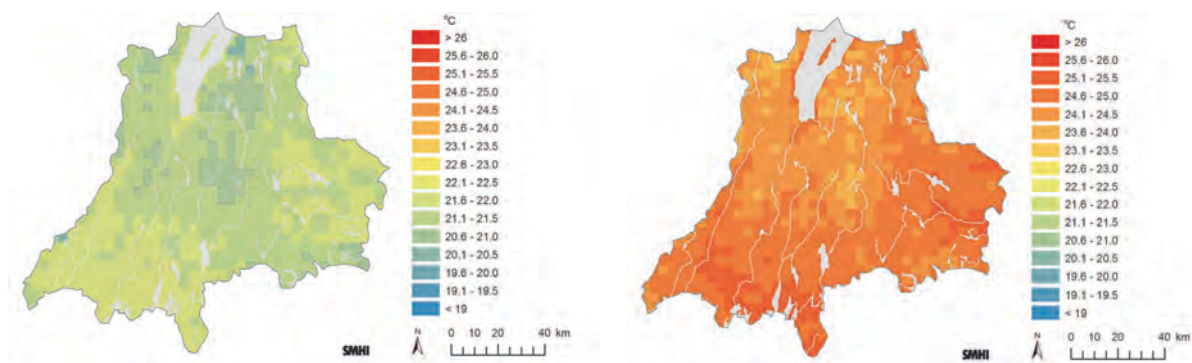


Figur 5.1-4. 30-års medelvärden av vegetationsperiodens längd (antal dygn), beräknad för 1961-1990 (vänster karta) och för 2069-2098 (mittenkarta) och differensen mellan de båda perioderna (höger karta).

5.1.3 VARMA PERIODER

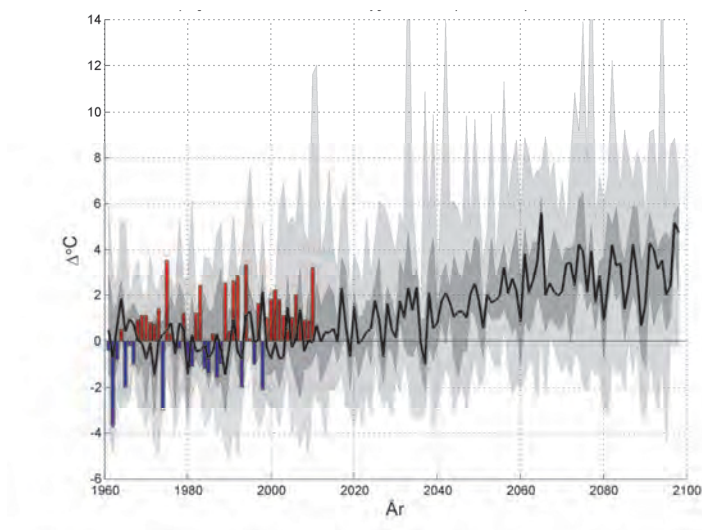
I figur 5.1-5 visas beräknad högsta dygnsmedeltemperatur, som medelvärde för 30 år, för perioderna 1961-1990 och 2069-2098. Kompletterande figurer finns i bilaga 2. Överensstämmelsen mellan observationer och beräkningar är bra men med något varmare förhållanden i beräkningarna. Det bör här påpekas att färgkodningen med steg om 0,4°C ställer mycket stora krav på kartpresentationen.

De högsta dygnsmedeltemperaturerna finns i områden med låg terräng i länets västra del, längs Vätterns kust samt längst i öster, drygt 21°C. I framtidsberäkningarna ökar de högsta dygnsmedeltemperaturerna upp mot 23°C för 2021-2050 och drygt 24°C för 2069-2098.

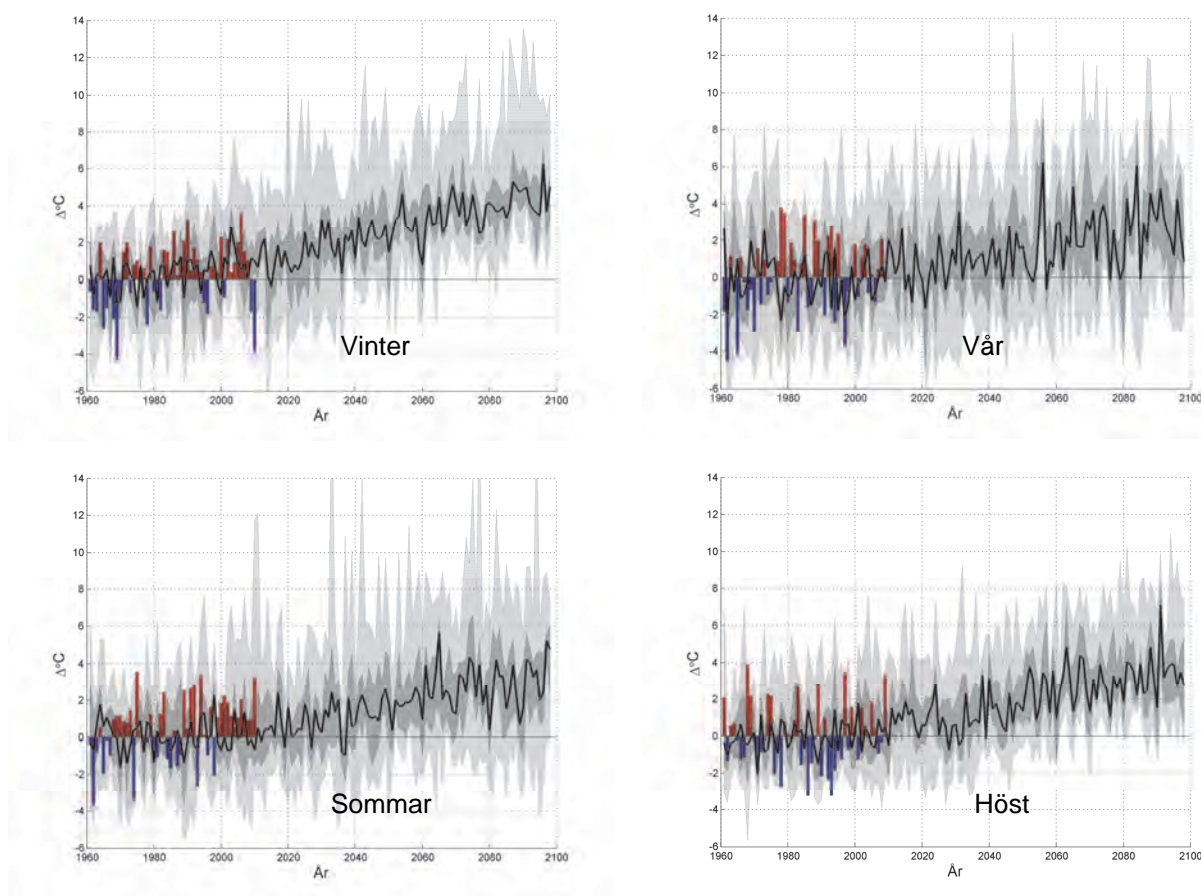


Figur 5.1-5. 30-års medelvärden av högsta dygnsmedeltemperatur (°C), beräknad för 1961-1990 (vänster karta) och för 2069-2098 (höger karta).

Diagrammet i figur 5.1-6 visar framtida utveckling av högsta dygnsmedeltemperatur på årsbasis. Referensperiodens medelvärde för länet är 21°C. Figuren visar stor spridning av resultaten i framtidsberäkningarna, men mot slutet av seklet visar medianvärdet en ökning på mellan 2 och 5 grader. Motsvarande diagram för säsonger redovisas i figur 5.1-7. Referensperiodens medelvärde för länet är för vinter 5,5 °C, för vår 16 °C, för sommar 21 °C och för höst 15,5 °C. Förändringen av säsongernas maximala temperatur är likartad som utvecklingen för årets maximala temperatur, men maxtemperaturen för vintersäsongen ser ut att öka något mer (3-6 °C).

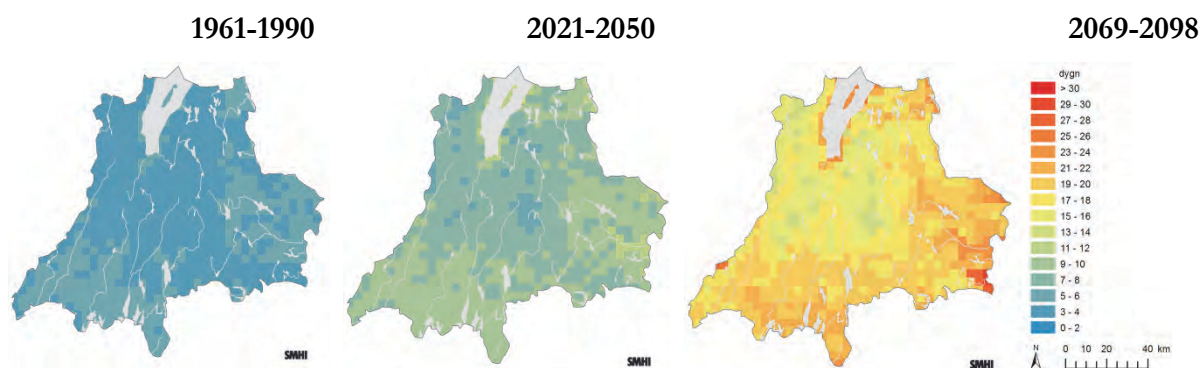


Figur 5.1-6. Beräknad utveckling av årets maximala dygnsmedeltemperatur i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

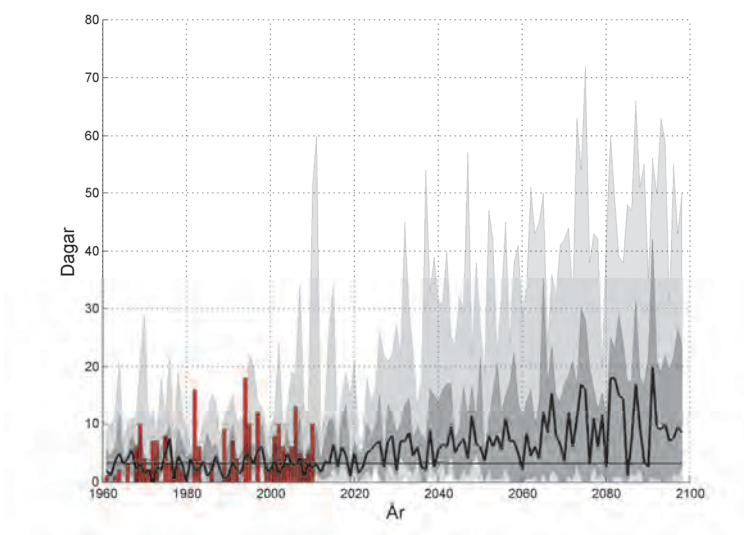


Figur 5.1-7. Beräknad utveckling av årets maximala dygnsmedeltemperatur för respektive säsong för Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

Antal dygn per år då dygnsmedeltemperaturen överstiger 20°C , presenteras i kartform som 30-årsmedelvärden (bilaga 3). Här presenteras tre av dem (figur 5.1-8). I dagens klimat förekommer runt 10 dagar per år med medeltemperatur över 20°C . Liksom för högsta dygnsmedeltemperaturer återfinns störst antal dygn med värmebölja i låglänta områden. Detta förstärks för perioden 2069-2098 då området uppvisar uppemot 25 dagar. Som komplement visas utvecklingen av antal dygn med dygnsmedeltemperatur över 20°C på årsbasis i figur 5.1-9. Medelvärdet för perioden 1961-1990 visas som en horisontell svart linje i diagrammet och är ca 3 dygn. Spridningen mellan åren är större i framtiden men trenden att antalet varma dygn ökar är tydlig.



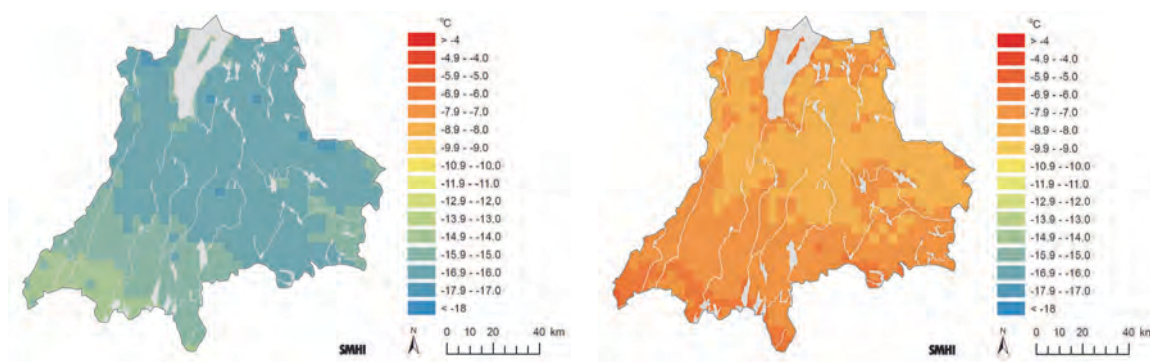
Figur 5.1-8. Antal dygn per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C, beräknad för 1961-1990 (vänster karta), 2021-2050 (mittenkartan) och för 2069-2098 (höger karta). Värdena avser 30-årsmedelvärden.



Figur 5.1-9. Beräknad utveckling av antal dygn per år med dygnsmedeltemperatur över 20°C i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden visas som röda staplar. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 visas som en horisontell linje. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

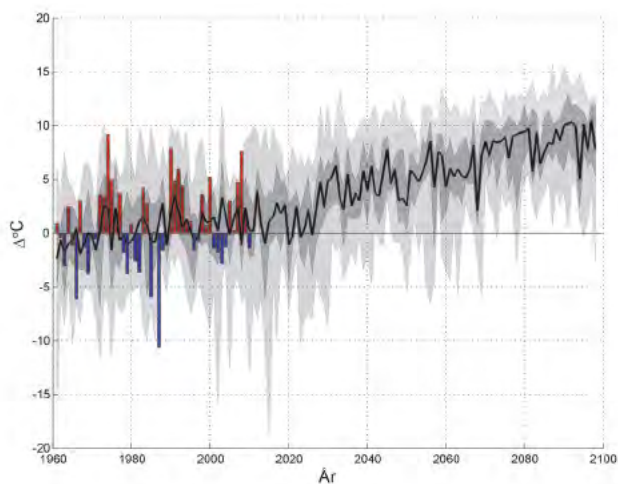
5.1.4 KALLA PERIODER

Kartor över lägsta dygnsmedeltemperatur, beräknad som medelvärde för 30 år, finns i bilaga 2. Här visas två av dem (figur 5.1-10). Överensstämmelsen mellan observationer och beräkningar är bra men med något kallare förhållanden i beräkningarna. Även för detta klimatindex återfinns det regionala (topografiska) mönstret med de kallaste temperaturerna i hög terräng, ned mot -17°C. Förändringen i framtidsklimatet visar samma regionala mönster. Vid slutet av seklet är de kallaste dygnen i medeltal -8°C.

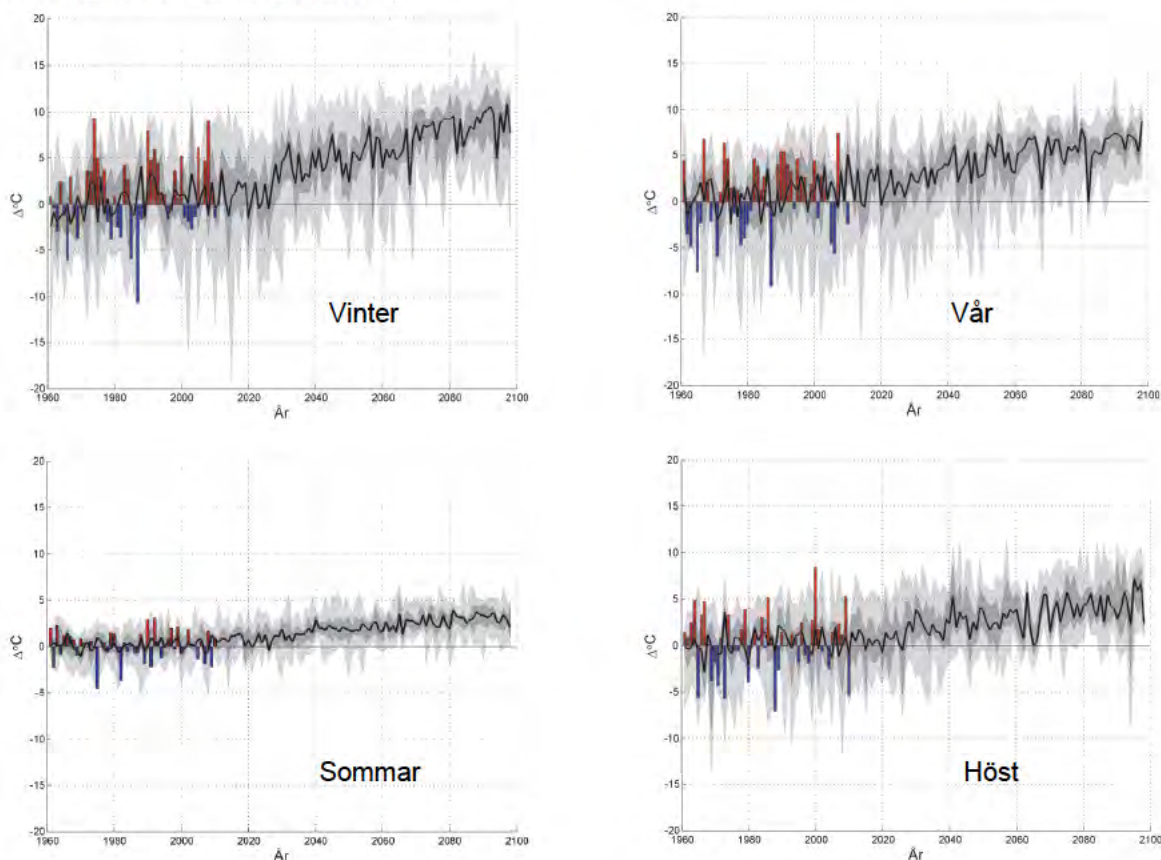


Figur 5.1-10. 30-års medelvärden av lägsta dygnsmedeltemperatur (°C), beräknad för 1961-1990 (vänster karta) och för 2069-2098 (höger karta).

Diagrammet i figur 5.1-11 visar framtida utveckling av lägsta dygnsmedeltemperatur på årsbasis. Referensperiodens (1961-1990) medelvärde för länet är -15°C . Observationerna liksom scenarierna visar på en stor variation mellan åren. Mot slutet av seklet visar medianvärdet av klimatscenerierna en ökning av den lägsta dygnsmedeltemperaturen på mellan 5°C och 10°C . Motsvarande diagram för säsonger redovisas i figur 5.1-12. Referensperiodens medelvärde för länet är för vinter -15°C , för vår -7°C , för sommar $8,5^{\circ}\text{C}$ och för höst $-5,5^{\circ}\text{C}$. Den största förändringen av den lägsta dygnsmedeltemperaturen syns för vintern.

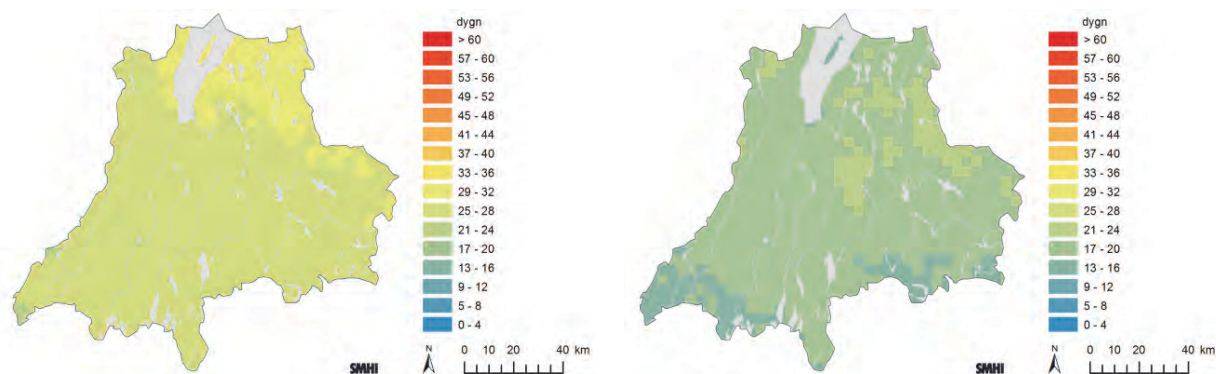


Figur 5.1-11. Beräknad utveckling av årets lägsta dygnsmedeltemperatur i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.



Figur 5.1-12. Beräknad utveckling av årets lägsta dygnsmedeltemperatur för respektive säsong för Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

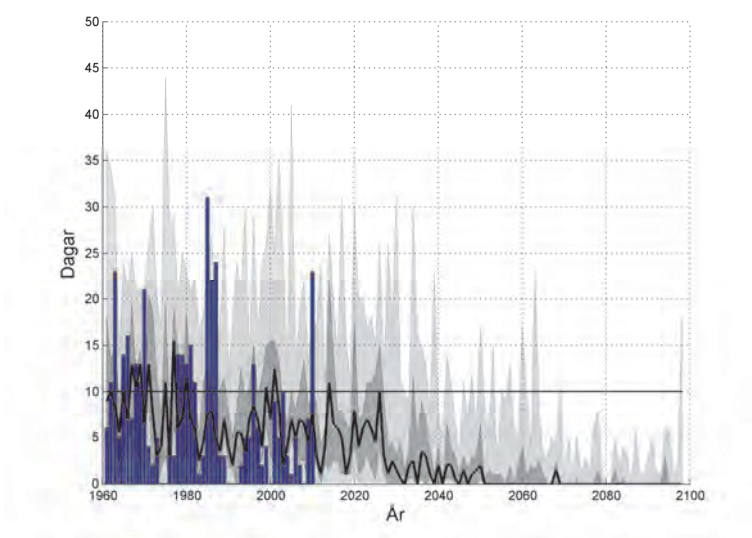
Antalet s.k. nollgenomgångar har beräknats som dagar då två på varandra följande dagar har temperaturskillnader som genomkorsar 0°C. Klimatindexet speglar alltså inte temperaturförändringar inom dygnet. I figur 5.1-13 visas antal tillfällen per år för referensperioden 1961-1990 och för perioden 2069-2098. Under referensperioden ligger medelvärdet inom länet på mellan 25 och 30 dagar. Observationerna visar att variationen mellan år kan vara mycket stor så att vissa år kan antalet dagar vara nästan dubbelt så många och vissa år är det endast några enstaka dagar. Beräkningarna för framtiden visar en minskning av medelvärdet med ca 8 dagar mot slutet av seklet. Detta kan förklaras av ett framtida klimat med kortare och varmare vintrar. Kompletterande kartor finns i bilaga 4.



Figur 5.1-13. 30-års medelvärden av antal nollgenomgångar (dagar då dygnsmedeltemperaturen passerar 0°C), beräknad för 1961-1990 (vänster karta) och för 2069-2098 (höger karta).

I figur 5.1-14 visas beräknad utveckling av antal dygn per år med dygnsmedeltemperatur under -10°C . Den horisontella svarta linjen visar medelvärdet för perioden 1961-1990, vilket är 10 dagar. Diagrammet visar att det är en stor spridning mellan åren och att det kan förekomma dygnsmedeltemperaturer på under -10°C även i slutet av seklet men att frekvensen stadigt minskar.

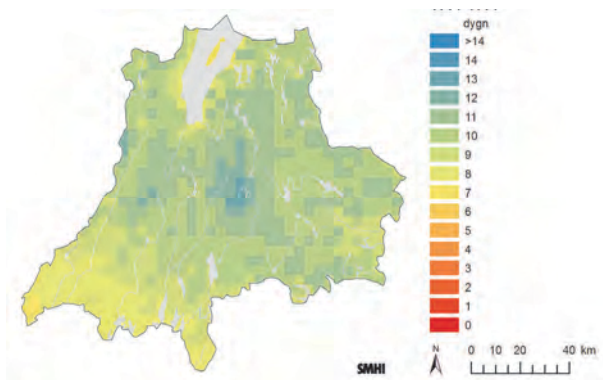
I figur 5.1-15 visas tre olika klimatindex med kalla perioder; antal dygn med dygnsmedeltemperatur under -10°C , antal 5-dygnsperioder med dygnsmedeltemperatur under -10°C samt längsta period med dygnsmedeltemperatur under -10°C . Klimatscenarierna visar i samtliga figurer att antalet dygn med medeltemperatur under -10°C blir allt mer sällsynta i framtiden, i slutet av seklet förekommer endast något enstaka dygn varje år.



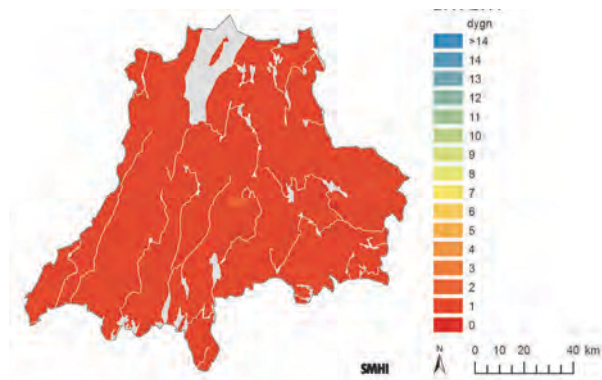
Figur 5.1-14. Beräknad utveckling av antal dygn per år med dygnsmedeltemperatur under -10°C i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden visas som blå staplar. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 visas som en horisontell linje. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

Antal dygn per år med dygnsmedeltemperatur < -10°C

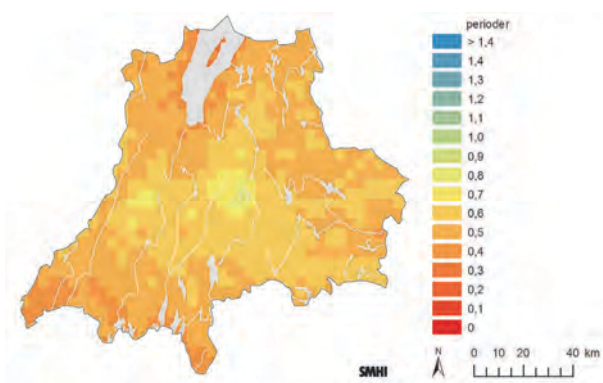
1961-1990



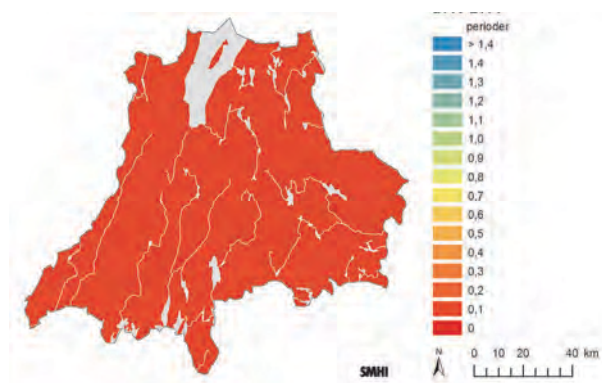
2069-2098



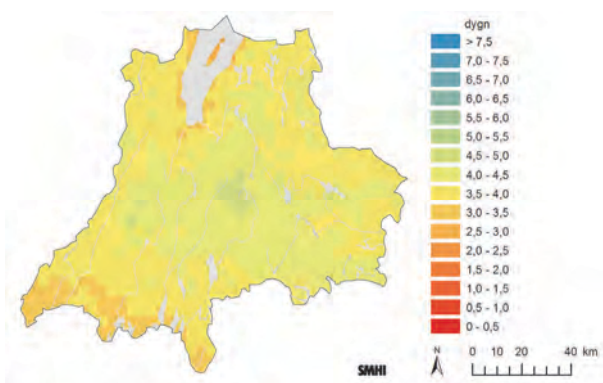
5-dygnsperioder med dygnsmedeltemperatur < -10°C
1961-1990



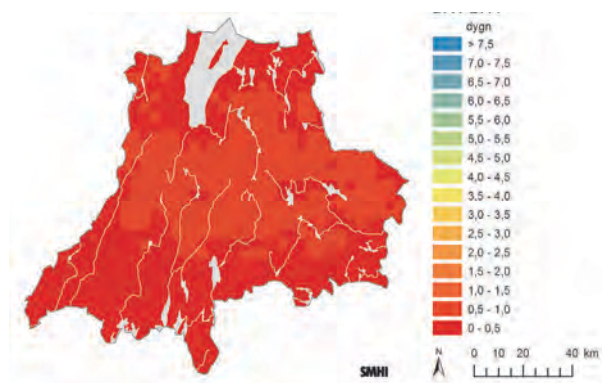
2069-2098



Längsta period med dygnsmedeltemperatur < -10°C
1961-1990



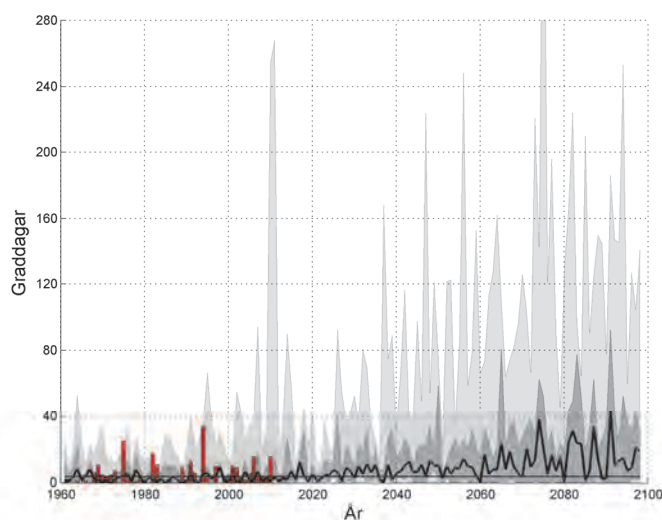
2069-2098



Figur 5.1-15. 30-års medelvärden av dygn per år med dygnsmedeltemperatur under -10°C, beräknad för 1961-1990 (vänster kolumn) och för 2069-2098 (höger kolumn).

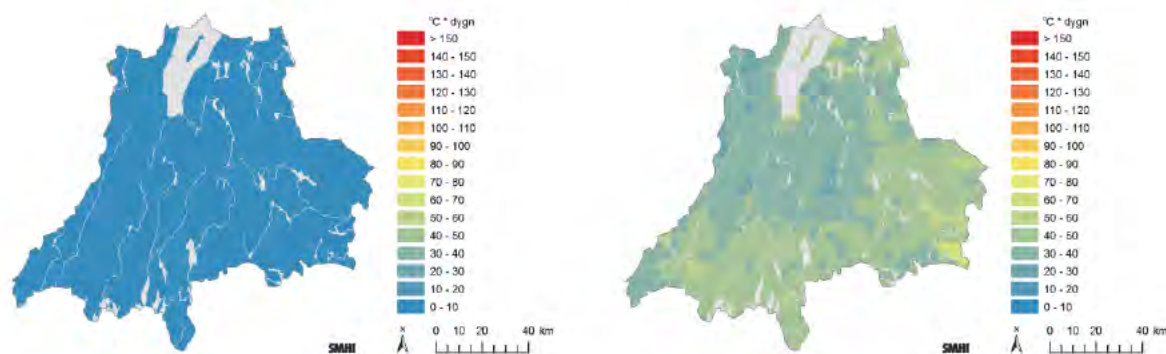
5.1.5 BEHOV AV KYLNING OCH UPPVÄRMNING

Beräkningen av graddagar för kylning görs så att för de dagar då dygnsmedeltemperaturen överstiger 20°C beräknas skillnaden mellan dagens temperatur och 20°C. Dessa skillnader summeras sedan över året. En dag då medeltemperaturen t.ex. varit 22°C bidrar med 2 graddagar till årssumman. I figur 5.1-16 visas framtida utveckling av graddagar för kylning baserat på de 16 klimatscenarierna. Referensperiodens medelvärde är 4°C × dygn. Observationer visar en stor spridning mellan åren, och scenarierna en ännu större. Spridningen ökar även mot slutet av seklet. Medianvärdet av scenarierna ökar dock och i slutet av seklet ligger ökningen i medeltal på ca 20°C × dygn.



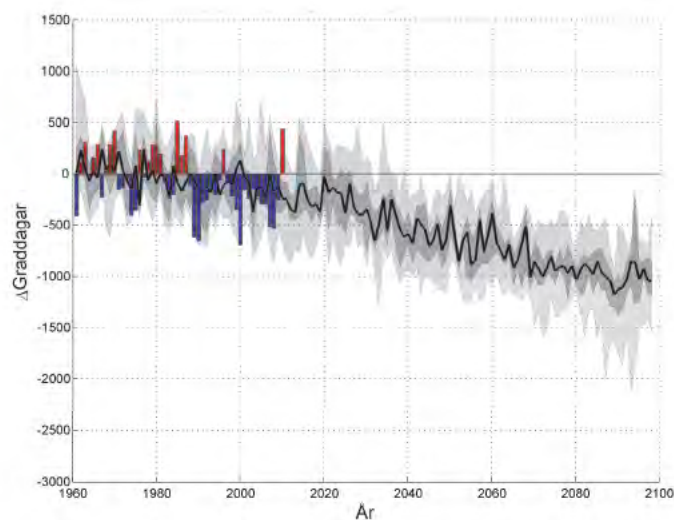
Figur 5.1-16. Beräknad utveckling av behovet av kylning (antal graddagar) i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden visas som röda staplar. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 visas som en horisontell linje. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

I bilaga 6 presenteras kartor över graddagar för kylning med tröskelvärdet 20°C. Behovet av kylning är i dagens klimat vanligtvis litet, vilket också syns i kartorna för 1961-1990, både i observerat och beräknat klimat. Det framtida klimatet uppvisar en ökning av antalet graddagar för kylning med stor spridning över länet, mellan 20 -70 graddagar (figur 5.1-17). Eftersom utgångsläget 1961-1990 visar mycket låga värden blir differenskartorna mycket lika kartorna för de beräknade framtidsperioderna (bilaga 6).



Figur 5.1-17. Beräknat antal graddagar för kylning överstigande 20°C 1961-1990 (vänster karta) och 2069-2098 (höger karta).

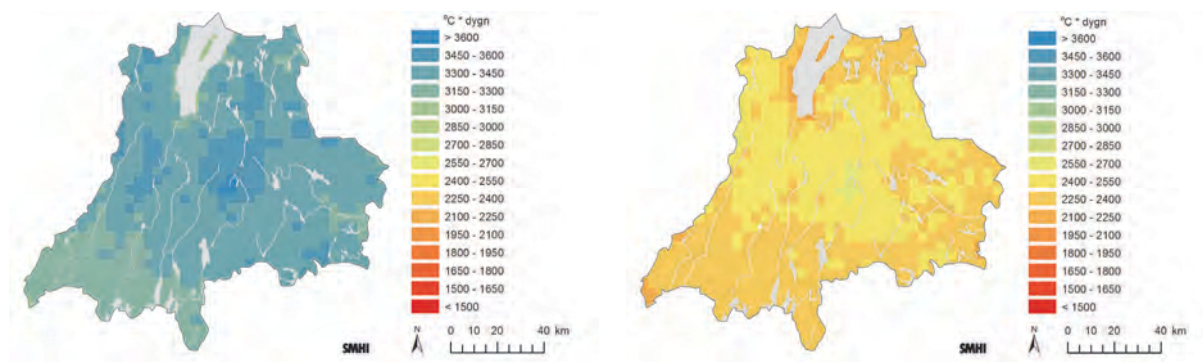
I figur 5.1-18 presenteras framtida utveckling av graddagar för uppvärmning med tröskelvärdet 17°C. Måttet baseras på att byggnaders värmesystem ska värma upp byggnader till 17°C. Resterande energibehov antas tillkomma från solinstrålning samt från värme alstrad av personer och elektrisk utrustning i byggnaderna. Beräkningen av graddagar görs så att för de dagar då dygnsmedeltemperaturen underskrider 17°C beräknas skillnaden mellan dagens temperatur och 17°C. Dessa skillnader summeras sedan över året. En dag då medeltemperaturen t.ex. varit 6°C bidrar med 11 graddagar till årssumman. Under vår, sommar och höst har solinstrålningen särskilt stor betydelse och för dessa säsonger väljs därför andra tröskelvärden; april 12°C, maj-juli 10°C, augusti 11°C, september 12°C, oktober 13°C.



Figur 5.1-18. Beräknad utveckling av behovet av uppvärmning (antal graddagar) i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 visas som en horisontell linje. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

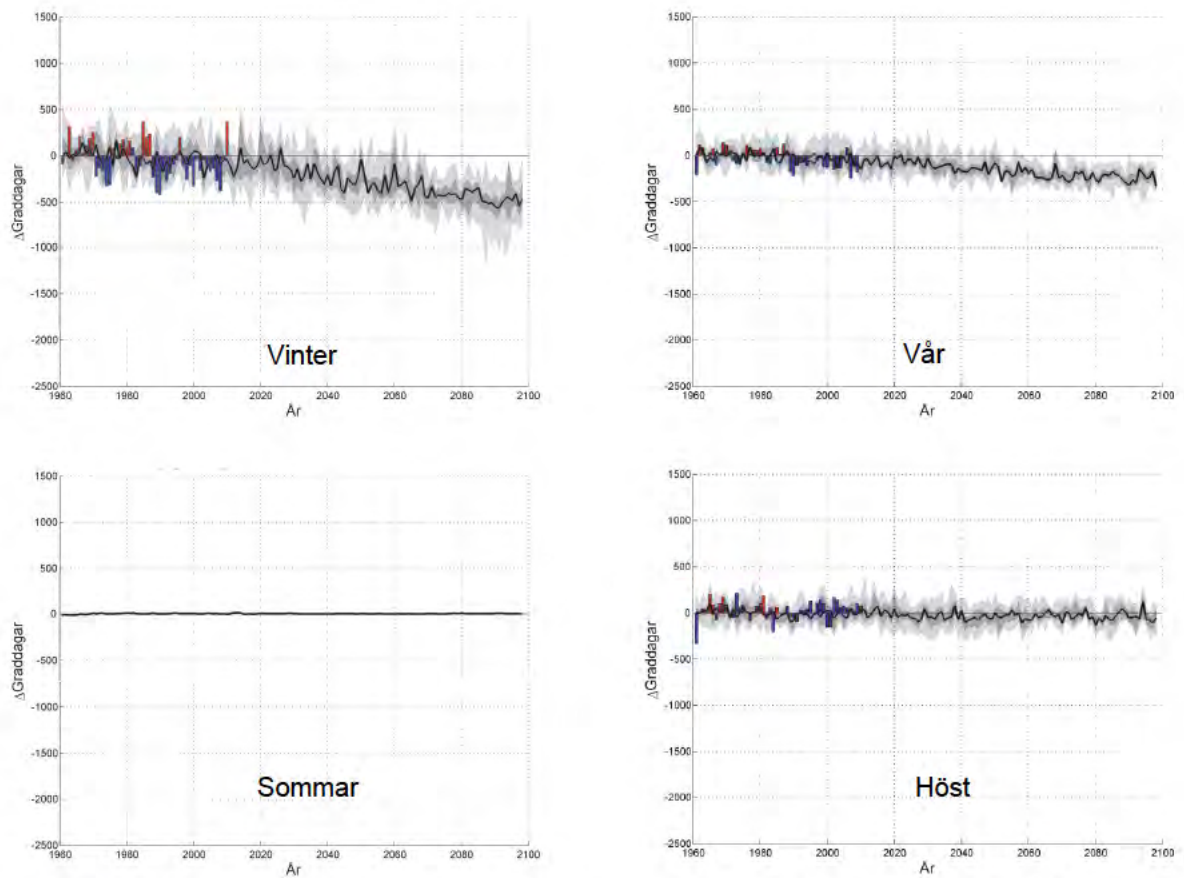
Medelvärdet under perioden 1961-1990 är $3350^{\circ}\text{C} \times \text{dygn}$. Figur 5.1-18 visar en stadig minskning av behovet av uppvärmning, vilket syns redan i observationerna från det senaste decenniet. I slutet av seklet har medianen för länet minskat med ca 1000 graddagar.

I bilaga 6 presenteras även kartor över graddagar för uppvärmning med tröskelvärdet 17°C . Liksom för graddagar för kylning visas här två av kartorna (figur 5.1-19). Antalet graddagar för uppvärmning varierar över länet och följer ganska väl topografin med störst behov på de högre belägna områdena. Mönstret kvarstår över länet i framtidsberäkningarna men antalet graddagar minskar från ca 3200-3600 till ca 2200-2600 mot slutet av seklet.



Figur 5.1-19. Beräknat antal graddagar för uppvärmning under året med tröskelvärde 17°C (för vintern) 1961-1990 (vänster karta) och 2069-2098 (höger karta).

I figur 5.1-20 visas behovet av uppvärmning för de fyra säsongerna. Medelvärdet för perioden 1961-1990 visas som en horisontell linje och är för vintern $1807^{\circ}\text{C} \times \text{dygn}$, våren $861^{\circ}\text{C} \times \text{dygn}$, sommaren $20^{\circ}\text{C} \times \text{dygn}$ och hösten $891^{\circ}\text{C} \times \text{dygn}$. Diagrammen visar att den största förändringen sker under vintern, då antalet graddagar minskar med ca 500 mot slutet av seklet.



Figur 5.1-20. Beräknad utveckling av behovet av uppvärmning (antal graddagar) för respektive säsong i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och observerade lägre värden visas som blå staplar. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 visas som en horisontell linje. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

5.2 Nederbörd

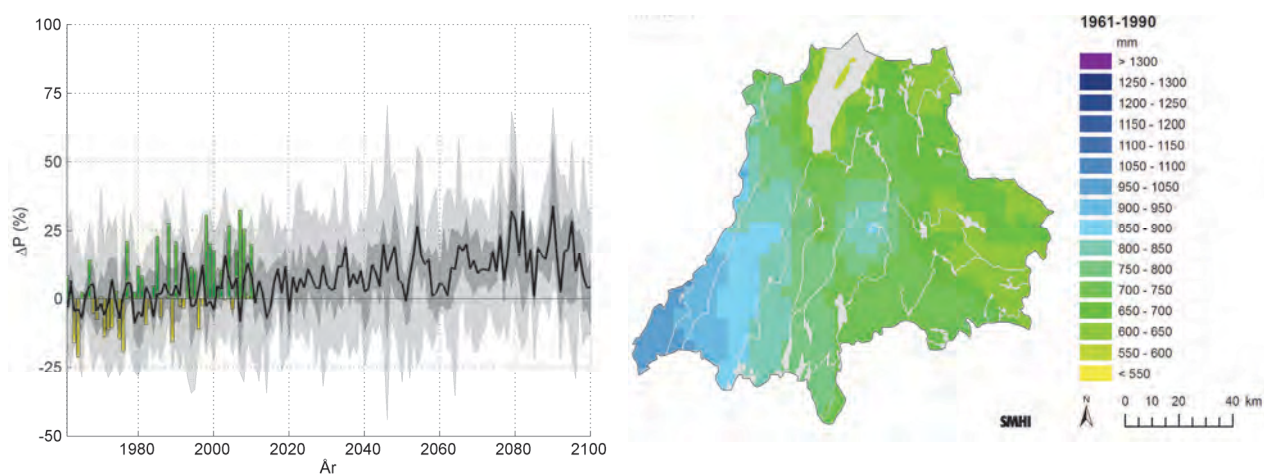
Statistik över dagens klimat för Jönköpings län har sammanställts utifrån SMHI:s areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003 och 2005). Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4 km x 4 km och med data från 1961.

5.2.1 MEDELNERBÖRD FÖR ÅR OCH SÄSONG

Årsmedelnederbörden i Jönköpings län för referensperioden 1961-1990 (30 år) baserad på PTHBV-databasen var 741 mm. För perioden 1991-2010 (20 år) var årsmedelnederbörden för länet 821 mm, d v s 80 mm mer nederbörd per år i genomsnitt, vilket är en ökning med ca 11%.

Den beräknade utvecklingen för årsnederbörd i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1 framgår av figur 5.2-1. Årsmedelnederbörden ökar successivt om än med stor variation mellan åren. I slutet av seklet varierar medianvärdet för årsmedelnederbörden mellan ca +10 och +30 %, i relation till referensperioden.

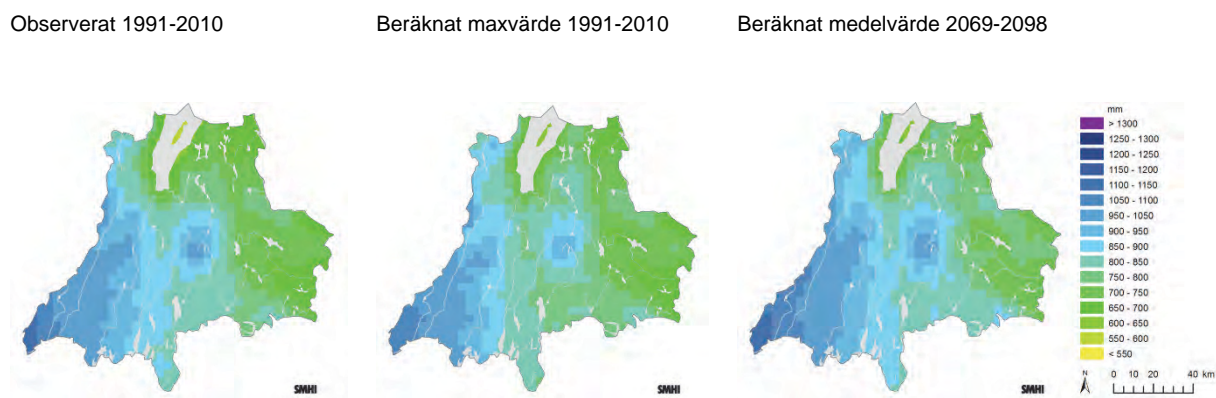
Kartan (figur 5.2-1) visar hur den observerade årsmedelnederbörden varierar i länet. Det finns en tydlig öst-västlig gradient, länets västra del är blötast, vilket förklaras av luftens hävning över sydsvenska höglandet i dominerande västvind. Runt Vättern samt i länets östra del finns torrare områden.



Figur 5.2-1. Beräknad utveckling av årsmedelnederbörden i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden presenteras som gröna staplar då de överstiger referensperiodens medelvärde och som gula staplar då de understiger medelvärdena. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje. Kartan visar den observerade årsmedelnederbörden 1961-1990 (mm).

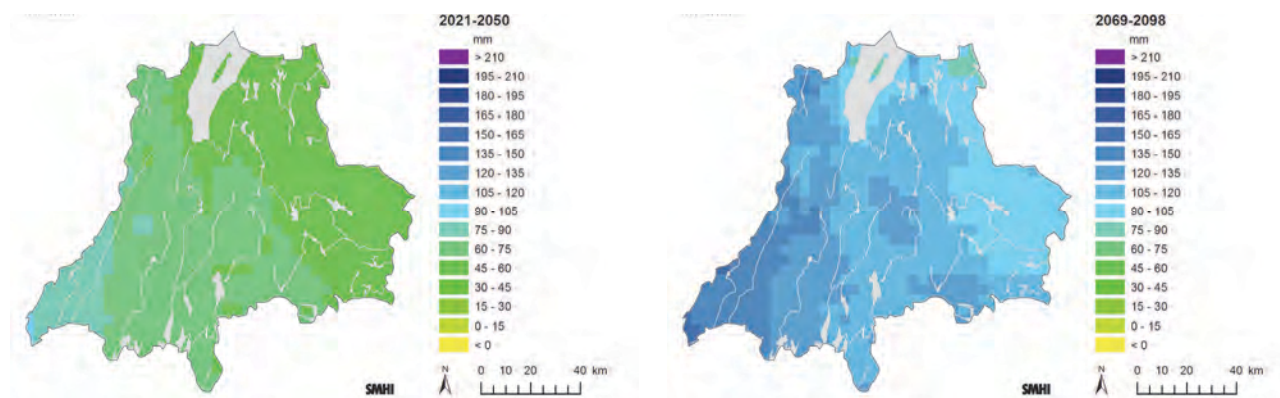
I bilaga 8 visas kartor över årsmedelnederbörd och säsongmedelnederbörd beräknad för tidsperioderna 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differensen för 2021-20250 och 2069-2098 vs. 1961-1990. De observerade värdena från 1961-1990 och 1991-2010 visas också för jämförelse med beräknade värden. Observerade och beräknade värden 1961-1990 visar mycket god överensstämmelse för länet.

I figur 5.2-2 visas den observerade årsnederbörden som medelvärden för 1991-2010. Perioden har större nederbördsmängder än referensperioden 1961-1990. Medelvärdena av den beräknade årsmedelnederbörden för perioden når inte riktigt upp till de observerade värdena (se bilaga 8). Som jämförelse visas i figur 5.2-2 även maxvärdena från de 16 klimatscenerierna. Dessa fångar i princip de observerade värdena. Den tredje kartan i figur 5.2-2 visar beräknat medelvärde för slutet av seklet och det kan urskiljas en viss ökning av nederbörden jämfört med perioden 1991-2010.



Figur 5.2-2. Årsmedelnederbörd 1990-2010 (mm). Vänstra kartan visar observerade värden, kartan i mittenvisar de beräknade maxvärdena från de 16 klimatscenerierna och den högra kartan visar de beräknade medelvärdena för slutet av århundradet.

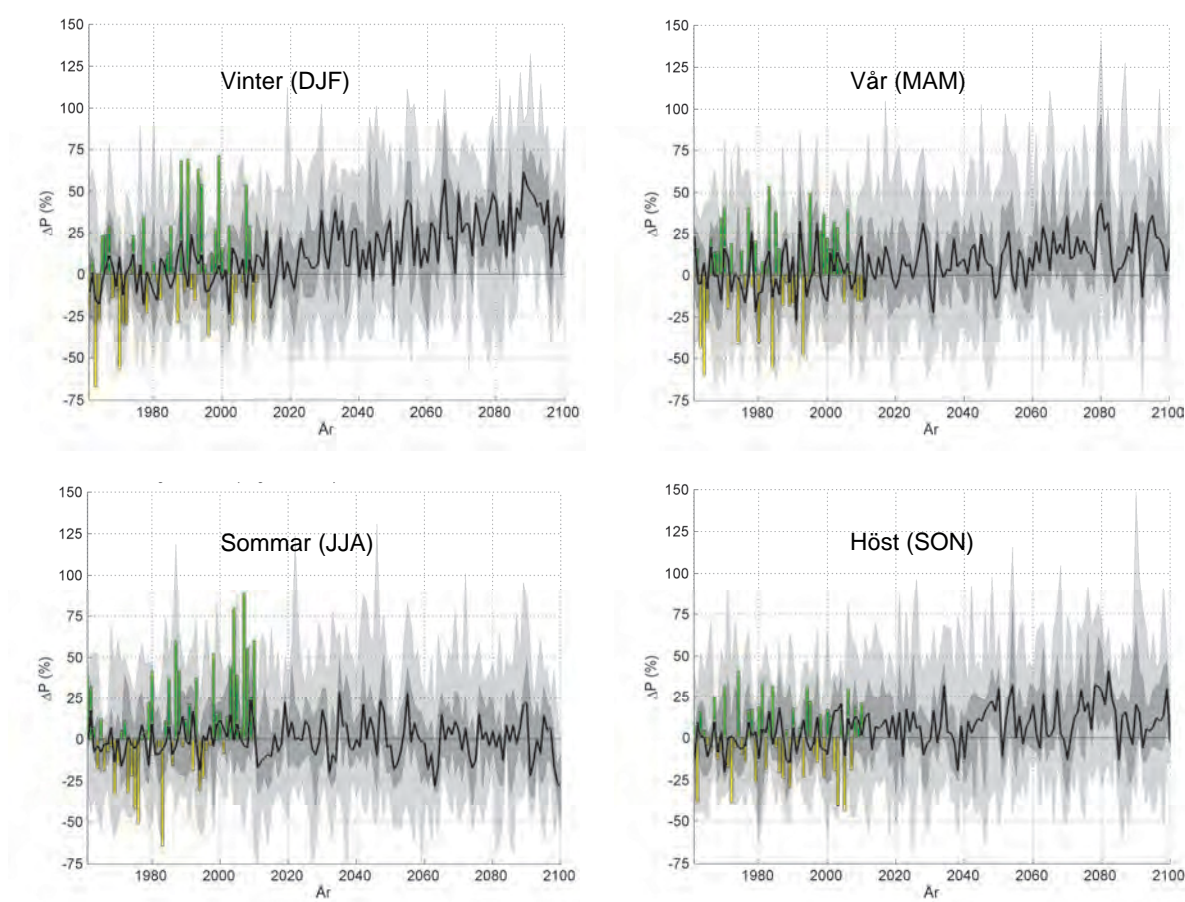
I figur 5.2-3 visas skillnaden i årsnederbörd för perioderna 2021-2050 och 2069-2098 jämfört med 1961-1990. Det regionala mönstret i dagens nederbördsklimat för länet kvarstår även i framtidsberäkningarna (se bilaga 8), i den västra delen av länet ökar nederbörden mest. Ökningen för perioden 2021-2050 vs 1961-1990 varierar mellan ca 40 och 90 mm. För 2069-2098 vs 1961-1990 varierar ökningen mellan ca 80 och 150 mm.



Figur 5.2-3. Skillnad i årsmedelnederbörd (mm) mellan perioden 2021-2050 och 1961-1990 (vänster) och 2069-2098 och 1961-1990 (höger).

Nederbördsutvecklingen för de fyra säsongerna visas i figur 5.2-4. Medelnederbörd för referens-perioden 1961-1990 är 161 mm för vintern, 142 mm för våren, 216 mm för sommaren och 223 mm för hösten.

För vinter, vår och höst kan en ökad nederbörd ses i diagrammen, men för sommaren tycks ingen förändring ske. Vintern uppvisar den största förändringen och ökningen ser ut att ske successivt under seklet. Den ökning av nederbörd som ses för vår och höst framträder under senare delen av seklet. En stor spridning ses dock i beräkningarna. Den procentuella ökningen, enligt medelvärdena för vintern, varierar mellan 12% och 18% för merparten av länet för perioden 2021-2050 i jämförelse med 1961-1990 (bilaga 8). Vid slutet av seklet är ökningen för vintern betydligt kraftigare, vilket även syns i figur 5.2-3. Den når då värden över 33% för stora delar av länet.

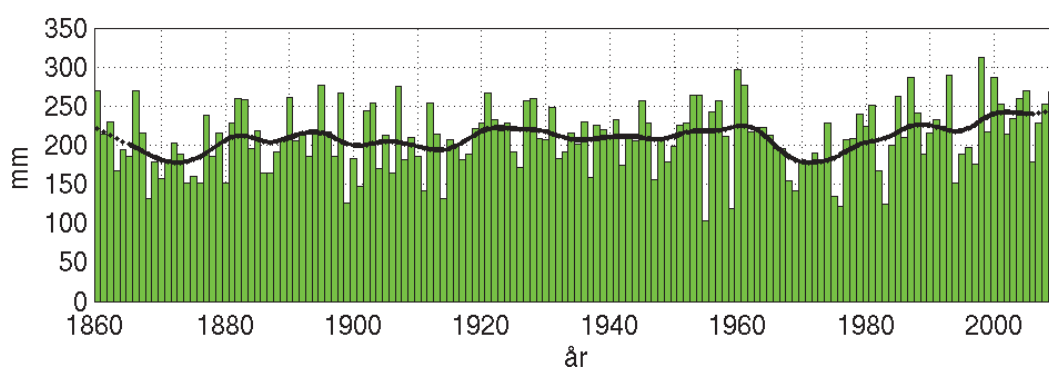


Figur 5.2-4. Beräknad nederbördsutveckling för de fyra årstiderna i Jönköpings län baserat på samtliga klimat-scenarier i tabell 4-1. Årstiderna definieras enligt meteorologisk standard: månaderna december-februari = vinter, mars-maj = vår, juni-augusti= sommar och september-november = höst. Observerade värden presenteras som gröna staplar då de överstiger referensperiodens medelvärde och som gula staplar då de understiger medelvärdena. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje.

Den diskrepans som sågs för 1991-2010 avseende observerad årsnederbörd och beräknade medianvärden härrör från sommarnederbörden (se bilaga 8 och figur 5.2-4). Perioden var ovanligt regnig vilket inte riktigt fångas i modellberäkningarna. Observeras bör dock att perioden enbart är 20 år dvs. kortare än referensperioden. Det är också ett exempel på den

mycket stora variation som finns i klimatet och då speciellt vad gäller nederbörden i denna del av världen. Vi kan konstatera att somrarna har varit nederbördsrika under senare år, speciellt för södra Sverige, och för Jönköpings län är det särskilt somrarna 2004 och 2007. Variationen mellan år kommer fortsatt att vara stor men klimatscenarierna pekar inte på en generell framtida ökning av sommarnederbörden. Medianvärdena pendlar runt 0, dvs. ingen trend.

För att sätta referensperioden 1961-1990 i ett längre tidsperspektiv kan de klimatindikatorer som finns publicerade på SMHI:s hemsida (www.smhi.se) vara till hjälp. Klimatindikatorerna för nederbörd går tillbaka till 1860 och visar årsvärden för Sverige som helhet baserad på 87 stationer. Diagrammen uppdateras årligen. Intressant i detta sammanhang är att ett flertal somrar på 1970-talet var relativt torra. Det innebär att när vi utgår från perioden 1961-1990 som referensperiod och tittar på 1991-2010 ter sig den senare perioden mer extrem (blöt) än om vi jämför med en längre tidsperiod bakåt i tiden (figur 5.2-5).

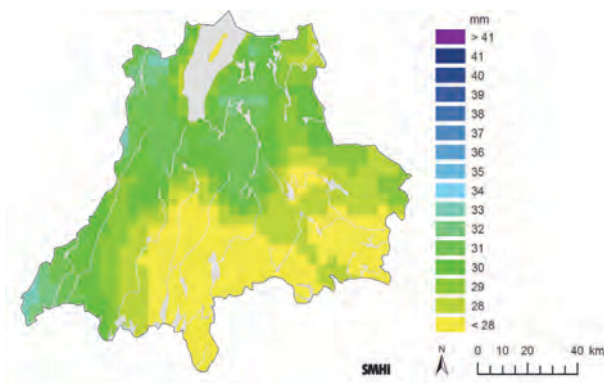


Figur 5.2-5. Sommarnederbörden i Sverige 1860-2010. Källa: www.smhi.se (Klimatindikatorer)

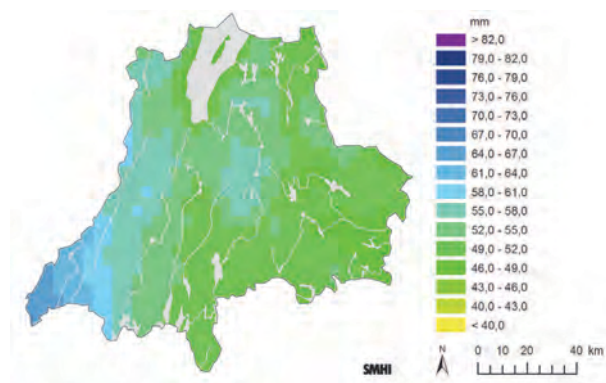
5.2.2 PERIODER MED NEDERBÖRD

I bilaga 9 visas två klimatindex av kraftig nederbörd; största 1-dygnsnederbörd och största 5-dygnsnederbörd. Medelvärdena för de årshögsta värdena över 30-årsperioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 visas tillsammans med observationer för perioderna 1961-1990 och 1991-2010. Överensstämmelsen mellan observerade och beräknade värden är mycket bra för bägge klimatindexen under perioden 1961-1990. För perioden 1991-2010 syns återigen att beräkningarna inte följer den observerade trenden, framförallt när det gäller 1-dygnsnederbörden. Detta bekräftar att det är sommarnederbörden som bidragit till de stora mängderna. Det är framförallt under sommaren som det förekommer stora nederbördsmängder i samband med kraftiga åskväder. Dessa åskväder har en varaktighet på några timmar och vädersituationen varar vanligen upp till ett par dagar. De kan alltså även ha en inverkan även på 5-dygnsnederbörden.

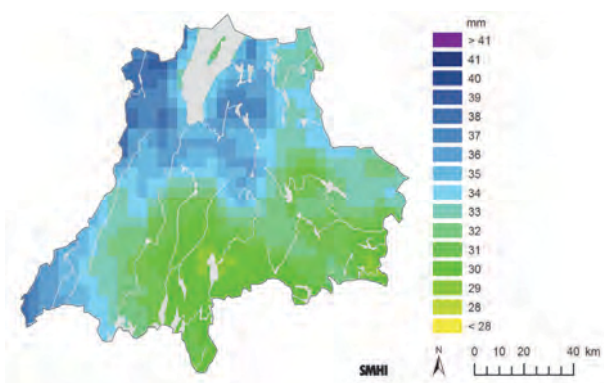
Största 1-dygnsnederbörden 1961-1990



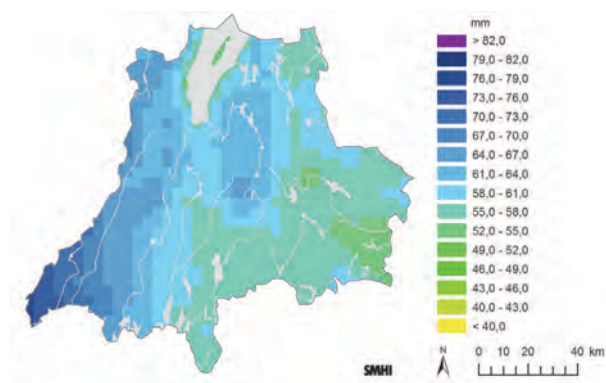
Största 5-dygnsnederbörden 1961-1990



Största 1-dygnsnederbörden 2069-2098



Största 5-dygnsnederbörden 2069-2098



Figur 5.2-6. Beräknade 30-årsmedelvärden av största dygnsnederbörd (mm) (vänster) och 5-dygnsnederbörd (mm) (höger). Övre raden visar perioderna 1961-1990 och nedre raden 2069-2098.

I figur 5.2-6 visas två kartor för vardera klimatindex. Största 1-dygnsnederbörden och 5-dygnsnederbörden uppvisar lite olika fördelningar över länet. 1-dygnsnederbörden visar störst värden längst i väster samt i närheten av Vättern. 5-dygnsnederbördens fördelning är mycket lik fördelningen av årsmedelnederbörden för länet, som främst påverkas av topografien. I framtidsberäkningarna kvarstår det geografiska mönstret men den kraftiga nederbörden ökar. För 1-dygnsnederbörden nås upp mot 40 mm på några områden och för 5-dygnsnederbörd ca 80 mm. Det bör påpekas att siffrorna gäller för hela gridrutor och för medelvärden över 30 år och innefattar alltså inte extrema skurar.

I bilaga 10 visas kartor för antal dagar per år med nederbörd över 10 mm som medelvärden för 30-årsperioderna 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 tillsammans med differenskartor för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Observerade värden för 1961-1990 och 1991-2010 visas också. Här visas två av kartorna (figur 5.2-7).

Dygnsmedelnederbörd på 10 mm förekommer i de atlantiska vädersystem som då och då passerar över länet. Därför får vi ett mönster som följer topografien, med flest dygn längst i

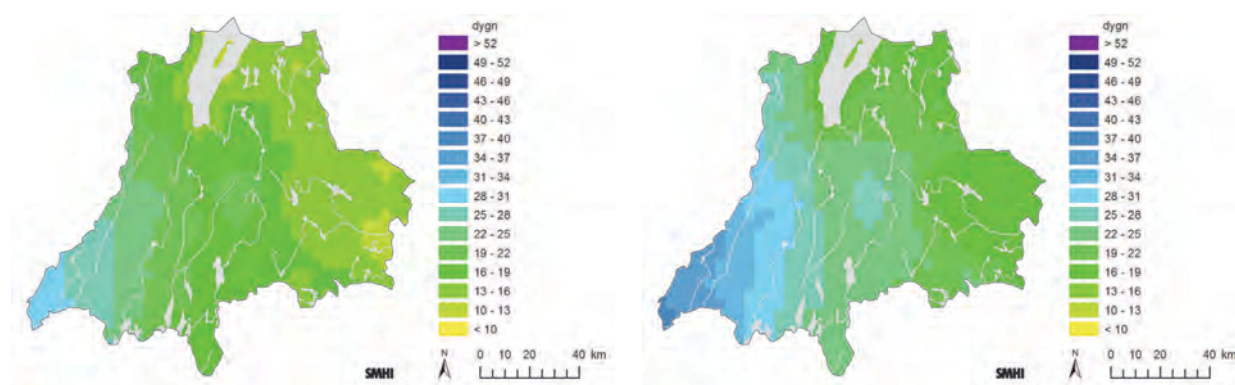
väster. Detta mönster kvarstår även mot slutet av seklet men med större antal dygn i medeltal. Det innebär att vädersystemen förväntas ge större regnmängder i framtiden.

Förändringen visas också i diagrammet i figur 5.2-9. Medelvärdet för referensperioden 1961-1990 är 15 dagar. Mot slutet av seklet har antalet dagar ökat med ungefär 5 dagar. Samma mönster syns i kartorna för längsta period per år med nederbörd över 10 mm/dygn, figur 5.2-8. Under perioden 2069-2098 har periodernas längd i medeltal ökat med ca 1 dag.

Antal dygn per år med nederbörd > 10

1961-1990

2069-2098

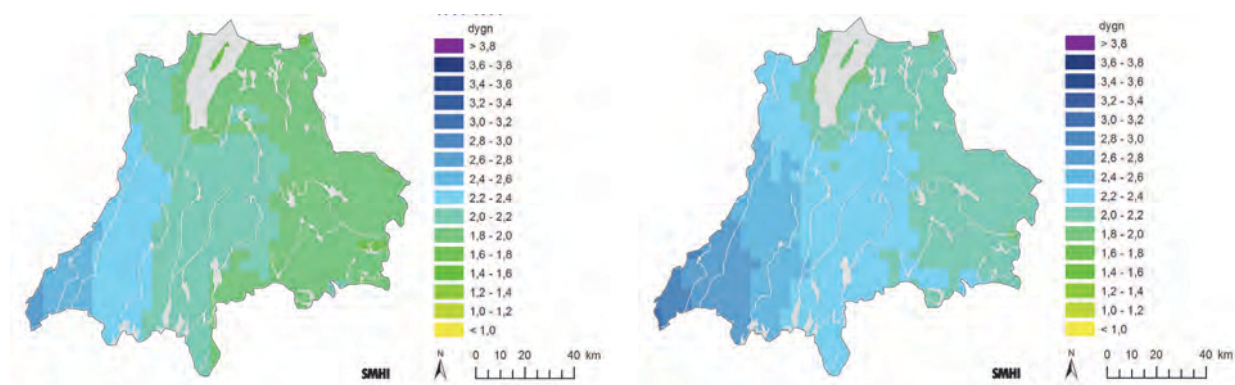


Figur 5.2-7. Beräknade 30-årsmedelvärden av antal dygn per år med nederbörd över 10 mm för perioderna 1961-1990 och 2069-2098.

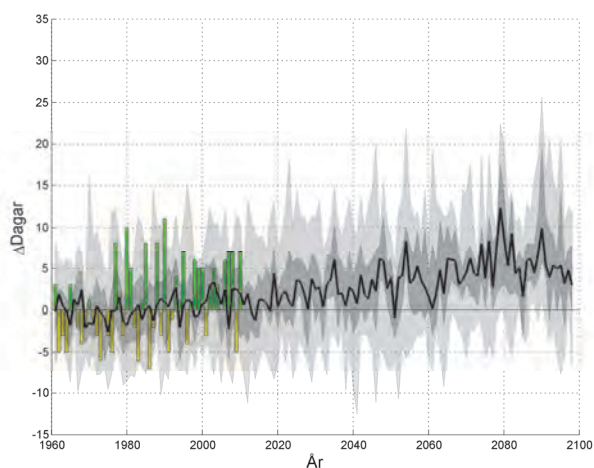
Längsta period med nederbörd > 10 mm/dygn

1961-1990

2069-2098



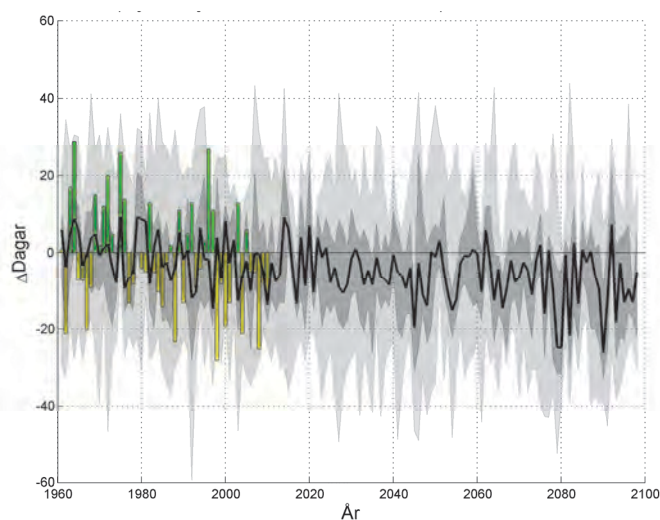
Figur 5.2-8. Beräknade 30-årsmedelvärden av längsta period med nederbörd över 10 mm/dygn för perioderna 1961-1990 och 2069-2098.



Figur 5.2-9. Beräknad utveckling av antal dygn per år med nederbörd > 10 mm i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden presenteras som gröna staplar då de överstiger referensperiodens medelvärde och som gula staplar då de understiger medelvärdena. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje

5.2.3 PERIODER UTAN NEDERBÖRD

För att urskilja antal torra dygn ur observationer och klimatscenarier används tröskelvärdet nederbörd under 1 mm. Detta index är inte detsamma som torka. Även om antalet torra dagar blir färre i ett varmare klimat är det troligt att markfuktigheten sommartid minskar på grund av ökad avdunstning. I figur 5.2-10 visas framtida utveckling av antal torra dygn baserat på de 16 klimatscenarierna. Diagrammet visar en stor variation mellan åren, både i observerade värden och beräknade värden. Referensperiodens medelvärde är 215 dagar. Trenden mot slutet av seklet är en minskning av antalet torra dagar med ca 10.

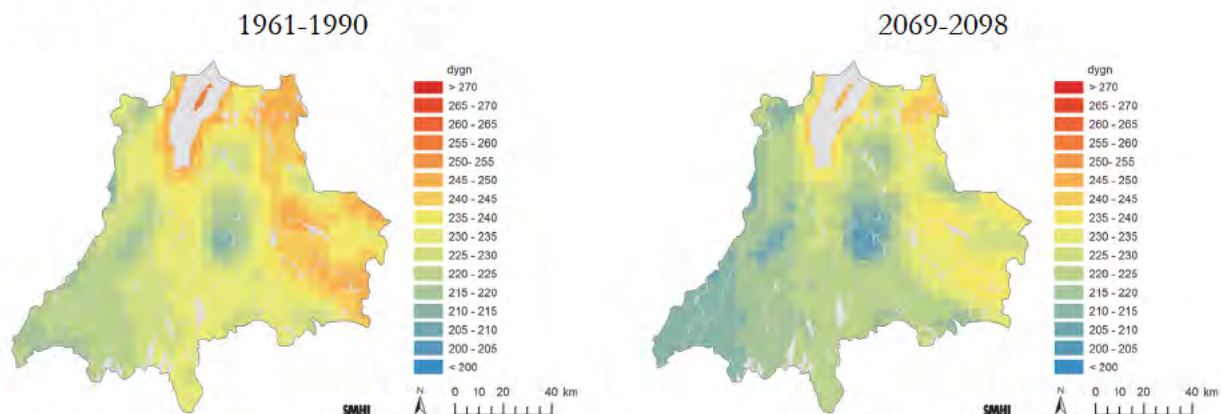


Figur 5.2-10. Beräknad utveckling av antal dygn per år med nederbörd < 1 mm i Jönköpings län baserat på samtliga klimatscenarier i tabell 4-1. Observerade värden presenteras som gröna staplar då de överstiger referensperiodens medelvärde och som gula staplar då de understiger medelvärdena. De skuggade partierna avser maximivärdet, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Medianvärdena presenteras som svart linje

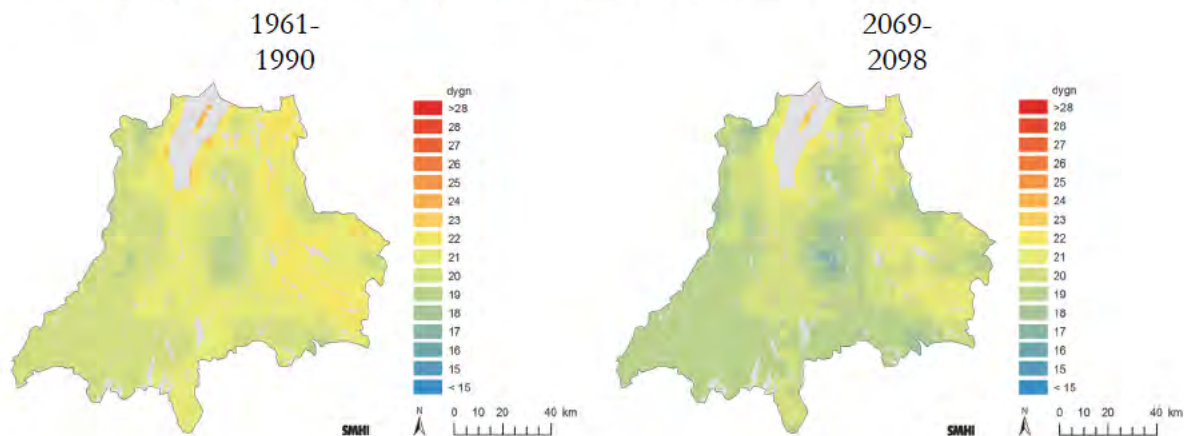
I bilaga 11 presenteras kartor med 30-årsmedelvärden över maximala antalet sammanhängande dygn per år utan nederbörd. Tröskelvärde är dygn med mindre än 1 mm nederbörd. Perioderna 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 visas tillsammans med observerade värden för 1961-1990 och 1991-2010. Om observerade och beräknade värden jämförs stämmer mönstret över länet väl men de beräknade värdena är något lägre än de observerade (se bilaga 11). Här visas kartor med beräknade 30-årsmedelvärden för perioderna 1961-1990 och 2069-2098 (figur 5.2-11).

De områden som visar flest sammanhängande dygn utan nederbörd 1961-1990 är området runt Vättern samt på östra sidan av länets högsta topografi. Beräkningarna visar att antalet torra dagar minskar över hela länet mot slutet av seklet, men det är ingen stor förändring jämfört med observationer. Figur 5.2-11 visar att även längsta sammanhängande period med torra dagar minskar, i storleksordningen ett par dagar. Samma sak gäller antalet 5-dygnspår med nederbörd under 1 mm.

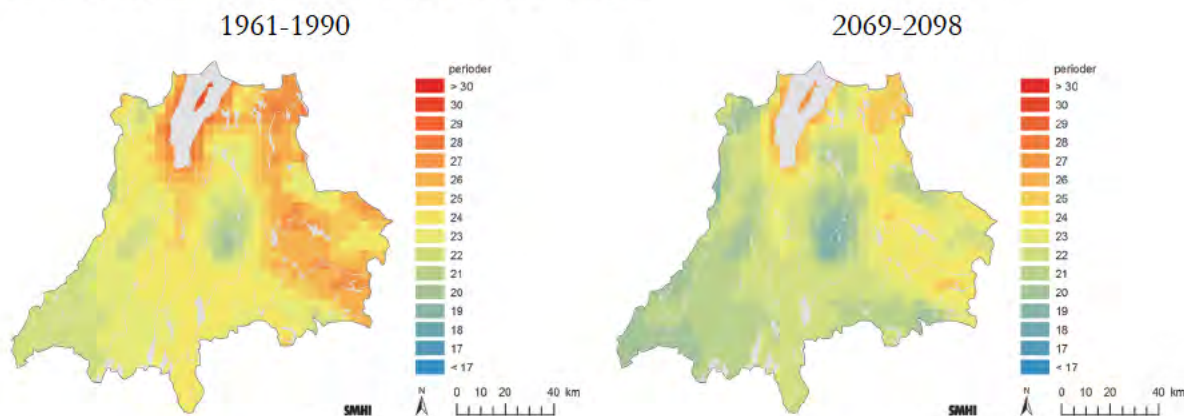
Antal torra dygn per år med nederbörd <1 mm



Maximalt antal dygn i följd per år med nederbörd < 1 mm (period utan nederbörd)



Antal torra 5-dygnsperioder definierad med tröskelvärde <1 mm











Figur 5.2-11. Tre olika klimatindex som visar förändringen i antal torra dagar. Beräknade 30-årsmedelvärden för perioderna 1961-1990 (vänster) och 2069-2098 (höger).

5.2.4 FRAMTIDA EXTREMREGN

Analys av 30-min nederbördsdata i klimatscenarier har genomförts för att bedöma hur klimatförändringen kommer att påverka kortvariga intensiva regn. Åtta regionala scenarier

har använts (tabell 5.2-1), samtliga körda för perioden 1961-2100 och nedskalade med den regionala klimatmodellen RCA3. Sex av dem har skalats ned till upplösningen 50×50 km. Ett av de globala klimatscenerierna har dessutom skalats ned till resultat på skalor 25×25 km och 12,5×12,5 km (ECHAM53-A1B).

Tabell 5.2-1. Klimatscenerier analyserade med avseende på extrem korttidsnederbörd.

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	HadCM3(Q0)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A2	ECHAM4	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	B2	ECHAM4	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI*	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	12,5 km	1961-2100

* Scenarier som sammanfaller med klimatscenerier som har använts för övriga analyser

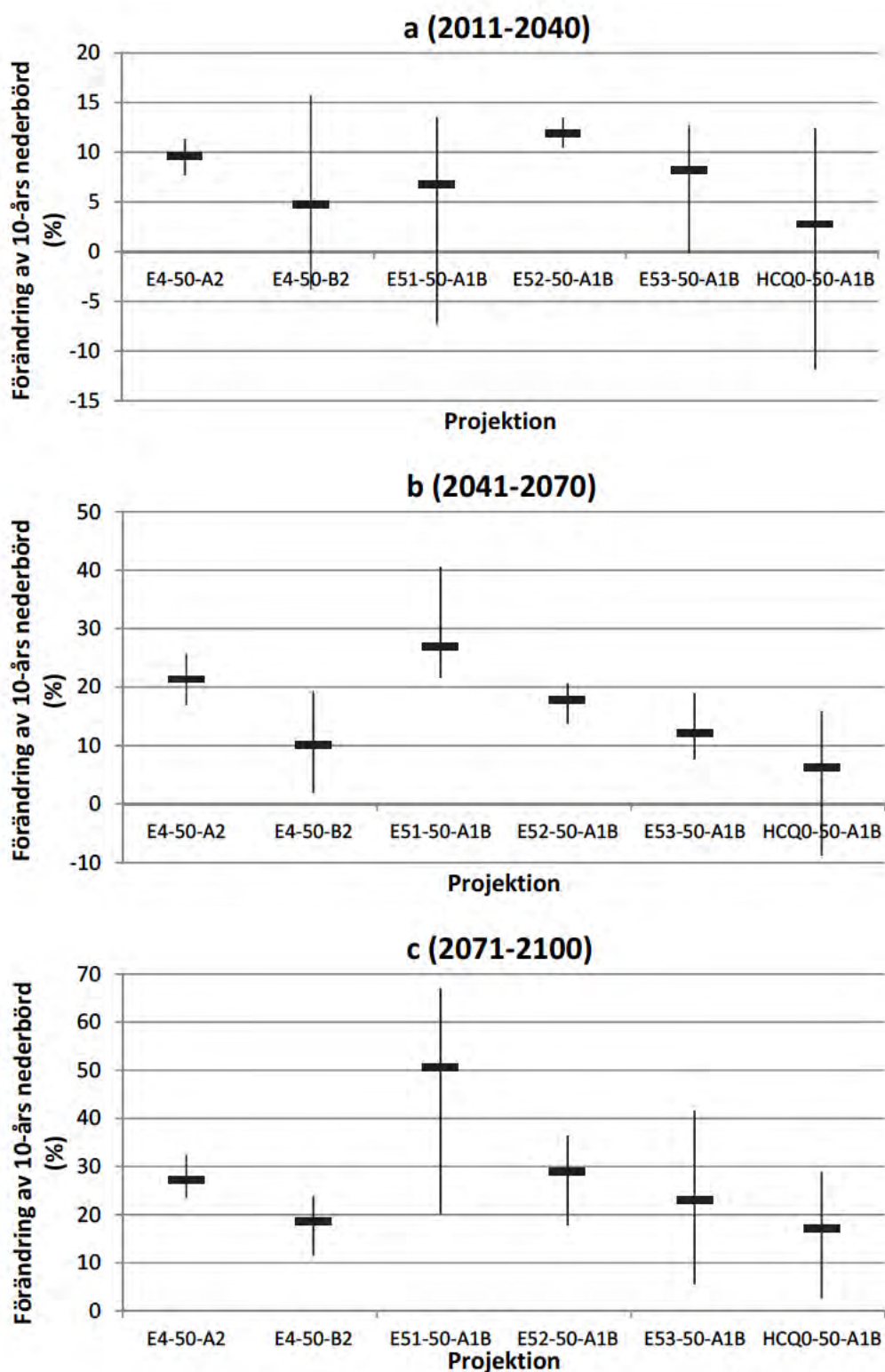
Analysen har gjorts i två steg, dels avseende resultat från scenarierna med upplösningen 50×50 km (sex scenarier) och dels för att undersöka effekten av ökad upplösning i scenarierna (tre scenarier).

I analysen av scenarierna med upplösningen 50×50 km har fyra modellgridrutor (matris 2×2) utvalts som täcker Jönköpings län. För var och en har tidsserier med 30-min nederbörd extraherats ur modellresultaten för fyra 30-års perioder: 1981-2010 (referens), 2011-2040, 2041-2070 och 2071-2100. För varje serie har en extremvärdesanalys utförts genom att beräkna årlig maximal 30-min intensitet, till dessa anpassa en Gumbel-fördelning och ur denna beräkna värdet motsvarande 10 års återkomsttid.

Resultaten visas i figur 5.2-14. Förändringen från period 1981-2010 till 2011-2040 ligger mellan 0 och 15% med ett medelvärde på 7% . I två scenarier är spridningen mellan gridrutorna liten (SMHI-E4-50-A2, SMHI-E52-50-A1B) medan den i övriga scenarier är stor. I de sistnämnda finns enskilda gridrutor som visar på en svagt minskad 10-årsnederbörd. Spridningen mellan och inom scenarierna visar på osäkerheterna i analysen vilka är betydande, allmänt eftersom det handlar om klimatscenerier och specifikt eftersom det handlar om extrem korttidsnederbörd som av naturen uppvisar en kraftig variabilitet.

Fram till period 2041-2070 sker en ökning med i genomsnitt 16% med en spridning inom varje scenario som är likartad den tidigare perioden. Även för denna period finns i ett scenario (SMHI-HCQ0-50-A1B) en gridruta i vilken 10-årsnederbörden minskar, men för övrigt är det en konsistent ökning. Fram till perioden 2071-2100 finns inget resultat som visar minskad nederbörd utan enbart ökningsindikeras med i genomsnitt 27,5% . Scenarierna ligger tämligen samlat kring detta värde förutom scenario SMHI-E51-50-A1B som indikerar en ökning på över 50% med upp till nästan 70% för en av gridrutorna.

Totalt sett visar resultaten på en i stort sett oförändrad korttidsnederbörd under de närmaste decennierna. Därefter sker en gradvis förändring till ca 10-20% ökning fram till mitten av seklet och uppemot 30% ökning i slutet av det.

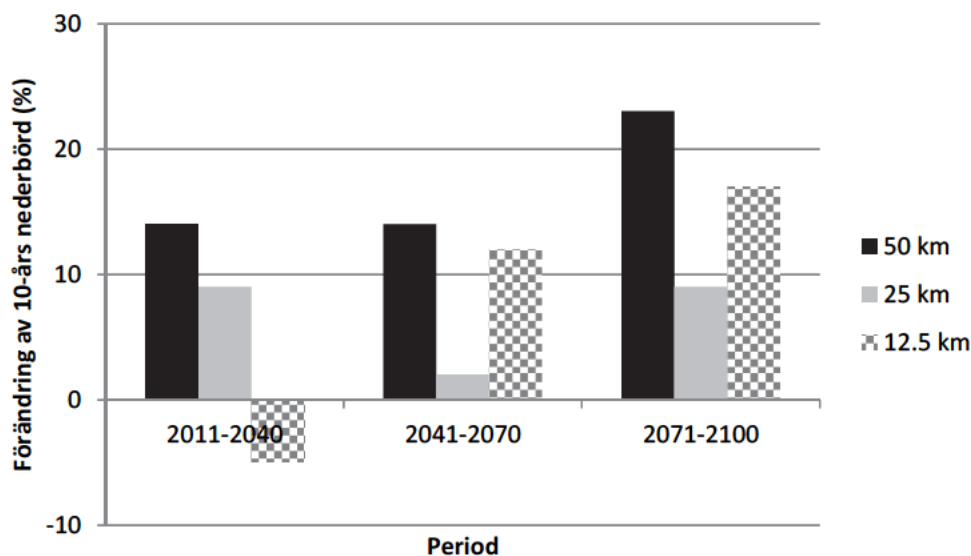


Figur 5.2-12. Förändring av 30-min nederbörd med 10 års återkomsttid från period 1981-2010 till period 2011-2040 (överst), 2041-2070 (mitten) och 2071-2100 (nederst). Horisontellt streck betecknar medelvärdet för de fyra gridrutorna; vertikalt streck spridningen inom dessa.

Vidare gjordes en analys av inverkan av klimatmodellens rumsliga upplösning på resultatet. För scenario ECHAM53-A1B (tabell 5.2-1) finns förutom resultat på skala 50×50 km även resultat på skalor 25×25 km och 12,5×12,5 km. Ur dessa scenarier extraherades data från ett område som täcker Jönköpings län. I detta fall användes ett större område än tidigare, nio gridrutor (matris 3×3) på 50 km skalan, för att säkerställa ett någorlunda stabilt resultat. Dessutom analyserades nederbörd på både 30-min och 1-h skala och resultaten nedan är ett genomsnitt av dessa.

Eftersom datamaterialet skiljer sig något från det som analyserades tidigare med avseende på område och tidsupplösning är resultatet från 50 km skala något annorlunda det i figur 5.2-12 (figur 5.2-13). Den genomsnittliga ökningen från period 1981-2010 till 2011-2040 är något större i figur 5.2-13 och ökningen till period 2071-2100 något lägre, men totalt sett är mönstret detsamma. Resultaten från skalorna 25 och 12,5 km visar konstant på en mindre framtida ökning av korttidsnederbörden än vad som indikerades på skalan 50 km. I 25 km scenariot ligger ökningen på ca 5% till samtliga framtidsperioder, vilket snarast måste tolkas som oförändrade förhållanden mot bakgrund av osäkerheterna. I 12,5 km scenariot sker en gradvis ökning fram till slutet av seklet, dock något lägre än på 50 km skalan.

Resultaten indikerar att den framtida ökningen av lokal extrem korttidsnederbörd kan bli något lägre än vad som visades i figur 5.2-12. Osäkerheten är dock stor eftersom resultaten bara bygger på ett enskilt scenario.



Figur 5.2-13. Genomsnittlig förändring av korttidsnederbörd med 10 års återkomsttid från referensperioden 1981-2010 till perioderna 2011-2040, 2041-2070 och 2071-2100 för scenariot ECHAM53-A1B med upplösningarna 50 km, 25 km och 12,5 km.

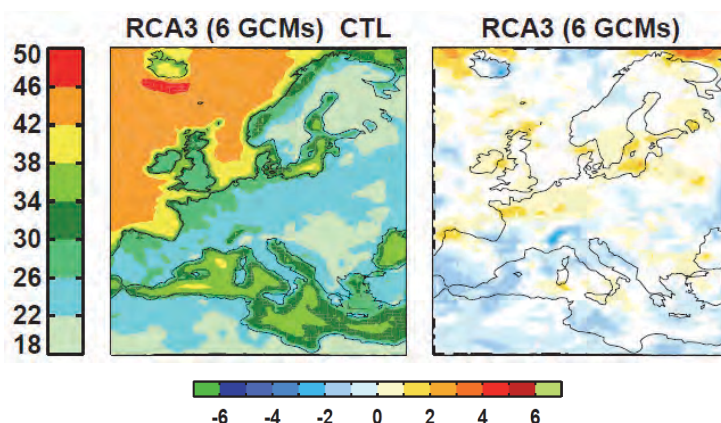
5.3 Extrema vindar

Nikulín m.fl. (2011) har studerat den framtida utvecklingen av extremväder över Skandinavien och Europa. Analyser av resultat från en regional klimatmodell har gjorts, driven av sex olika globala klimatmodeller med utsläppsscenario A1B. Den studerade perioden är 2071-2100 och jämförelseperioden 1961-1990.

Vad gäller extrema vindförhållanden är modellresultaten något spretiga. För Jönköpings län antyder några modeller att starka vindar kan öka med upp mot 2 m/s för vindar med 20

års återkomsttid. En svag minskning med ned mot 1-2 m/s kan ses i två av modellerna. Det sammanvägda resultatet av de sex beräkningarna (ensemblemedelvärde) ger en svag ökning upp mot 1 m/s. Ensemblemedelvärdet för vindar med återkomsttid 20 år perioden 1961-1990 ligger runt 18-26 m/s för regionen (figur 5.3-1).

Spridningen i modellresultaten gör det svårt att dra tydliga slutsatser. Författarna drar slutsatsen att med fler modeller i ensemblen skulle troligen strukturen i ensemblemedelvärdet också förändras. De anser dock att den ökning av extremvindar som kan ses för Österjön är mest robust eftersom den syns i 5 av de sex modellresultaten. Arbetet med att kartlägga processerna som är viktigast för att förstå utvecklingen av vindarna fortsätter.



Figur 5.3-1. Modellberäknade ensemblemedelvärden (6 globala klimatmodeller) av extrema vindar (20-års återkomsttid) i m/s 1961-1990 (vänster) och ensemblemedelvärden av förändring i extrema vindar till 2071-2100. Differenskartan visar endast signifikanta förändringar (10% signifikansnivå).

5.4 Övriga relevanta klimatfaktorer

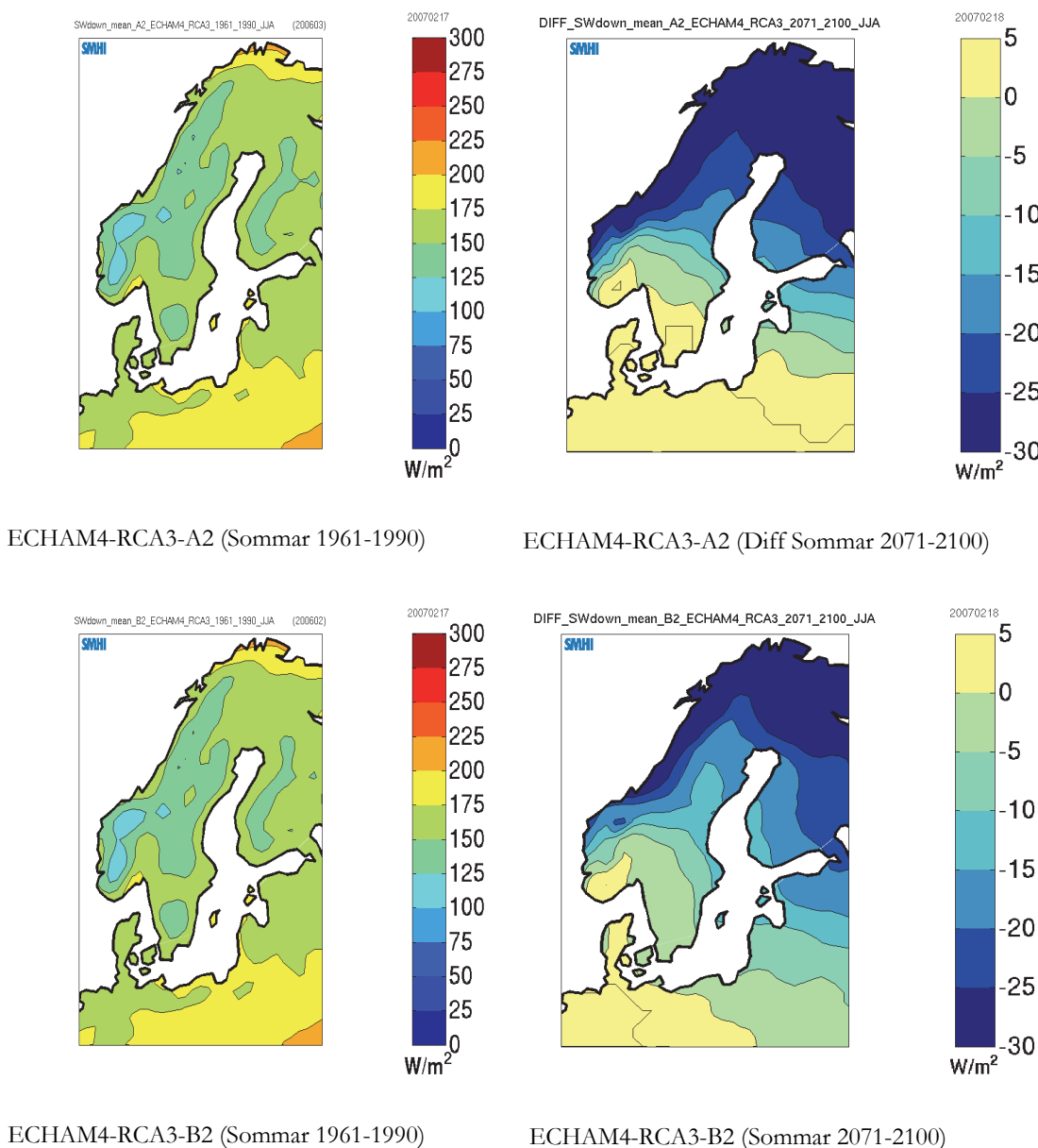
Texter inom detta avsnitt är sammanställda från de analyser och resonemang som fördes inom Klimat och Sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). Sammanställningarna har hämtats från klimatunderlaget till denna utredning (Persson m. fl., 2007). Även om resultaten från dessa studier inte specifikt var inriktade mot enskilda regioner i landet har sammanställningen gjorts med inriktning på Jönköpings län.

Notera att de klimatscenarier som användes inom dessa studier huvudsakligen skiljer sig från det underlag som används till klimatanalys för Jönköpings län i denna rapport. Klimatscenarierna har tagits fram utgående från två olika globala klimatmodeller HadAM3H och ECHAM4/OPYC3 och två utsläppscenarier, A2 och B2. De regionala beräkningarna baseras på två modellversioner, RCAO och RCA3.

5.4.1 SOLINSTRÅLNING

Långvågig strålning i Jönköpings län varierar beroende på säsong från ca 250-300 W/m² på vintern till ca 325-375 W/m² under sommaren. Strålningsintensiteten i de framtida klimatscenarierna ökar med ca 20-30 W/m² oberoende av säsong.

Medelvärde för kortvågig strålning är hög under sommaren, ca 150 W/m², och nära noll under vintermånaderna. De framtida scenarierna visar att kortvågig strålning i stort sett är oförändrad, eller möjligen något minskande för samtliga årstider. Se exempel för klimatscenerierna RCA3-ECHAM4-A2 och RCA3-ECHAM4-B2 under sommarmånaderna i figur 5.4-1.

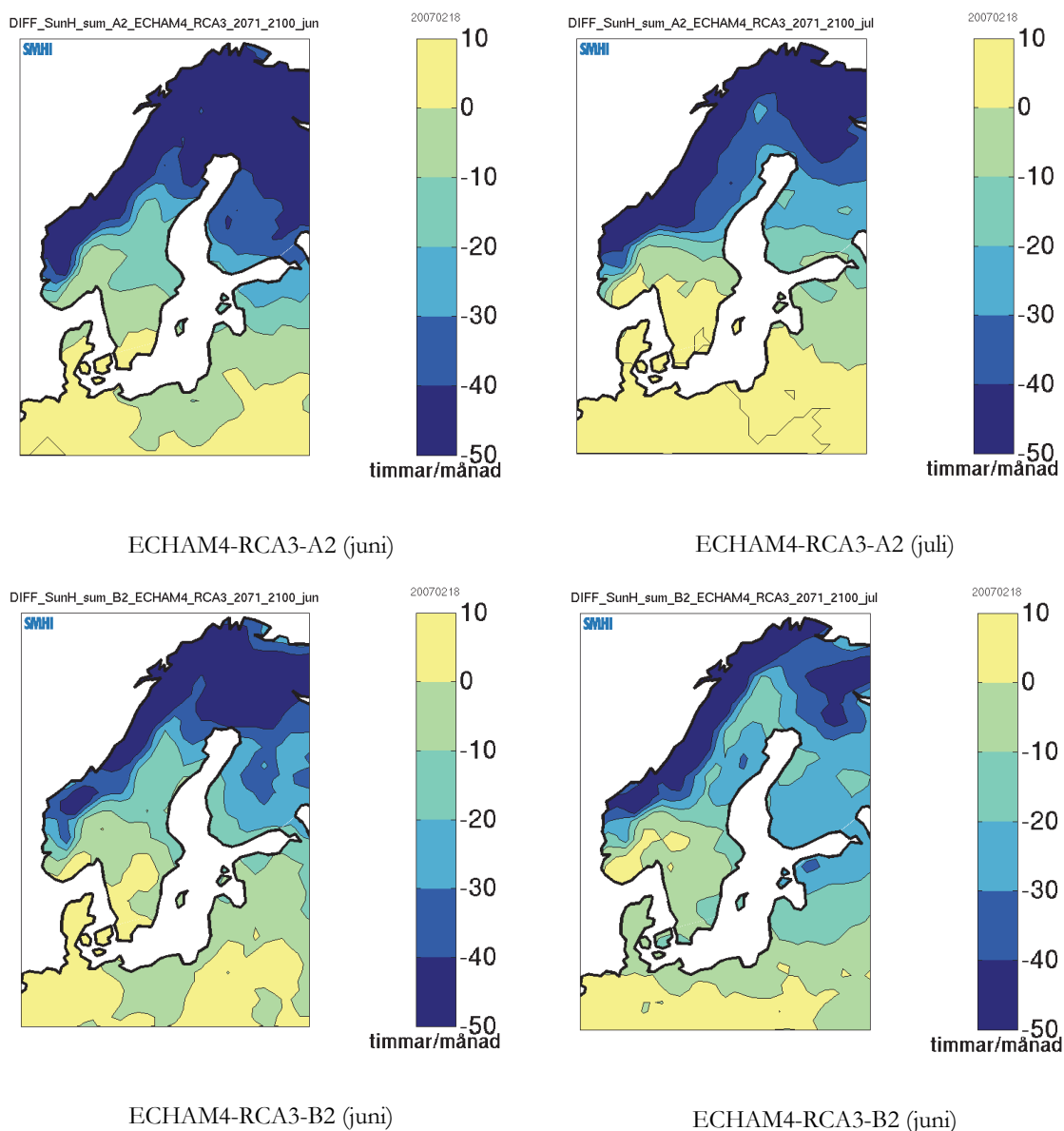


Figur 5.4-1. Beräknad kortvågig strålning under sommarmånaderna juni, juli och augusti. Tidsperioden 1961-1990 finns i den vänstra kolumnen och den framtida perioden 2071-2100 finns i den högra. En liten minskning kan ses för Jönköpings län mellan de båda tidsperioderna. Från Persson m.fl., 2007.

5.4.2 MOLNIGHET OCH SOLSKENSTIMMAR

Beskrivningen av molnighet i klimatmodellerna innehåller stora osäkerheter. För att få en uppfattning om molnigheten kan antalet solskenstimmar studeras. I figur 5.4-2 visas förändringen av solskenstimmar i juni och juli för perioden 2071-2100 jämfört med referens-

perioden 1961-1990, från de två olika utsläppsscenarierna A2 och B2. I juni syns en liten ökning av solskenstimmar i scenario B2, men en minskning i scenario A2. I juli visar scenario A2 på en ökning av antalet solskenstimmar och B2 på en minskning. Det finns alltså ingen entydig trend när det gäller solskenstimmar och molnighet i framtiden.



Figur 5.4-2. Beräknad förändring i solskenstimmar i juni (vänstra kolumnen) och juli (högra kolumnen) för perioden 2071-2100 jämfört med perioden 1961-1990. Övre raden visar scenario A2 och undre B2. Från Persson m.fl., 2007.

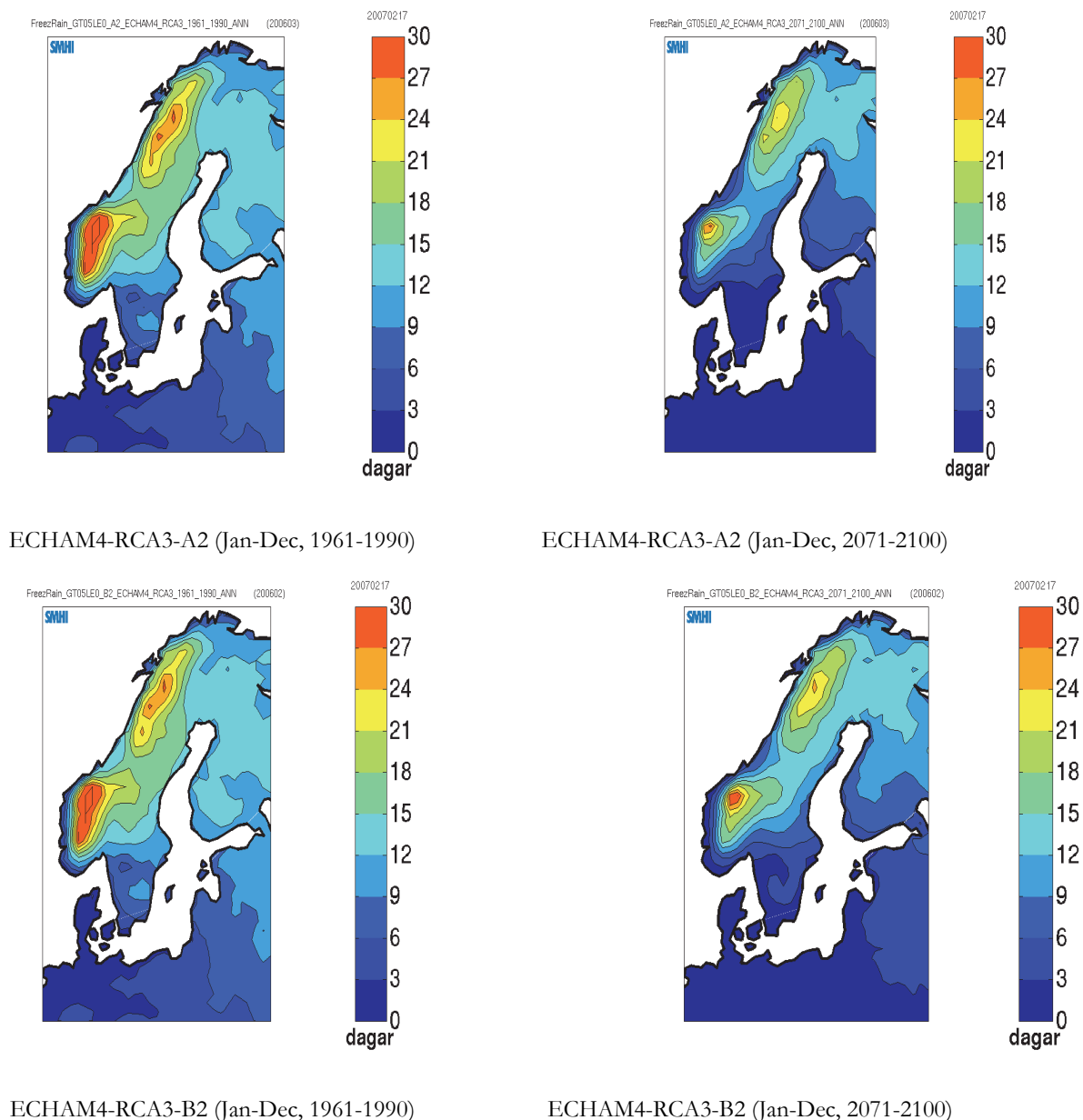
5.4.3 ÅSKA OCH BLIXTAR

Åska modelleras inte i dagens klimatmodeller och är därför en svårbedömd variabel. Gode m.fl. (2007) har dock gjort bedömningen att risken för åska väntas öka i framtiden.

5.4.4 UNDERKYLT REGN

Persson m.fl. (2007) tog fram ett index för att fånga väderförhållanden med risk för underkyllt regn. Indexet beräknades som antalet dagar med en maxtemperatur som inte når över smältpunkten i kombination med mer än 0,5 mm regn.

Framtida förekomst av underkyllt regn kommer att bestämmas av förändring av nederbörd samt förändring i temperatur. För Jönköpings län kommer underkyllt regn att bli mer ovanligt som en följd av det varmare klimatet. Se exempel för klimatscenerierna RCA3-ECHAM4-A2 och RCA3-ECHAM4-B2 i figur 5.4-3.



Figur 5.4-3. Års medelvärden av antalet dagar med underkyllt regn. Tidsperioden 1961-1990 visas i den vänstra kolumnen och den framtida perioden 2071-2100 i den högra. I övre raden visas scenario A2 och i den nedre scenario B2. För Jönköpings län ses en minskning av antalet dagar som en följd av det varmare klimatet. Från Persson m.fl., 2007.

5.4.5 LUFTFUKTIGHET

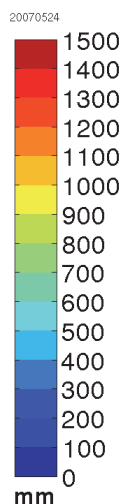
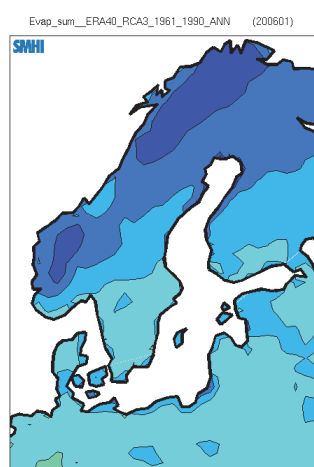
Avseende relativ luftfuktighet är det svårt att hitta relevanta studier. Gode m.fl. (2007) konstaterar dock att klimatmodellerna endast pekar på ringa förändringar av den relativa luftfuktigheten.

5.4.6 AVDUNSTNING

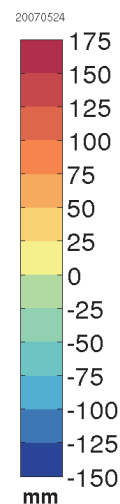
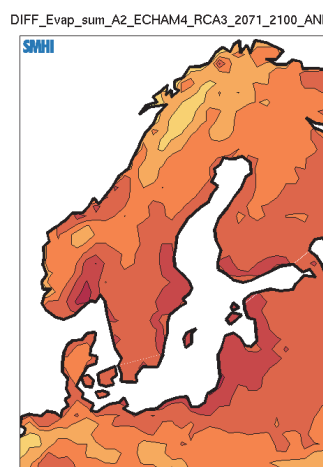
Den verkliga avdunstningen (ibland kallad aktuell avdunstning) beror på hur stor den potentiella avdunstningen är och hur mycket vatten som finns tillgängligt för avdunstning. Med potentiell avdunstning avses den mängd vatten som kan avdunsta vid fri tillgång på vatten (exempelvis från en vattenyta). Eftersom den verkliga avdunstningen beror på hur mycket vatten som finns tillgängligt går det därför inte att jämföra avdunstning från två olika modeller, då storleken på avdunstningen är beroende på vilken vattentillgång som modellen beräknat (t.ex. markfuktighet). Av denna anledning så beräknas avdunstning både i klimatmodellerna och i den hydrologiska modellen. I den hydrologiska modellen antas förändringen av den potentiella avdunstningen vara proportionell mot temperaturändringen. Detta är ett förenklat antagande som gäller inom de klimatvariationer som modellen har kalibrerats för. Av denna anledning är det bättre att studera förändringar av avdunstningen som ges direkt av klimatmodellerna.

Avdunstningen i Jönköpings län uppgår i dagens klimat till omkring 500 mm/år. De framtida scenarierna pekar på att avdunstningen kommer att öka på grund av ökad temperatur. I figur 5.4- 4 visas exempel för klimatscenerierna RCA3-ECHAM4-A2 och RCA3-ECHAM4-B2 för perioden 2071-2100 jämfört med perioden 1961-1990. Även den historiska perioden är beräknad med klimatmodellerna, men har då utnyttjat observerade data från ERA40 (så kallad återanalys) som utgångspunkt för beräkningen. Kartorna visar att avdunstningen beräknas öka med mellan 75-150 mm/år för Jönköpings län, vilket motsvarar 15-30% ökning.

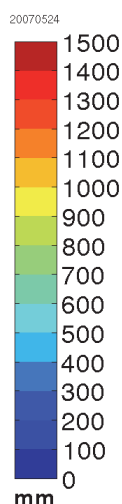
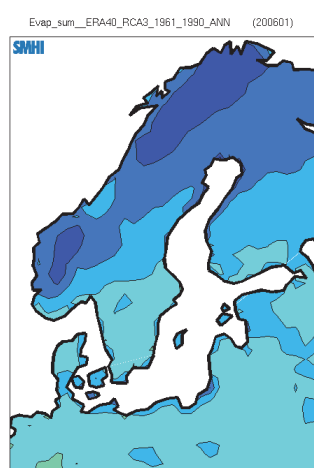
ERA40-RCA3 (1961-1990)



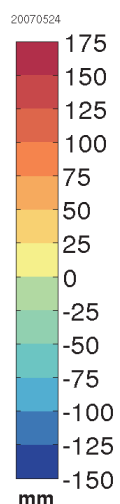
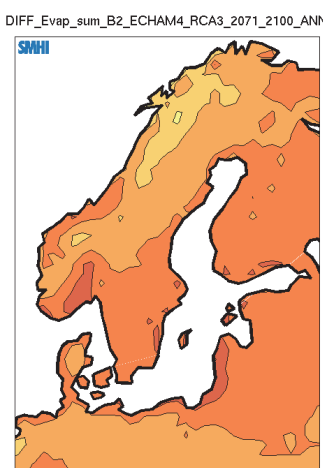
ECHAM4-RCA3-A2 (2071-2100)



ERA40-RCA3 (1961-1990)



ECHAM4-RCA3-B2 (2071-2100)

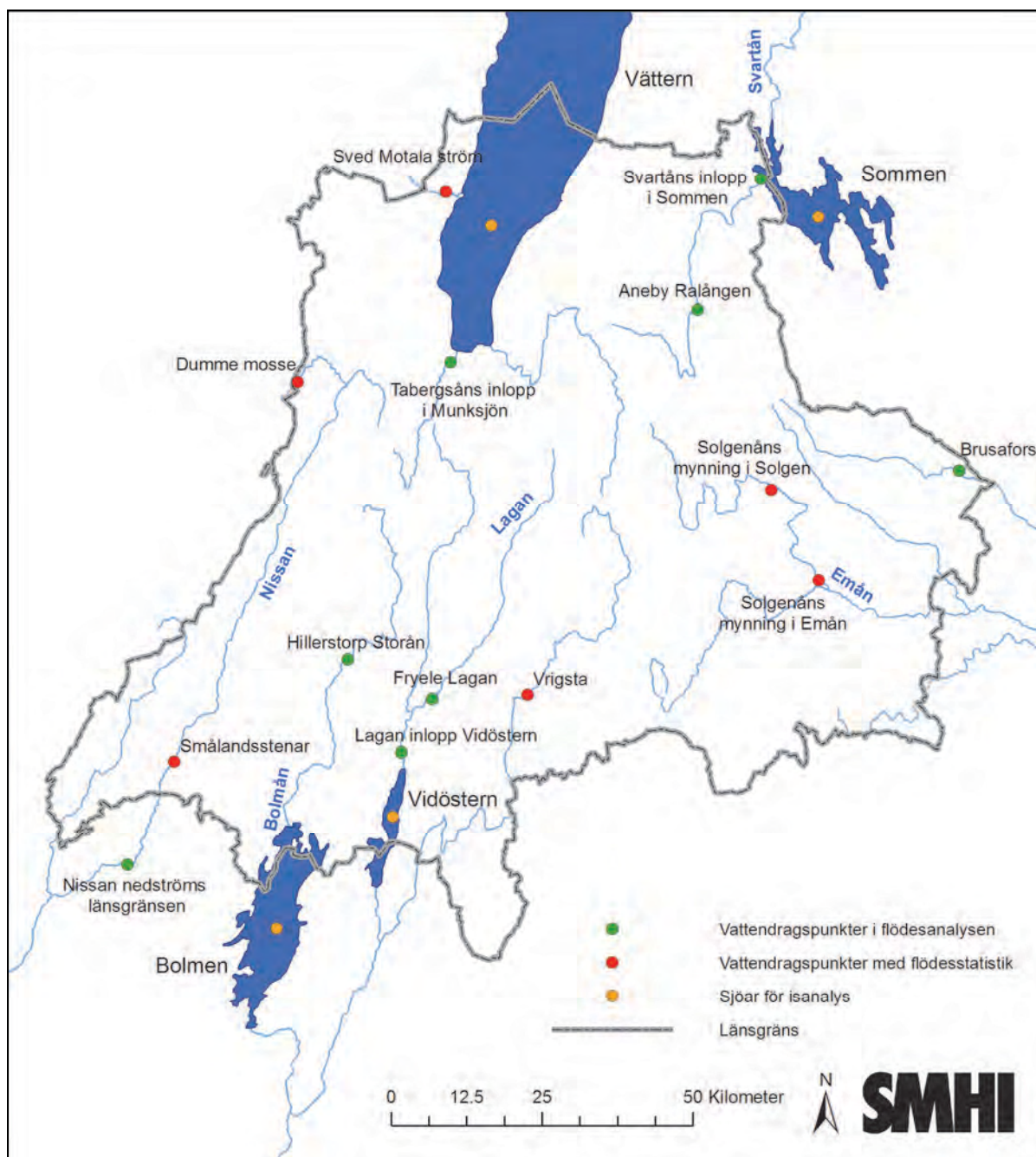


Figur 5.4-4. Beräknad årlig förändring av verklig avdunstning (mm/år) för perioden 2071-2100 (till höger) enligt två klimatscenarier jämfört med perioden 1961-1990 (till vänster).

5.5 Vattenföring

Vattenföring är benämningen för den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och mäts ofta i kubikmeter per sekund (m^3/s). Vattenföringen på en plats i ett vattendrag är densamma som den totala tillrinningen från hela uppströms avrinningsområdet. Varje vattendrag har sin egen rytm och storleken på flödet varierar under året främst med klimatet i avrinningsområdet men också till följd av eventuella regleringar (se ex. fig. 3-9). Sjöar har en utjämnande effekt på vattenföringen i ett vattendrag, vilket beror på att en sjös utlopp på ett naturligt sätt begränsar utflödet. Under perioder med hög tillrinning kommer således vatten att magasineras i en sjö, sjöns nivå stiger, och flödet ur sjön blir mindre än det totala

tillflödet. Den dämpande effekten styrs framförallt av sjöns areal och utloppets avbördningsförmåga, dvs. utformningen av utloppet och förhållandena nedströms sjön.



Figur 5.5-1. Översiktskarta över Jönköpings län med markering för vattendragspunkter som har använts i flödesanalysen (gröna), vattendragspunkter med beräknad 100-årsvattenföring (röda) samt de sjöar som har studerats avseende isläggning och islossning.

Tabell 5.5-1 redovisar den beräknade 100-årsvattenföring i dagens klimat för de vattendrag som behandlas vidare under analysen i detta avsnitt (se figur 5.5-1). I tillägg till dessa beräkningspunkter finns också statistik för ytterligare sex vattendragspunkter, som inte sam-

manfaller med beräkningspunkterna i den hydrologiska modellen. För dessa har den framtida förändringen tolkats från närliggande vattendragspunkter i den hydrologiska modellen. I kartan är platserna för vattenföringsberäkningarna och statistikberäkningarna markerade.

Tabell 5.5-1. Beräknade 100-årsvattenföringar för utvalda vattendrag i Jönköpings län i dagens klimat enligt SMHI:s flödesstatistik (HQ 100). Den beräknade 100-årsvattenföringen vid århundradets slut enligt 25:e och 75:e percentilen av klimatscenerierna.

	Huvud-vattendrag	Plats	100-års vattenföring (m ³ /s)	
			Idag	Framtida förändring 25-75 percentiler (m ³ /s)
67	Motala ström	Tabergsåns inlopp i Munksjön (Svartån)	40	40-48
67	Motala ström	Svartåns inlopp i Ralången	30	30-35
67	Motala ström	Svartåns utlopp i Sommen	53	56-68
74	Emån	Brusaån vid pegel Brusafors	21	16-19
98	Lagan	Härån vid pegel Fryele	83	75-88
98	Lagan	Lagans inlopp i Vidöstern	120	108-125
98	Lagan	Storån vid Hillerstorp	42	41-49
101	Nissan	Nedan Träppaån vid länsgränsen	148	146-177
67	Motala ström	Sved Motala ström*	5,5	5,5-7,3
74	Emån	Solgenåns mynning i Solgen*	31	28-31
74	Emån	Solgenåns mynning i Emån*	39	34-39
101	Nissan	Nedom Ängån* (strax nedan Smålands stenar)	132	130-158
98	Lagan	Vrigsta*	80	71-87
101	Nissan	Dumme mosse*	2,0	1,3-1,7

* Den framtida förändringen har tolkats från närliggande vattendragspunkter i den hydrologiska modellen

5.5.1 VATTENFÖRINGENS SÄSONGSVARIATION

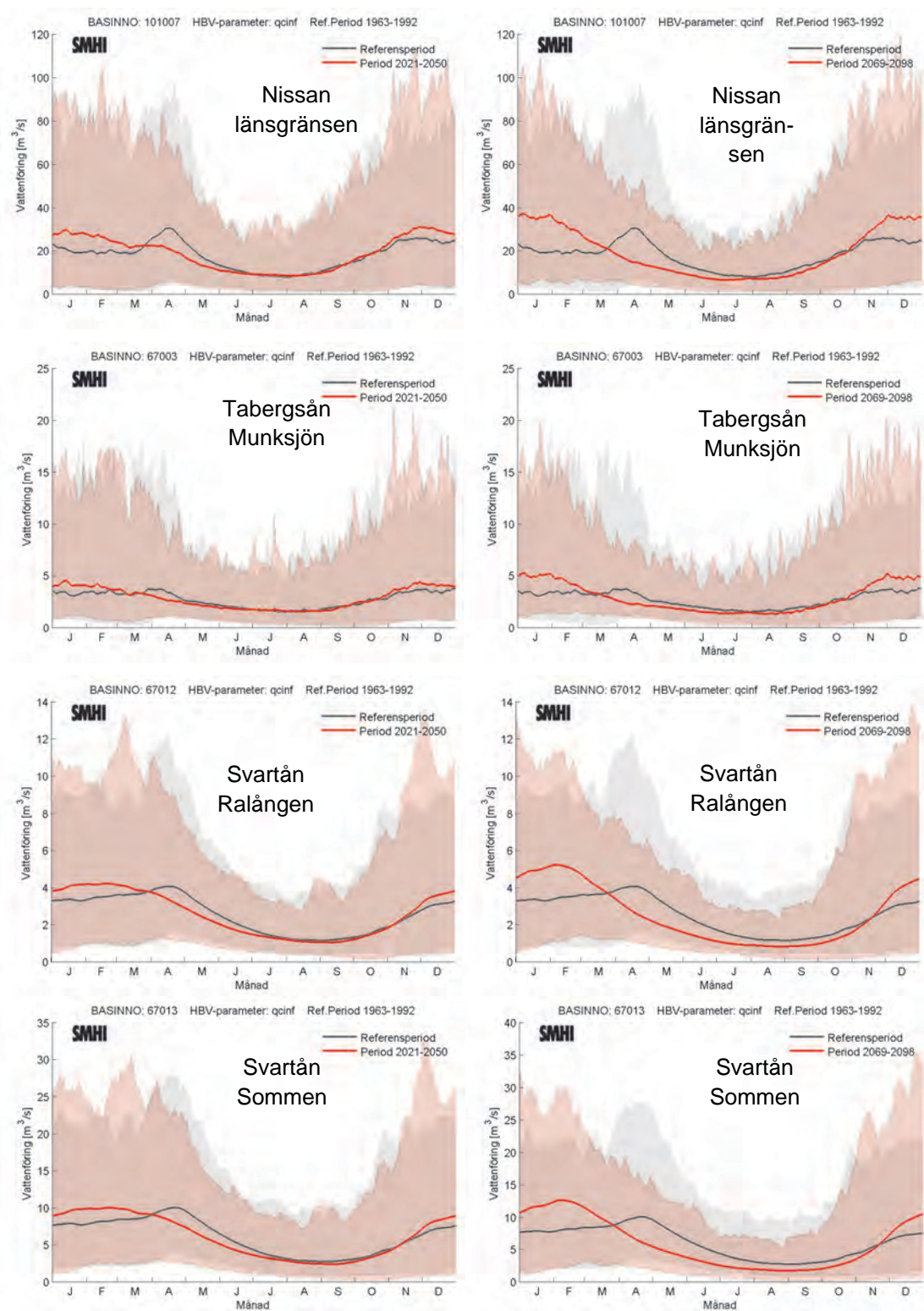
I figurerna 5.5-2 och 5.5-3 presenteras beräknad flödesvariation under året för Nissan vid länsgränsen, Tabergsåns inlopp i Munksjön, Svartåns inlopp i Ralången, Svartåns utlopp i Sommen, Emån vid Brusafors, Härån vid Fryele, Lagans inlopp i Vidöstern och Storån vid Hillerstorp för den totala tillrinningen (total vattenföring). Att den totala tillrinningen är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten från uppströms delavrinningsområden är inräknat. Beräkningarna avser oreglerade förhållanden.

För varje vattendrag visas beräkningar för perioden 2021-2050 samt 2069-2098 tillsammans med referensperioden 1963-1992. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden presenteras med en heldragen mörk linje och för den analyserade framtida perioden presenteras medelvattenföringen som en heldragen röd linje. De färgade fälten visar spannet mellan 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala respektive minimala värde under året av alla klimatscenerier. Grått fält visar variationen under referensperioden och rött fält visar variationen för angiven framtida period. Notera att även referensperioden 1963-1992 har beskrivits med drivdata från klimatsimuleringarna.

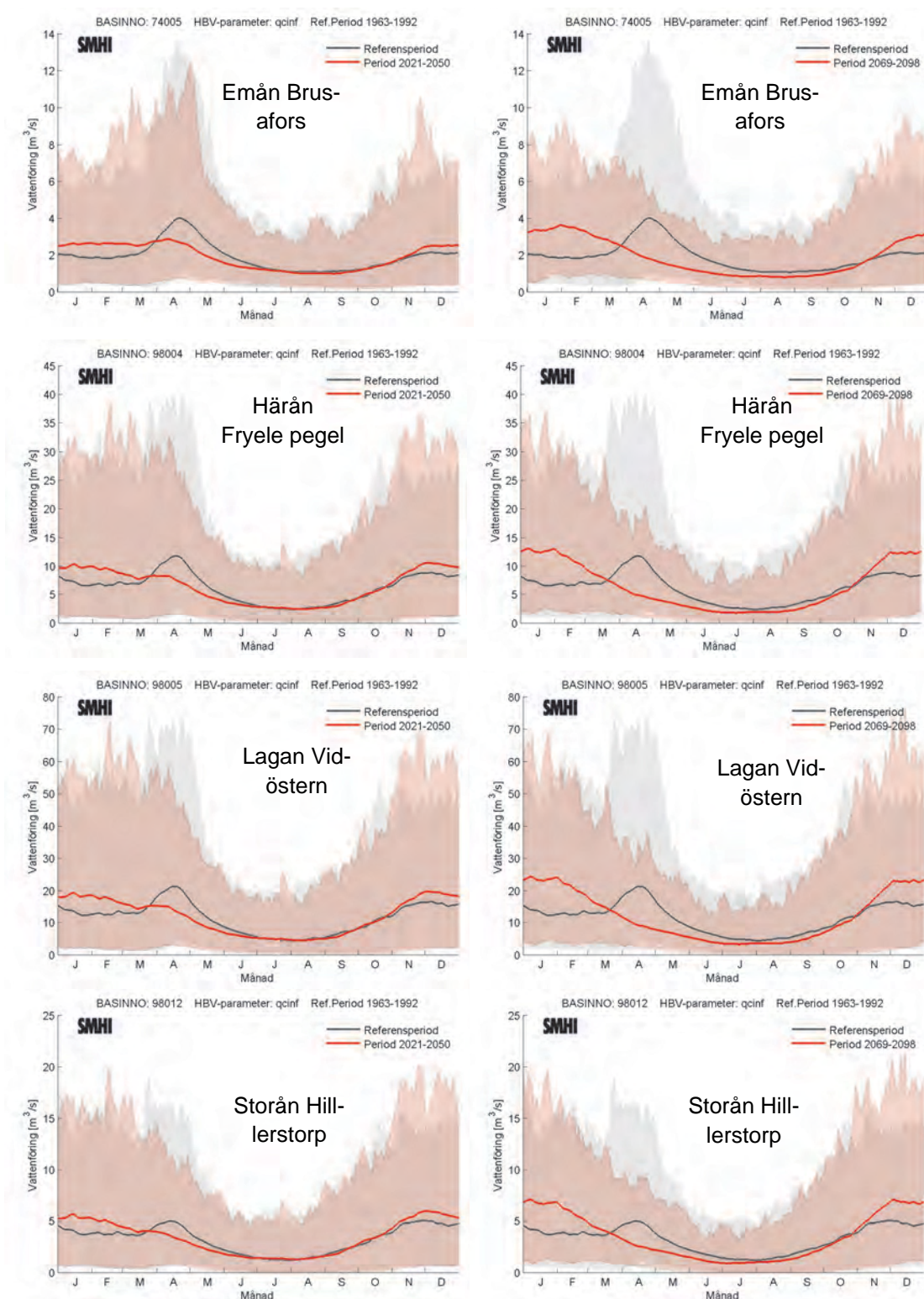
För samtliga vattendrag ökar vattenföringen i början och slutet på året och minskar under våren och vanligen också under sommaren. Den förändring i säsongsdynamiken som ses för perioden 2021-2050 jämfört med 1961-1990 förstärks för perioden 2069-2098 (figurerna 5.5-2 och 5.5-3). Den för dagens klimat vanliga säsongsdynamiken med en flödestopp på våren, vilket syns tydligast för Nissan, Svartån, Emån och Lagan, har försvunnit redan

2021-2050 (med undantag av Emån). Perioden med låga vattenföringar blir längre och vattenföringen under denna period i medeltal lägre än tidigare.

Förändringarna orsakas av ökad nederbörd under vintern och med mindre mängd som lagras i form av snö beroende på högre temperaturer. Det gör att flödet ökar under vintern samtidigt som snösmältningen på våren minskar eller helt uteblir vissa år. Avdunstningen under (nuvarande) vår- och höstperioder ökar eftersom temperaturen ökar och växterna därmed har en längre säsong. Det leder till att mindre mängd av nederbörden kommer till vattendragen.



Figur 5.5-2. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helledragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och helledragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5.5-3. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helledragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och helledragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna. Medelvattenföring

5.5.2 MEDELVATTENFÖRING

Analysen av hur den av klimatet påverkade framtida medelvattenföringen kan bli för vattendrag i Jönköpings län presenteras i detta avsnitt. Även den lokala tillrinningen kommenteras.

Figurerna 5.5- 4 till 5.5-12 visar medianvärdet av förändringen av total medelvattenföring på årsbasis samt säsongvis för Nissan vid länsgränsen, Tabergsåns inlopp i Munksjön, Svartåns inlopp i Ralången, Svartåns inlopp i Sommen, Emån vid Brusafors, Härån vid Fryele, Lagans inlopp i Vidöstern och Storån vid Hillerstorp (tabell 5.5-1) för samtliga klimatscenarier under detta sekel relativt referensperioden 1963-1992. I samma figurer visas även maxvärde, minvärde, 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers medelvattenföring för samma perioder. Figurerna avser den totala tillrinningen (total vattenföring), dvs. det vatten som tillkommer från uppströms avrinningsområden tillsammans med tillrinningen från respektive delavrinningsområde (den lokala tillrinningen). Detta bildar vattenföringen i det sammanlagda avrinningsområdet utloppspunkt.

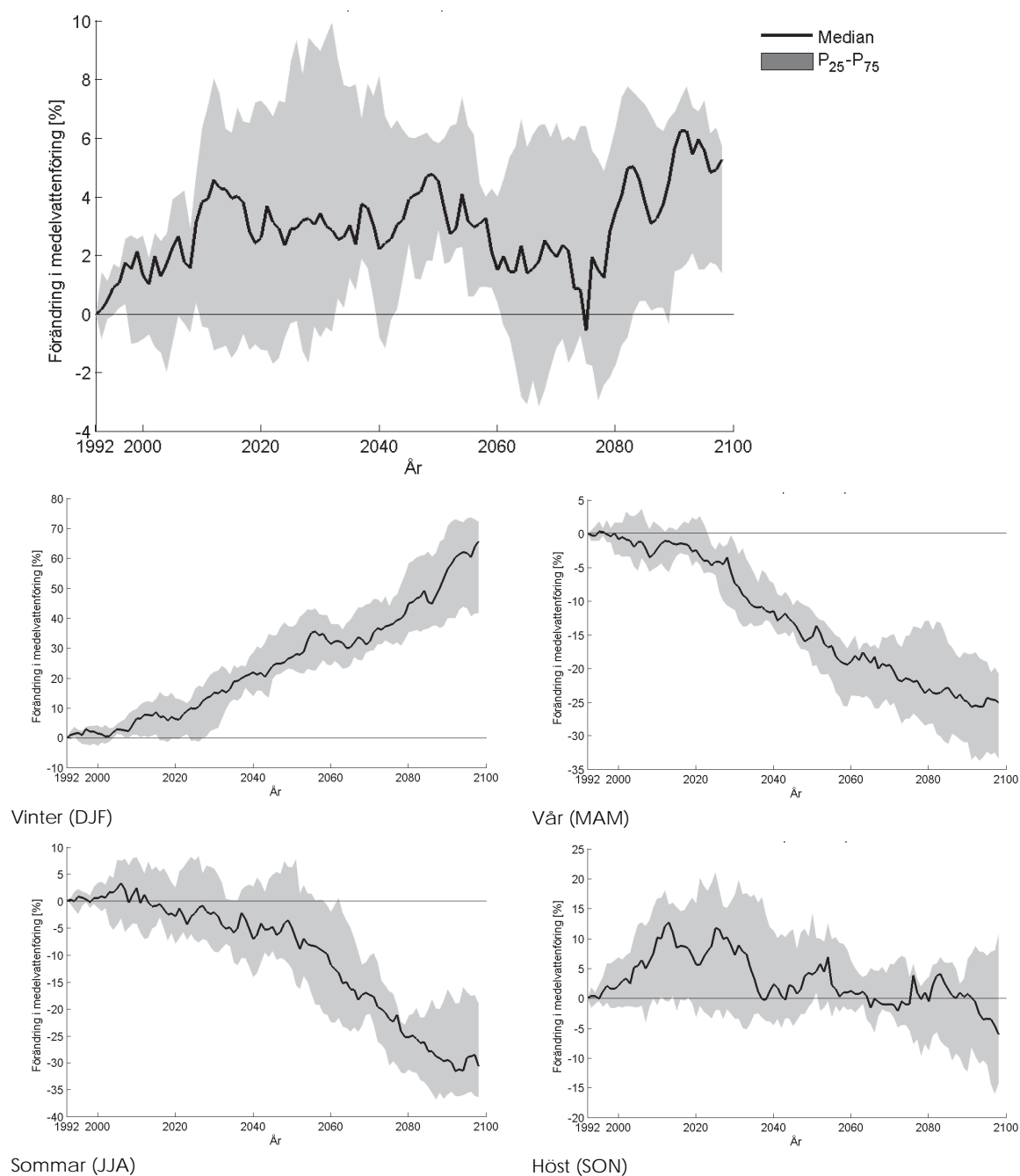
Medeltillrinningen har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (dvs. 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för samtliga klimatscenarier. Medeltillrinningen beräknad för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknad medeltillrinning för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på medeltillrinningen uttrycks i procent.

En schematisk sammanfattande tabell beskriver den utveckling som kan ses i figurerna 5.5-4 till 5.5-11 för respektive vattendrag (tabell 5.5-2). Medelvattenföringen ökar för samtliga vattendrag under vintern och minskar under våren och sommaren. För hösten varierar förloppet för vattendragen, både ökande och ungefär oförändrade förhållanden kan ses i diagrammen. Ökningen under vintern har stort genomslag för Nissan vid länsgränsen och för Storån vid Hillerstorp där årsvattenföringen ökar med omkring 5-6%. I Tabergsåns, Härån och Lagan varierar årsmedelvattenföringen kring samma storlek som för dagens klimat och för Svartån och Emån minskar årsmedelvattenföringen med 5-10%.

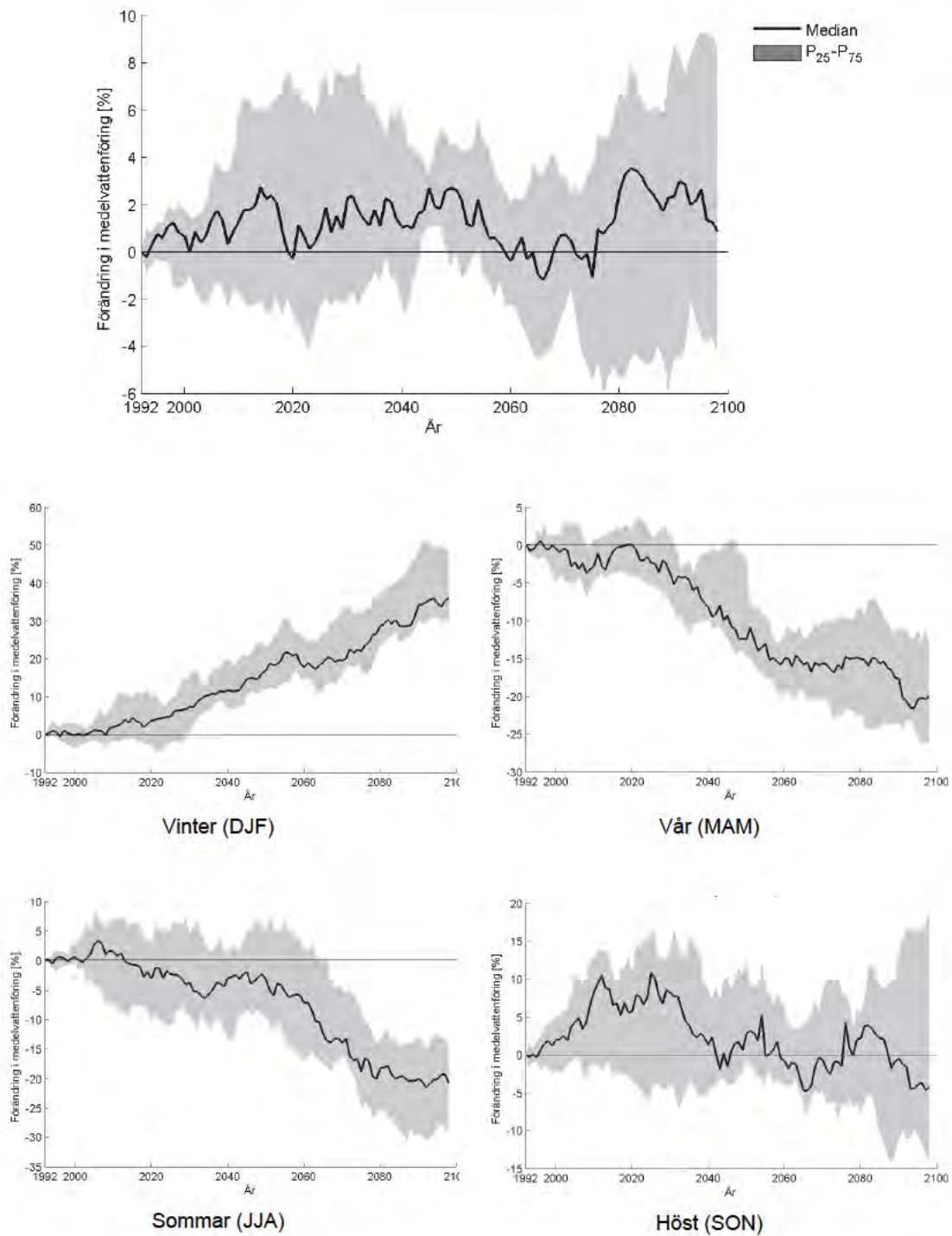
Utvecklingen under vinter, vår och sommar är tydlig för samtliga vattendrag men för hösten är den mer varierad under perioden. Ökningen vid seklets slut för vintern varierar mellan 40% och 80%. Motsvarande för våren är minskning med 20-30%. För sommaren kan minskningen vid seklets slut förväntas vara 20-40%.

Tabell 5.5-2. Förenklad sammanfattande tabell av figurerna 5.5-4– 5.5-11. Pilarna anger en förändringsriktning och tre symboler används. Ökande medeltillrinning under perioden visas som uppåtgående pil och minskande som nedåtgående pil. Då ingen tydlig förändring kan ses eller förändring varierar periodvis upp och ned utan tydlig riktning mot slutet av perioden anges detta med horisontell pil. Observera att tolkningen är grovt schematisk och anger inte storleken i förändringen.

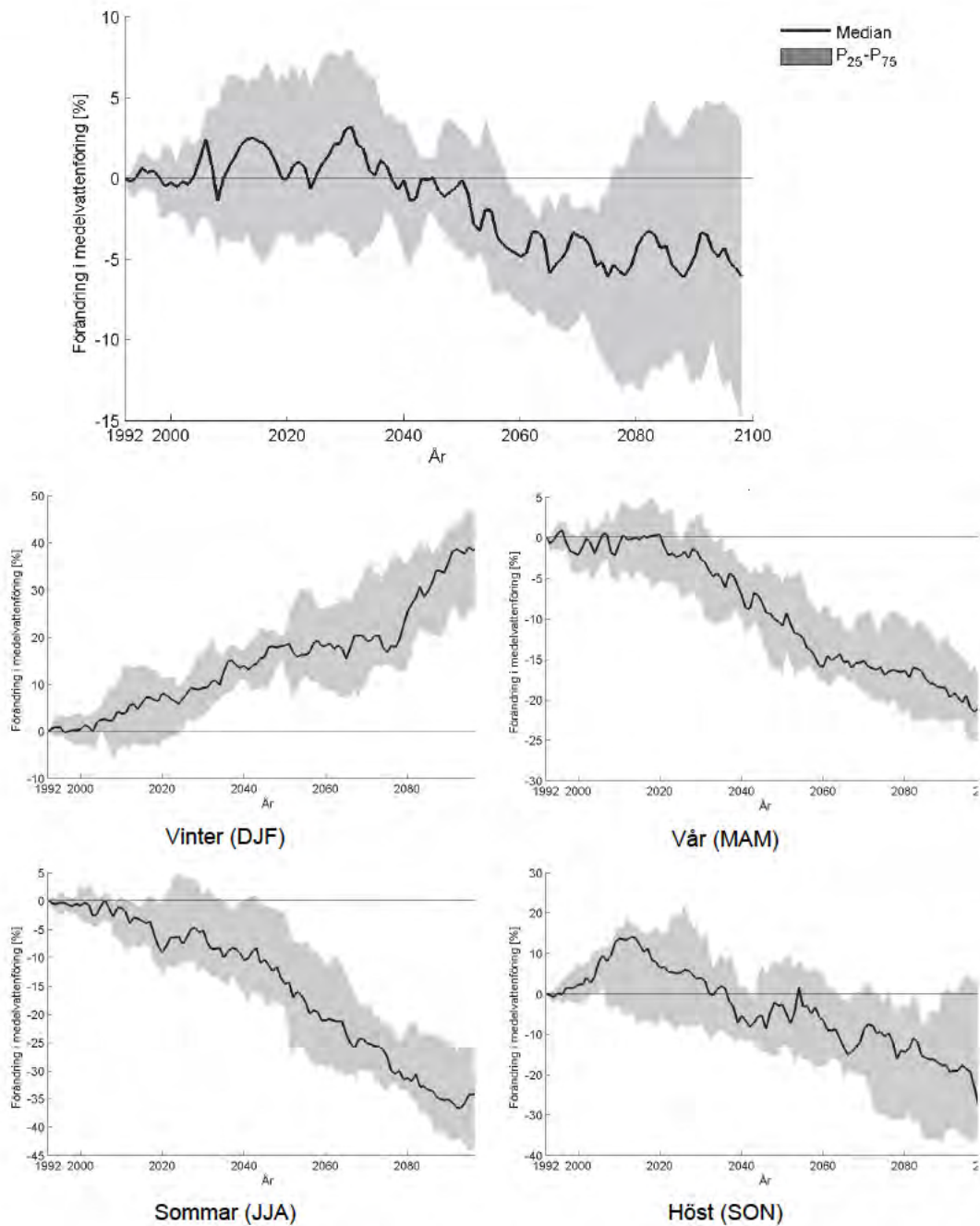
Plats i vattendrag	År	Vinter	Vår	Sommar	Höst
1 Nissan vid länsgränsen	↗	↗	↘	↘	→
2 Tabergsåns vid inloppet till Munksjön	→	↗	↘	↘	→
3 Svartåns inlopp i Ralången	↘	↗	↘	↘	↘
4 Svartåns inlopp i Sommen	↘	↗	↘	↘	↘
5 Emån vid Brusafors	↘	↗	↘	↘	↘
6 Härån vid Fryele	→	↗	↘	↘	↘
7 Lagans inlopp i Vidöstern	→	↗	↘	↘	↘
8 Storån vid Hillerstorp	↗	↗	↘	↘	→



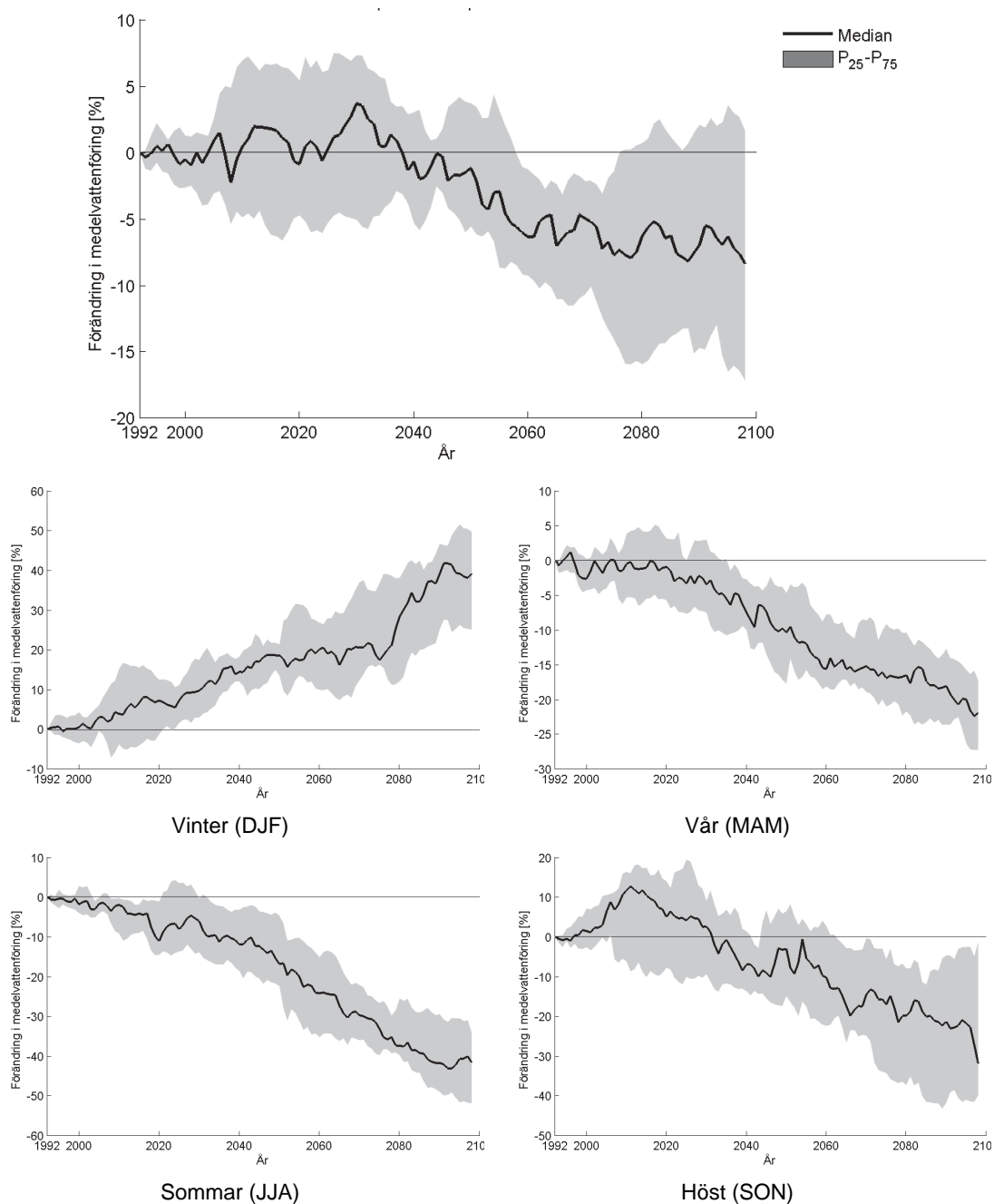
Figur 5.5-4. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Nissan vid länsgränsen** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



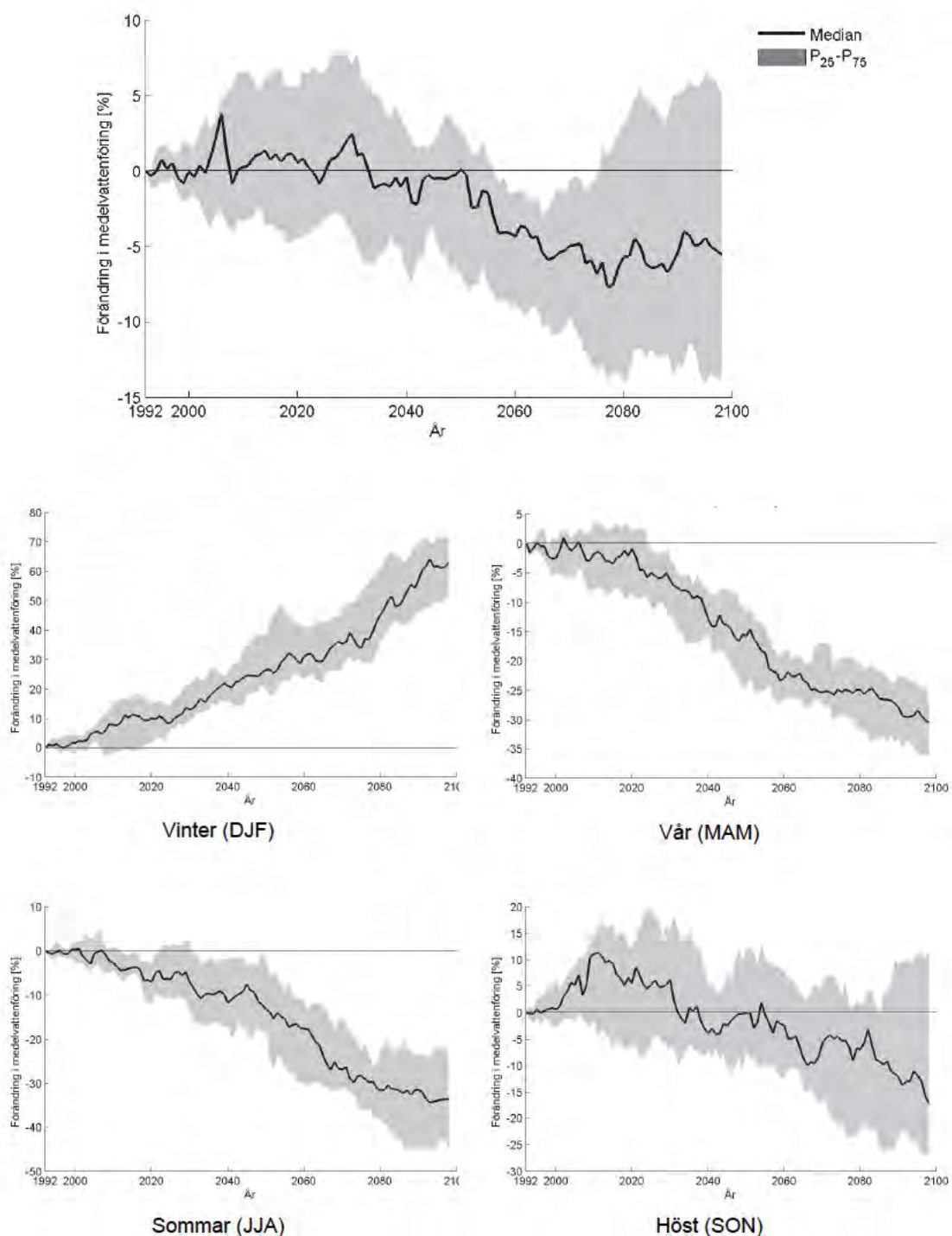
Figur 5.5-5. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Tabergsån inlopp i Munksjön** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



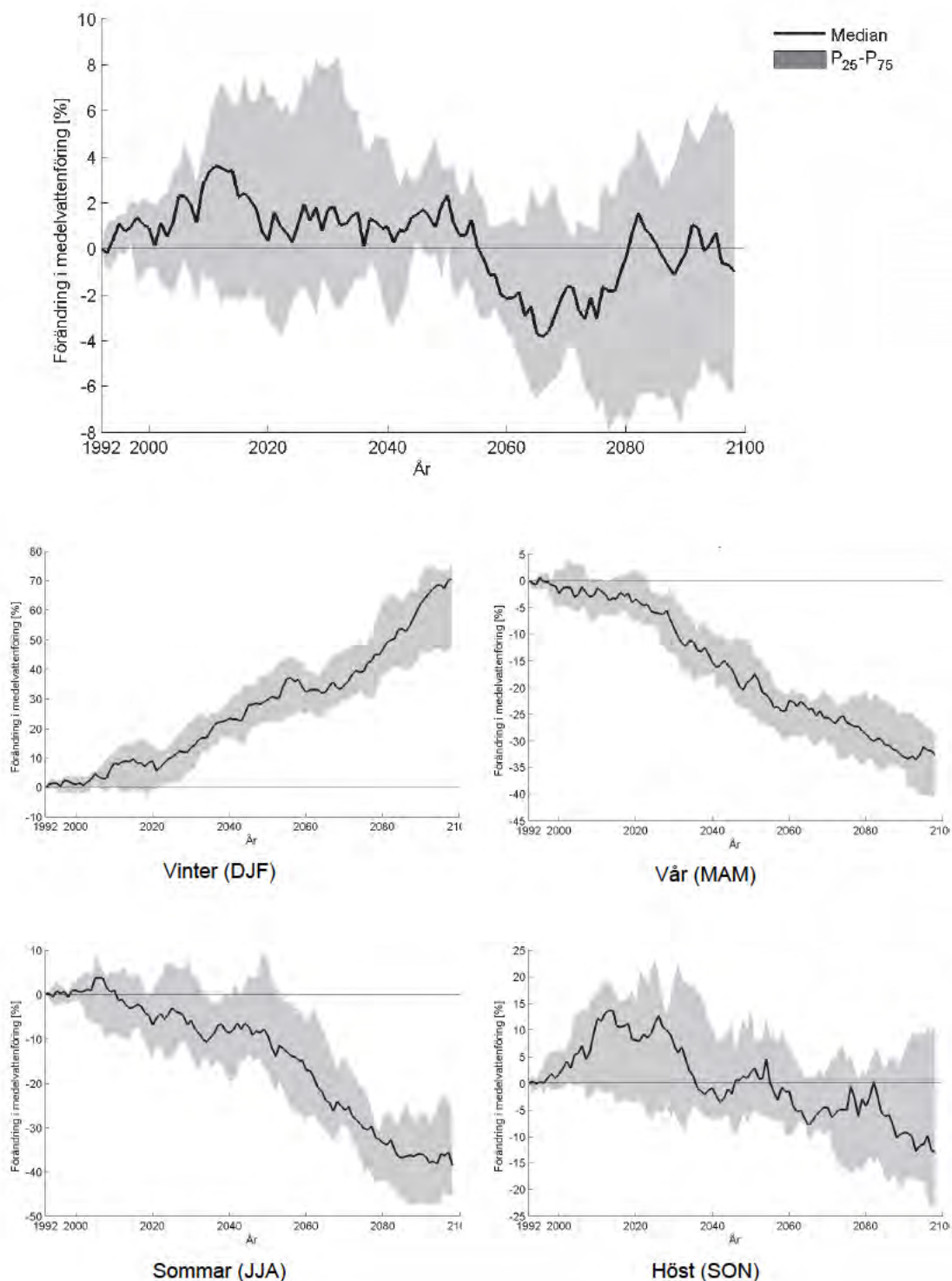
Figur 5.5-6. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i Svartån inlopp i Ralången enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



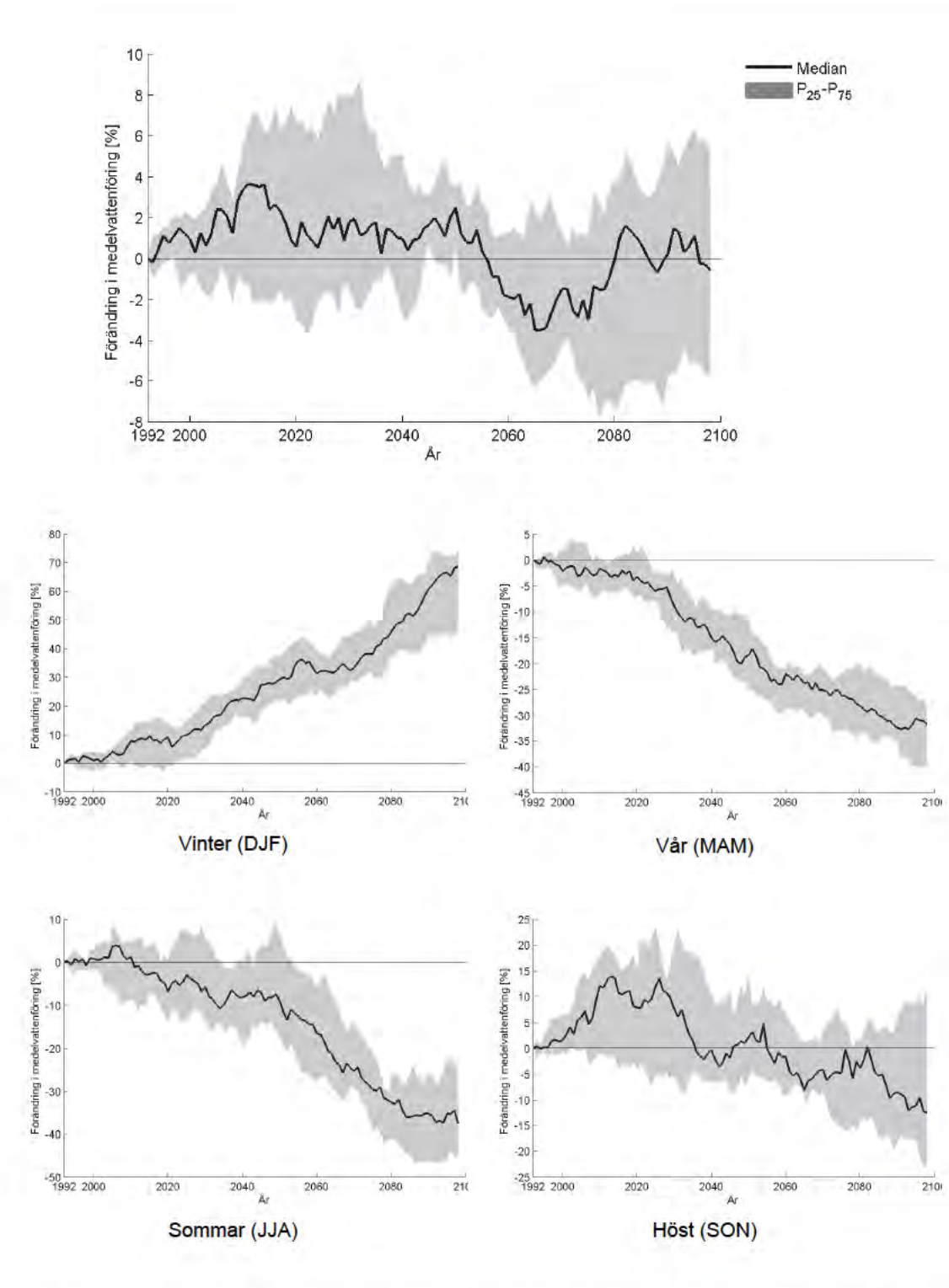
Figur 5.5-7. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong till Svartåns inlopp i Sommen enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



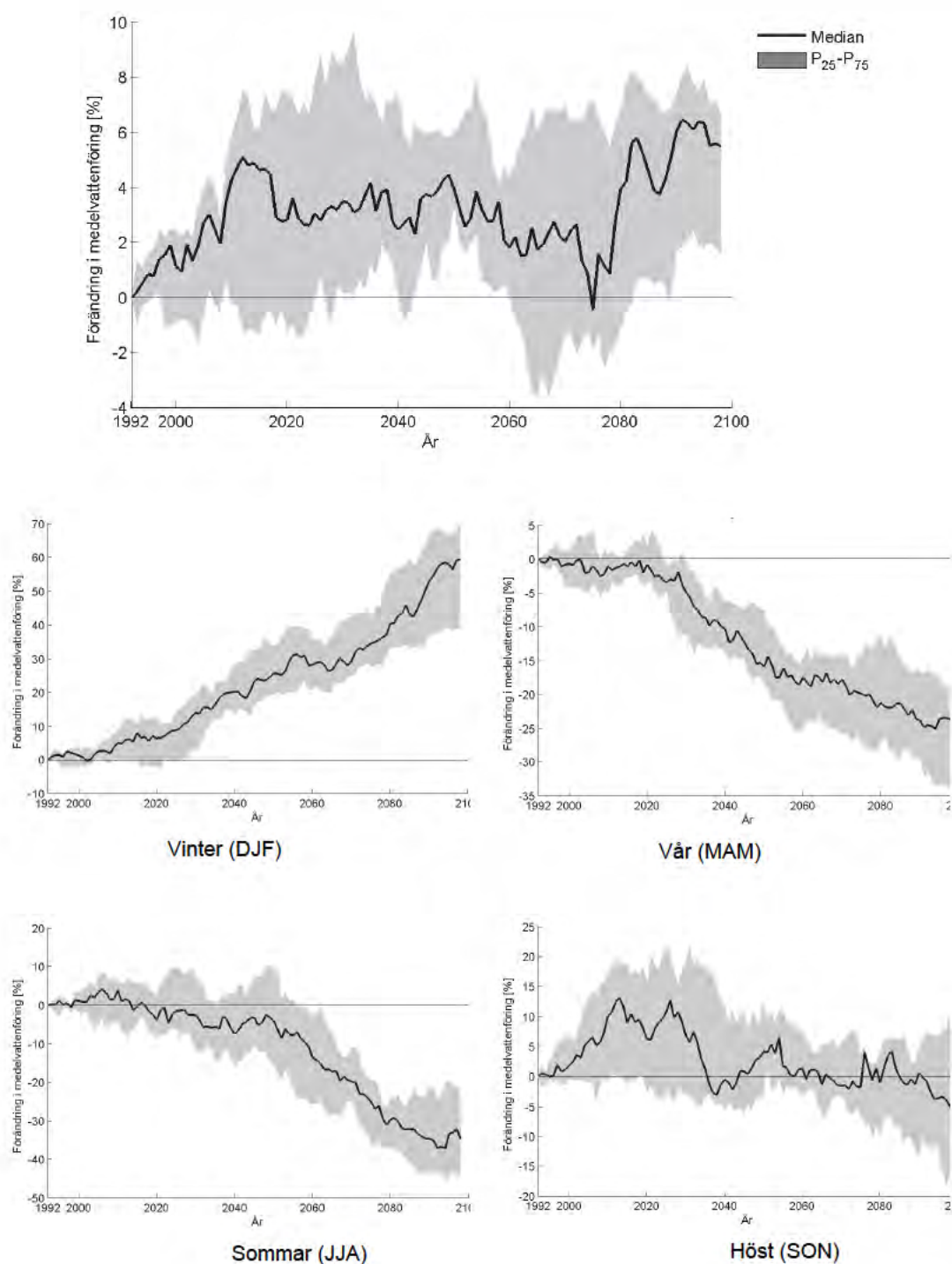
Figur 5.5-8. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Emån vid Brusafors** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



Figur 5.5-9. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Härån vid Fryle pegel** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



Figur 5.5-10. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Logans inlopp i Vidöstern** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

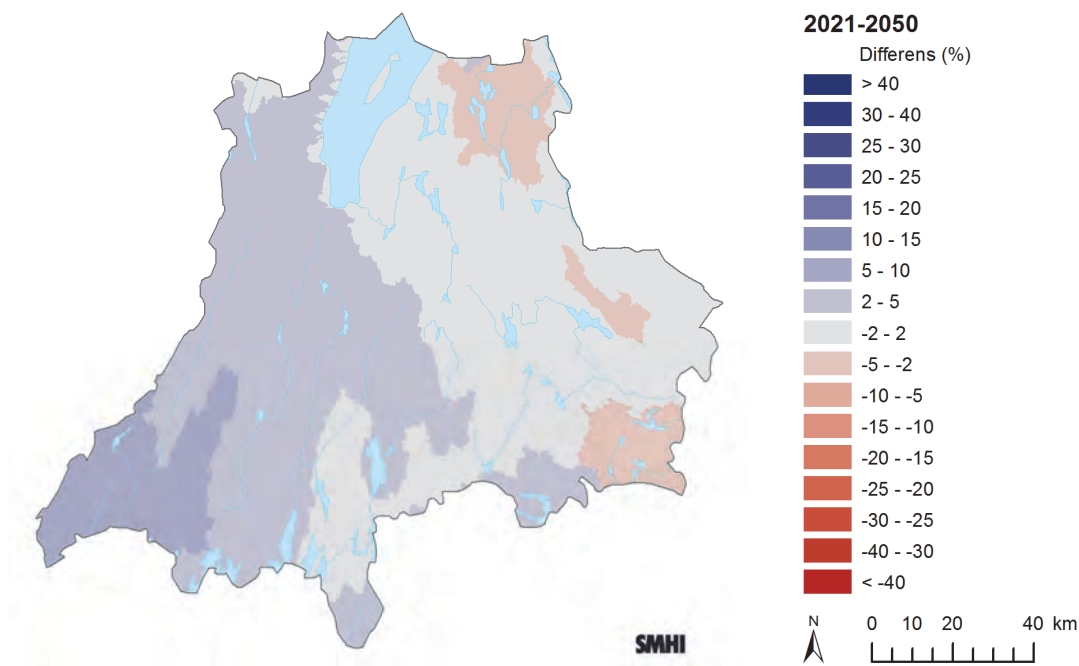


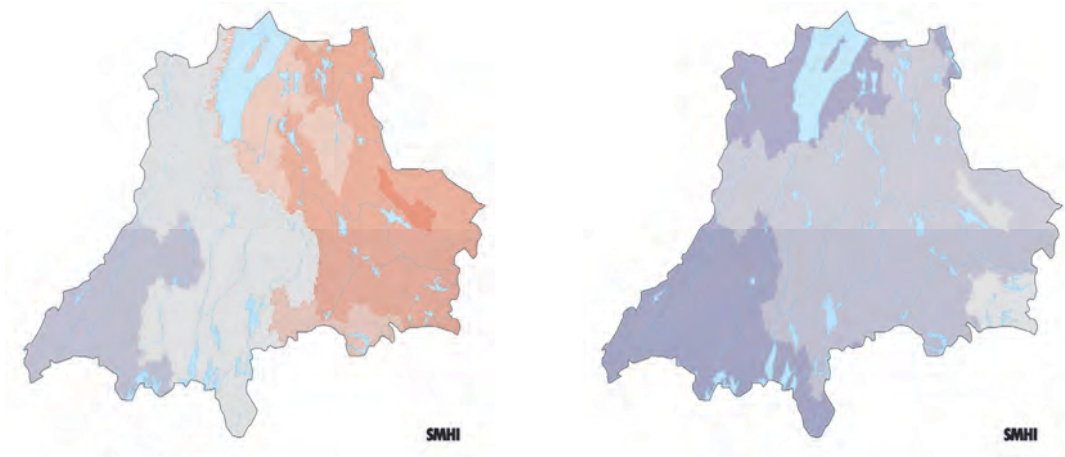
Figur 5.5-11. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning (överst) och medeltillrinning per säsong i **Storån vid Hillerstorp** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

I figurerna 5.5-12 och 5.5- 13 visas i kartform medianvärdet av förändringen av den lokala medelårstillrinningen i hela länet beräknat från samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedeltillrinning för samma perioder.

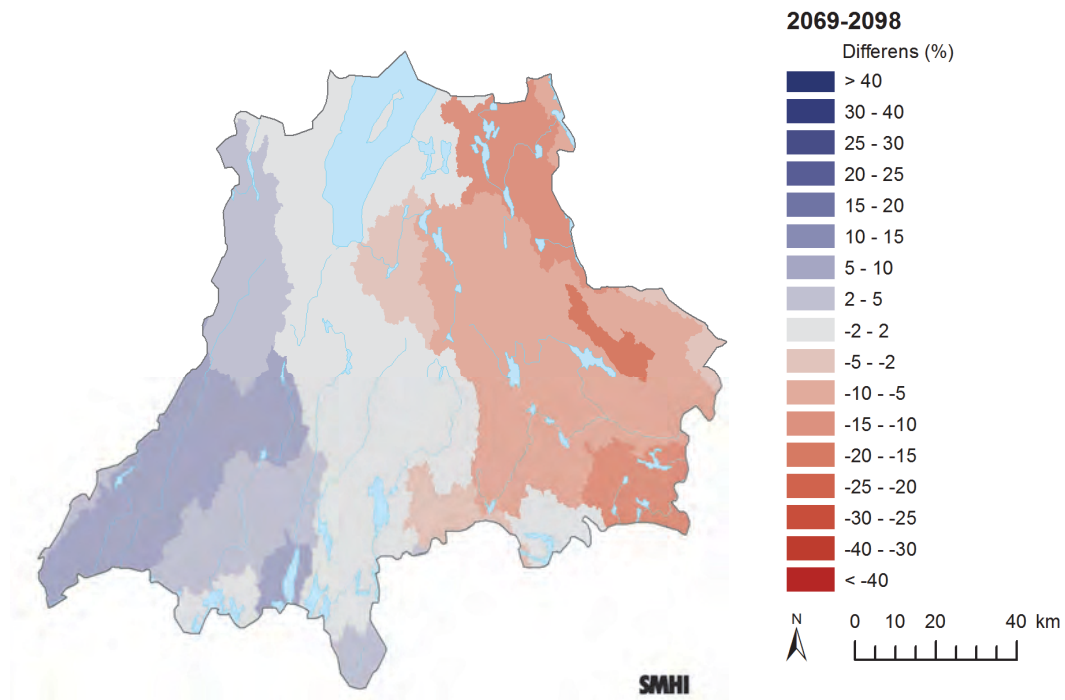
I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde. Det ger en bild av hur mindre vattendrag påverkas eftersom deras vattenföring endast beror av lokala förhållanden.

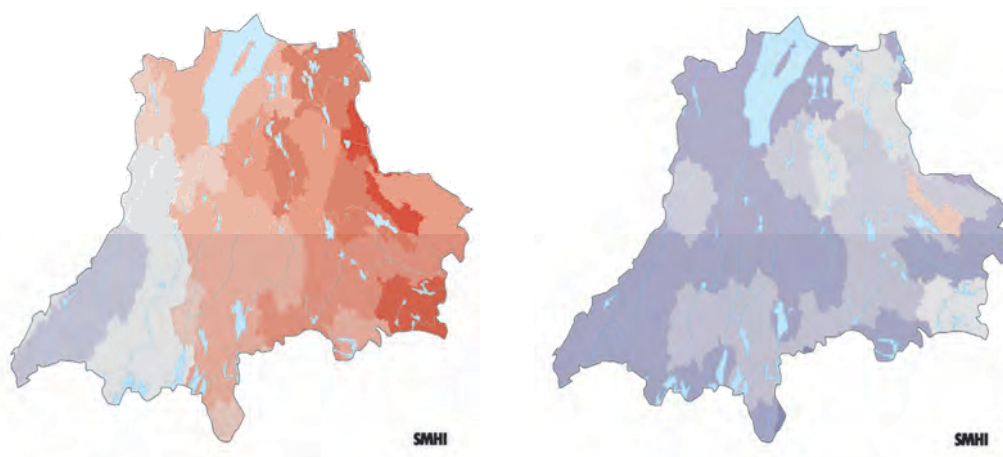
I kartbilden över den lokala tillrinningen, enligt klimatsceniariemedianen, syns en ökning på 2 – 10 % i de västra delarna av länet (Nissan och Lagan) för perioden 2021-2050 jämfört med 1961-1990. För de delar av Jönköpings län som ligger inom Emåns och Motala ströms avrinningsområden syns ingen förändring eller endast marginell minskning av tillrinningen. Mot slutet av seklet förstärks mönstret och förändringen i tillrinning uppvisar en tydlig öst-västlig gradient med ökande tillrinning i väster (2-10%), oförändrad i de centrala delarna och en tydlig minskning med mellan -2% och -20% för de östra delarna (hela Emån och delar av Motala ström).





Figur 5.5-12. Förändring av lokal årsmedeltillrinning i Jönköpings län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den övre figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.





Figur 5.5-13. Förändring av lokal årsmedeltillrinning i Jönköpings län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.

5.5.3 100-ÅRSFLÖDEN

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala i samband med diskussioner om höga flöden, men terminologin skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Infrastrukturer med lång livslängd exponeras för denna risk under lång tid och således är den ackumulerade sannolikheten avsevärd. Sannolikheten för exempelvis ett 100-års flöde är 1 på 100 för varje enskilt år. För ett objekt med en beräknad livslängd på 100 år och dimensionerad för att klara en 100-årsnivå är den ackumulerade sannolikheten för översvämning med nivåer över 100-årsnivån under denna period 63 %. Detta är skälet till att man för riskobjekt, som exempelvis större dammar, ofta sätter gränsen vid, eller till och med bortom, flöden med en återkomsttid i storleksordningen 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår då till ca 1 %. Tabell 5.5- 3 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten under 100 år. Beräkningen av 100-årsflödets storlek görs med en statistisk beräkning, sk frekvensanalys, baserad på vattenföringens årliga maxvärden utifrån en tidsserie. Genomgående har Gumbel-fördelningen använts vid flödesanalysen, även kallad Extreme Value Type I. Resultat från en frekvensanalys måste tolkas med försiktighet. Dessa är i högsta grad beroende på mätseriens längd vilket gör att exempelvis ett 100-årsflöde ofta ändras i takt med att nya data flyter in. Beräkningarna försvåras speciellt om dataserierna är korta eller om de är påverkade av regleringar i vattendraget. För att underlätta tolkningen i ett klimatperspektiv används i denna utredning samma längd på tidsseriens längd som en standardperiod, dvs. 30 år.

Tabell 5.5-3. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent. Värden lägre än 1 % redovisas inte.

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	39	92	99	100	100	100
5	18	63	86	98	100	100
10	10	39	63	86	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	63	86
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	10
10 000						1

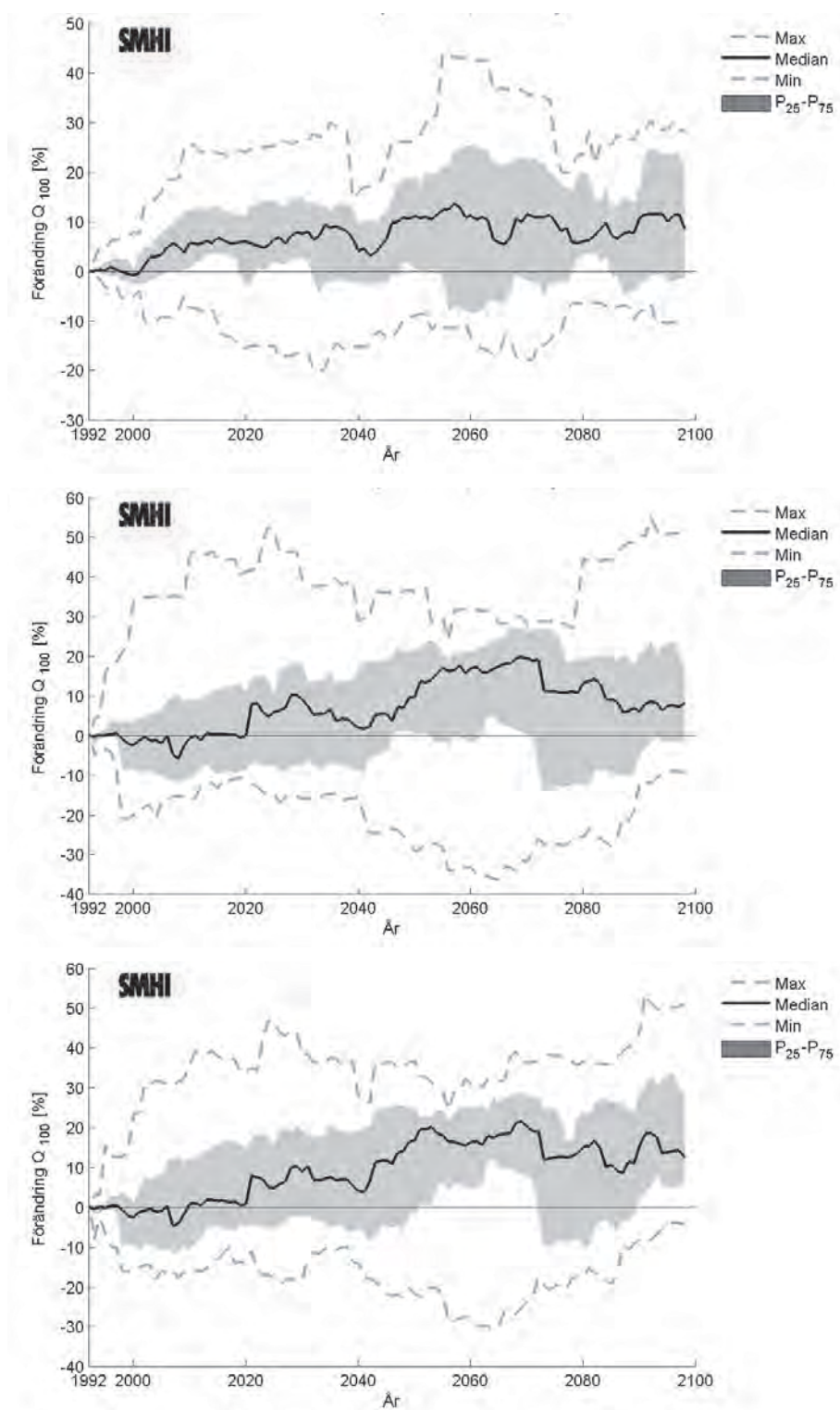
I figurerna 5.5-14 – 5.5-16 presenteras 100-årsvattenföringar beräknade för året för Nissan vid länsgränsen, Tabergsåån vid inloppet till Munksjön, Svartåns inlopp i Ralången, Svartåns inlopp i Sommen, Emån vid Brusafors, Härån vid Fryele, Lagan i Värnamo och Storån vid Hillerstorp. Beräkningarna är gjorda för *oreglerade* förhållanden på *total* tillrinning. Att total tillrinning (vattenföringen) är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet är inräknat.

100-årsflöden har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (dvs. 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för samtliga klimatscenarier. 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknade 100-årsflöden för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på 100-årsflödet uttrycks i procent. Diagram med de enskilda scenarierberäkningarna finns i bilaga 12.

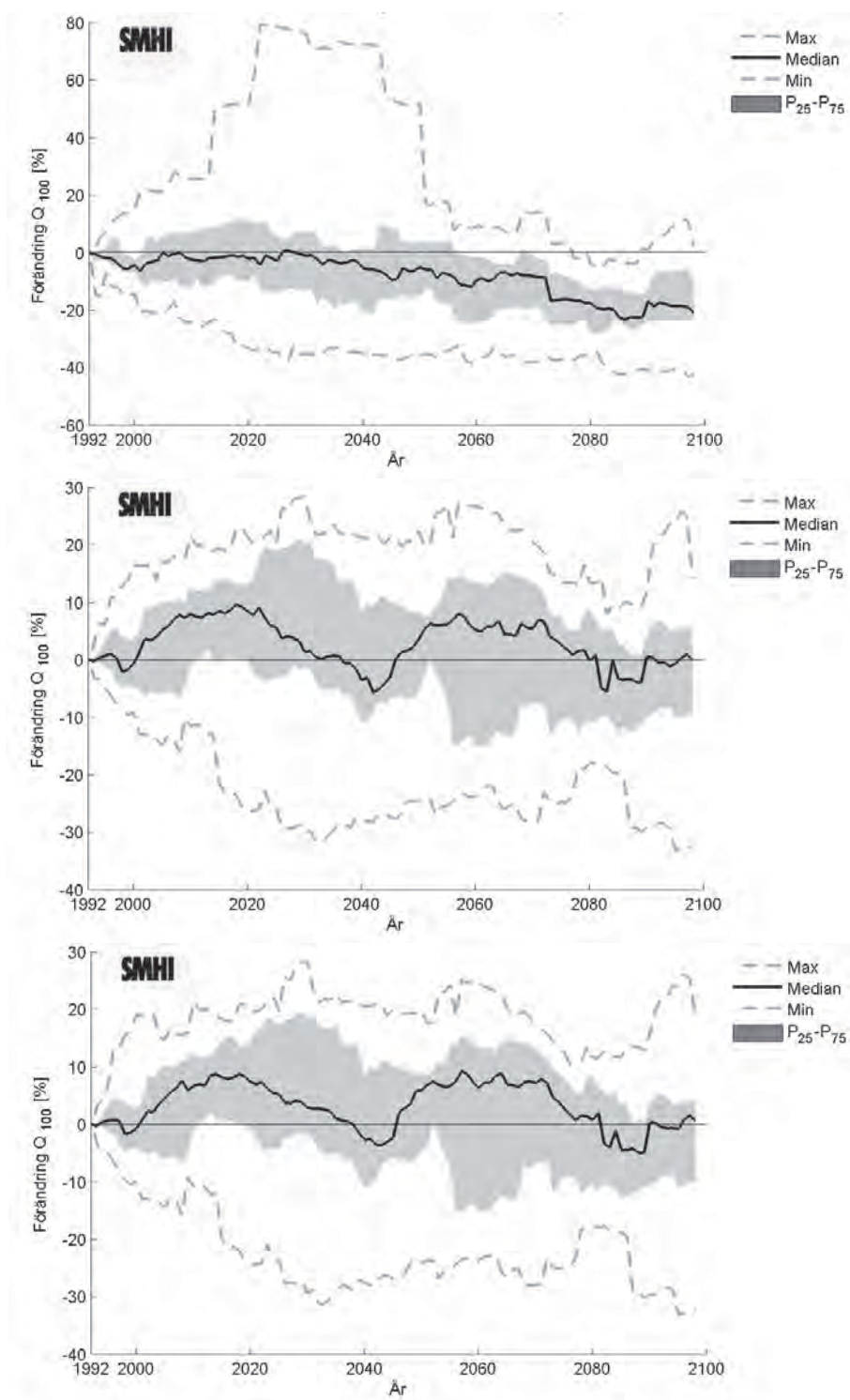
Variationen är stor mellan de olika beräkningarna. För Nissan vid länsgränsen, Svartåns inlopp i Ralången, Svartåns inlopp i Sommen och Storån vid Hillerstorp visar beräkningarna på en ökad total 100-årstillrinning vid slutet av seklet. För Härån vid Fryele och Lagans inlopp i Vidöstern syns ingen tydlig tendens men Emån vid Brusafors visar en minskning i den totala 100-årstillrinningen ned mot ca -20% vid slutet av perioden.



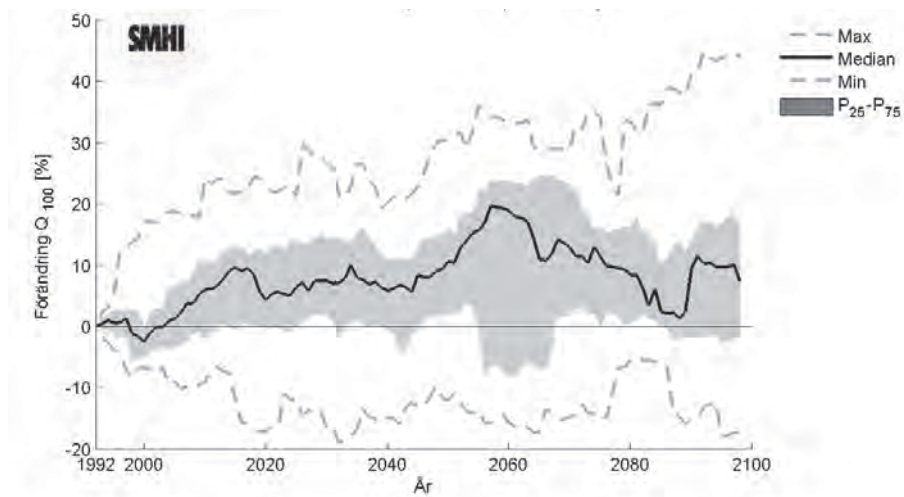
Hökesån i Habo kommun. © Länsstyrelsen i Jönköpings län.



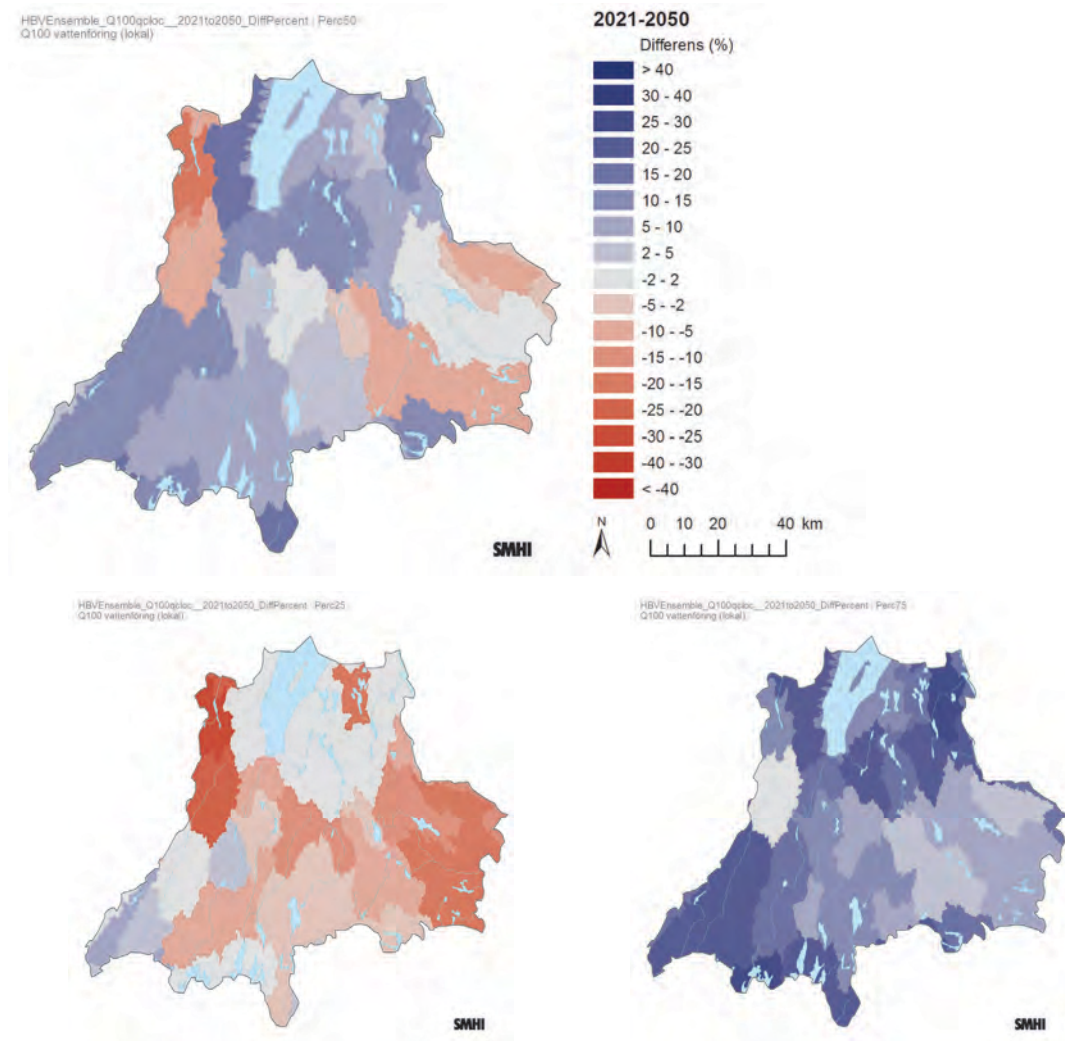
Figur 5.5-14. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Nissan vid länsgränsen** (överst), **Svartåns inlopp i Ralången** (mitten) och **Svartåns inlopp i Sommen** (nederst enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



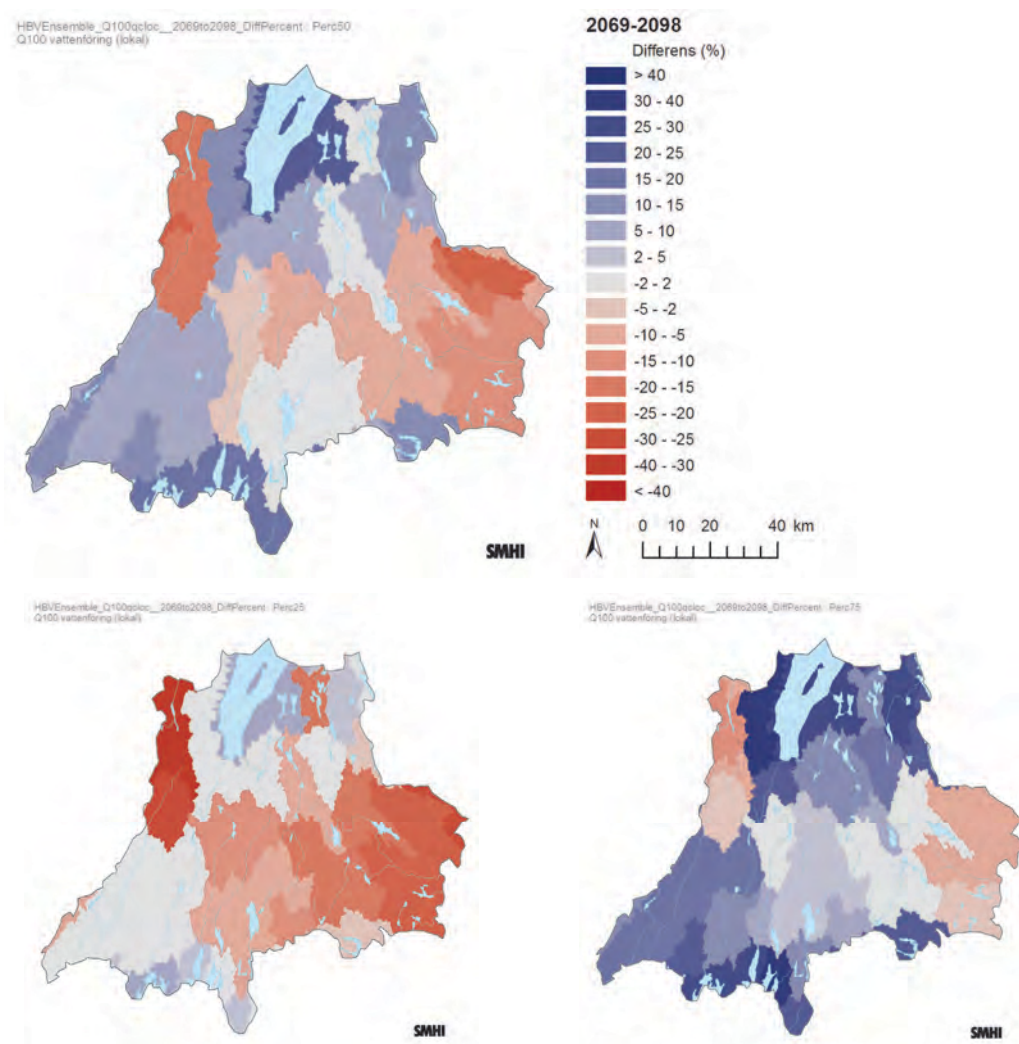
Figur 5.5-15. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Emån vid Brusafors** (överst), **Härån vid Fryele pegel** (mitten) och **Lagans inlopp i Vidöstern** (nederst) enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



Figur 5.5-16. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i **Storån vid Hillerstorp** enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



Figur 5.5-17. Förändring av lokal 100-årstillrinning i Jönköpings län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årsvärden.



Figur 5.5-18. Förändring av lokal 100-årstillrinning i Jönköpings län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årsmedelvärden.

I kartorna (figurerna 5.5-17 och 5.5-18) visas medianvärdet av förändringen av den lokala 100-årstillrinningen i hela länet beräknat från samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årstillrinning för samma perioder.

I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde visas. Detta ger en bild av hur mindre vattendrag, vars vattenföring endast beror av lokala förhållanden, påverkas.

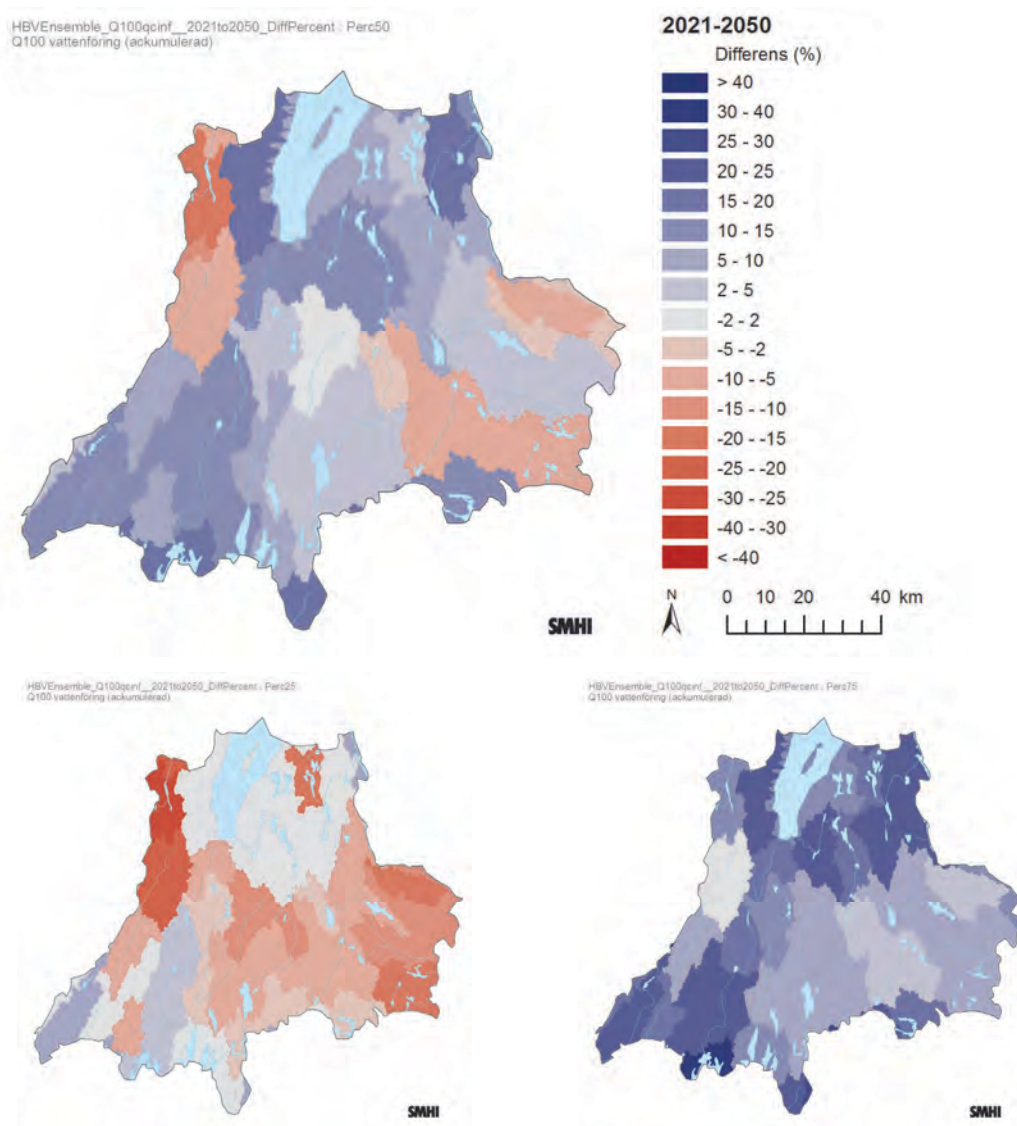
Den lokala 100-årstillrinningen förändras olika över länet enligt medianvärdena. I de centrala delarna syns en ökning på 2 – 15 % för perioden 2021-2050 jämfört med 1961-1990 (Lagan, södra delen av Nissan samt Motala Ström). För delar av Emån och den norra delen av Nissan syns en nedgång av motsvarande storlek. Mot slutet av seklet blir området i öster med minskande lokal tillrinning mer utbrett och berör utöver Emån även övre delarna av

Lagan. Nedre delarna av Nissan, Lagan och områdena närmast Vättern uppvisar en ökning med mellan 5-20%.

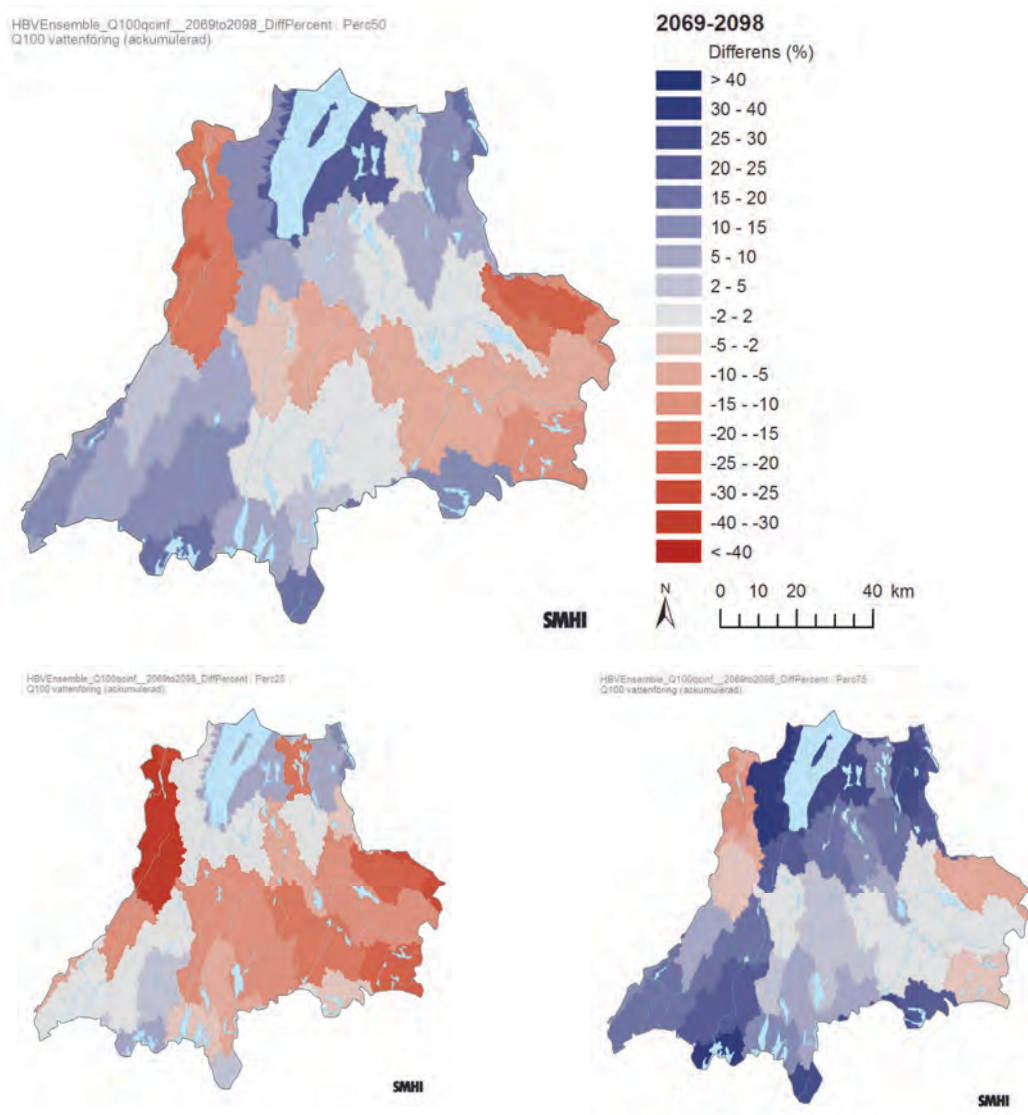
I figurerna 5.5- 19 och 5.5-20 visas i kartform medianvärdet av förändringen av den totala 100-årstillrinningen i hela länet beräknat från samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers totala 100-årstillrinning för samma perioder.

I dessa kartbilder visas den totala tillrinningen (totala vattenföringen), det vill säga det ackumulerade flödesbidraget från alla uppströms avrinningsområden, till skillnad från den lokala tillrinningen som syns i figurerna 5.5-17 och 5.5-18.

I kartorna syns ett mönster som liknar det för den lokala 100-årstillrinningen med endast smärre variationer.



Figur 5.5-19. Förändring av **total 100-årstillrinning** i Jönköpings län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årsvärden.



Figur 5.5-20. Förändring av **total 100-årsstillrinning** i Jönköpings län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers 100-årsvärden.

5.6 Grundvatten

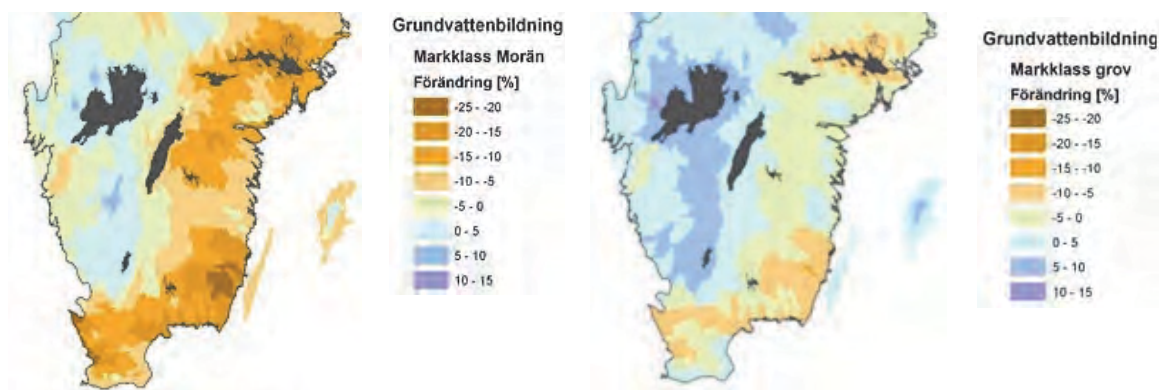
Högre temperaturer och ökad nederbörd påverkar det hydrologiska kretsloppet och därmed också grundvattenförhållandena. Grundvattenbildningen är även beroende av vilken typ av jordart som förekommer och markens olika zoner. Ett förändrat klimat kan få stor betydelse för tillgången på grundvatten. I en studie av Rodhe m.fl. (2009) redovisas beräknad grundvattenbildning och grundvattennivåer i Sverige för typjordarna grov jord och morän, för perioden 1961-1990 och 2071-2100. Som grund för slutsatserna kring grundvattnet har en särskild beräkningsmodell utvecklats. Modellen baseras bland annat på dagliga värden för temperatur och nederbörd. För att beräkna framtida grundvattennivåer har i grundvattenmodellen använts data från tioalet klimatscenarier.

I en rapport framtagen av SGU och SMHI (Sundén m.fl., 2010) diskuteras grundvattennivåer och vattenförsörjning i framtida klimat baserat på de beräkningar som gjorts med ovan nämnda modell.

Grundvattenbildningen 1961-1990 är beräknad för att jämföras med framtida grundvattenbildning och bygger därför på temperatur och nederbörd enligt klimatmodellen. Det regionala mönstret i förändringen i grundvattenbildning stämmer överens med Sverigekartor över förväntad förändring i avrinning (ex. Andréasson m.fl., 2007). Den modellerade grundvattenbildningen har anpassats till att stämma överens med uppmätt avrinning, men med skillnaden att grundvattenbildningen i olika jordarter har uppskattats.

Grundvattenbildningen i grov jord i Jönköpings län varierar i dagens klimat mellan ca 200 mm/år i de östra delarna av länet till ca 500 mm/år i väster. I morän är mönstret likartat, men den årliga grundvattenbildningen är genomgående något lägre än i grov jord.

I beräkningarna över förändrad grundvattenbildning syns för Jönköpings län en ökning för de västra delarna av länet med 5-10% för markklassen grov jord och 0- 5% för markklassen morän (figur 5.6-1). För resterande områden syns förändringar på maximalt +5% (grov jord) och minskningar ned mot -10% (morän).



Figur 5.6-1. Beräknad förändring av årsmedelvärden för grundvattenbildning, fram till 2071-2100 jämfört med 1961-1990, för markklassen morän och grov. Källa: Rodhe m.fl., 2009.

I studien (Rodhe m.fl., 2009) redovisas beräkningar för några av SGUs grundvattenstationer. Två stationer har här valts ut. Hallsberg representerar grov jord med grundvattennivå och Herrljunga morän. Grundvattennivåns uppskattade variationsvidd 1961-1990 och 2071-2100 var för Hallsberg 0,95 m respektive 1,13 m och för Herrljunga 2,50 m respektive 3,07 m, dvs. större variation i framtidsklimatet. Den relativa förändringen var 15,6% för Hallsberg och 18,6 % för Herrljunga.

Grundvattennivåns medelvariation över året uppvisar likartade mönster för de bägge typjordarna. I dagens klimat ökar grundvattennivån på våren för att därefter sjunka till lägsta nivå i september och därefter stiga till december och sedan plana ut. Skillnaden i framtidsklimatet är framförallt högre nivåer i början på året dvs. under vintern, orsakat av minskad snöbildning och därmed påfyllnad av regnnederbörd. En längre vegetationsperiod kan också ses i form av lägre nivåer under större del av året, framförallt för den grova jorden.

I de varaktighetsdiagram över grundvattennivåer som presenteras i Sundén m.fl. (2010) kan ses att för två grundvattenstationer i Herrljunga (i morän med liten magasinstorlek) ökar frekvensen av ytligare grundvattennivåer. Samma tendens syns även för station Hallsberg (i sand med liten magasinstorlek). Studien omfattar 10 klimatscenarier.

5.7 Snö och tjäle

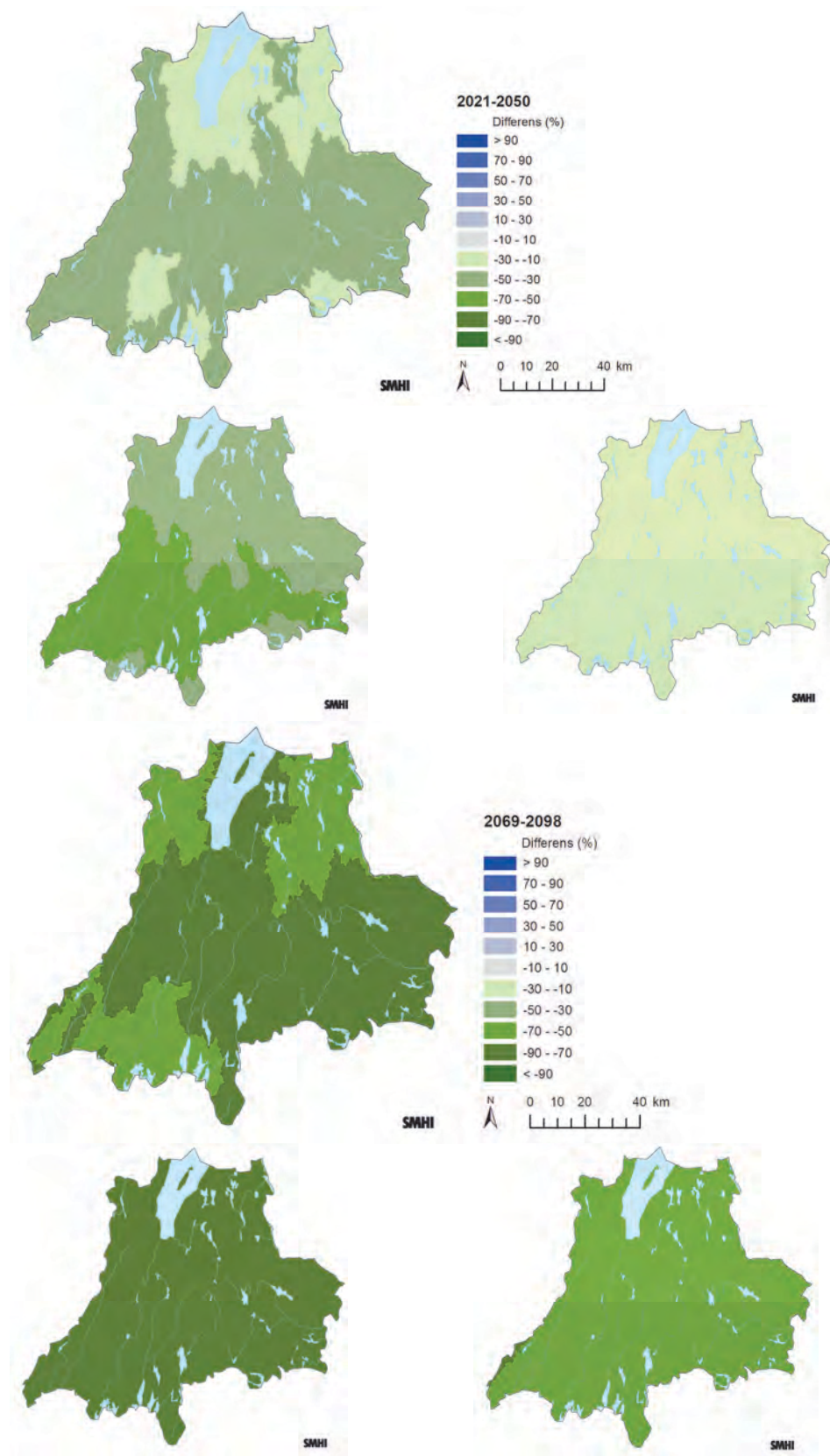
Framtida maximalt vatteninnehåll i snön under året och framtida snödaggar har beräknats med HBV-modellen med klimatindata som beskrivs i kapitel 4.6.

5.7.1 SNÖNS MAXIMALA VATTENINNEHÅLL

I bilaga 14 visas diagram för de 8 vattendragspunkternas delavrinningsområden avseende framtida utveckling av snöntäckets maximala vatteninnehåll beräknade för alla klimatscenerierna.

För länet är förändringen i maximalt vatteninnehåll mellan -10 och -50% för perioden 2021-2050 och mellan -50% och -90% för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden (figur 5.7-1).

Snöns maximala vatteninnehåll beräknas minska från dagens 30-60 mm till 10-20 mm vid seklets slut (bilaga 14).

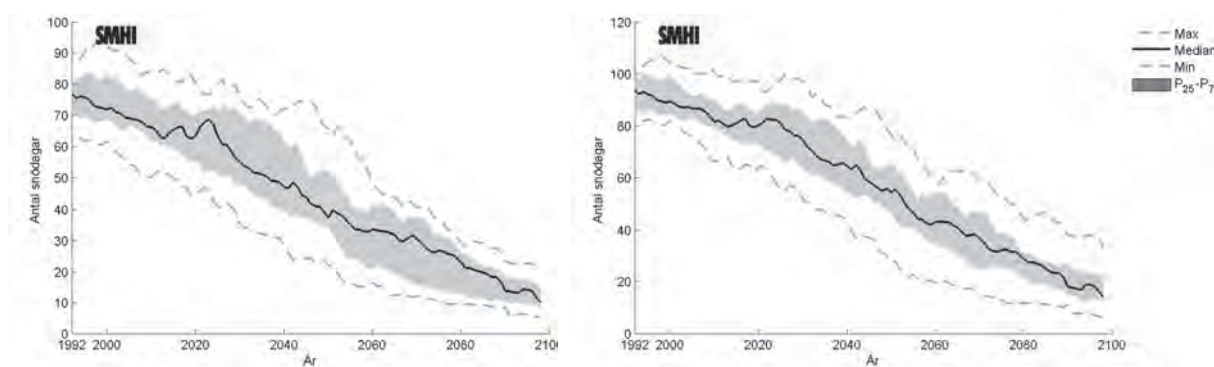


Figur 5.7-1. Förändring av snömax för Jönköpings län för perioden 2021-2050 (överst) och 2069 – 2098 (nederst). Medianvärden (större kartorna), 25:e (vänster) och 75:e (höger) percentilerna av klimatscenarioensemblen visas.

5.7.2 ANTAL DAGAR MED SNÖ

I bilaga 13 visas diagram för de 8 vattendragspunkternas delavrinningsområden avseende framtida utveckling av antalet dagar med snötäcke beräknade för alla klimatscenerierna.

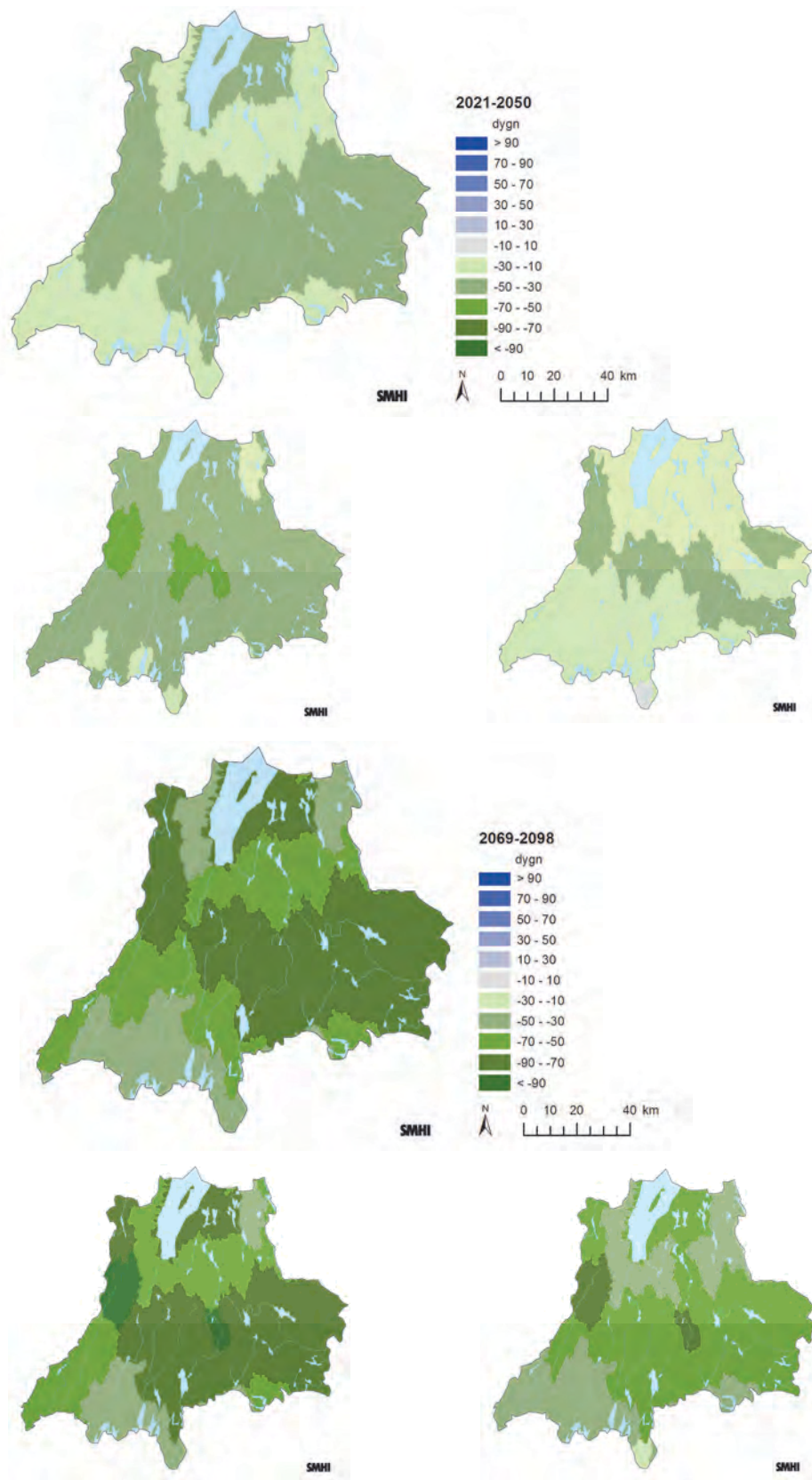
Median-, min- och maxvärden samt 25:e och 75:e percentilerna av förändringen av antal dagar per år med snötäcke visas i figur 5.7-2 för Lagans och Emåns delavrinningsområden. I graferna visas medel av antal snödagar (antal dagar med snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm) under glidande 30-årsperioder. Antalet dagar med snö minskar stadigt under perioden. För Lagans område sker minskningen från 70-80 dagar vid 1990-talet början till 10-20 dagar vid 2000-talets slut. För Emåns område är motsvarande siffror från runt 90 dagar och med minskning till runt 20 dagar.



Figur 5.7-2. Beräknad förändring av snödagar för **Lagans** (vänster) och **Emåns** (höger) delavrinningsområde. Medianvärdet av samtliga klimatscenerier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

För länet som helhet minskar antalet dagar med snötäcke med 10-50 dagar enligt medianberäkningarna för 2021-2050. Vid århundradet slut är skillnaden över länet större, enligt medianvärdena mellan 1 och 3 månader skillnad (figur 5.7-3).





Figur 5.7-3. Förändring av antal snö dagar per år i Jönköpings län beräknat för perioden 2021-2050 (överst) och 2069-2098 (nederst). Medianvärden (större kartorna), 25:e (vänster) och 75:e (höger) percentilerna av klimatscenarioensemblen visas.

5.7.3 TJÄLE

Texten inom detta avsnitt är en sammanfattning av generella kunskaper om tjäle och resultat från tidigare utredningar över tänkbara förändringar av tjälförhållanden i ett framtida klimat.

Under vintern i Sverige tjälas marken. Tjälen innebär att vattnet i marken fryser och processerna runt tjälningen har stor betydelse för markens struktur. Särskilt stor betydelse har den årliga tjälningen för att motverka jordbrukets packningsskador på lerjordar. Skogsbruket är anpassat till att de tjälade jordarna ger större bärighet för skogsmaskiner. När huggning och transport av timmer görs vintertid på tjälad mark blir körskadorna mindre. Byggnad och transport av hus och vägar försvåras dock om marken riskerar att tjälas (SWECLIM, 2002).

Marken kan betraktas som ett system av olika delar: mineraldel, organiskt material, vatten och luft. Fördelningen dem emellan varierar mellan olika typer av jordar och lägen i terrängen. Dessutom varierar andelen vatten och luft under året. Vatten förekommer i marken både i flytande och fast (is) form. Hur mycket vatten som finns, och i vilken form, beror på värme- och vattentransporten i marken.

Markens textur och struktur, dvs. mineralpartiklarnas storlek, markens humusinhåll och hur komponenterna är sammansatta, är avgörande för dess värme- och vattenhållande egenskaper. Det är stora skillnader mellan tjäle i ler-, silt- respektive sandjordar (Troedsson och Nykvist, 1973).

I grovkorniga jordar, som sand, fryser det vatten som finns i jorden massivt. Gränsen mellan fuktiga och torra skikt är skarp. Om jorden inte är vattenmättad kan vattnet expandera fritt i porutrymmet och därmed sker ingen tjällyftning dvs. jorden som helhet ökar inte i volym. En helt vattenfylld sand med en porositet på 50 volymsprocent kan maximalt utvidgas ca 5 procent. Tjälen tillväxer successivt som en front allt djupare.

I finkorniga jordar, som leror, bildas skikt av ren is omgärdad av jord. Tillväxten av dessa islinser sker genom en transport av vatten från omgivande jord. Tillväxten nedåt i marken sker ojämnt. Tjälningen i leror gör att partiklarna kommer närmare varandra vilket ökar den för strukturen positiva bildningen av aggregat.

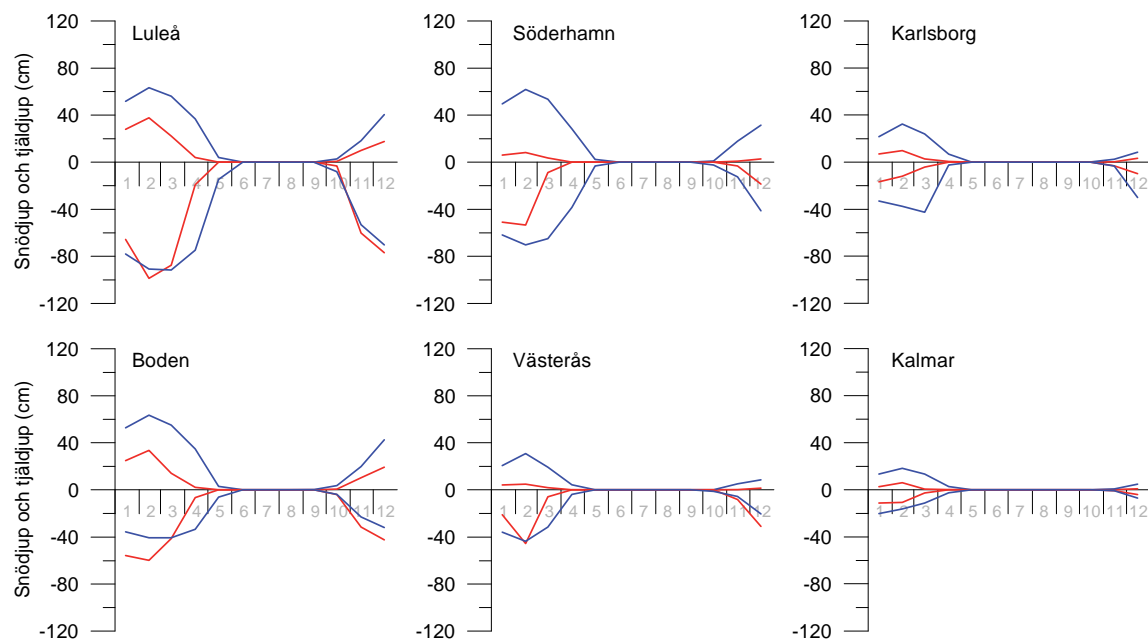
Den tjälskjutning, som kan orsaka svåra problem, beror på omfördelning av vattnet i marken i samband med tjälens tillväxt. Det är främst i mjåla- och finmojordar som de stora islinserna (1-2 dm) utvecklas. När dessa smälter omfördelas materialet och effekten kan bli lyftning av mark, vägar, stolpar, träd etc. (Skogsstyrelsen, 1997).

Snön har en isolerande förmåga vilket innebär att om snö täcker marken tidigt på säsongen så blir tjälningen mildare. Markvegetation och humuslager har också en isolerande effekt och hämmar tjälens tillväxt (Eckersten m. fl., 1998).

På uppdrag av Klimat- sårbarhetsutredningen har SMHI utfört känslighetsstudier av hur tjäldjupet kan påverkas av en temperaturhöjning. En hydrologisk modell, HBV-modellen har använts (Lindström et al. 1997). Modellen har kalibrerats mot uppmätt snödjup och tjäldjup. Av mätplatserna var tre belägna i lerjordar och tre i sandjordar. Som referens användes månadsmedelvärden för perioden 1967-1980, som ansågs beskriva dagens klimat. Simuleringar gjordes med en temperaturökning på 3 °C över hela landet. Noggrannheten i tjäldjupsberäkningarna är låg och det bedömdes inte meningsfullt att göra fullständiga scenariosimuleringar (Lindström och Hellström, 2007).

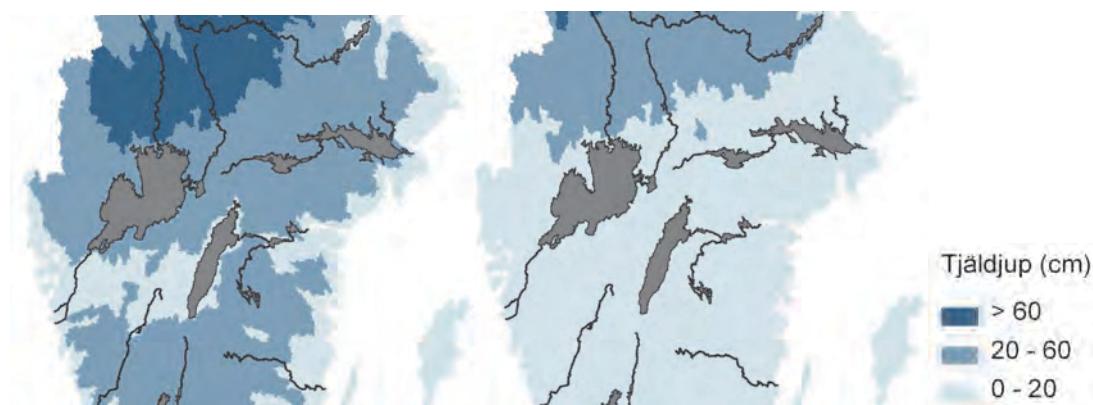
Figur 5.7-4 visar beräkningar av snödjup och tjäldjup med en temperaturökning på 3 °C jämfört med dagens klimat. Kalmar får här anses representera Jönköpings län. Tjälen ut-

vecklas djupare i sandjordar än i lerjordar, vilket också framträder i de beräkningar som gjorts. För Kalmar syns både minskat snödjup och tjäldjup i det varmare klimatet.



Figur 5.7-4. Beräknade månadsmedelvärden av snödjup och tjäldjup för dagens förhållanden (blå kurva) och efter en temperaturökning med 3 °C (röd kurva) för tre platser med sandjordar (överst) och tre platser med lerjordar (nederst). Från Lindström och Hellström (2007).

Kartor över det simulerade medeltjäldjupet i mars månad baserade på medelvärdet av de uppskattade parametervärdena för lera och sand presenterades i studien (figur 5.7-5). De bör ungefär motsvara förhållandena för morän (Lindström och Hellström, 2007). För Jönköpings län syns en förändring mot lägre medeltjäldjup i ett varmare klimat.



Figur 5.7-5. Beräknat medeltjäldjup för mars månad, med en parameteruppsättning som ungefär motsvarar förhållandena för morän i områden utan skog. Den vänstra figuren visar tjäldjup i dagens klimat och den högra med en medeltemperaturhöjning + 3 °C. Från Lindström och Hellström (2007).

Studien visade att man grovt kan simulera medelvariation under året med hjälp av en enkel modell. De gjorda simuleringarna, liksom alla scenarioräkningar är osäkra. Beräkningarna tyder dock på, enligt Lindström och Hellström (2007), att:

- Tjälldjupet är känsligt för en ökning av temperaturen
- Säsongen för tjäle blir kortare vid alla mätplatser
- I södra Sverige minskar det största tjälldjupet.

I Finland har en studie också utförts på hur tjälad mark påverkas av en klimatförändring. Den visar att det årliga maximala tjälldjupet på snöfria ytor i södra och centrala Finland minskar från 100-150 cm till 50-100 cm djup. I de norra delarna av Finland blir minskningen av tjälldjupet större, från 200-300 cm till 100-200 cm djup. Detta beror främst på markens egenskaper. En annan förändring är en ökning av dagar utan tjäle. För Finland betyder ett varmare klimat ett minskat snötäcke. Detta ökar sannolikheten för tjäle mitt i vintern i ett framtida klimat. Denna studie visar alltså också att klimatförändringar medför att tjäl-förhållandena påverkas i Norden (SWECLIM, 2002).

Tjälning och upptining är komplicerade processer med flera faktorer som påverkar, vilket delvis beskrivits ovan. De studier som hittills gjorts över hur framtidsklimatet kan påverka snö- och tjälldjup är få och givetvis förenade med stora osäkerheter. En viktig osäkerhetsfaktor är snödjupet och när snön kommer på säsongen. Kalla långa vintrar med tidigt snötäcke kan ge mindre tjälldjup än vintrar utan snö men med en kortare kall period. Med ett klimat i förändring kan variationen mellan år vara stor.

5.8 Isläggning och islossning

För att kunna beräkna isläggnings- och islossningstidpunkt i framtiden har förhållandet mellan lufttemperatur och tidpunkt för dessa händelser analyserats för sjöarna Vättern, Sommen, Vidöstern och Bolmen (se figurerna 5.8-1 – 5.8-4). Metodiken har tidigare visat sig framgångsrik för att beräkna islossning för dagens och framtida klimat för svenska fjällsjöar (Eklund, 2011). Observerad isläggning och islossning under perioden 1961-2008 har använts för att finna optimala temperatursamband under relevant period innan isläggning respektive islossning för de studerade sjöarna. Dessa samband har sedan applicerats på framtida scenarier för lufttemperaturens utveckling.

5.8.1 OM ISLÄGGNING, ISTILLVÄXT OCH ISLOSSNING

Faktorer som påverkar isläggning är lufttemperatur, nederbörd, vind, molnighet, sjöareal, sjödjup och strömningsförhållanden. Under sommaren har en sjös ytvatten högre temperatur än djupvattnet. Under hösten sjunker lufttemperaturen och vindarna tilltar vilket ger omblandning av sjövattnet (Lindh och Falkenmark, 1972). Så småningom har vatten på alla djup samma temperatur. När vattnet kyls ytterligare kommer ytvattnet vara kallare än vatten vid botten eftersom vatten har sin högsta densitet vid +4 °C. Omvänd skiktning har därmed skett. Ytvattnet kyls sedan ytterligare till nära 0 °C.

För att isläggning skall ske måste ytvattnet vara nollgradigt, lufttemperaturen låg och vädret klart och vindstillt. Isen lägger sig först i lugna vikar och längs stränderna, ofta en klar och kall natt. I stora och djupa sjöar kan det dröja från den första isläggningen tills hela sjön är isbelagd, därför att omvänd skiktning måste hinna ske i de djupare delarna, samt att det måste vara relativt vindstillt innan isläggning sker.

En liten, grund sjö med stor vattenomsättning har ofta tidig isläggning eftersom omblandning snabbt sker. På en vindutsatt sjö sker isläggningen ofta senare än på en mindre vindpåverkad sjö. Små sjöar och sjöar genomströmmade av kallt älvvatten lägger sig tidigast och stora och djupa sjöar lägger sig senast (Eklund, 1999).

Istillväxt sker genom att värme transporteras från isens undersida, uppåt genom isen och eventuellt snötäcke, ut i luften. Vattnet närmast isens undersida kyls och fryser till varvid istäckets tjocklek ökar. Istillväxthastigheten beror på hur fort värmen kan transporteras bort. Detta påskyndas av låg lufttemperatur, låg luftfuktighet, liten molnighet och hög vindhastighet. En större temperaturgradient mellan isens undersida och luft ger snabbare och större istillväxt (Eklund, 1999).

Tidpunkt för islossning beror av väderförhållandena under isavsmältning och islossning och isens tjocklek, som beror av hela vinterns väderförhållanden.

Isen försvagas under våren av framför allt direkt solstrålning. Lufttemperaturen påverkar inte smältningen lika mycket eftersom isen inte så lätt tar upp energi direkt ur luften (Fremling, 1951 och 1977, Eriksson, 1920), dock påverkar solinstrålningen lufttemperaturen. Regn kan påskynda islossningen. Ofta blir isen landlös, dvs. den släpper i strandkanterna, vilket gör att den smälter snabbare. Ökad genomströmning i sjön på grund av snösmältning påskyndar också islossningen. När isen försvagats av sol och andra faktorer bryts den ofta upp av vind och smälter då ofta snabbt (Eklund, 1999).



Islossning på Vättern. © Länsstyrelsen i Jönköpings län.

5.8.2 ISOBSERVATIONER

Isläggningsdatum definieras i SMHIs observationer som det datum då hela sjön islades för första gången och legat kvar minst tre dagar. Islossningsdatum definieras som det datum då

sjöns is i stort sett är borta. Om det förekommer flera perioder med is avses den sista islossningen. Systematiska isobservationer har utförts sedan 1870 (Eklund, 1999).

De sjöar för vilka observationer använts i denna studie återfinns i figur 3-2 och i tabell 5.8-1. Observationer under perioden 1961 – 2008 har använts. Sjöarna varierar stort i areal, djup och höjd över havet.

Tabell 5.8-1. Sjöar för vilka isläggnings- och islossningsanalys har gjorts (källa: Svenskt Sjöregister, SMHI). Statistik över genomsnittligt datum för isläggning och islossning har hämtats från SMHI:s isdatabas. Tidseriernas längd varierar mellan sjöarna. För Vättern avser statistiken den Södra delen.

	Höh (m)	Area (km ²)	Medeldjup (m)	Maxdjup (m)	Volym (milj. m ³)	Isläggning (datum)	Islossning (datum)	Isvaraktighet (antal dagar)
Bolmen	141,5	179	5,4	36	1 070	22 dec	9 april	108
Sommen	146	157	16,7	53	2 211	4 jan	15 april	101
Vidöstern	143,7	44	4,4	35	211	18 dec	6 april	110
Vättern	88,5	1 893	39,5	120	75 000	5 feb	11 april	65

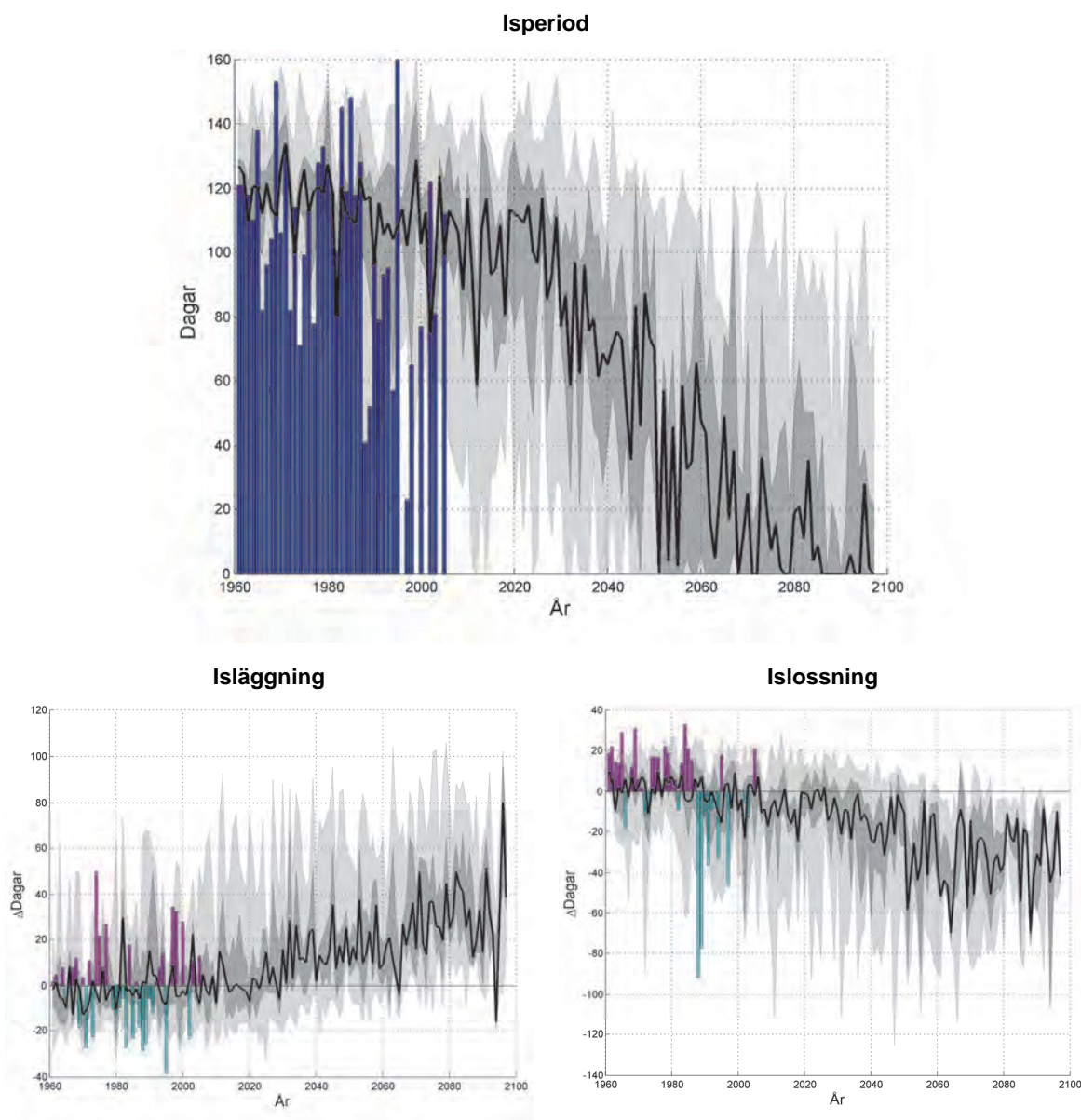
5.8.3 ISANALYS

Analys av framtida isläggning och islossning har gjorts baserat på klimatscenarioensemblen för temperaturdata. Areellt interpolerad temperaturdata från PTHBV över respektive sjö har använts.

Observerad isläggning och islossning under perioden 1961-2006 (Sommen och Vidöstern) har använts för att ta fram optimala temperatursamband för den avgörande perioden innan isläggning respektive islossning. På grund av avslutade mätningar användes för södra delen av Vättern istället perioden 1961-1992 och för Bolmen perioden 1961-2005. Löpande medelvärden av lufttemperaturen för olika långa perioder innan observerad isläggning respektive islossning har beräknats. Den tröskeltemperatur och tidsperiod som vid simulering visat sig ge bäst korrelation med observerad tidpunkt för isläggning och islossning har använts för beräkning av framtida dagnummer för isläggning och islossning. Perioderna och tröskeltemperaturerna skiljer sig mellan sjöarna beroende på dess olika egenskaper. Korrelationen mellan observerad tidpunkt och simulerad tidpunkt under referensperioden är relativt god för samtliga sjöar avseende islossning (över 0,9). För isläggning är sambanden inte lika starka (mellan 0,56 och 0,82). För Sommen är sambandet ännu svagare, endast 0,35, varför isläggningsanalysen för Sommen är mer osäker.

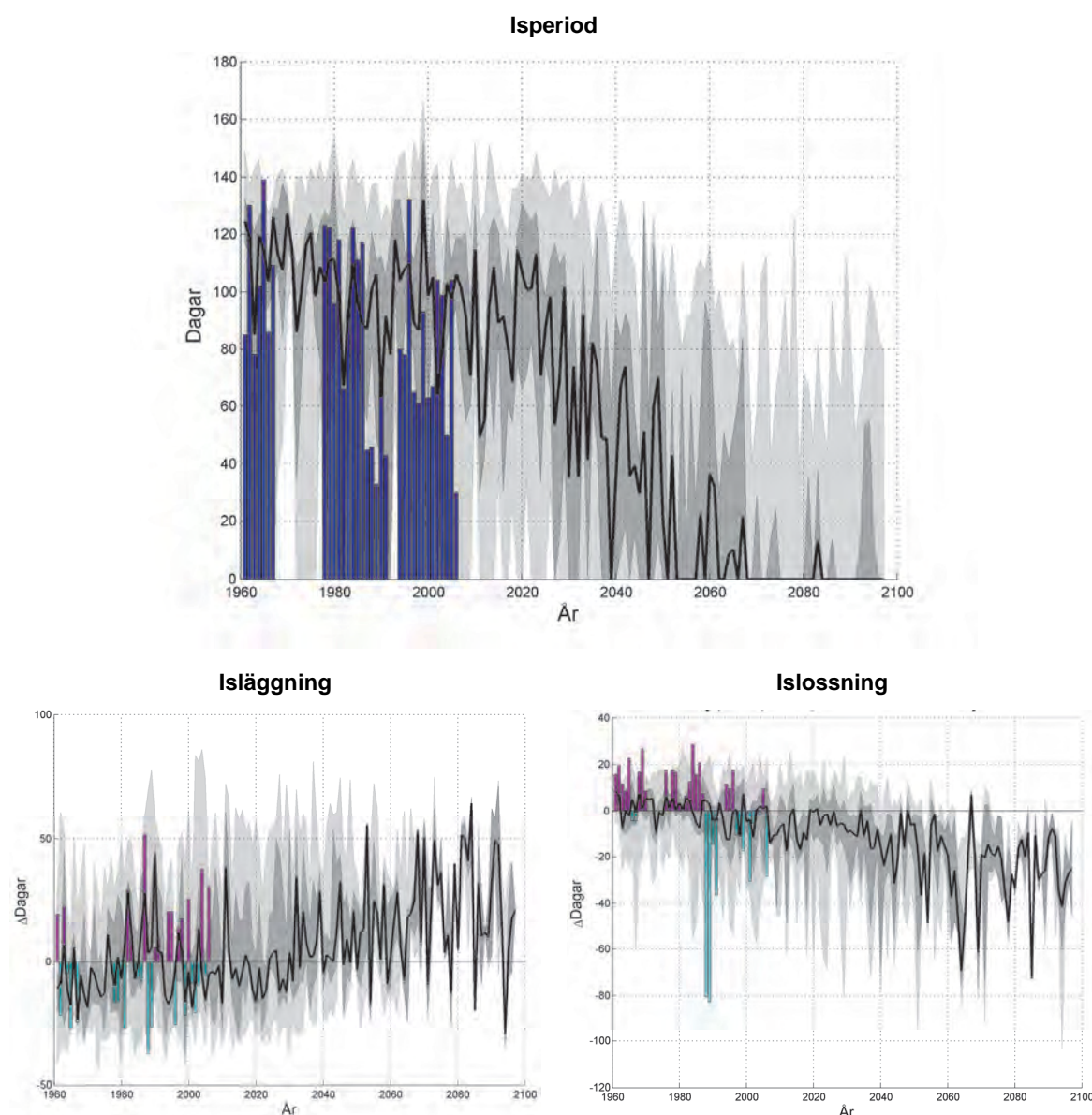
Resultaten av klimatscenarioanalysen för isperiodens längd, isläggnings- och islossningstidpunkt redovisas i figurerna 5.8-1 – 5.8-4 för respektive sjö. Det översta diagrammet visar isperiod för samtliga år 1961-2098, medan de två undre diagrammen, isläggning och islossning, ej inkluderar isfria år. Resultaten visar att isläggning generellt väntas ske senare och islossning tidigare för samtliga sjöar, som en effekt av stigande lufttemperaturer.

Isperioden för Bolmen var under referensperioden i medeltal 103 dagar, se figur 5.8-1. I dagens klimat är det sällsynt med isfria år (luckorna i observationerna beror på databrist), men de blir i framtiden allt vanligare. Mot slutet av seklet visar medianvärdet isperioder kortare än 40 dagar. Isläggnings för Bolmen skedde under referensperioden på dagnummer 349 i medeltal, vilket motsvarar mitten av december. I slutet av seklet förkommer stora variationer mellan åren men i medeltal senareläggs isläggnings med ca 1 månad (30 dagar). Medelvärdet för islossningen under referensperioden var dagnummer 94, d v s början av april. Beräkningarna visar att islossningen tidigareläggs med ca 40 dagar i slutet av seklet.



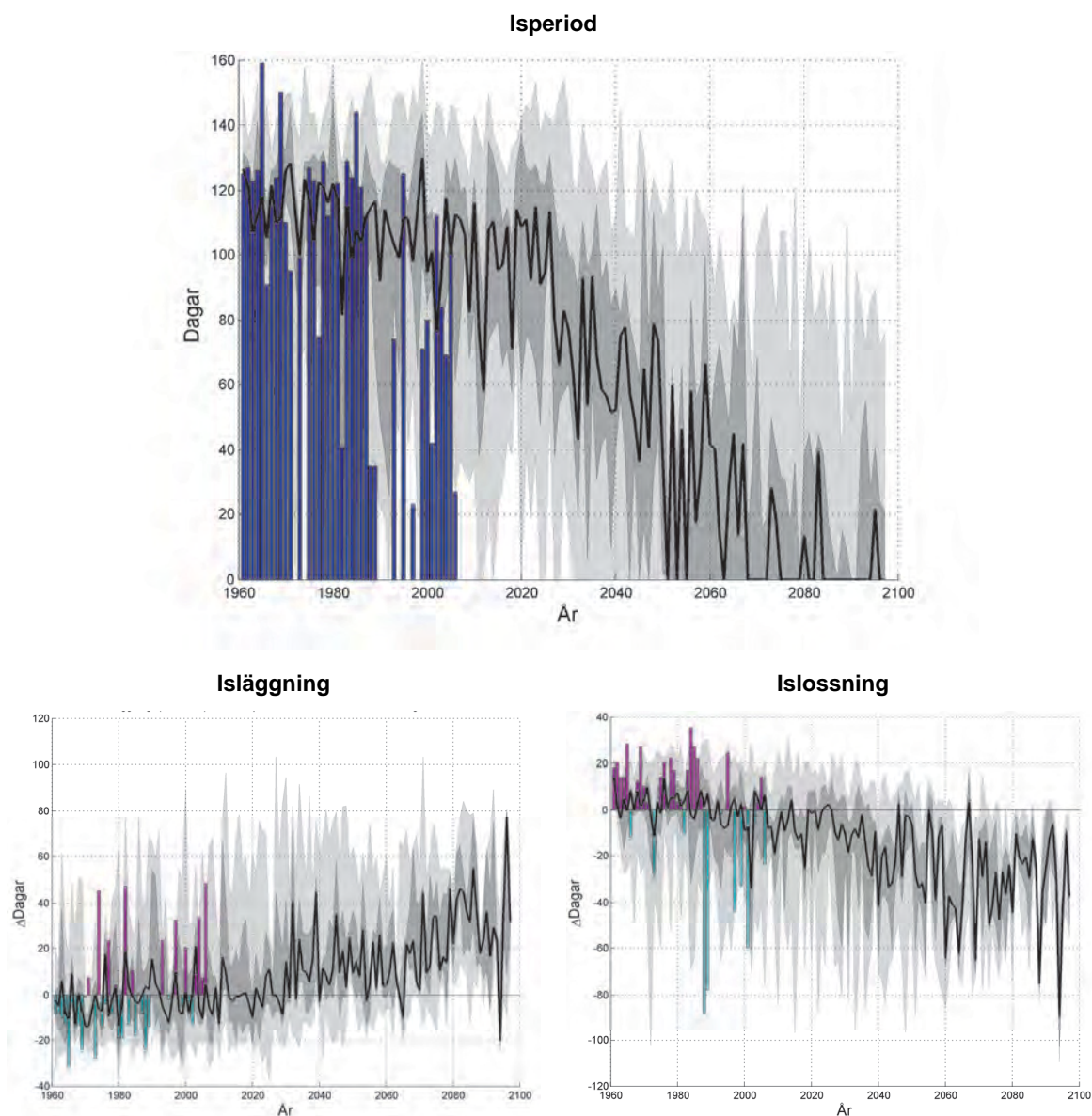
Figur 5.8-1. Bolmen. Överst: beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (luckorna beror på saknade data). Nere till vänster: avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning och till höger islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

Isperioden för Sommen var under referensperioden i medeltal 87 dagar (se figur 5.8-2). I slutet av seklet blir isläggning allt mer sällsynt, endast något enstaka år förekommer enligt medianvärdet. Isläggningen för Sommen skedde under referensperioden på dagnummer 2 i medeltal, d v s årsskiftet. I slutet av seklet förkommer stora variationer mellan åren för isläggningen. De flesta åren är då isfria och de år då isen fortfarande lägger sig sker detta ca 20 dagar senare än under referensperioden. Medelvärden för islossningen under referensperioden var dagnummer 102, d v s mitten av april. Beräkningarna visar att då det ligger is tidigare läggs islossningen med ca 40 dagar i slutet av seklet.



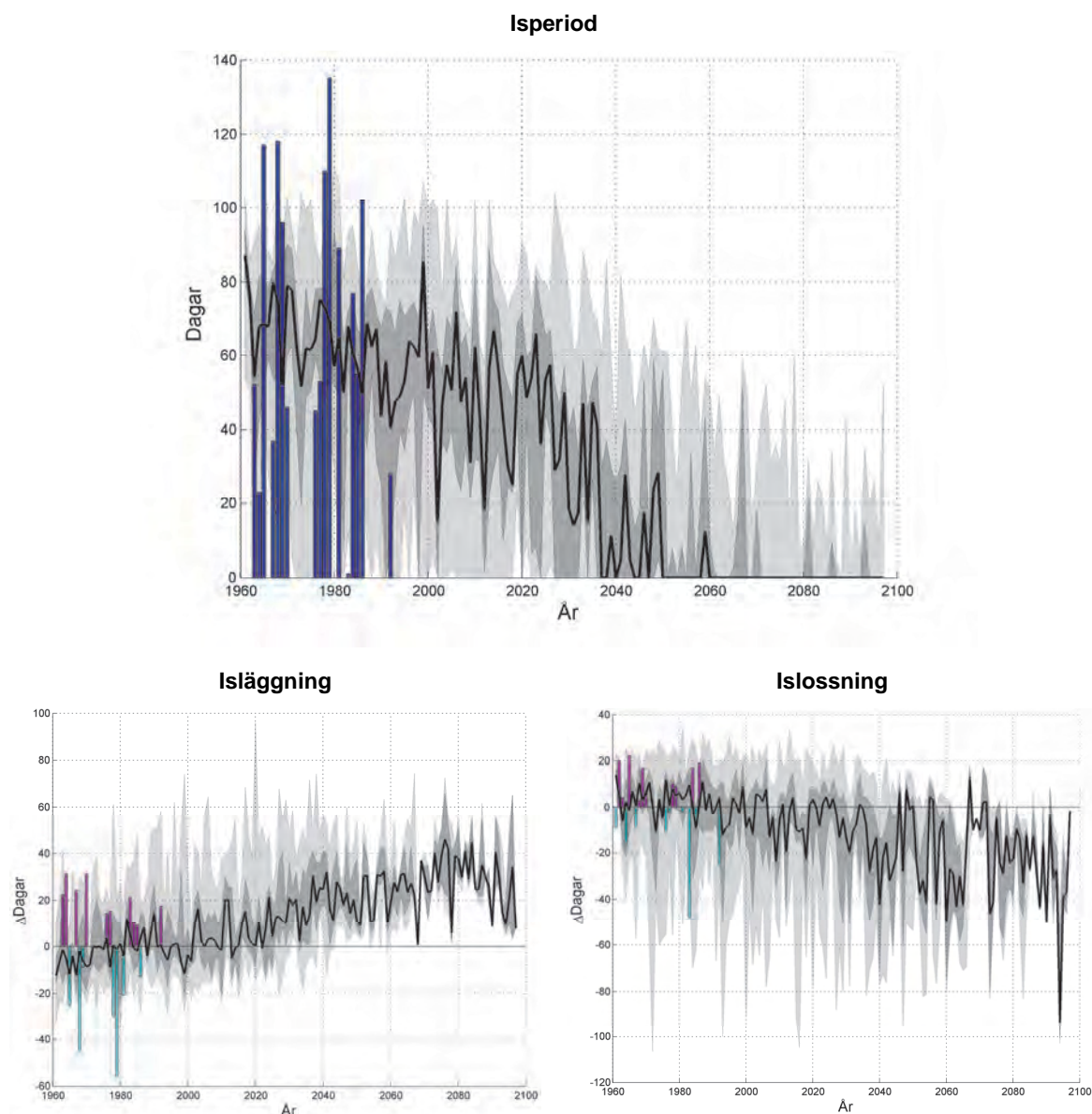
Figur 5.8-2. Sommen. Överst: beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (data saknas för åren 1968-1977). Nere till vänster: avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning och till höger islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lilla staplar senare och turkosa tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

Isperioden för Vidöstern var under referensperioden i medeltal 100 dagar, se figur 5.8-3. I dagens klimat är det sällsynt med isfria år (luckorna i observationerna beror på databrist), men de blir i framtiden allt vanligare. Mot slutet av seklet visar medianvärdet isperioder kortare än 40 dagar. Isläggningen för Vidöstern skedde under referensperioden på dagnummer 352 i medeltal, vilket motsvarar mitten av december. I slutet av seklet förekommer stora variationer mellan åren, men de år då isen fortfarande lägger sig sker detta ca 1 månad (30 dagar) senare än under referensperioden. Medelvärdet för islossningen under referensperioden var dagnummer 93, d v s början av april. Beräkningarna för slutet på seklet visar att då det ligger is tidigareläggs islossningen med i medeltal ca 40 dagar..



Figur 5.8-3. Vidöstern. Överst: beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar (luckorna beror på saknade data). Nere till vänster: avvikelser i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning och till höger islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensembeln. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

Isperioden för södra Vättern var under referensperioden i medeltal 69 dagar, se figur 5.8-4. Redan i dagens klimat är isfria år vanliga och de blir i framtiden allt vanligare. I mitten av seklet blir isläggning allt mer sällsynt, medianvärdet visar att endast något enstaka år förekommer. I slutet av seklet förekommer ingen isläggning enligt medianvärdet. Isläggningen för södra Vättern skedde under referensperioden på dagnummer 31 i medeltal, alltså slutet av januari. För de år i framtiden (efter 2020) då isen lägger sig senareläggs isläggningen med ca 20 dagar. Medelvärde för islossningen under referensperioden var dagnummer 91, d v s början av april. För de år i slutet av seklet då isen har lagt sig tidigare läggs islossningen med ca 30 dagar. De flesta åren kommer dock att helt sakna islagda perioder.



Figur 5.8-4. Vättern södra. Överst: beräknad förändring av isperiod. Observerade värden visas som blå staplar. Nere till vänster: avvikelse i dagnummer jämfört med referensperioden för isläggning och till höger islossning. Observerade avvikelser visas som staplar, lila staplar senare och turkosa tidigare datum. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras i samtliga figurer med den svarta linjen. Den mörkare skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. Den ljusare skuggningen visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

6 Slutsatser

I denna rapport redovisas en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i Jönköpings län såväl under dagens förhållanden som i framtidens förändrade klimat. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. 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 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. Beräkningarna visar exempelvis att vi inte kan utesluta att det inträffar riktigt kalla vintrar åtminstone under en kommande 30-års period. Klimatforskningen kommer ständigt med nya resultat som kan komma att modifiera bilden ytterligare, vilket läsaren bör vara medveten om.

Följande huvuddrag framgår av klimatanalyserna i denna rapport:

- Klimatberäkningarna visar en successiv 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 3-5 °C ökning mot slutet av seklet.
- Det regionala temperaturmönster som framträder över länet i dagens klimat, med varmare förhållanden i lägre terräng och svalare på de mer höglänta områden, kvarstår i framtidsberäkningarna.
- Temperaturökningen är likartad över länet.
- En analys av nederbörden i Jönköpings län 1961-2010 visar att årets största dygnsnederbörd har ökat.
- Förändringen av årsmedelnederbörden ligger i medeltal på en ökning med 10 % till 30 % i slutet av seklet. Den största ökningen av nederbörden sker under vintern.
- Det regionala nederbördsmönstret över länet kvarstår och nederbördsökningen i mm är störst i sydväst och minskar österut.
- De kraftiga regnen förväntas öka upp emot 30% i slutet av seklet.
- Snötillgången beräknas minska avsevärt i Jönköpings län efterhand som klimatet blir varmare. Snöns maximala vatteninnehåll beräknas minska från dagens 30-60 mm till 10-20 mm vid seklets slut. Perioden med snötäckt mark minskar redan i mitten av seklet med nästan 1 månad.
- För de analyserade sjöarna i Jönköpings län visas att isläggning generellt kommer att ske senare och islossning tidigare, som en effekt av stigande lufttemperaturer. Mot slutet av seklet kommer flertalet år helt sakna islagda perioder.

- Vattenföringens variation under året förändras mot högre flöden under vintern och lägre vår- och sommarflöden. Lågvattenperioden blir längre och med lägre flöden. Grundvattenförhållanden påverkas på motsvarande sätt.
- Det beräknade framtida 100-årsflödet väntas öka för vissa områden och minska för andra i länet.
- Det finns ännu inget entydigt vetenskapligt underlag som visar på ändrade risker för kraftiga stormar i framtiden i Jönköpings län. Nya forskningsresultat kan dock komma att ändra denna slutsats i framtiden.

Ett stort antal övriga klimatberoende förhållanden kommer också att förändras efterhand som klimatet ändras. Värmeböljor beräknas bli allt vanligare vilket ökar behovet av kyla i byggnader. Samtidigt pekar analyserna mot en successiv minskning av dagar med nollgenomgång av dygnstemperaturen samtidigt som uppvärmningsbehovet minskar då vintrarna blir mildare. Tjälen förväntas också tränga mindre djupt ner i marken i ett varmare klimat. Det mildare klimatet medför även en kraftig förlängning av vegetationsperioden i länet.

7 Referenser

- Andréasson J., Bergström S., Gardelin M., German J., Gustavsson H., Hallberg K. och Rosberg J. 2011. Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - metodutveckling och scenarier. *Elforsk rapport* 11:25.
- Andréasson J., Hellström S.-S., Rosberg J. och Bergström S. 2007. Översiktlig kartpresentation av klimatförändringars påverkan på Sveriges vattentillgång - Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. *SMHI Hydrologi* nr 106, 2007.
- Bergström S., Hellström S.-S. och Andréasson J. 2006. Nivåer och flöden i Vänerns och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. *SMHI Reports Hydrology*, No. 20, Norrköping.
- Eckersten H., Jansson P.-E., Karlsson S., Lindroth A., Persson B., Perttu K., Blombäck K., Karlberg L. och Persson G. 1998. Biogeofysik – en introduktion. *Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Avdelningsmeddelande* 98:9.
- Eklund D. 2011. Klimatsammanställning – Fjällkedjan. *SMHI-rapport* 2011-40.
- Eklund A. 1999. Isläggning och islossning i svenska sjöar. *SMHI-rapport* 1999-81.
- Eriksson J. V. 1920. Isläggning och islossning i Sveriges insjöar. Meddelande från Statens Meteorologisk-Hydrologiska Anstalt (SMHA). Band 1. N:o 2.
- Fremling S. 1951. Is på sjöar och älvar. Omarbetat 1991 och 1997 av T. Karlin och B. Raab. *SMHI*.
- Fremling S. 1977. Sjöisars beroende av väder och vind, snö och vatten. *SMHI-rapport* RHO 12.
- Gode J., Axelsson J., Eriksson S., Holmgren K., Hovsenius G., Kjellström E., Larsson P., Lundström L. och Persson G. 2007. Tänkbara konsekvenser för energisektorn av klimatförändringar - Effekter, sårbarhet och anpassning. *Elforsk rapport* 07:39.
- IPCC 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Nougier, M., van der Linden, P.J. Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A.(eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- 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.
- IPCC 2011. *Summary for Policymakers. In: Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C. B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S., Tignor, M. and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Isaksson L. och Wern L. 2010. Åska i Sverige 2002-2009. *SMHI Meteorologi* nr 141, 2010.

- 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.
- Lindh, G. och Falkenmark, M. (1972) Hydrologi. En inledning till vattenresursläran, Studentlitteratur
- 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.
- Lindström G. och Hellström S-S. *Simulering av tjäldjup i ett framtida klimat.* (2007-05-21)
- 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.
- Nikulin G., Kjellström E., Hansson U., Strandberg G. and Ullerstig A. 2011. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus*, 63A, 41-55.
- Persson G., Bärning L., Kjellström E., Strandberg G. and Rummukainen M. 2007. Climate indices for vulnerability assessments. *SMHI Reports Meteorology and Climatology*, No 111, 64pp
- Rodhe A., Lindström G. och Dahné J. 2009. Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. *Slutrapport från SGU-projekt 60-1642/2007*
- Skogsstyrelsen 1997. *Marken i skogslandskapet.* Skogsstyrelsen.
- SMHI 1999. Väder och vatten under ett århundrade 1900-1999. SMHI faktablad nr 3.
- SMHI 2002. Län och huvudavrinningsområden i Sverige. *SMHI faktablad* nr 10.
- SMHI 2008. Sveriges sjöar. *SMHI faktablad* nr 39.
- SMHI 2009. Sveriges landskapsklimat. *SMHI faktablad* nr 42.
- SMHI 2011a. Vind och storm i Sverige 1901-2010. *SMHI faktablad* nr 51.
- SMHI 2011b. Blixt och dunder – om åska i Sverige 2002-2009. *SMHI faktablad* nr 48.
- SOU 2006. Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, *SOU 2006:94*. Stockholm.
- 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.
- Sundén G, Maxe L. och Dahné J. 2010. Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. *SGU-rapport 2010:12*

SWECLIM 2002. Expertstöd i klimatfrågan. *Årsrapport* 2001.

Troedsson T. och Nykvist N. 1973. *Marklära och markvård*. Almqvist & Wiksell.

van der Linden P., and 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 Barring L. 2009. Sveriges vindklimat 1901-2008. Analys av förändring i geostrofisk vind. *SMHI Meteorologi* nr 138/2009.

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.

Övriga referenser

SMHI Klimatarkiv

SMHI flödesstatistik

Vattenweb.smhi.se

www.smhi.se > Klimatdata

8 Bilagor

Bilaga 1. Årsmedeltemperatur och medeltemperatur för säsonger (°C).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 2. Dygnsmedeltemperatur, högsta och lägsta (°C).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 3. Antal dygn med dygnsmedeltemperatur >20°C respektive >22°C, samt antal 5-dygnsperioder med dygnsmedeltemperatur > 20°C.

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 4. ”Nollgenomgångar”, dvs. dagar då två på varandra följande dagar har temperaturskillnader som genomkorsar 0°C (dagar).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 5. Antal dygn med dygnsmedeltemperatur < -10°C, antal 5-dygnsperioder med dygnsmedeltemperatur < -10°C och längsta period med dygnsmedeltemperatur < -10°C

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 6. Graddagar för kylning och uppvärmning (°C × dygn).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 7. Vegetationsperiodens längd, start- och sluttidpunkt med tröskel 5°C i 4 dagar (dygn).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098. För vegetationsperiodens längd även differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 8. Årsmedelnederbörd och medelnederbörd för säsonger (mm).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990. Differensen uttrycks som procent för säsongerna. För årsmedelnederbörd visas även differens 1991-2010 vs. 1961-1990 och beräknade maxvärden för 1991-2010.

Bilaga 9. Största 1-dygnsnederbörden och 5-dygnsnederbörden (mm).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 1991-2010, 2021-2050 och 2069-2098.

Bilaga 10. Antal 5-dygsperioder med nederbörd > 5 mm/dygn, antal dagar/år med nederbörd > 10 mm och längsta period med nederbörd > 10 mm/dygn.

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098. För antal dagar/år med nederbörd > 10 mm visas även beräknade värden 1991-2010 samt differenser för 2021-2050 och 2069-2098 vs. 1961-1990.

Bilaga 11. Antal torra dygn (< 1 mm nederbörd), maximalt antal dygn i följd per år utan nederbörd (< 1 mm) och antal torra 5-dygsperioder (< 1 mm/dygn).

Observerade värden 1961-1990 och 1991-2010, beräknade värden 1961-1990, 2021-2050 och 2069-2098.

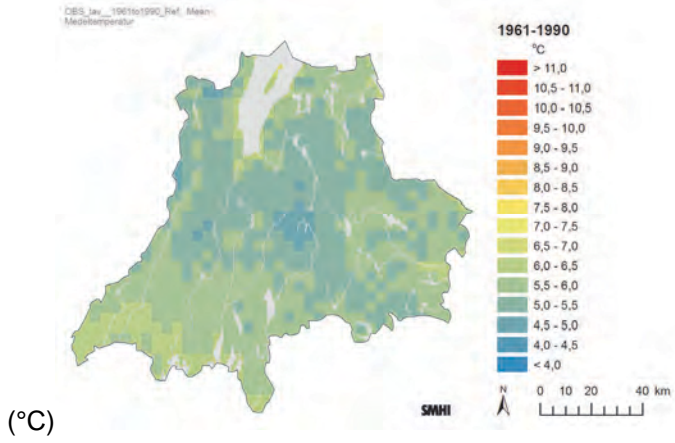
Bilaga 12. Förändring av 100-årstillrinning.

Bilaga 13. Antal dagar med snötäcke

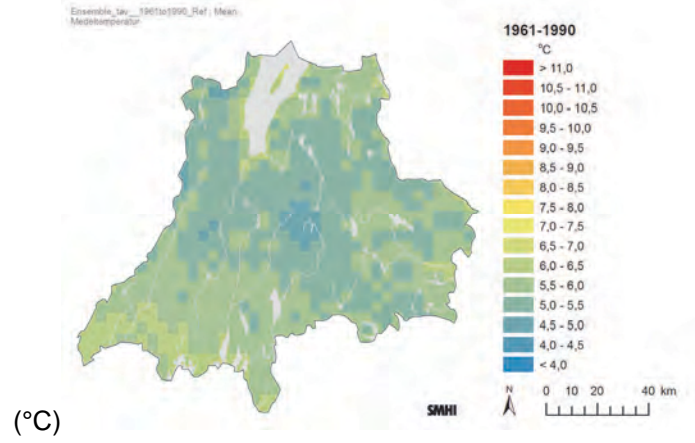
Bilaga 14. Snöns vatteninnehåll (mm)

Bilaga 1 - Årsmedeltemperatur

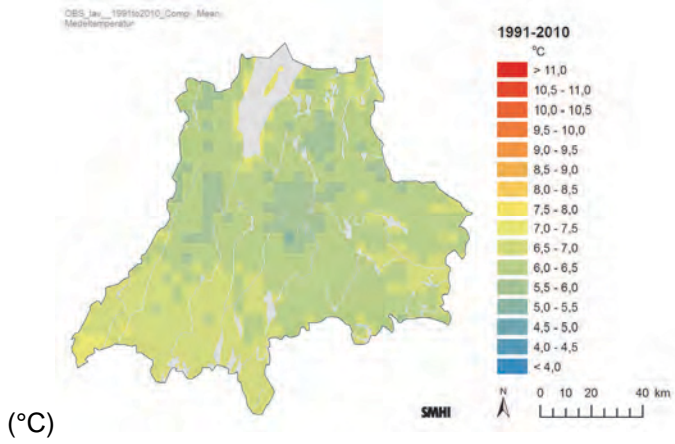
Observerat 1961-1990



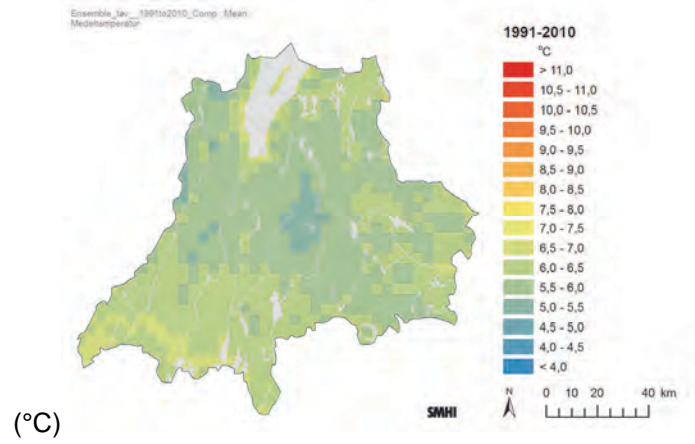
Beräknat 1961-1990



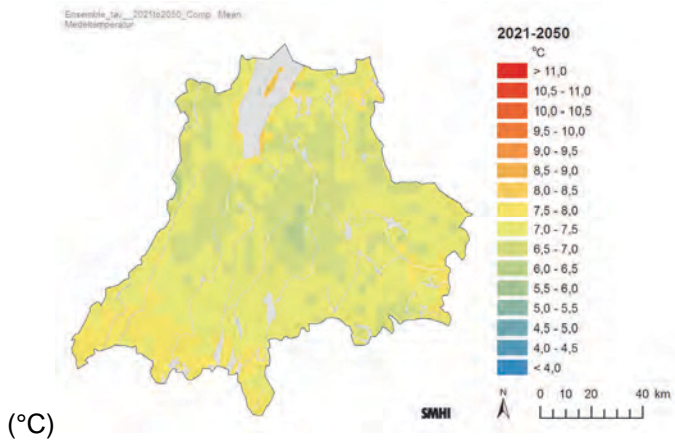
Observerat 1991-2010



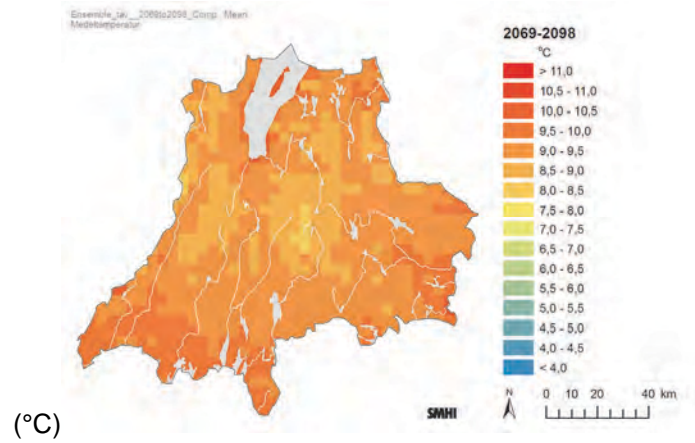
Beräknat 1991-2010



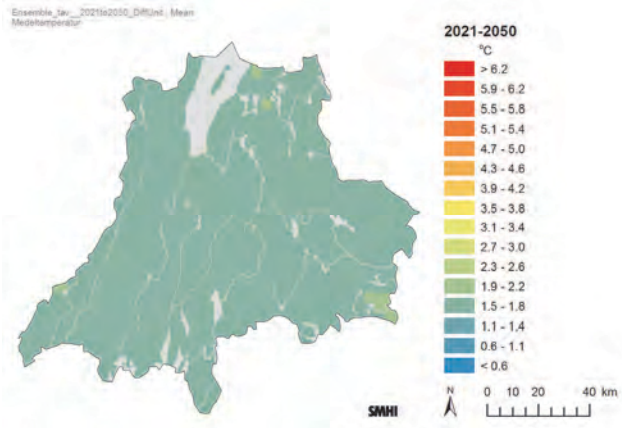
Beräknat 2021-2050



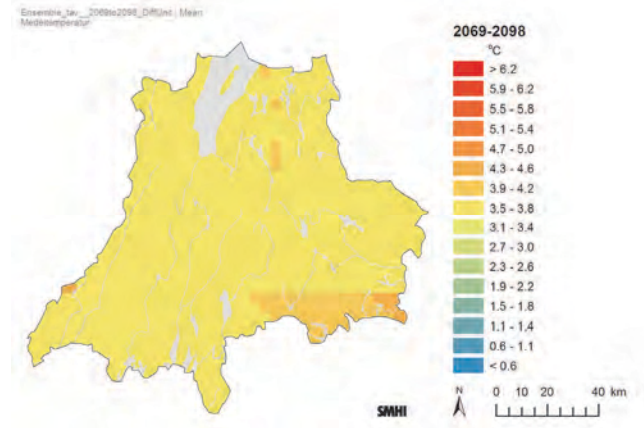
Beräknat 2069-2098



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990
($\Delta^\circ\text{C}$)

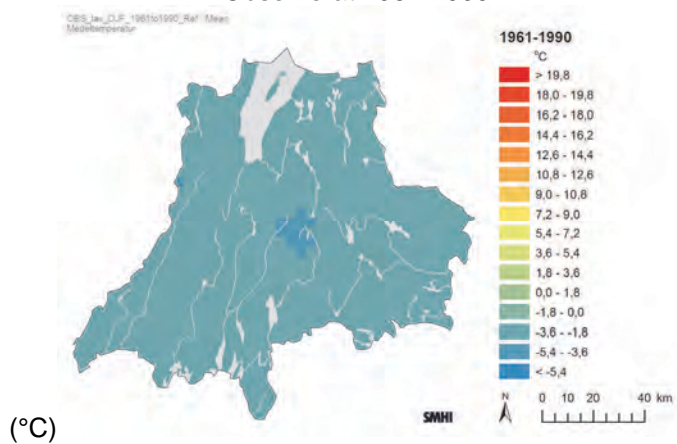


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990
($\Delta^\circ\text{C}$)



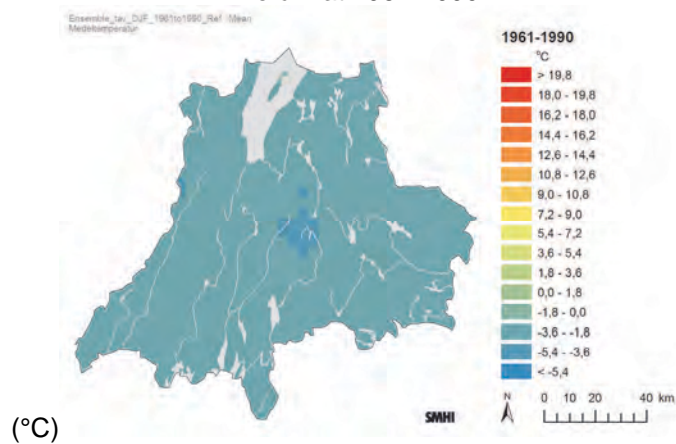
Bilaga 1 – Vintermedeltemperatur (december-februari)

Observerat 1961-1990



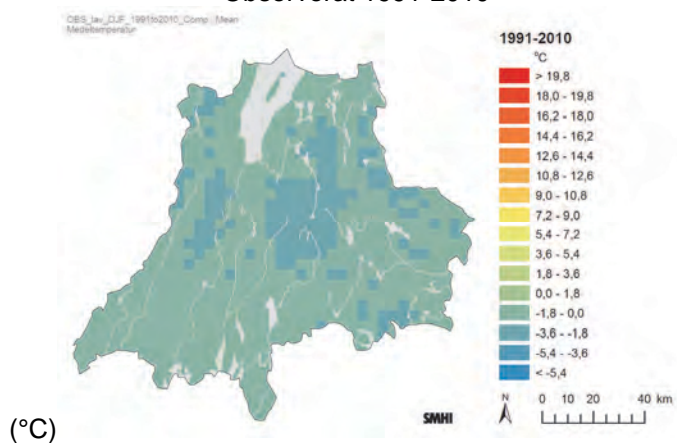
(°C)

Beräknat 1961-1990



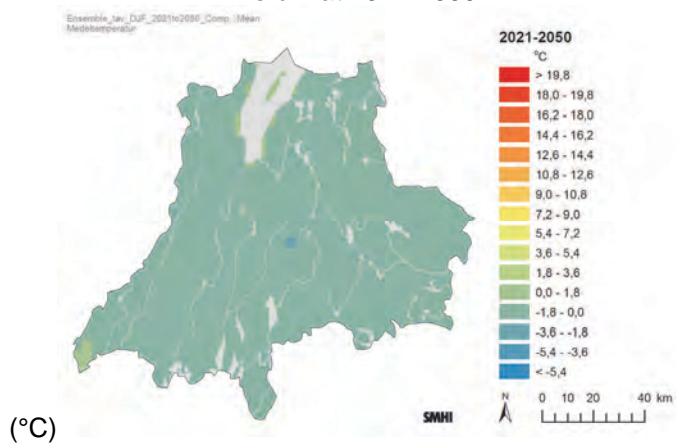
(°C)

Observerat 1991-2010



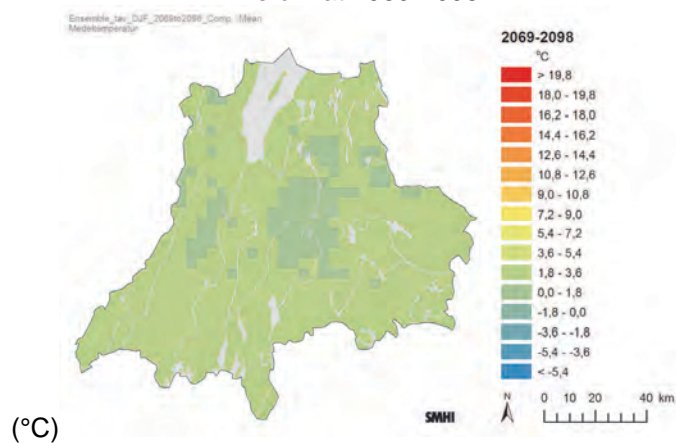
(°C)

Beräknat 2021-2050



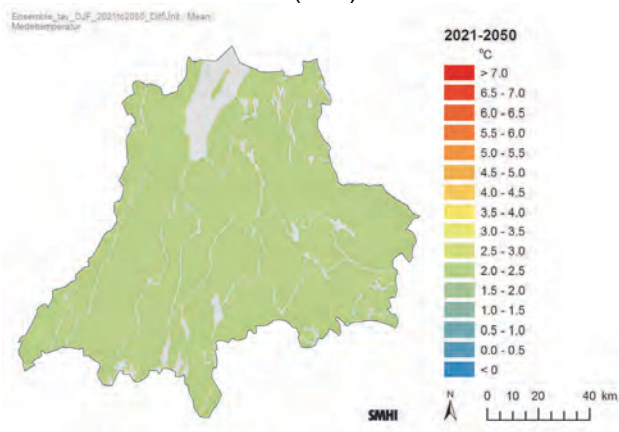
(°C)

Beräknat 2069-2098

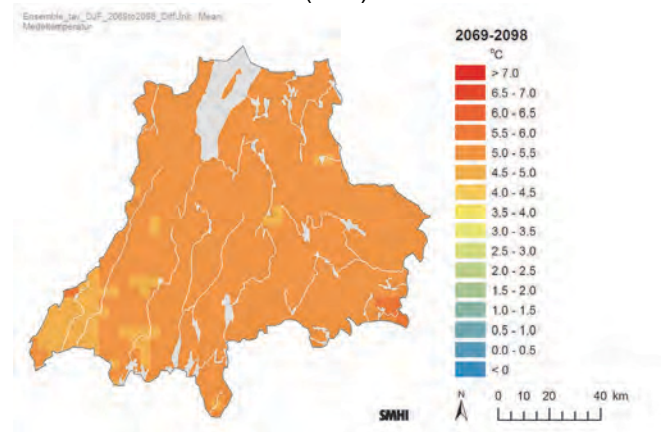


(°C)

Differens 2021-2050 vs. 1961-1990
($\Delta^{\circ}\text{C}$)

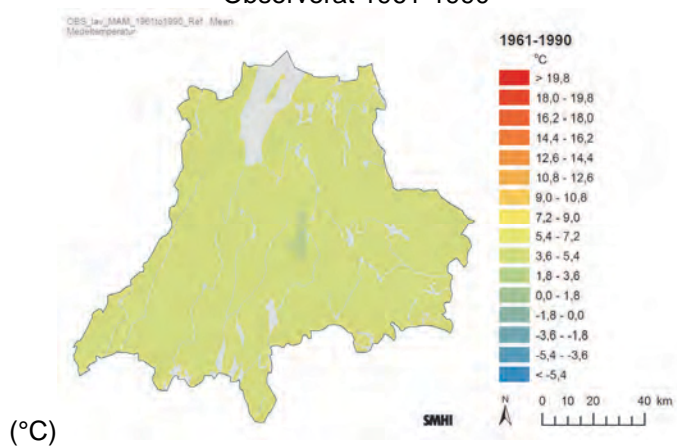


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990
($\Delta^{\circ}\text{C}$)



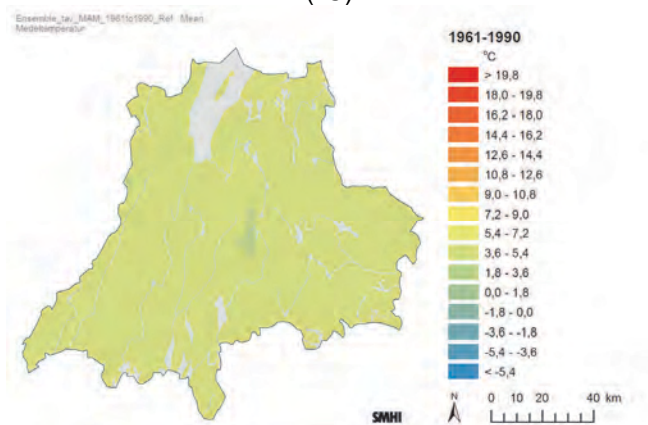
Bilaga 1 – Vårmedeltemperatur (mars-maj)

Observerat 1961-1990

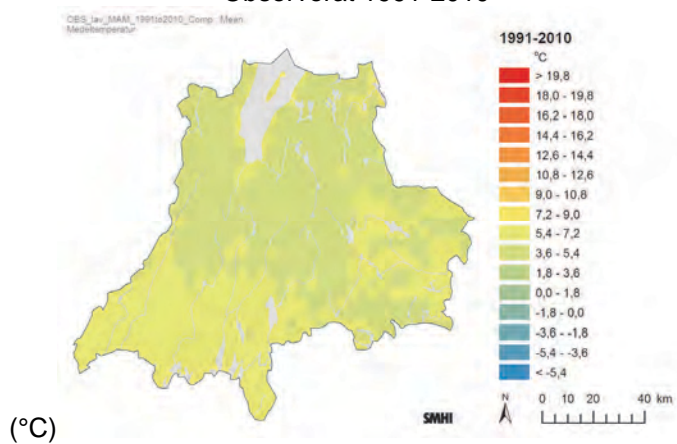


(°C)

Beräknat 1961-1990
(°C)

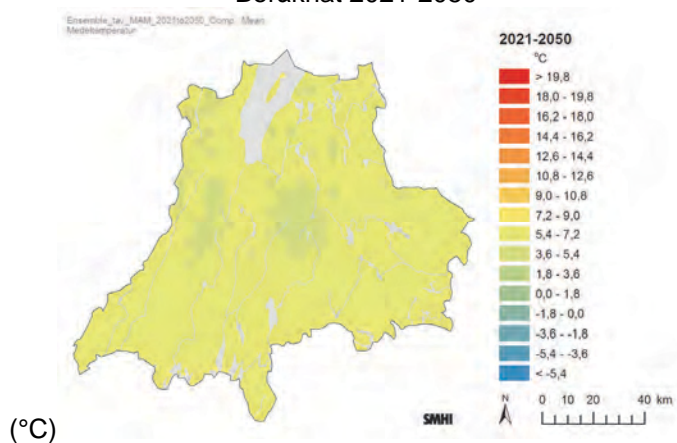


Observerat 1991-2010



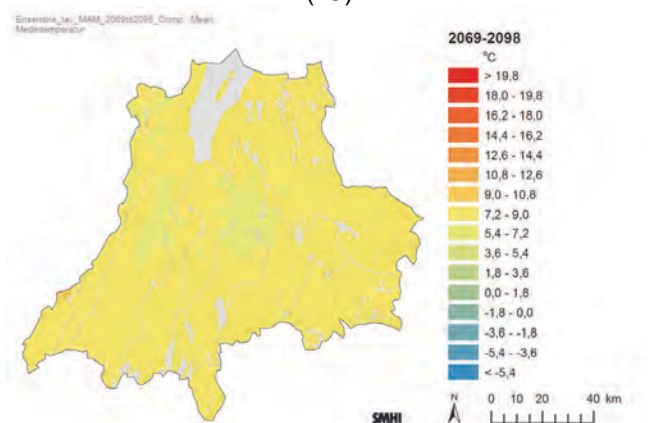
(°C)

Beräknat 2021-2050

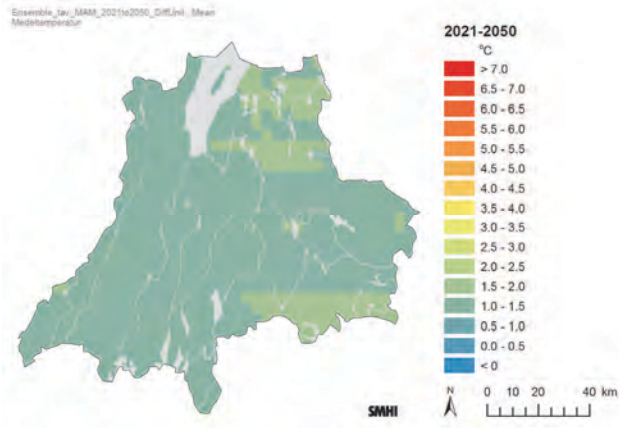


(°C)

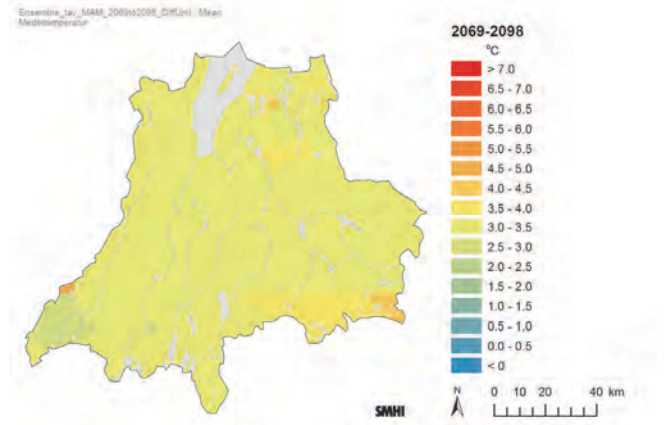
Beräknat 2069-2098
(°C)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990
($\Delta^{\circ}\text{C}$)

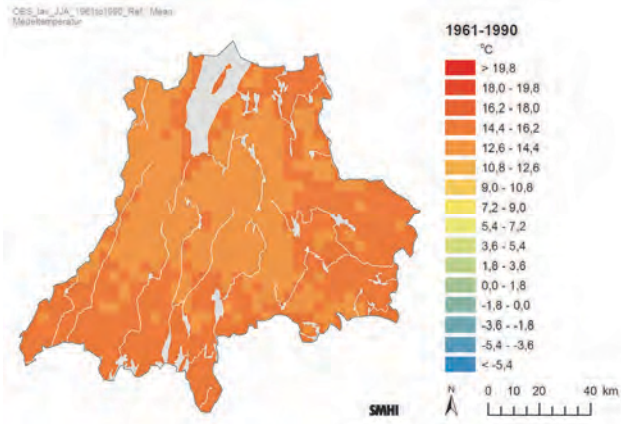


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)

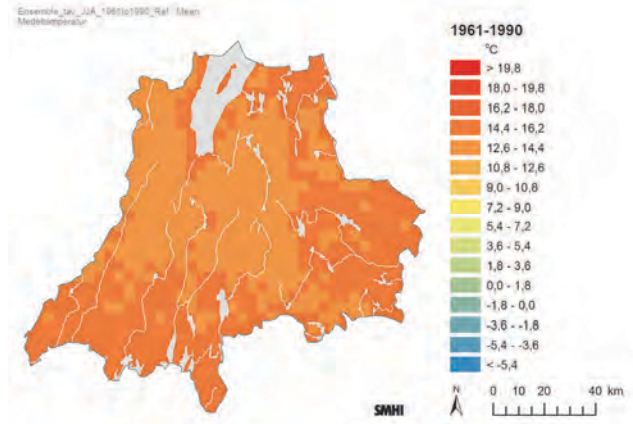


Bilaga 1 – Sommarmedeltemperatur (juni-augusti)

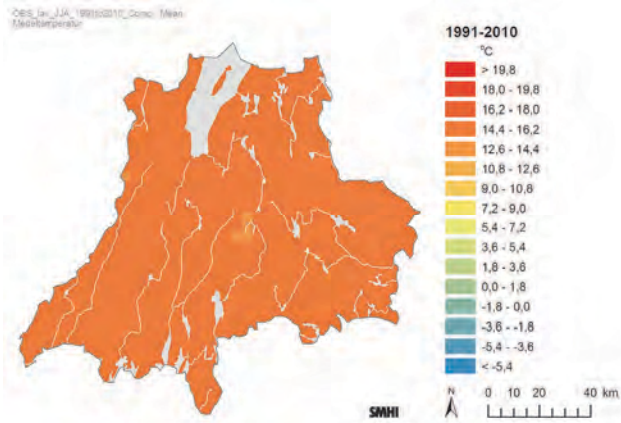
Observervat 1961-1990
(°C)



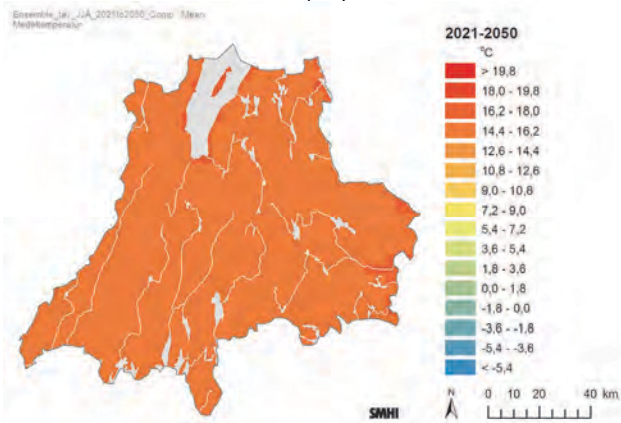
Beräknat 1961-1990
(°C)



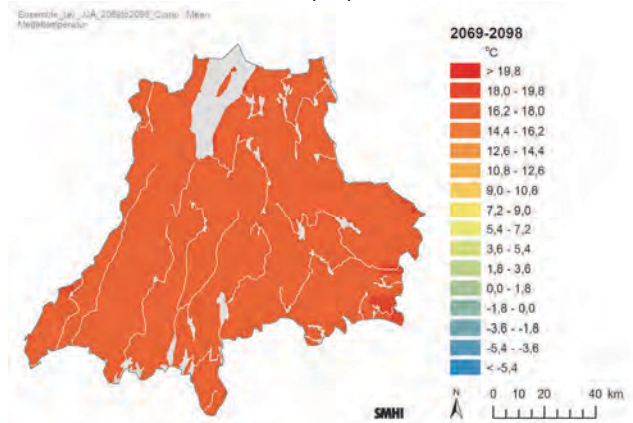
Observervat 1991-2010
(°C)



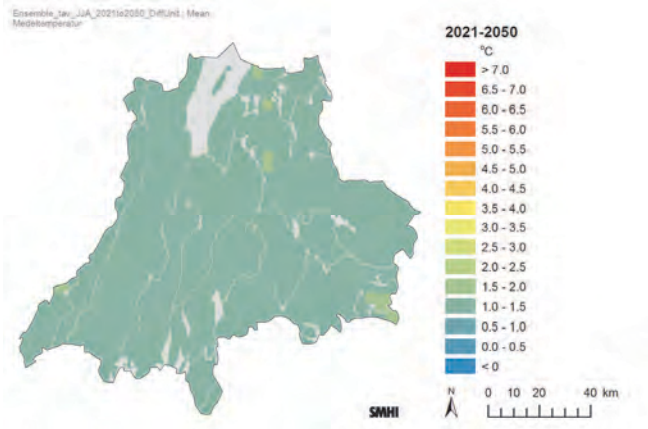
Beräknat 2021-2050
(°C)



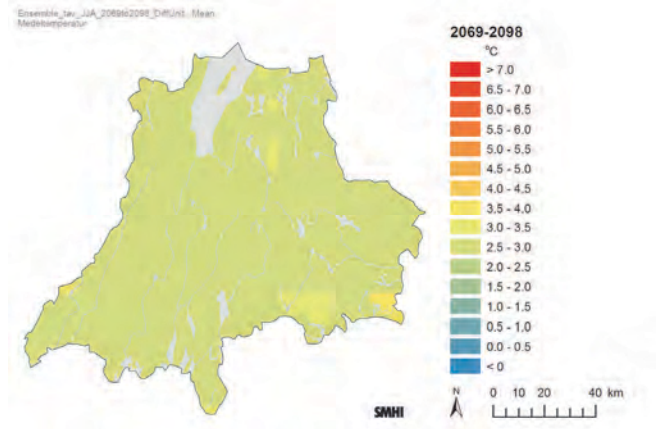
Beräknat 2069-2098
(°C)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



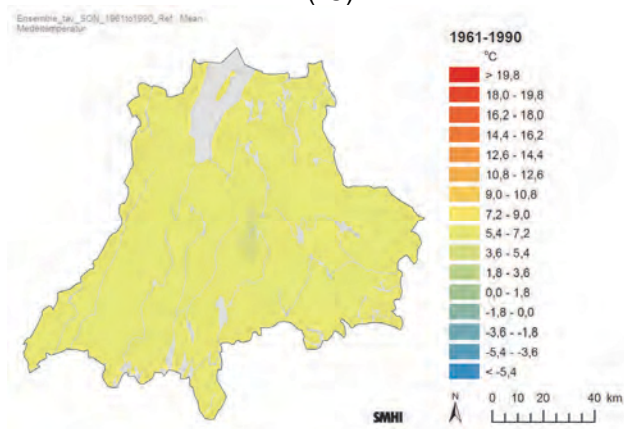
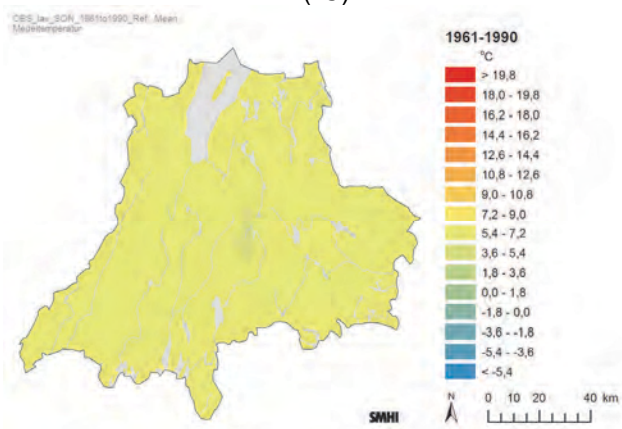
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



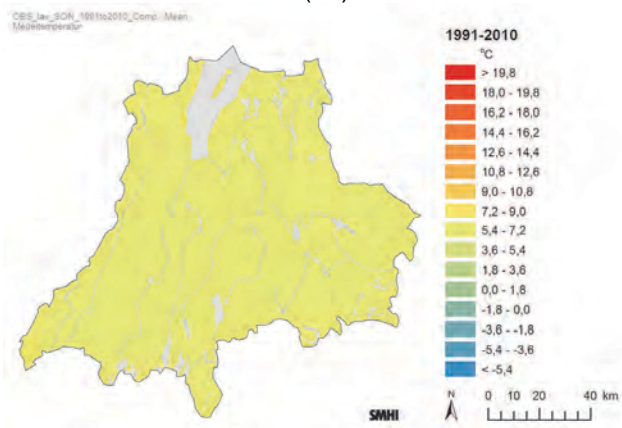
Bilaga 1 – Höstmedeltemperatur (september-november)

Observervat 1961-1990
(°C)

Beräknat 1961-1990
(°C)

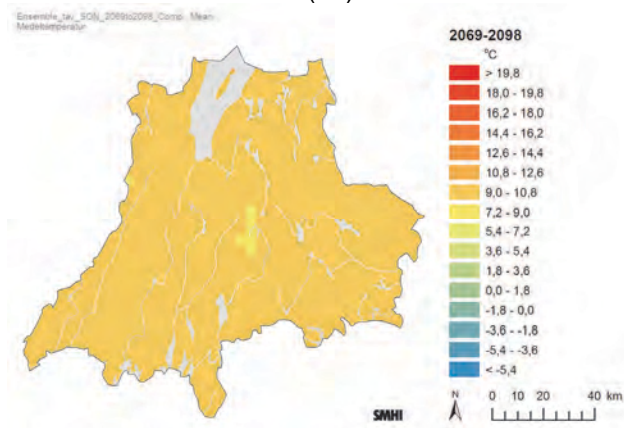
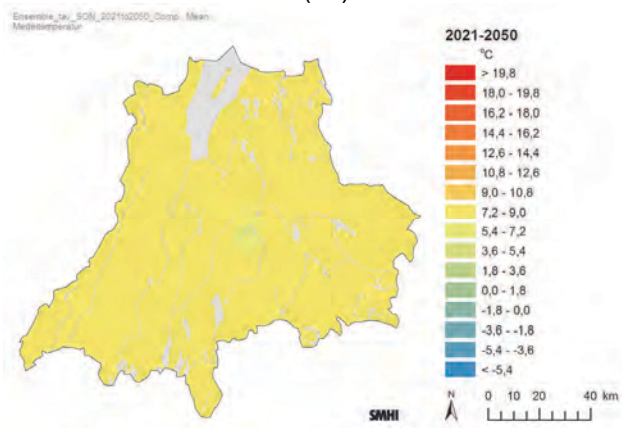


Observervat 1991-2010
(°C)

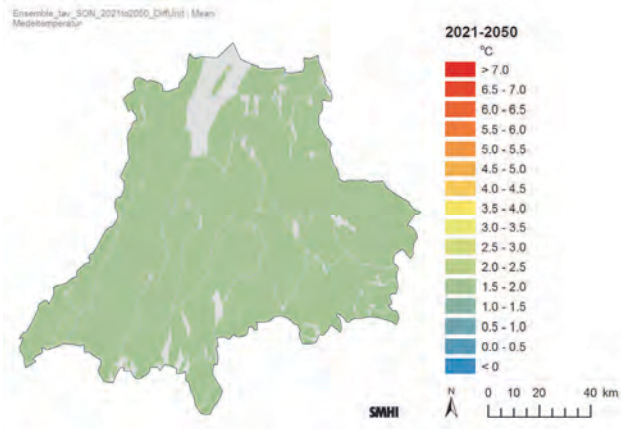


Beräknat 2021-2050
(°C)

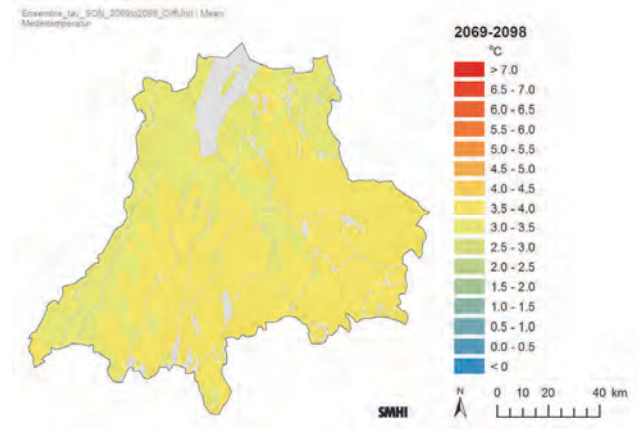
Beräknat 2069-2098
(°C)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



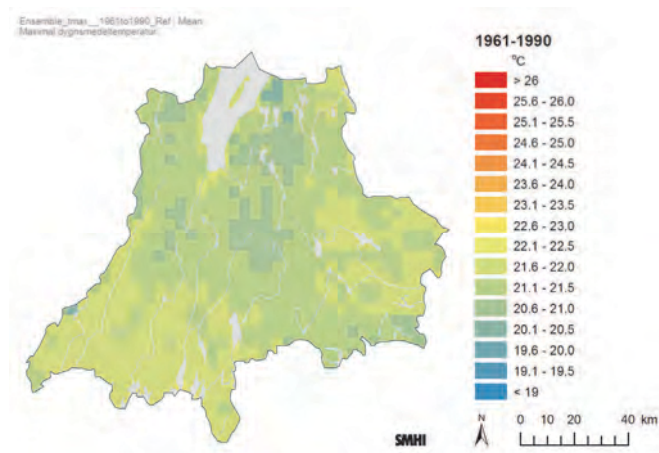
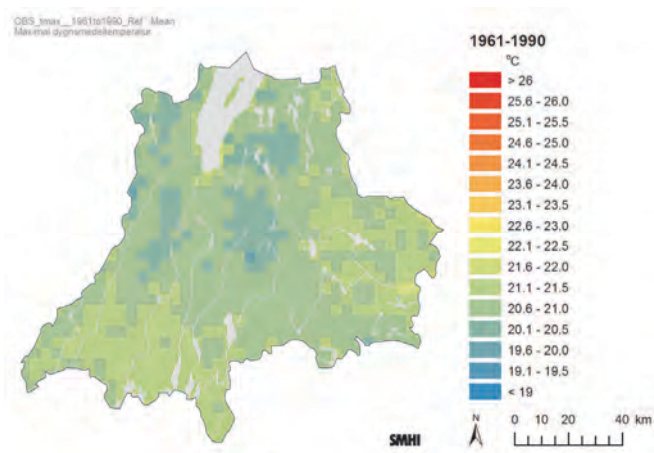
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}$)



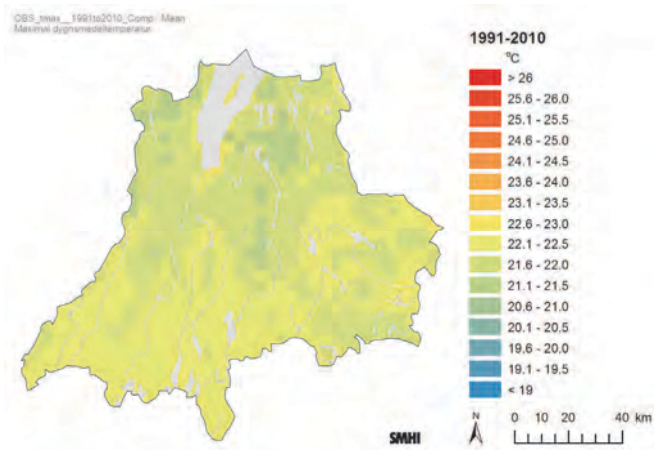
Bilaga 2 – Högsta dygnsmedeltemperatur (medel 30 år)

Observerat 1961-1990 (°C)

Beräknat 1961-1990 (°C)

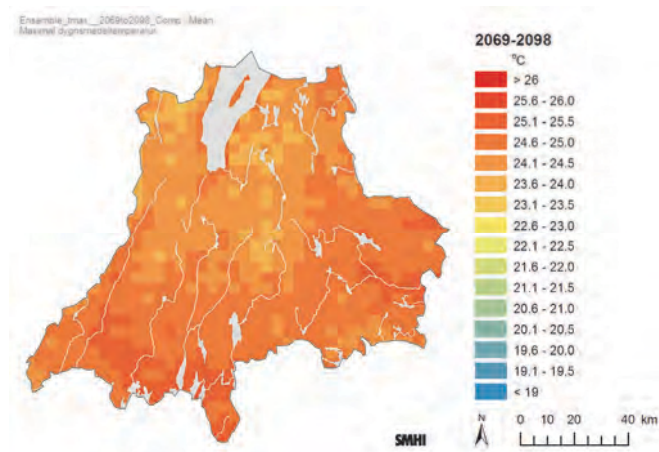
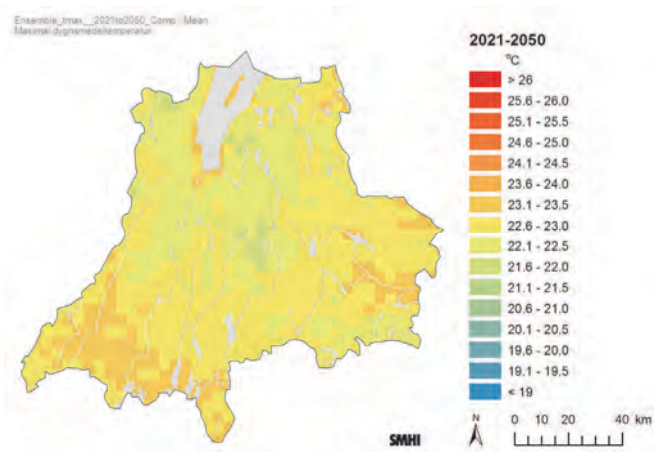


Observerat 1991-2010 (°C)



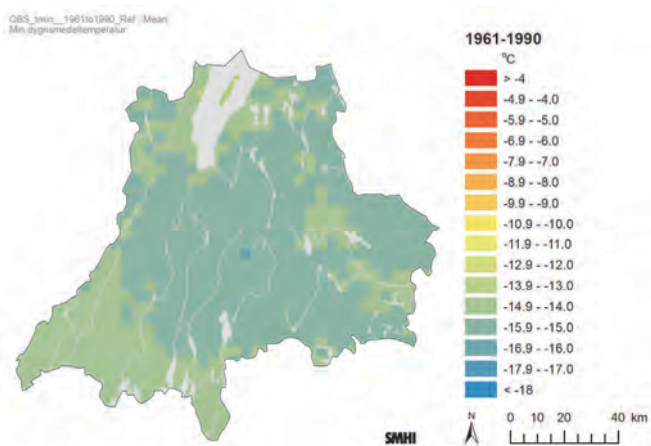
Beräknat 2021-2050 (°C)

Beräknat 2069-2098 (°C)

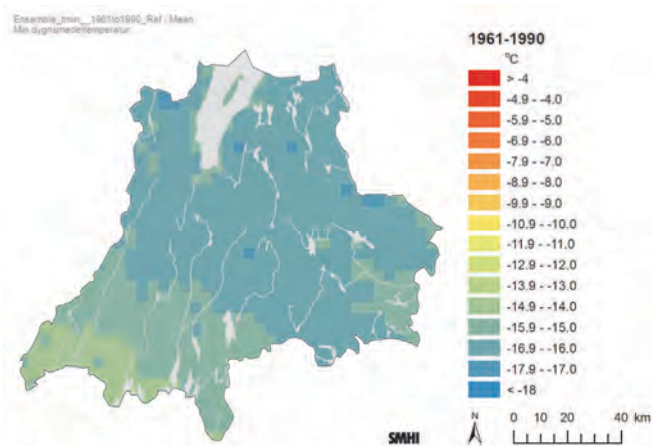


Bilaga 2 – Lägsta dygnsmedeltemperatur (medel 30 år)

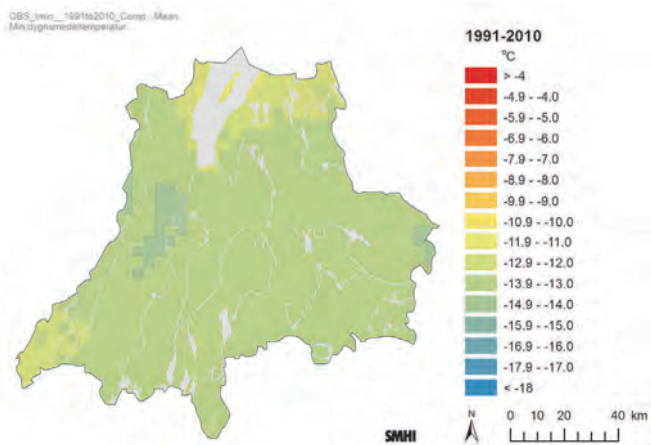
Observerat 1961-1990 (°C)



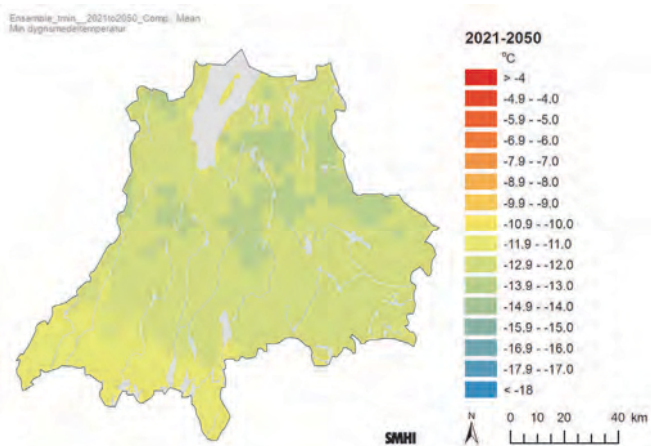
Beräknat 1961-1990 (°C)



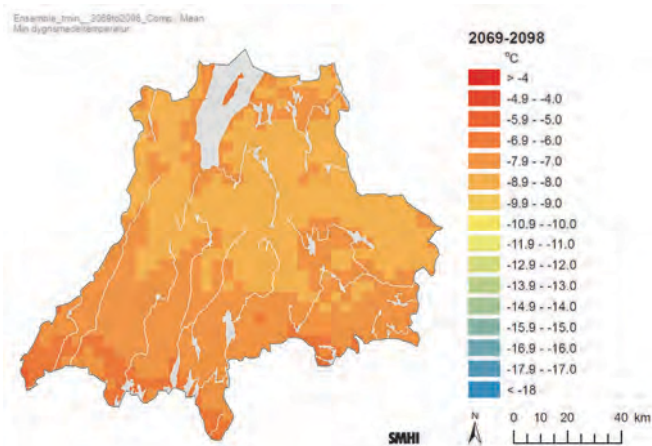
Observerat 1991-2010 (°C)



Beräknat 2021-2050 (°C)

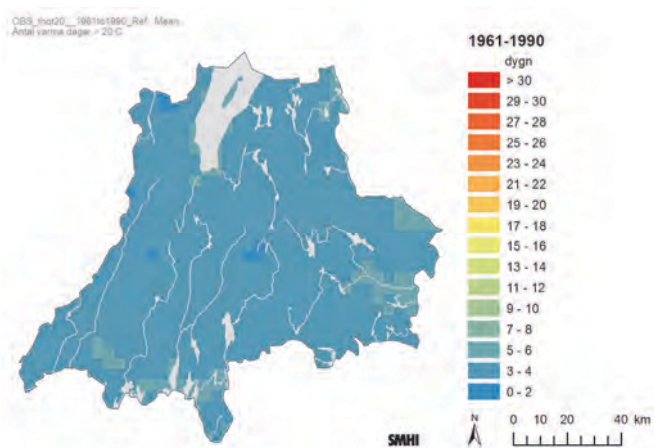


Beräknat 2069-2098 (°C)

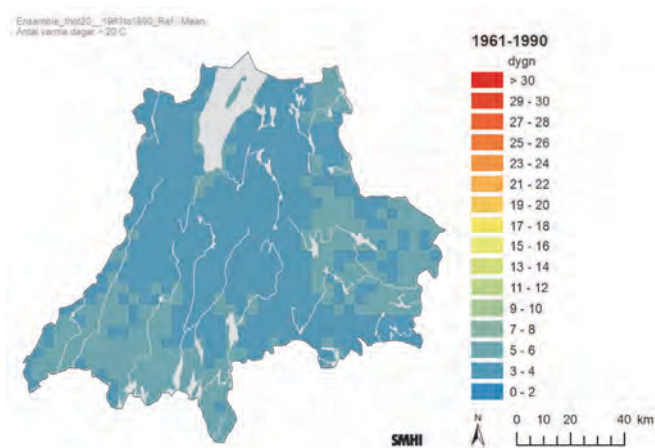


Bilaga 3 – Antal dygn med dygnsmedeltemperatur > 20°C (medel 30 år)

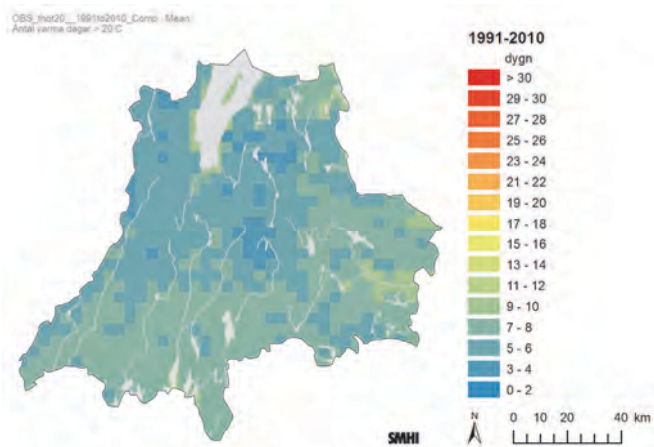
Observerat 1961-1990 (dygn)



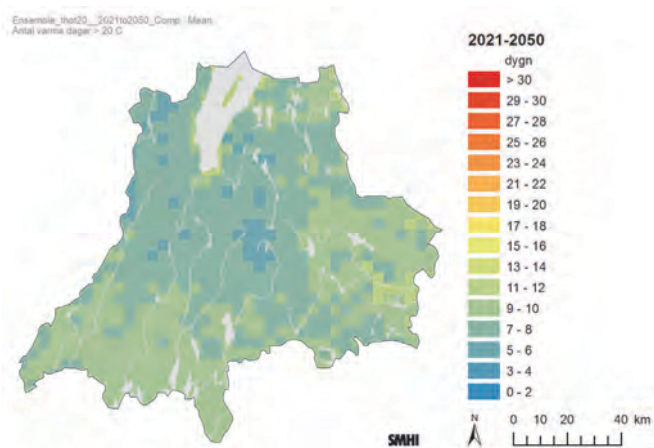
Beräknat 1961-1990 (dygn)



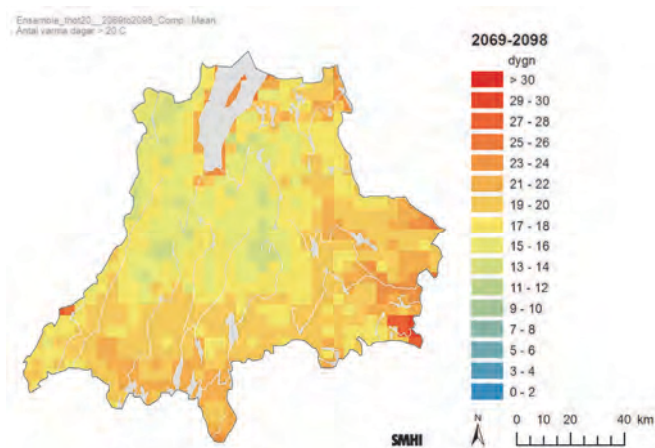
Observerat 1991-2010 (dygn)



Beräknat 2021-2050 (dygn)

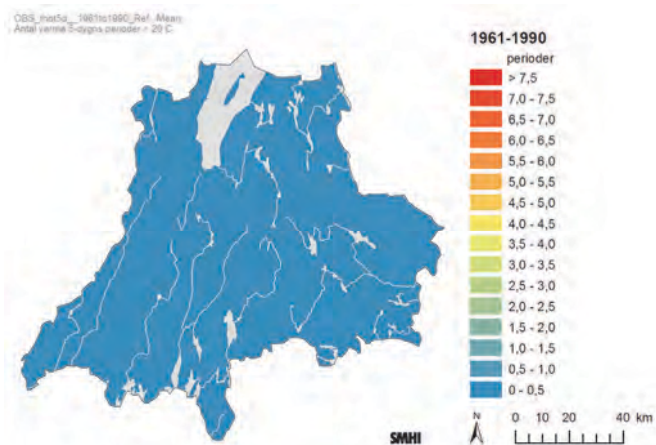


Beräknat 2069-2098 (dygn)

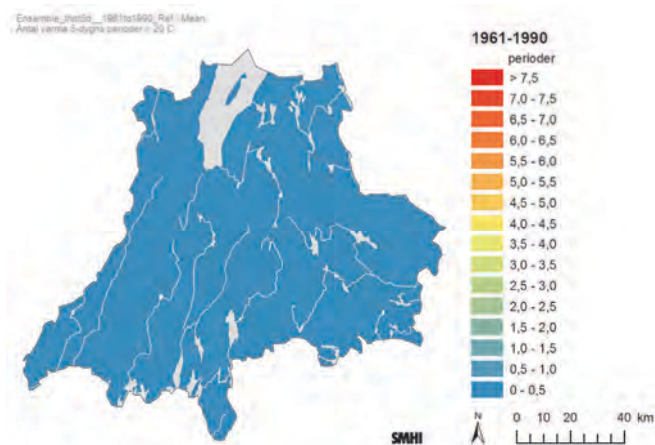


Bilaga 3 – Antal 5-dygnsperioder med dygnsmedeltemperatur > 20°C (medel 30 år)

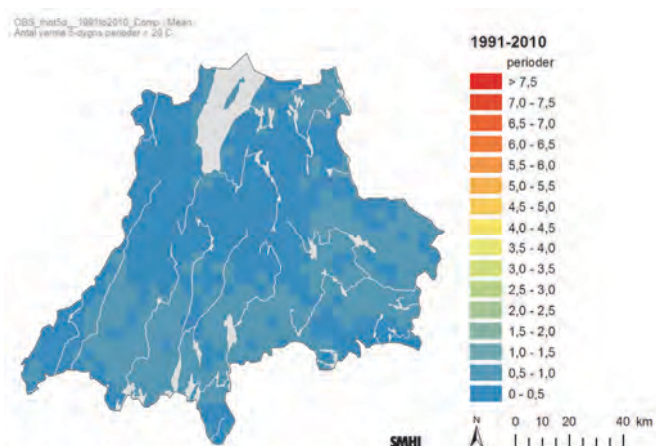
Observerat 1961-1990 (perioder)



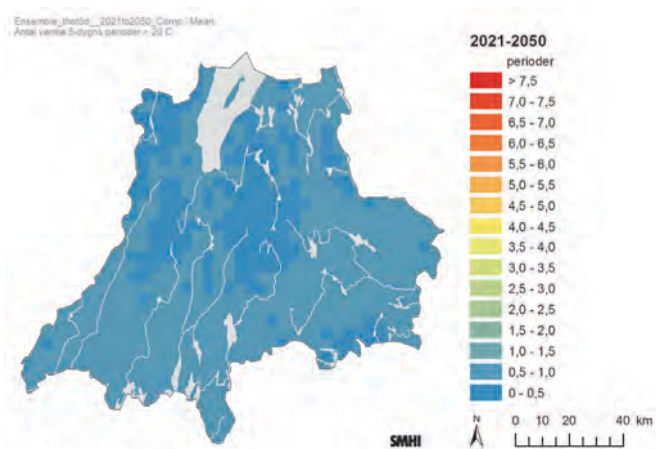
Beräknat 1961-1990 (perioder)



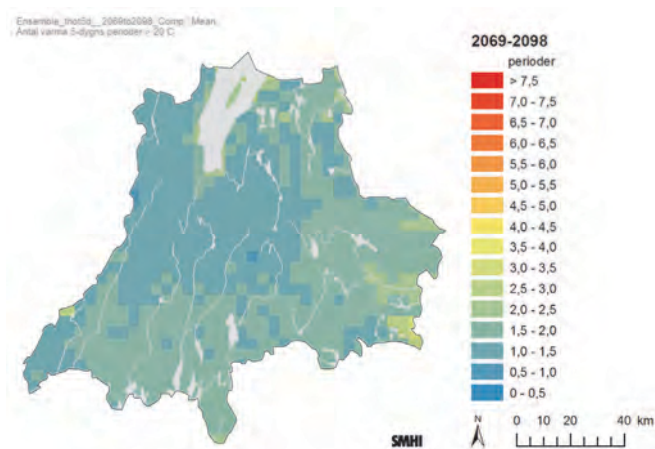
Observerat 1991-2010 (perioder)



Beräknat 2021-2050 (perioder)

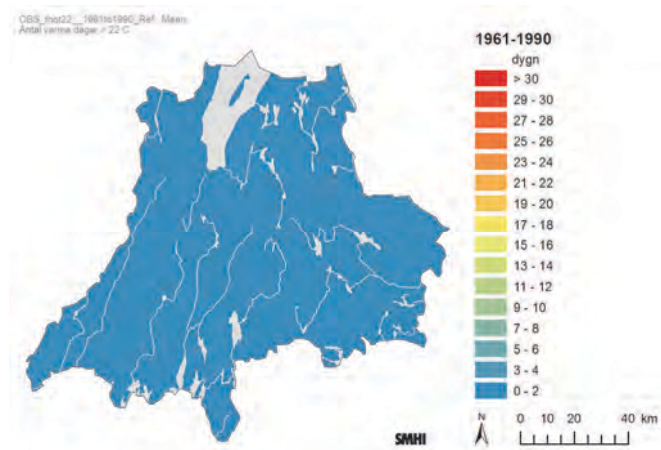


Beräknat 2069-2098 (perioder)

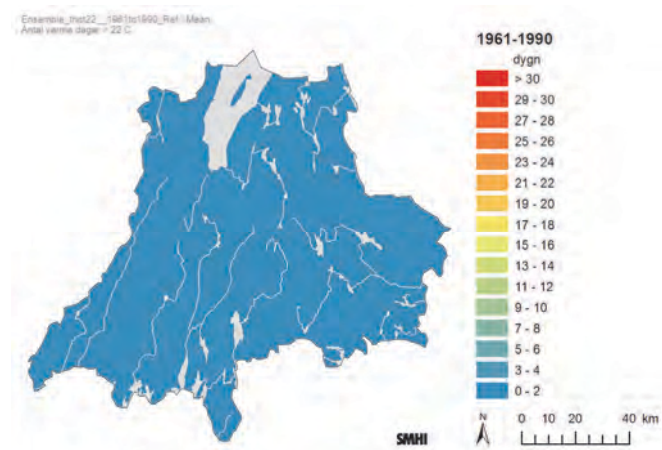


Bilaga 3 – Antal dygn med dygnsmedeltemperatur > 22°C (medel 30 år)

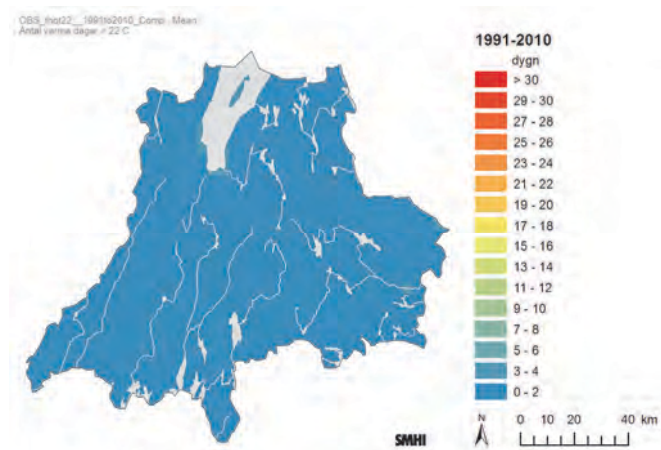
Observerat 1961-1990 (dygn)



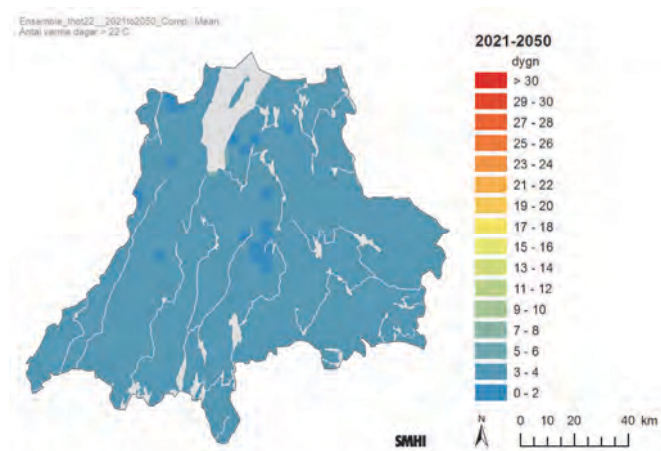
Beräknat 1961-1990 (dygn)



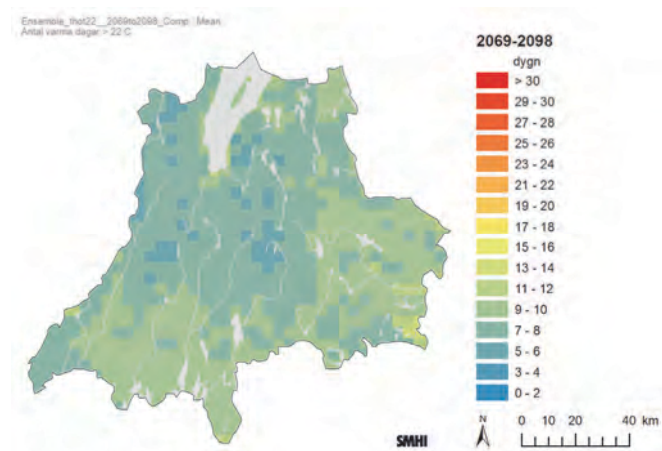
Observerat 1991-2010 (dygn)



Beräknat 2021-2050 (dygn)

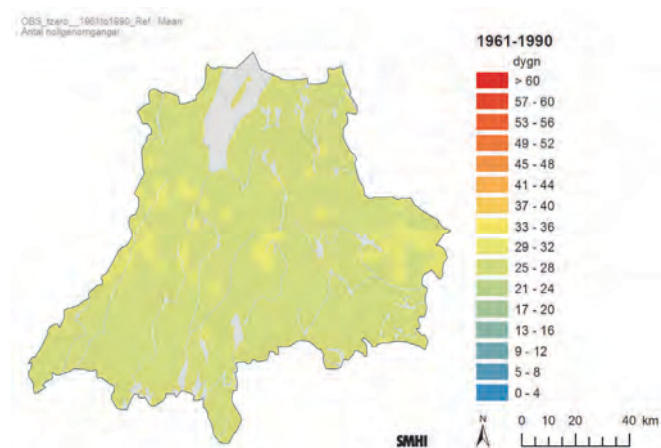


Beräknat 2069-2098 (dygn)

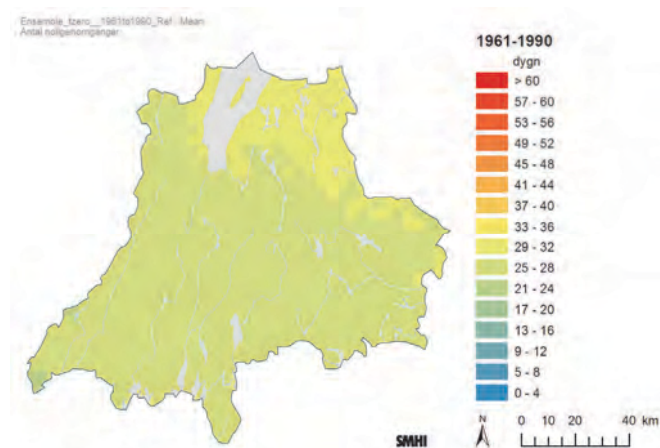


Bilaga 4 – Nollgenomgångar (dygnsmedeltemperatur)

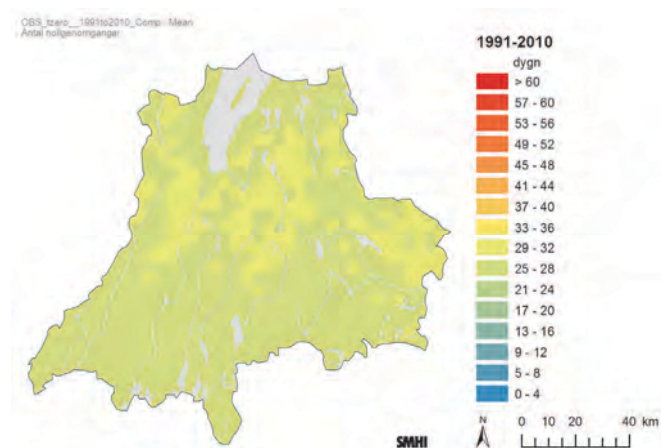
Observerat 1961-1990 (dagar)



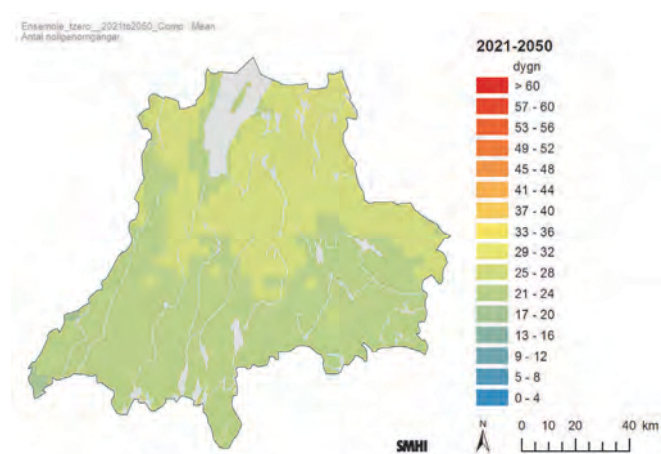
Beräknat 1961-1990 (dagar)



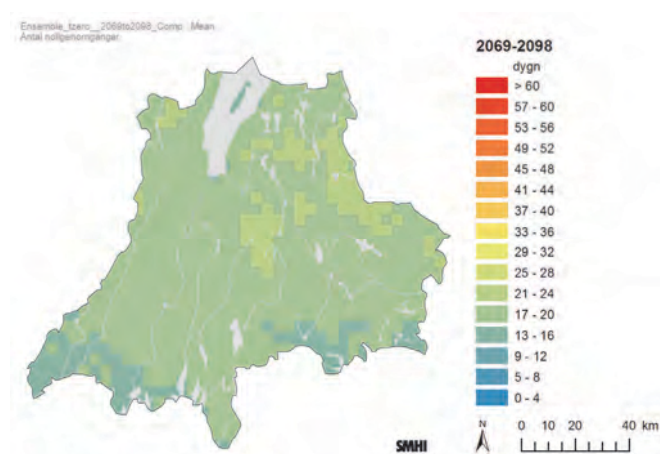
Observerat 1991-2010 (dagar)



Beräknat 2021-2050 (dagar)

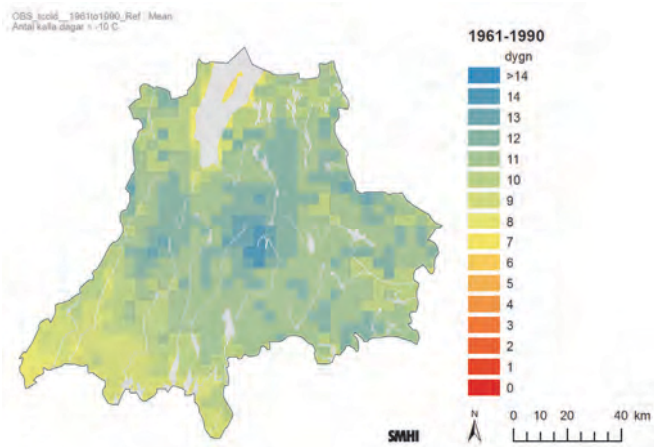


Beräknat 2069-2098 (dagar)

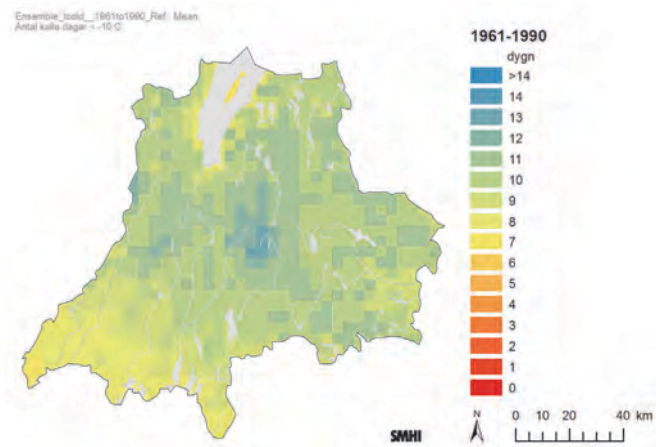


Bilaga 5 – Antal dygn med dygnsmedeltemperatur < -10°C (medel 30 år)

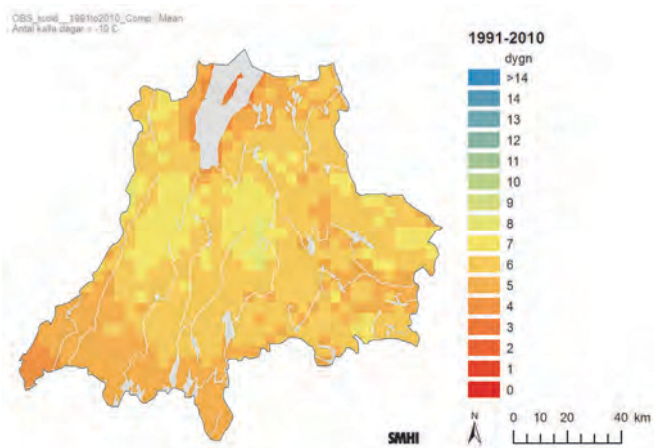
Observerat 1961-1990 (dygn)



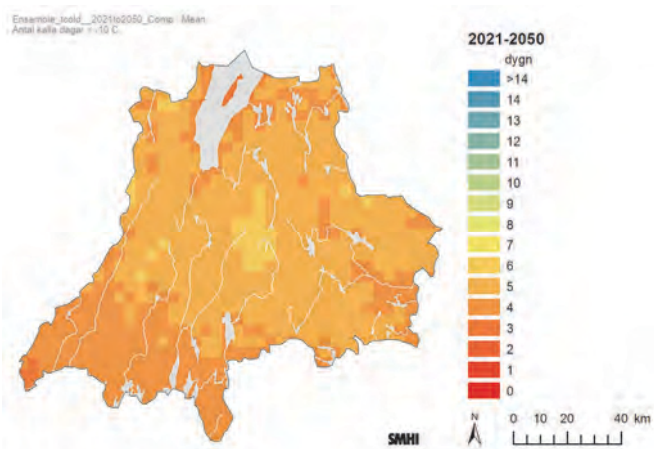
Beräknat 1961-1990 (dygn)



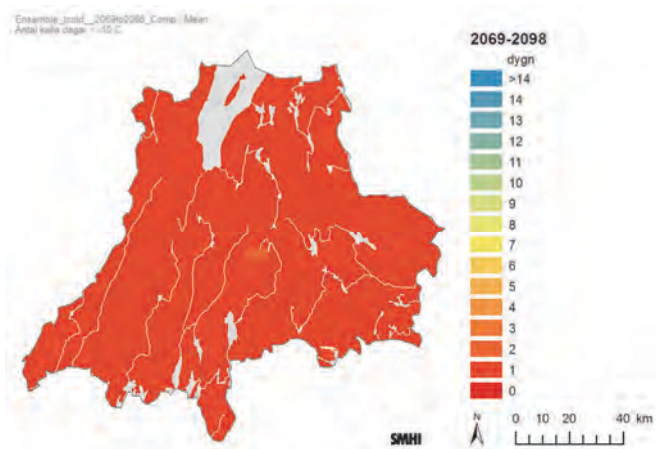
Observerat 1991-2010 (dygn)



Beräknat 2021-2050 (dygn)

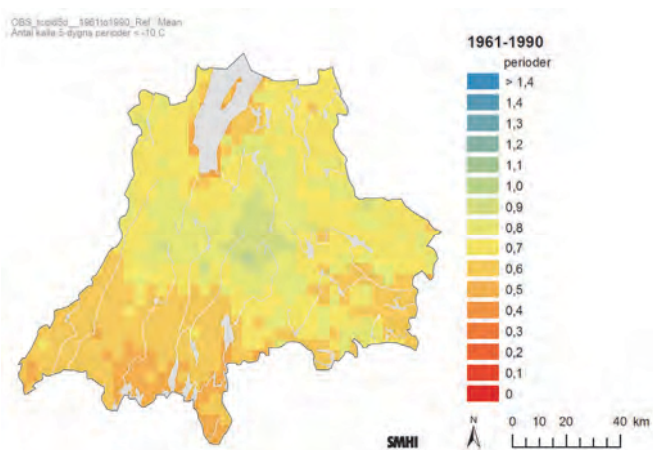


Beräknat 2069-2098 (dygn)

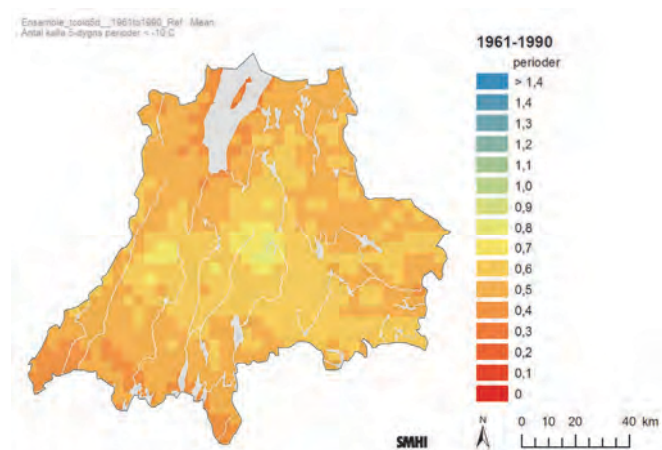


Bilaga 5 – Antal 5-dygnsperioder med dygnsmedeltemperatur < -10°C (medel 30 år)

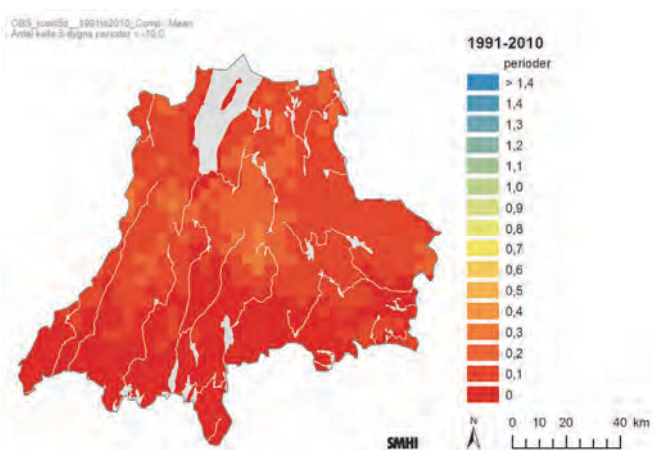
Observerat 1961-1990 (perioder)



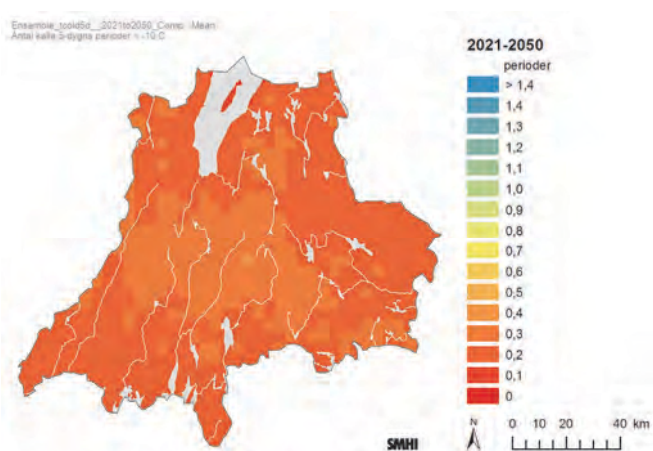
Beräknat 1961-1990 (perioder)



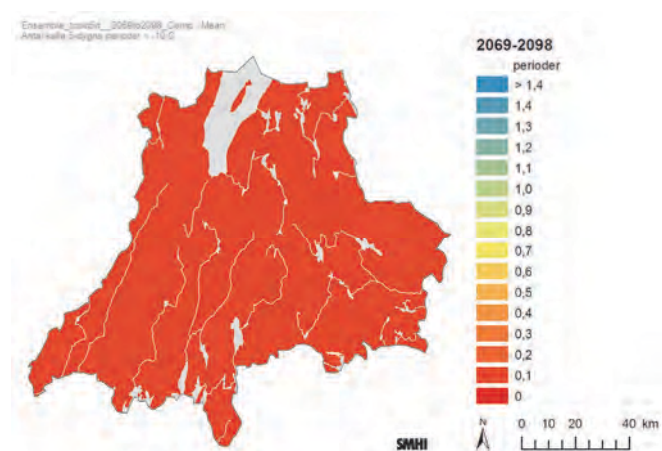
Observerat 1991-2010 (perioder)



Beräknat 2021-2050 (perioder)

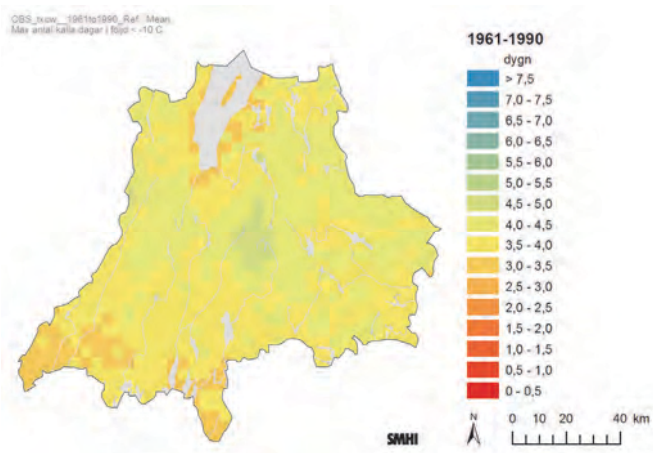


Beräknat 2069-2098 (perioder)

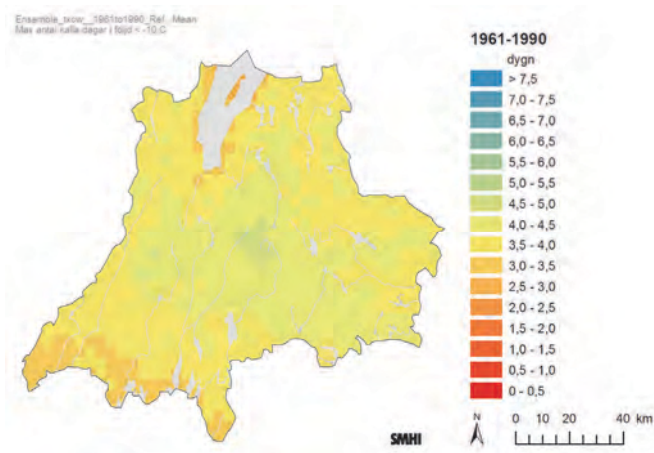


Bilaga 5 – Längsta period med dygnsmedeltemperatur < -10°C (medel 30 år)

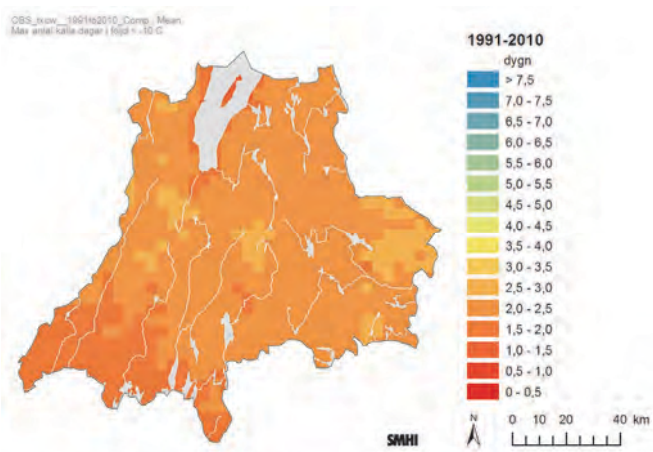
Observerat 1961-1990 (dygn)



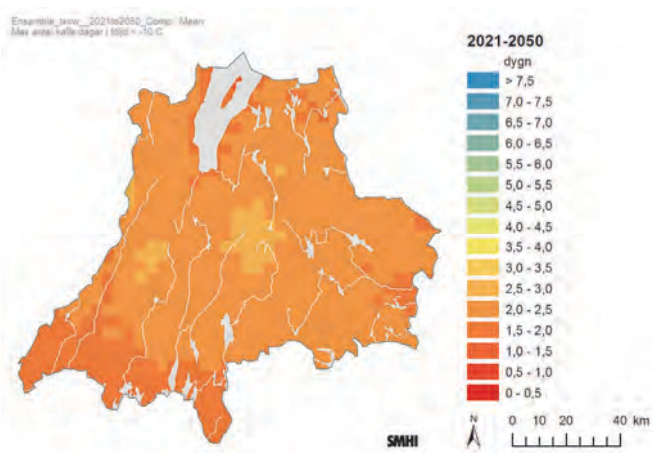
Beräknat 1961-1990 (dygn)



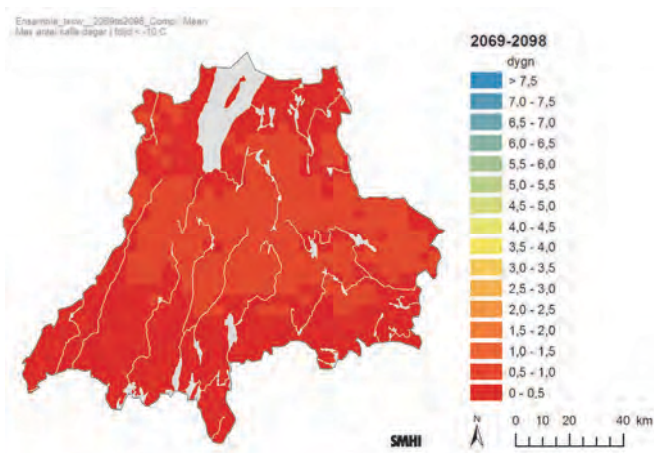
Observerat 1991-2010 (dygn)



Beräknat 2021-2050 (dygn)



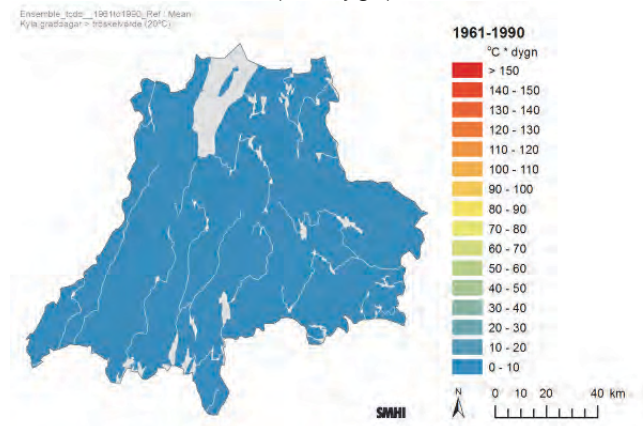
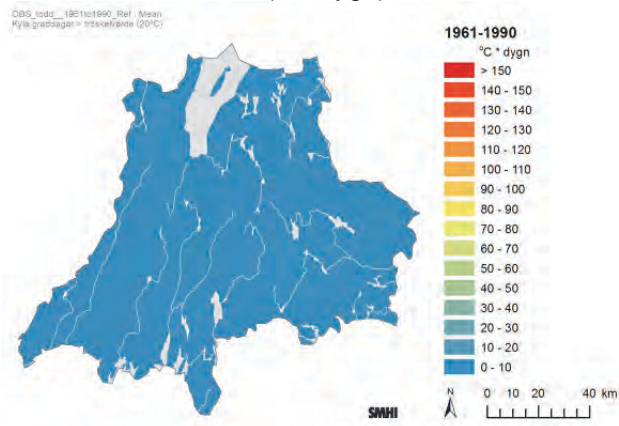
Beräknat 2069-2098 (dygn)



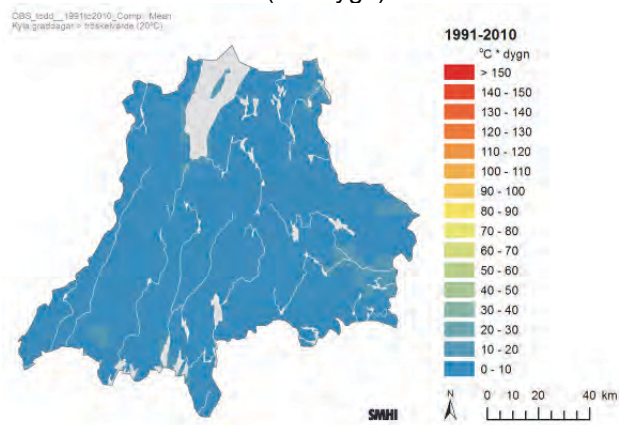
Bilaga 6 – Graddagar för kylning

Observerat 1961-1990
(°Cxdygn)

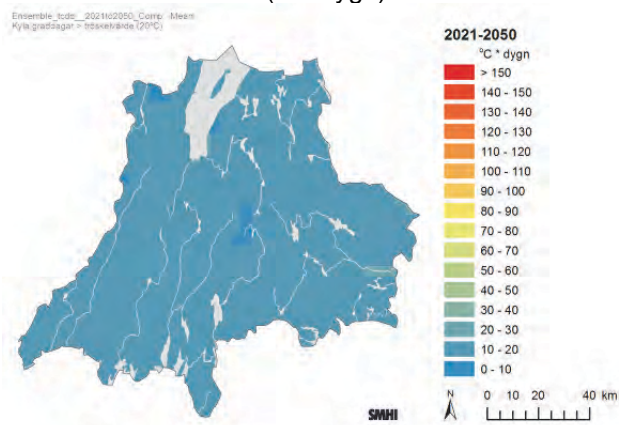
Beräknat 1961-1990
(°Cxdygn)



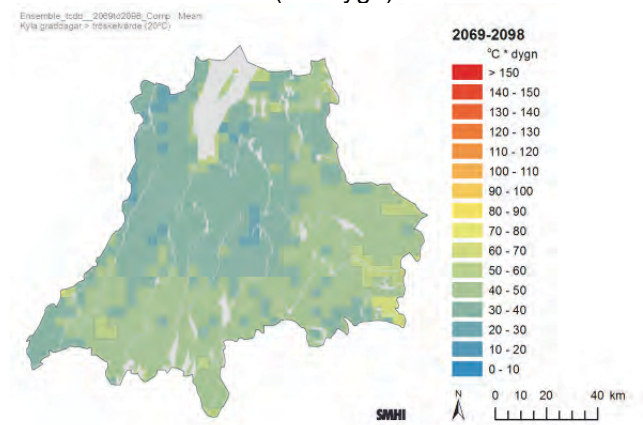
Observerat 1991-2010
(°Cxdygn)



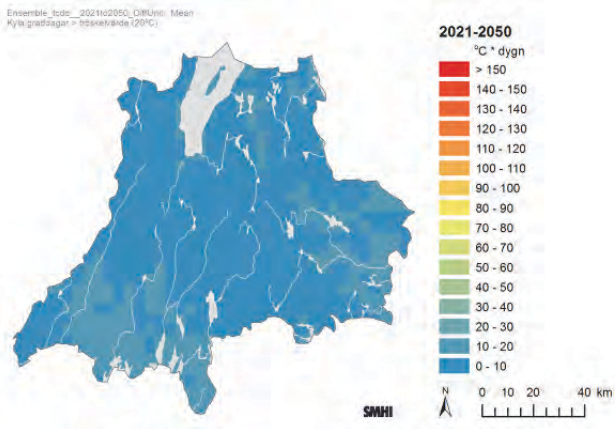
Beräknat 2021-2050
(°Cxdygn)



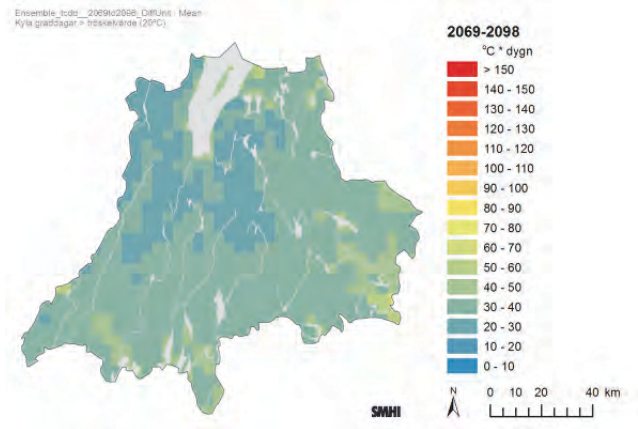
Beräknat 2069-2098
(°Cxdygn)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}\times\text{dygn}$)

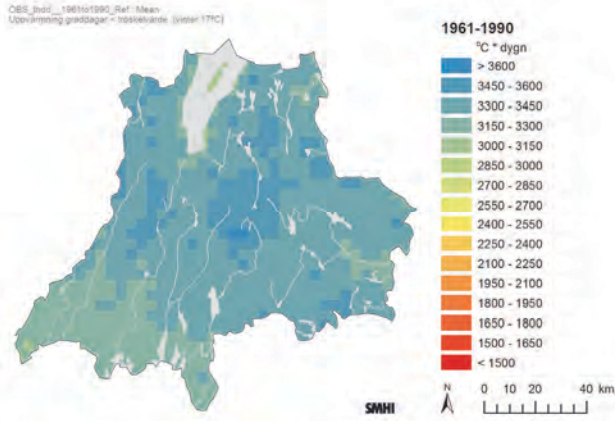


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}\times\text{dygn}$)



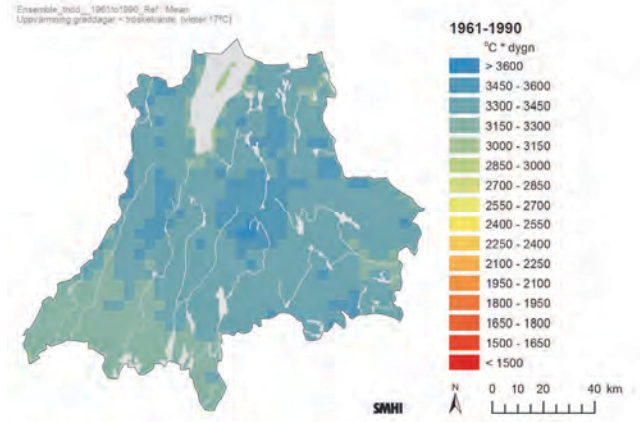
Bilaga 6 – Graddagar för uppvärmning

Observerat 1961-1990

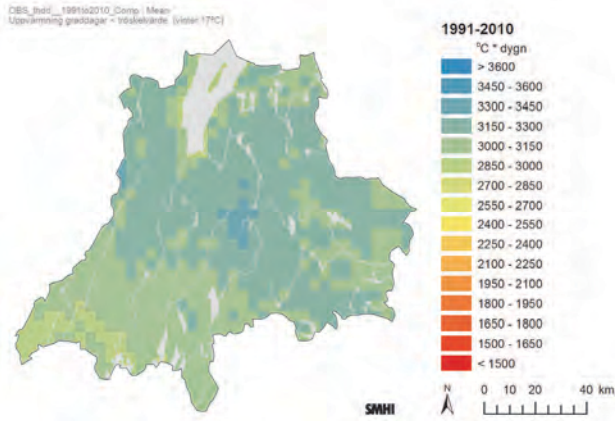


(°Cxdygn)

Beräknat 1961-1990
(°Cxdygn)

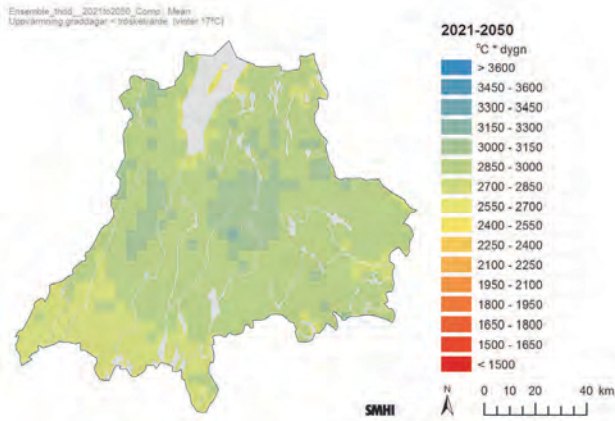


Observerat 1991-2010



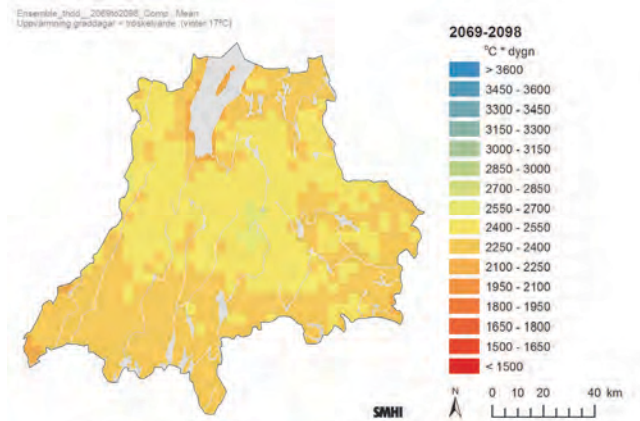
(°Cxdygn)

Beräknat 2021-2050

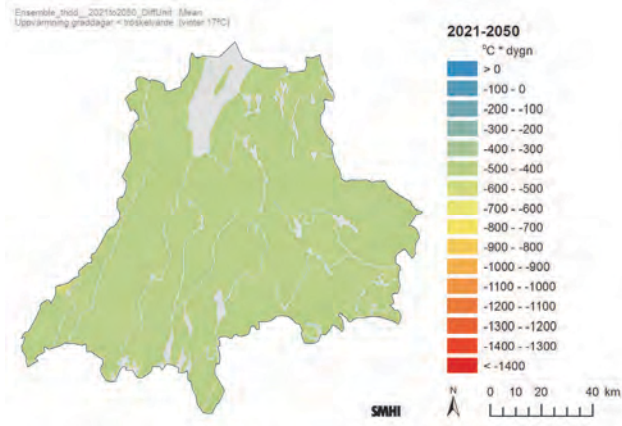


(°Cxdygn)

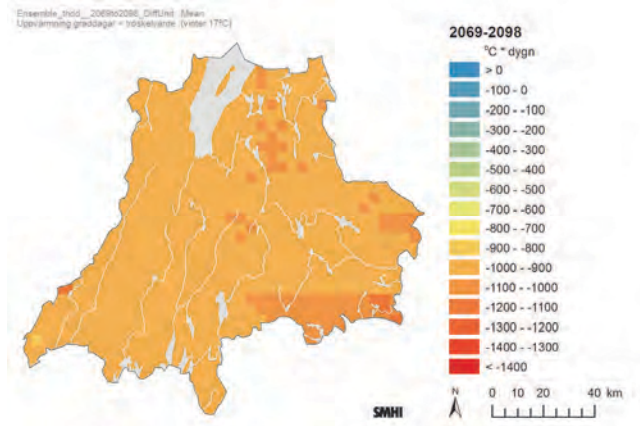
Beräknat 2069-2098
(°Cxdygn)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990
($\Delta^{\circ}\text{C}\times\text{dygn}$)



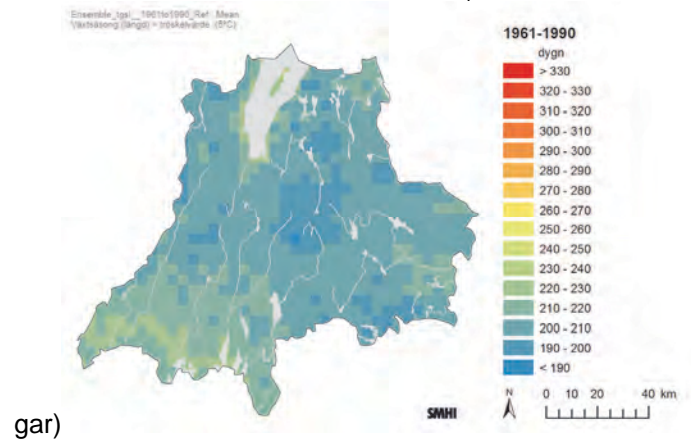
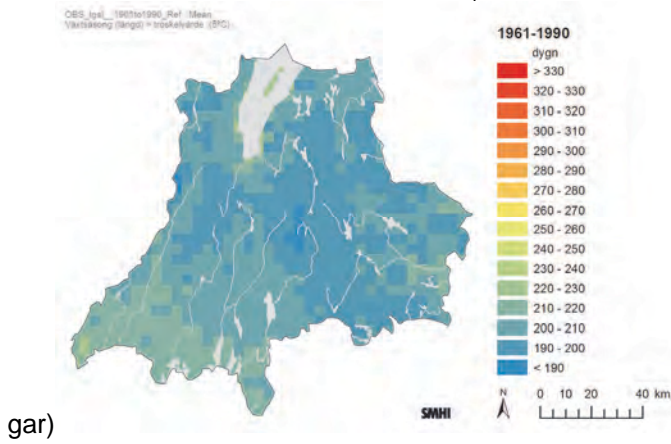
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 ($\Delta^{\circ}\text{C}\times\text{dygn}$)



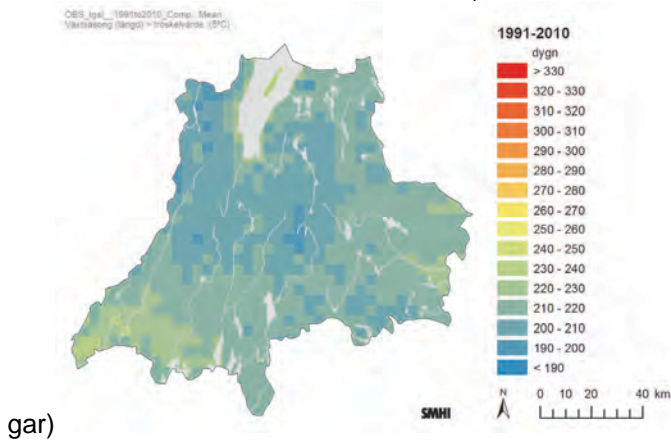
Bilaga 7 – Vegetationsperiodens längd (tröskel 5°C i 4 dagar)

Observerat 1961-1990 (da-

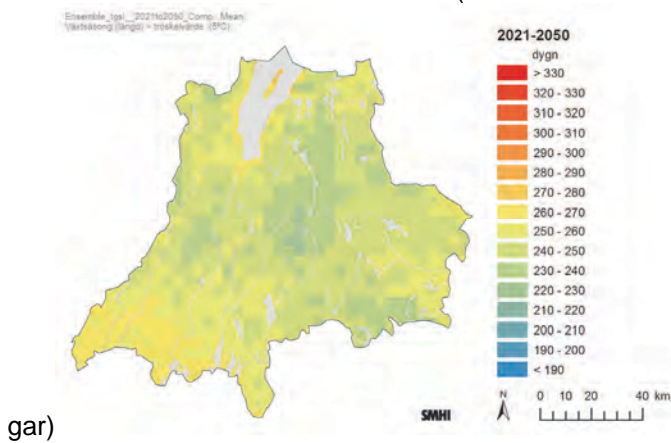
Beräknat 1961-1990 (da-



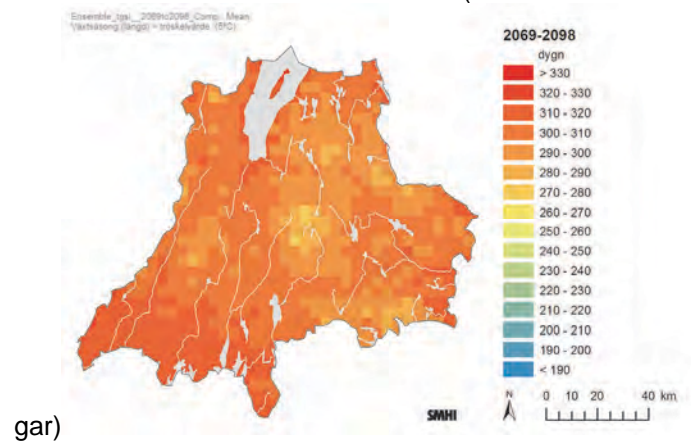
Observerat 1991-2010 (da-



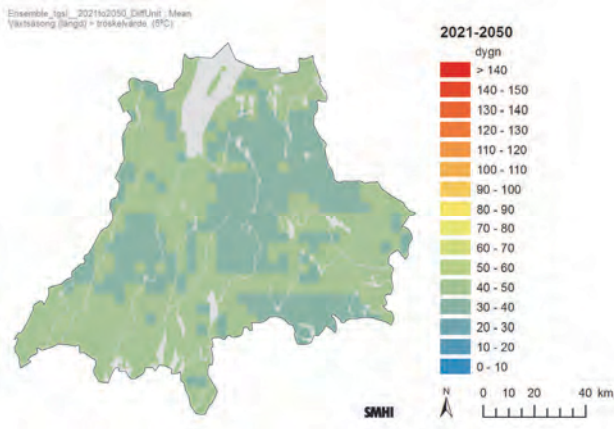
Beräknat 2021-2050 (da-



Beräknat 2069-2098 (da-

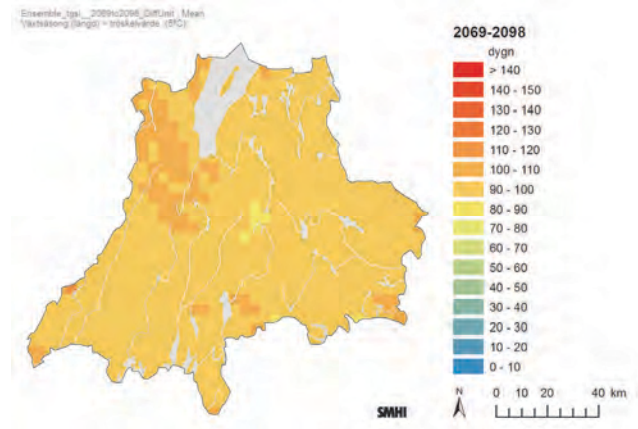


Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (Δ dagar)



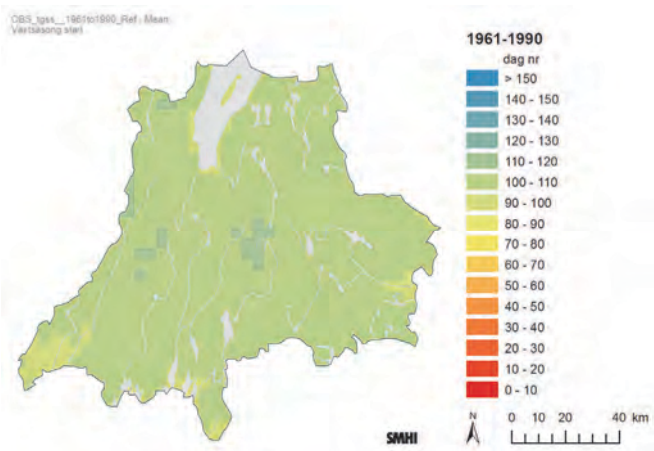
gar)

Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (Δ dagar)

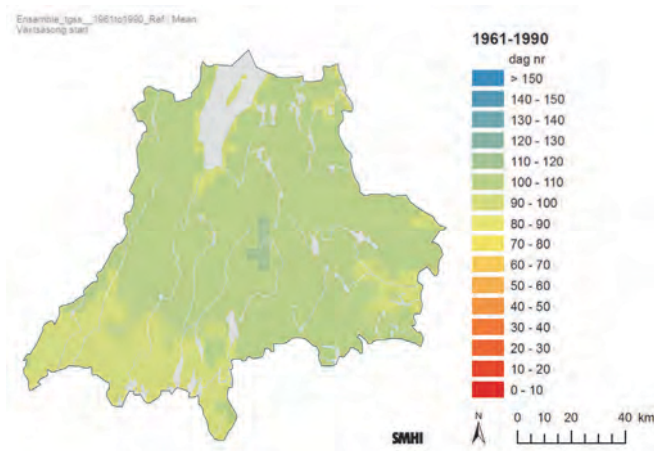


Bilaga 7 – Vegetationsperiodens start (tröskel 5°C i 4 dagar)

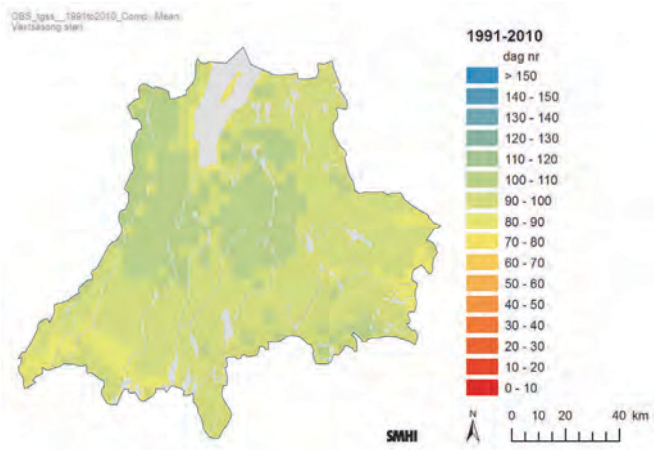
Observerat 1961-1990 (dagnummer)



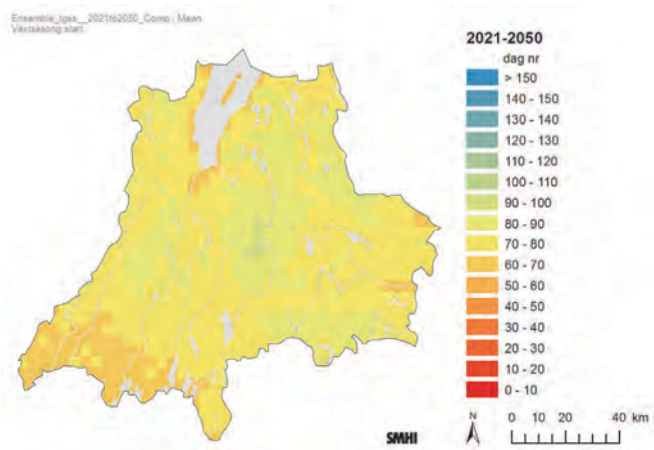
Beräknat 1961-1990 (dagnummer)



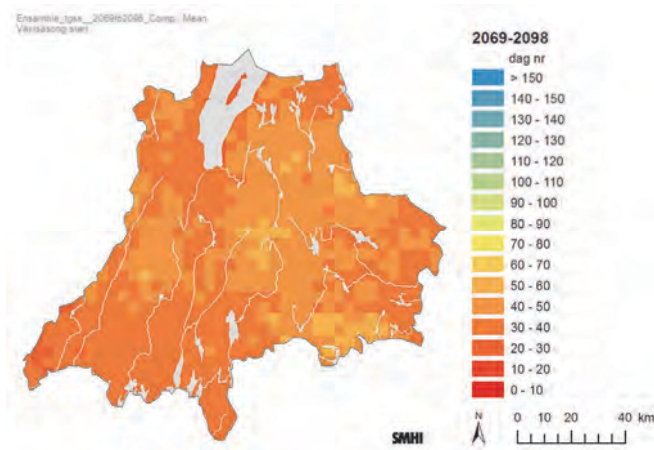
Observerat 1991-2010 (dagnummer)



Beräknat 2021-2050 (dagnummer)

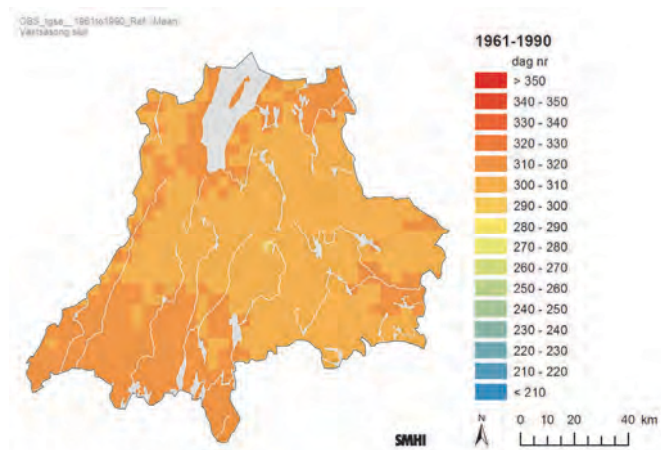


Beräknat 2069-2098 (dagnummer)

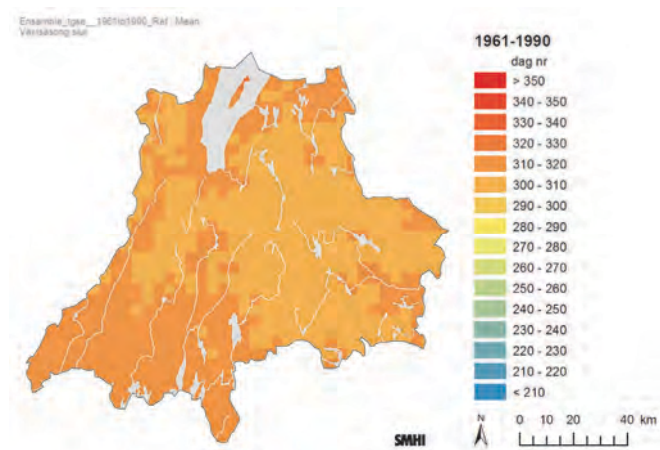


Bilaga 7 – Vegetationsperiodens slut (tröskel 5°C i 4 dagar)

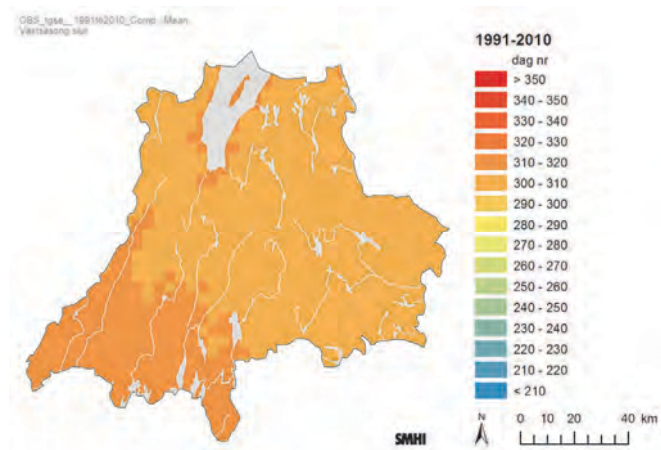
Observerat 1961-1990 (dagnummer)



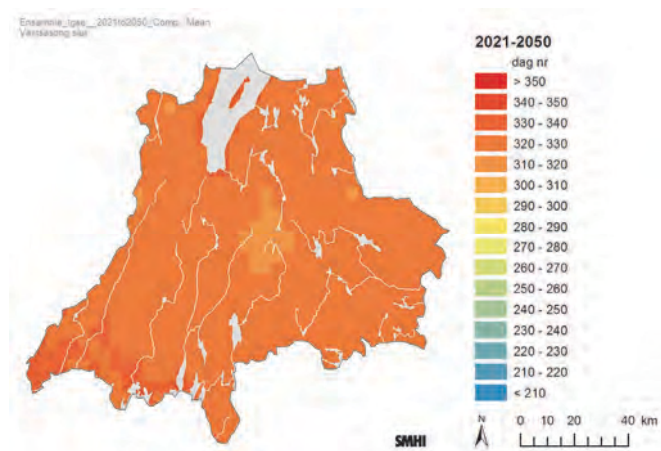
Beräknat 1961-1990 (dagnummer)



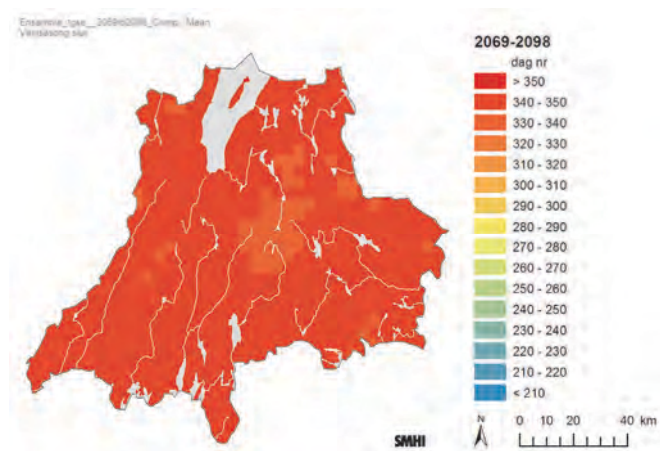
Observerat 1991-2010 (dagnummer)



Beräknat 2021-2050 (dagnummer)

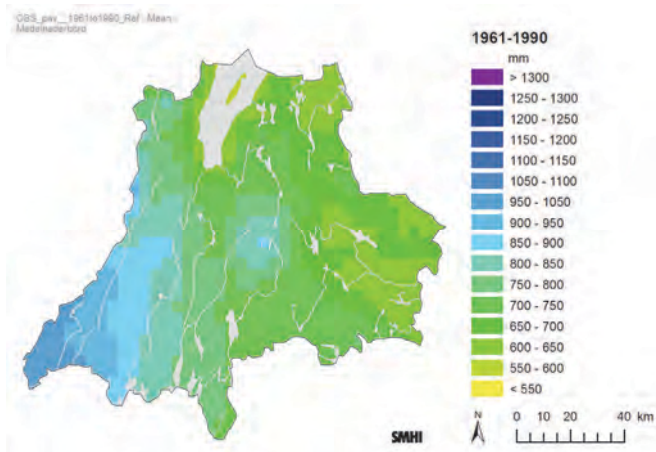


Beräknat 2069-2098 (dagnummer)

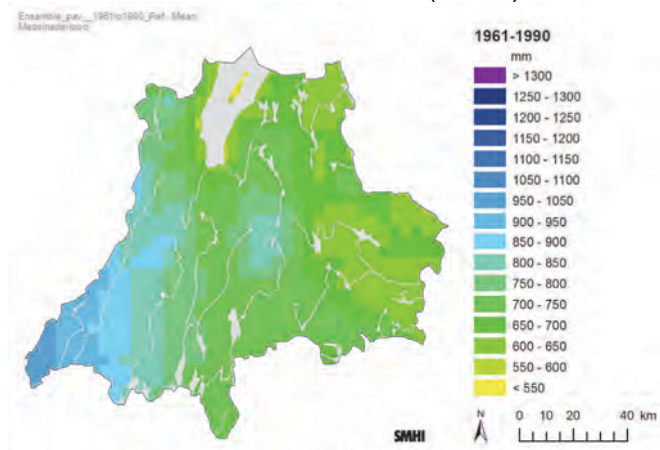


Bilaga 8 - Årsmedelnederbörd

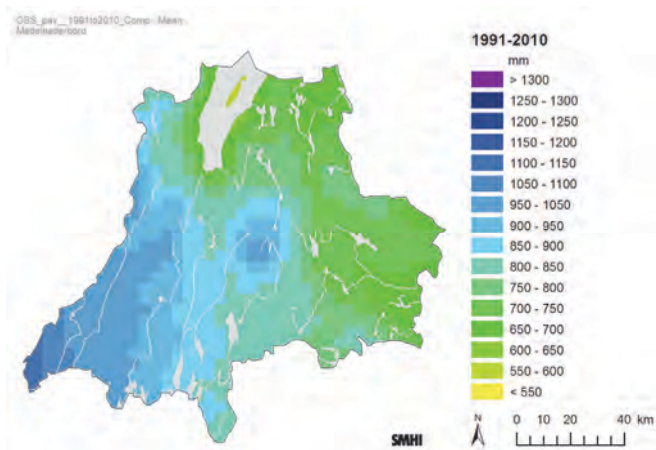
Observerat 1961-1990 (mm/år)



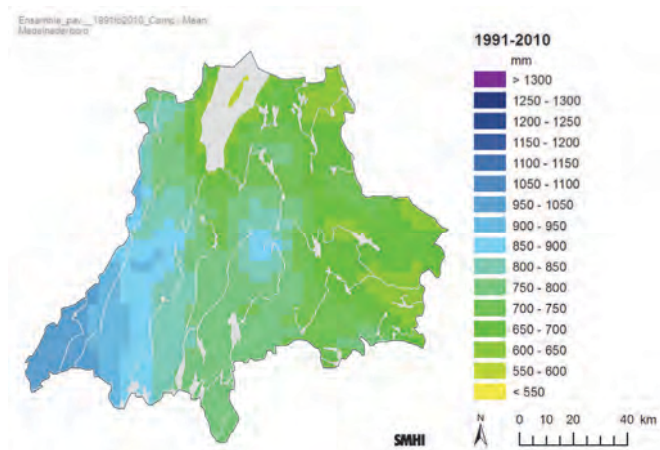
Beräknat 1961-1990 (mm/år)



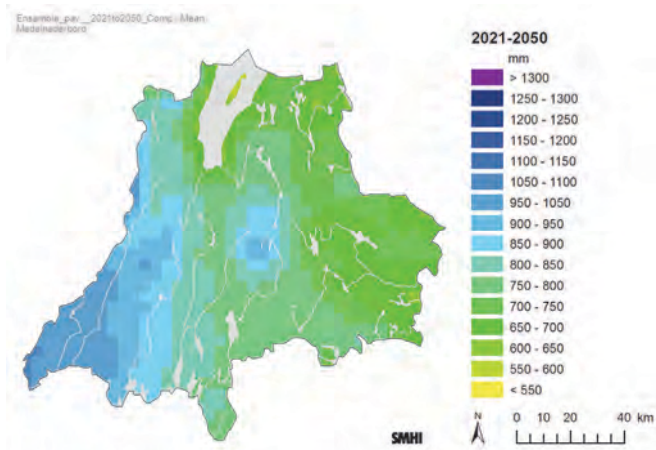
Observerat 1991-2010 (mm/år)



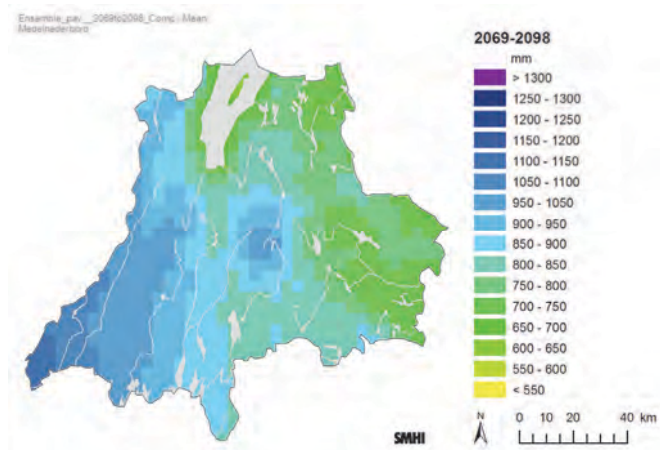
Beräknat 1991-2010 (mm/år)



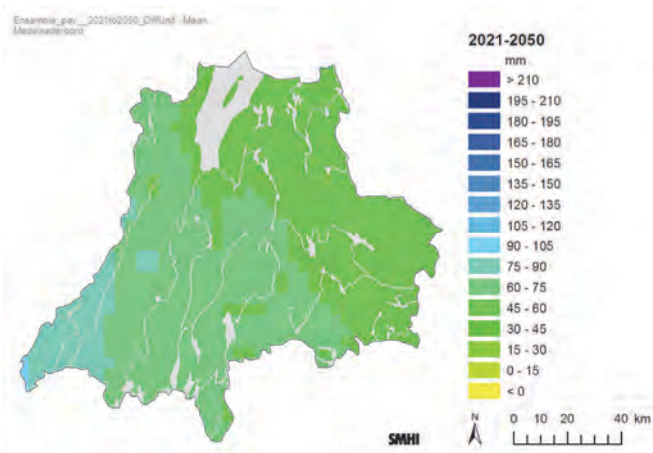
Beräknat 2021-2050 (mm/år)



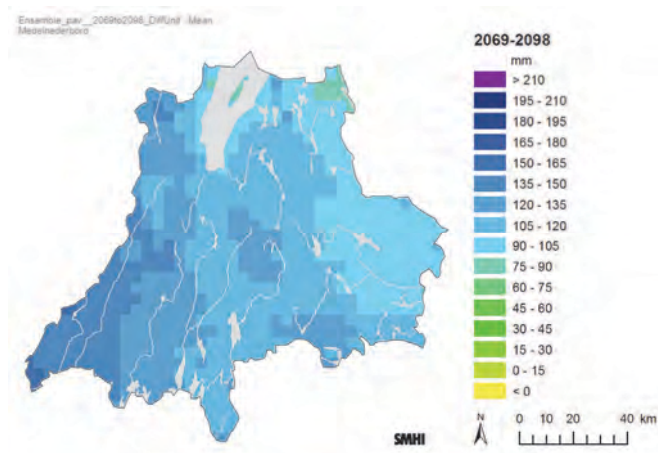
Beräknat 2069-2098 (mm/år)



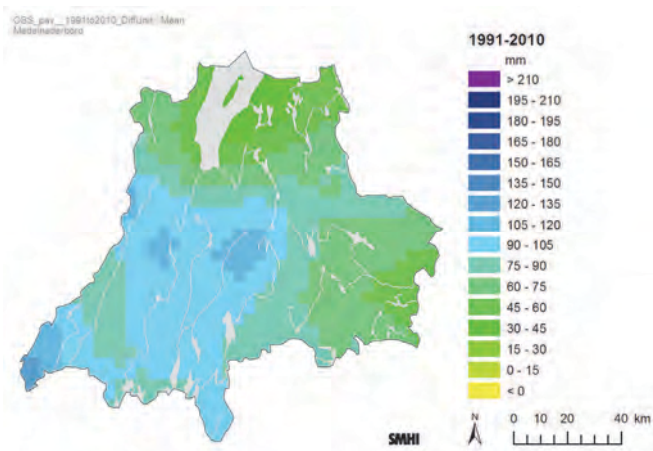
Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (mm/år)



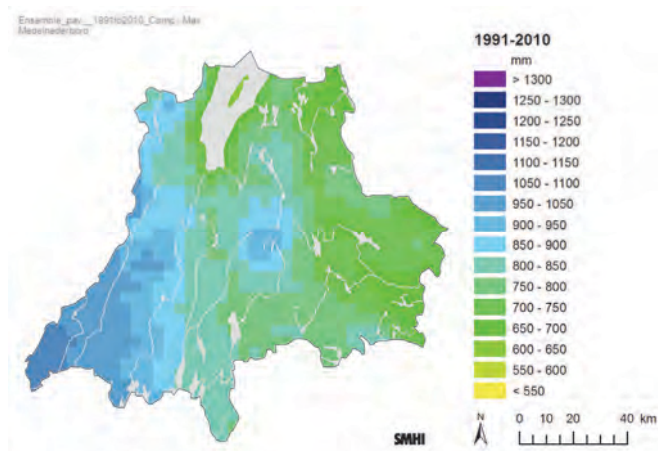
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (mm/år)



Differens 1991-2010 vs. 1961-1990 (mm/år)

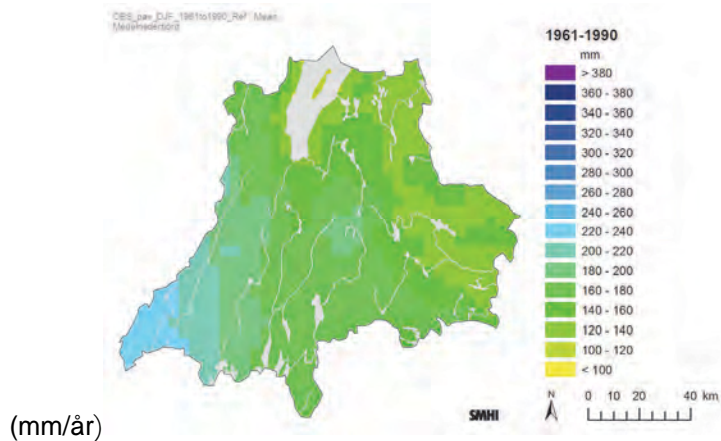


Beräknat max 1991-2010 (mm/år)

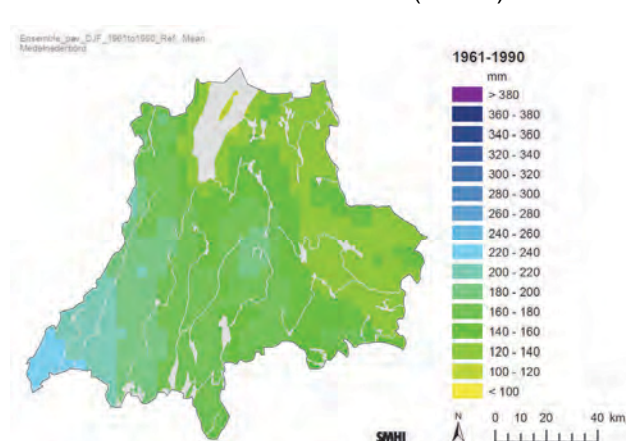


Bilaga 8 – Vintermedelnederbörd (december-februari)

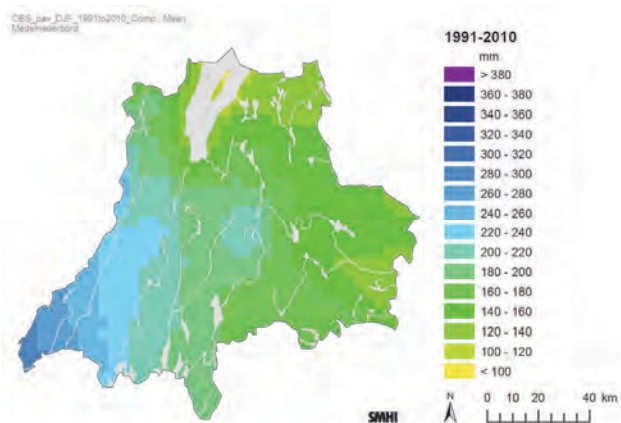
Observerat 1961-1990



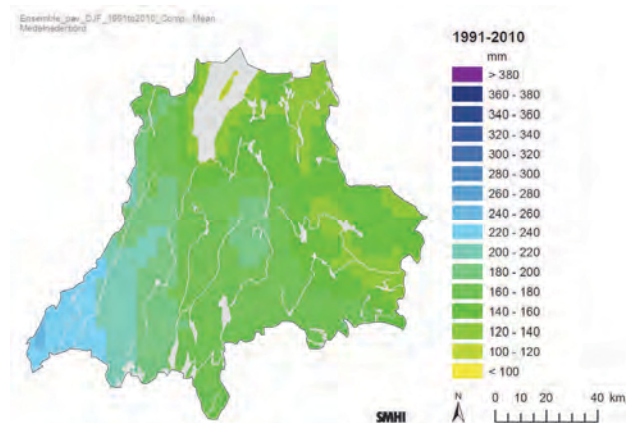
Beräknat 1961-1990 (mm/år)



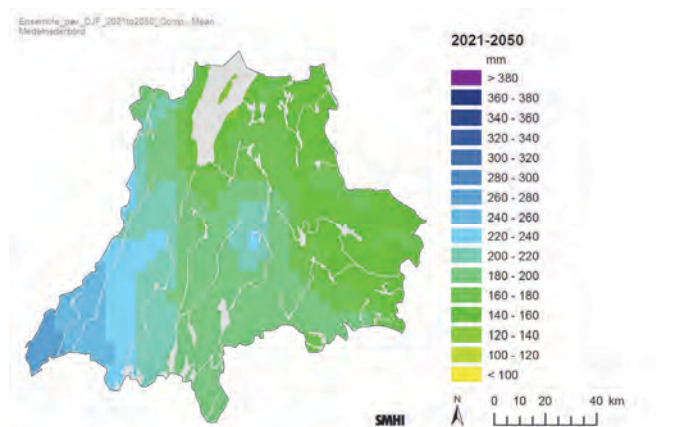
Observerat 1991-2010 (mm/år)



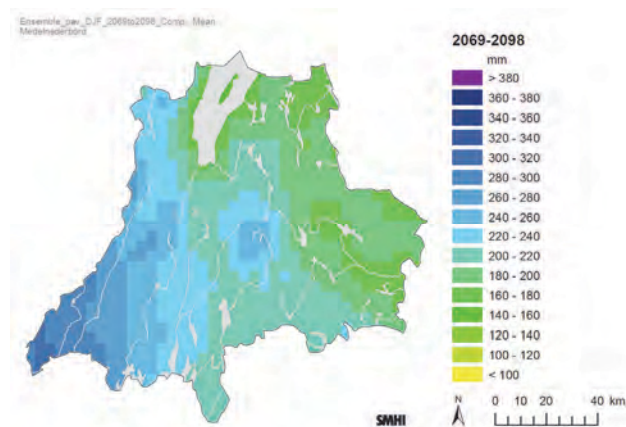
Beräknat 1991-2010 (mm/år)



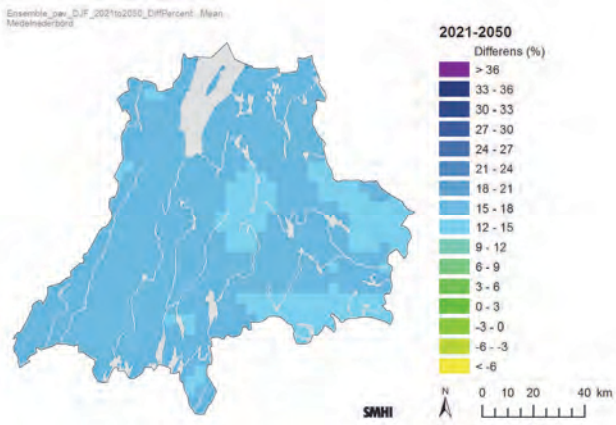
Beräknat 2021-2050 (mm/år)



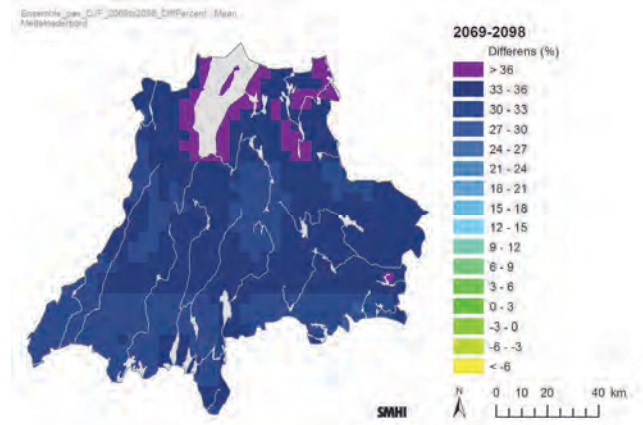
Beräknat 2069-2098 (mm/år)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)

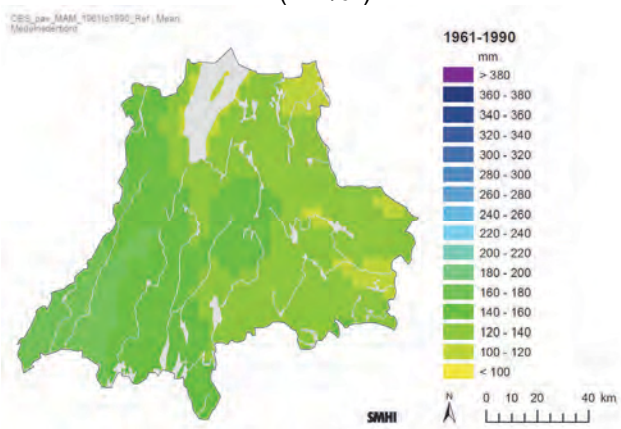


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)

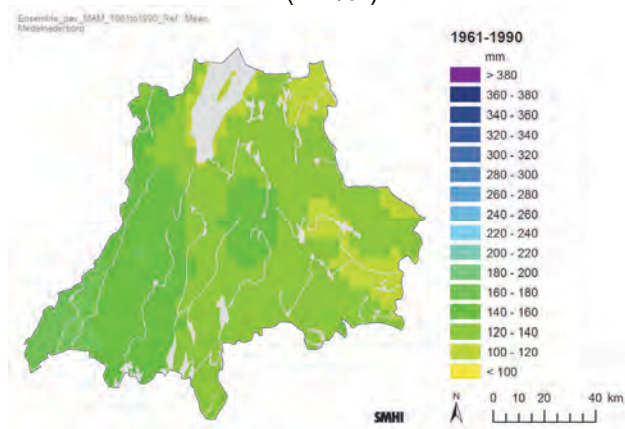


Bilaga 8 – Vårmedelnederbörd (mars-maj)

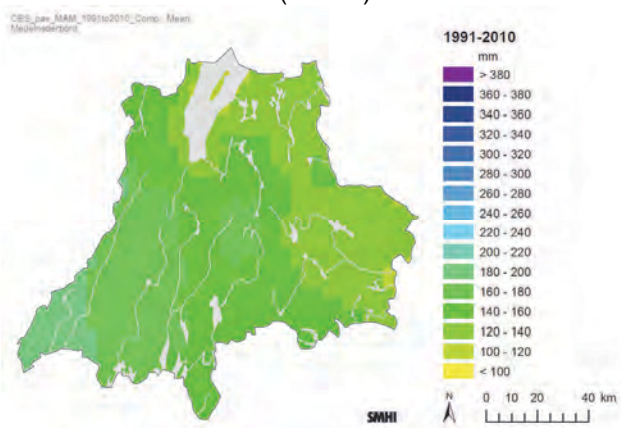
Observerat 1961-1990
(mm/år)



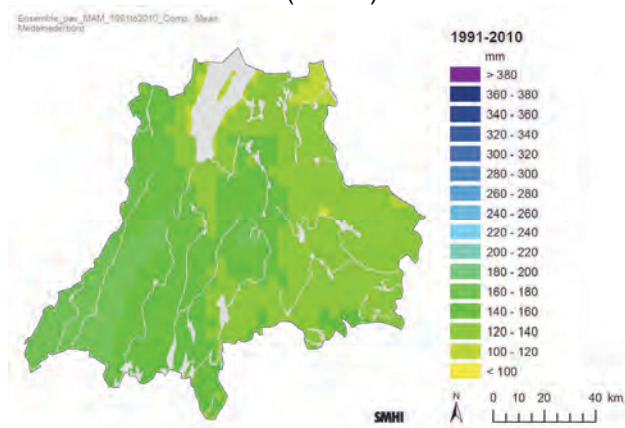
Beräknat 1961-1990
(mm/år)



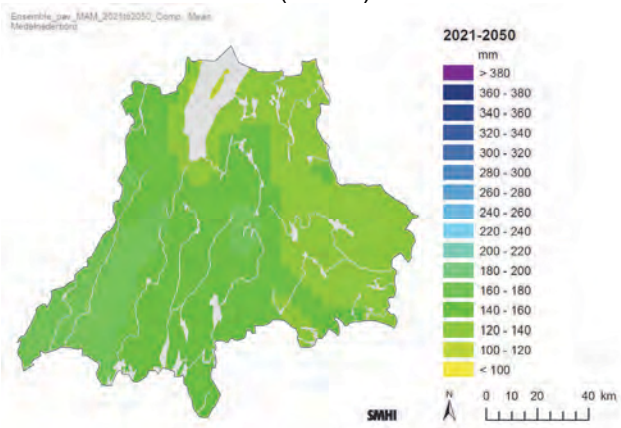
Observerat 1991-2010
(mm/år)



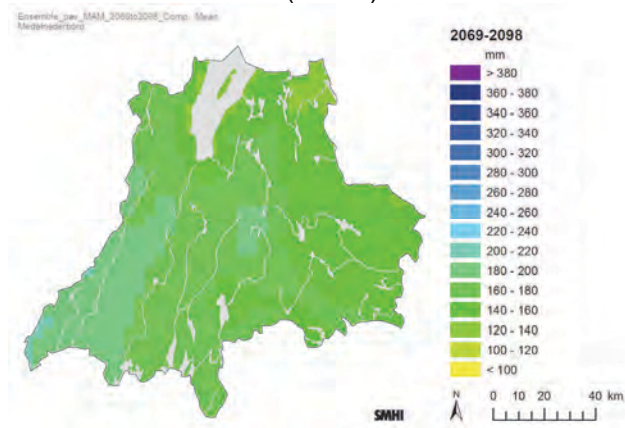
Beräknat 1991-2010
(mm/år)



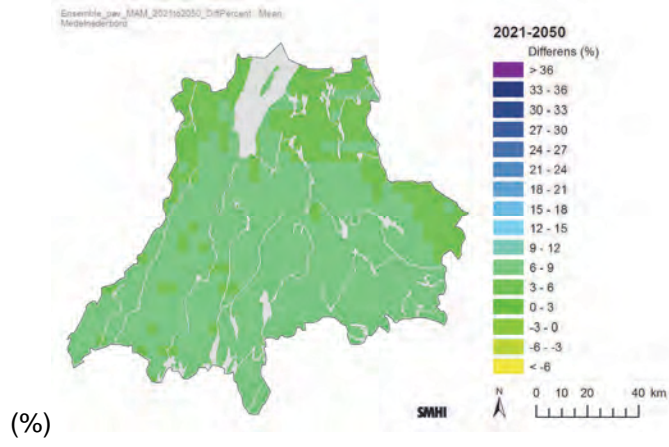
Beräknat 2021-2050
(mm/år)



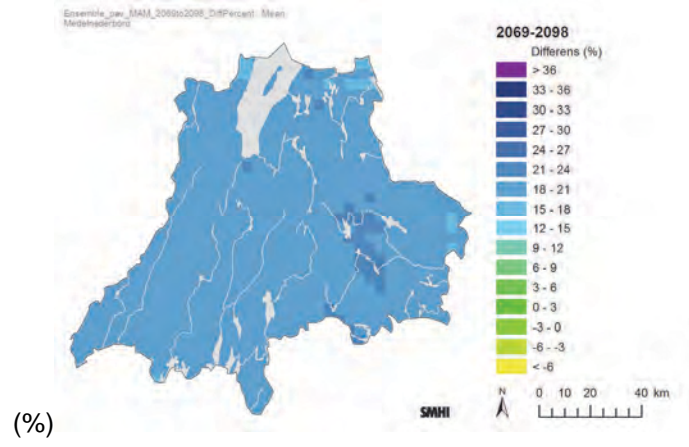
Beräknat 2069-2098
(mm/år)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990



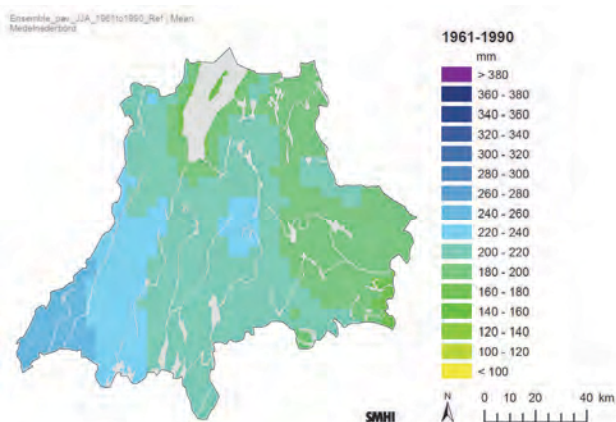
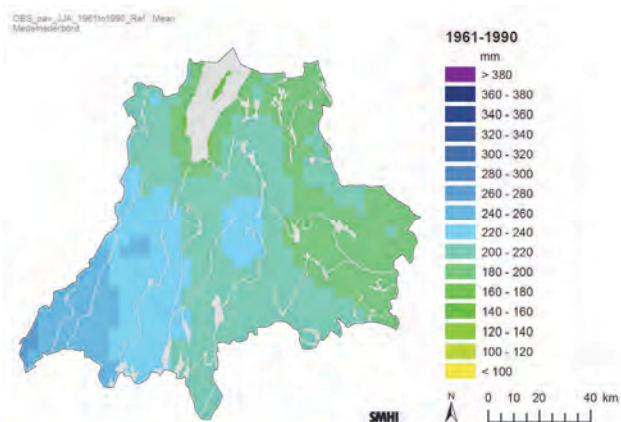
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990



Bilaga 8 – Sommarmedelnederbörd (juni-augusti)

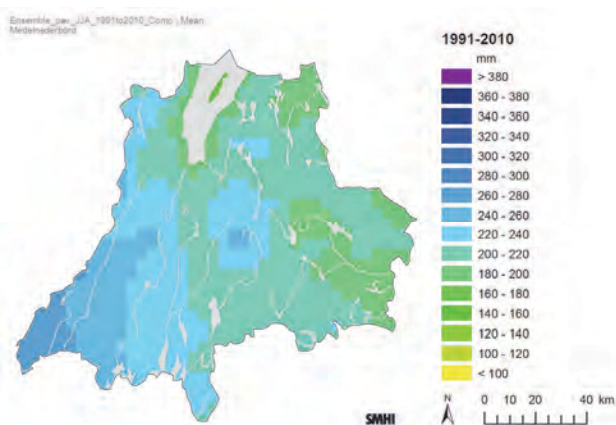
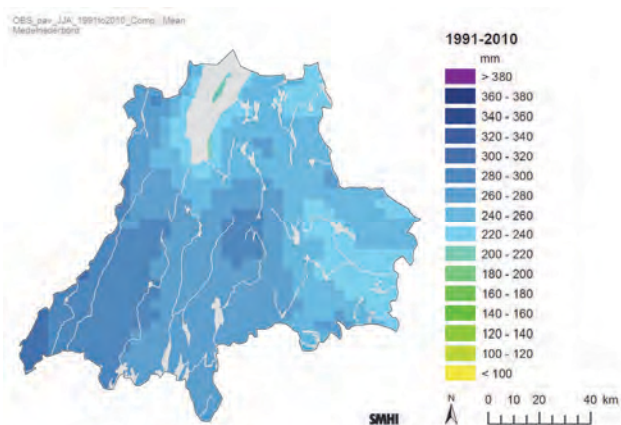
Observerat 1961-1990 (mm/år)

Beräknat 1961-1990 (mm/år)



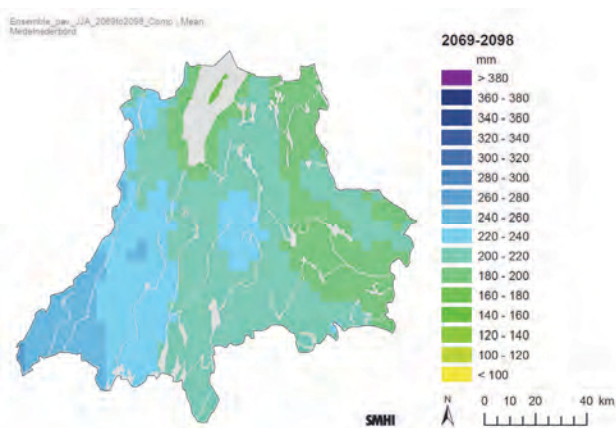
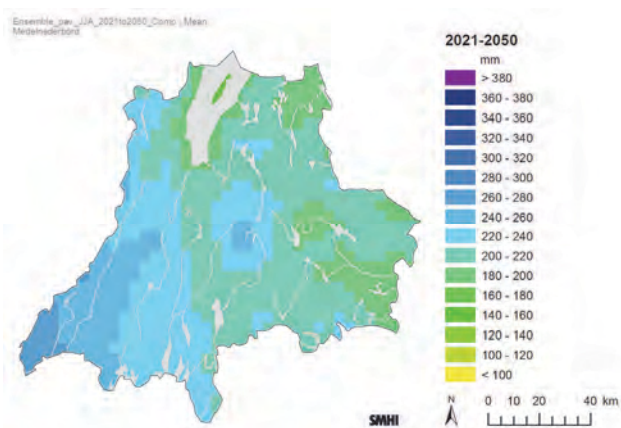
Observerat 1991-2010 (mm/år)

Beräknat 1991-2010 (mm/år)

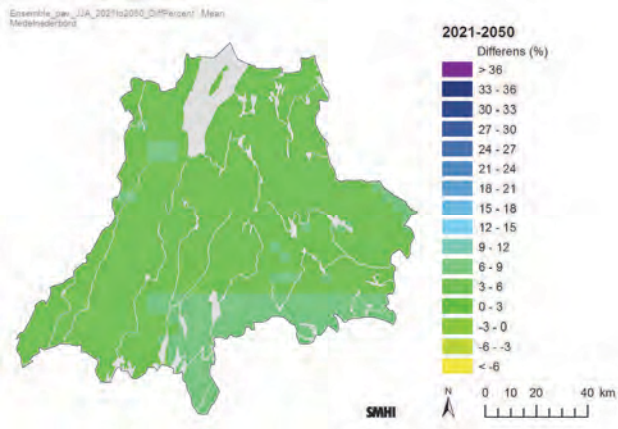


Beräknat 2021-2050 (mm/år)

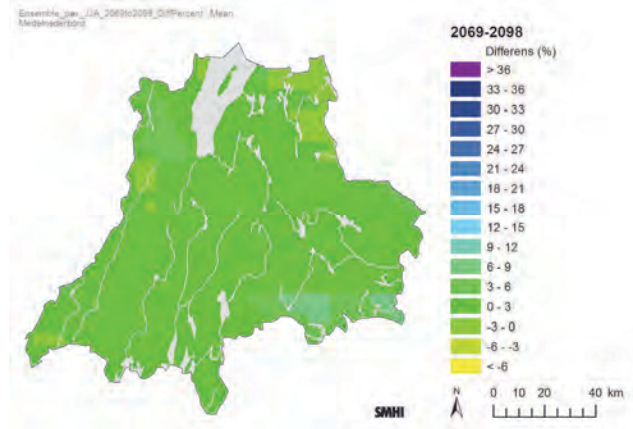
Beräknat 2069-2098 (mm/år)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)



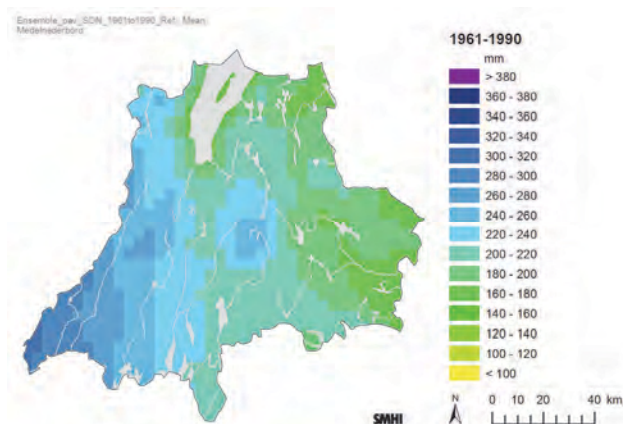
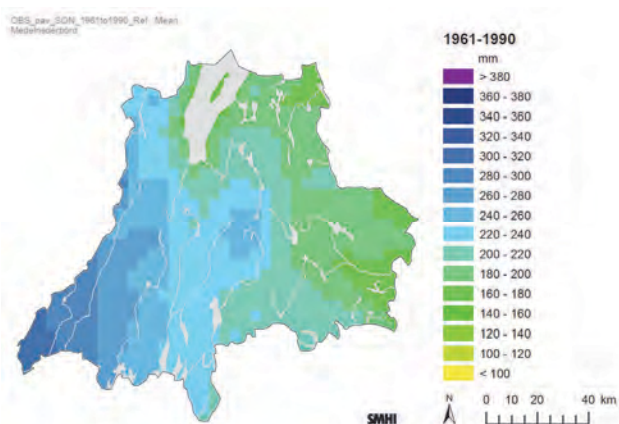
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)



Bilaga 8 – Höstmedelnederbörd (september-november)

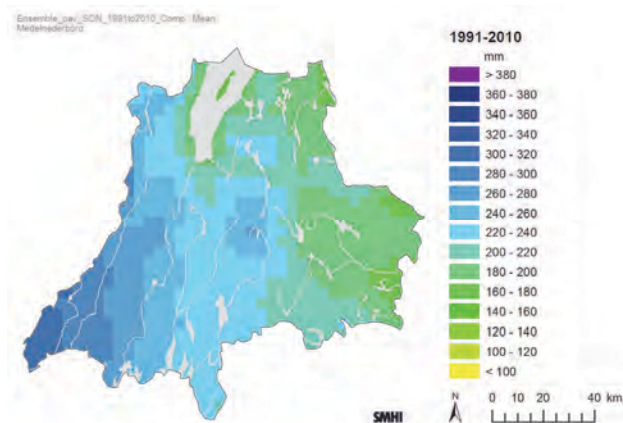
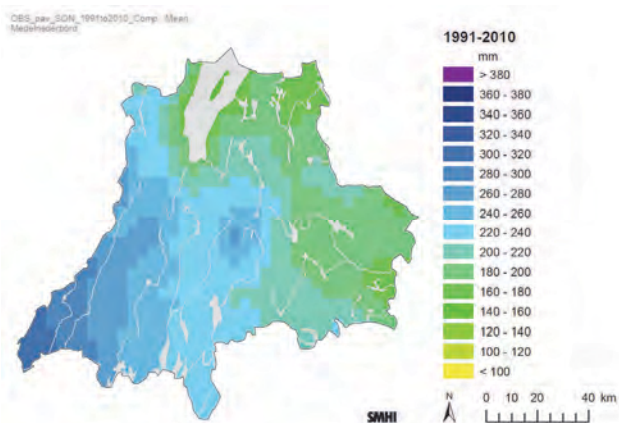
Observerat 1961-1990 (mm/år)

Beräknat 1961-1990 (mm/år)



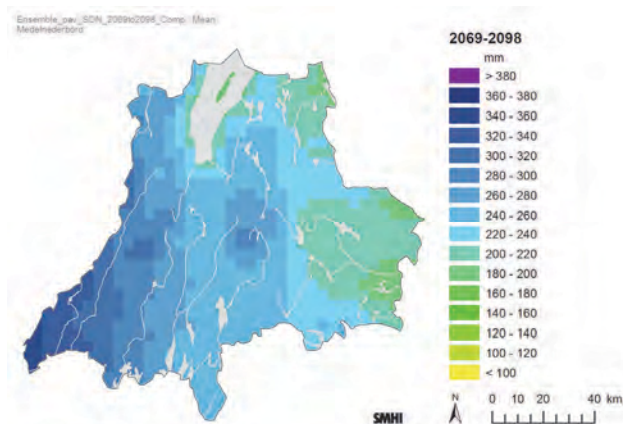
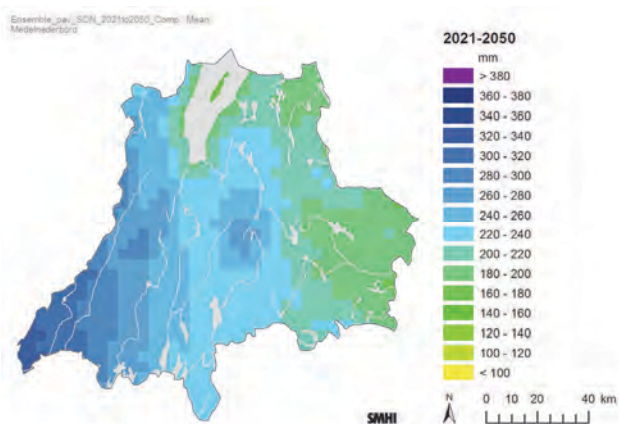
Observerat 1991-2010 (mm/år)

Beräknat 1991-2010 (mm/år)

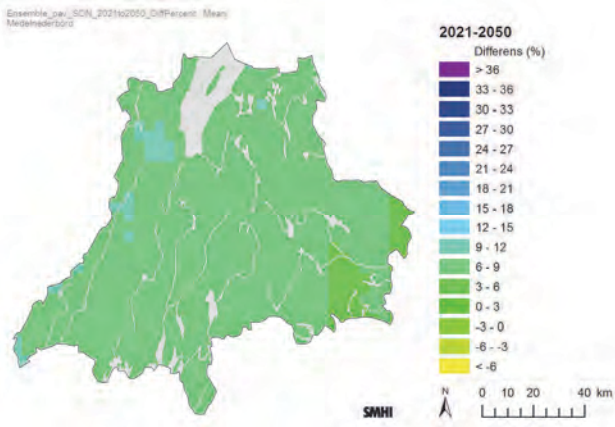


Beräknat 2021-2050 (mm/år)

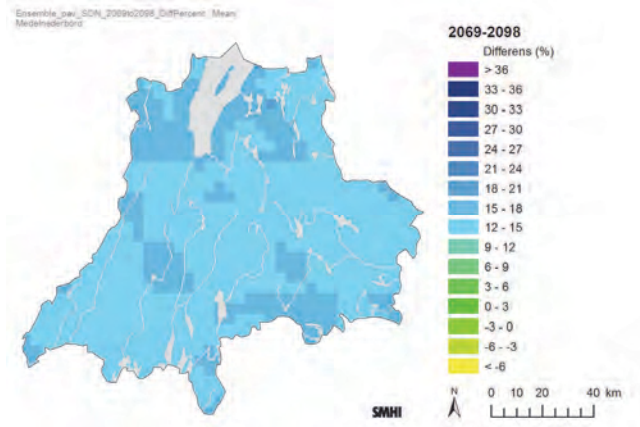
Beräknat 2069-2098 (mm/år)



Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (%)



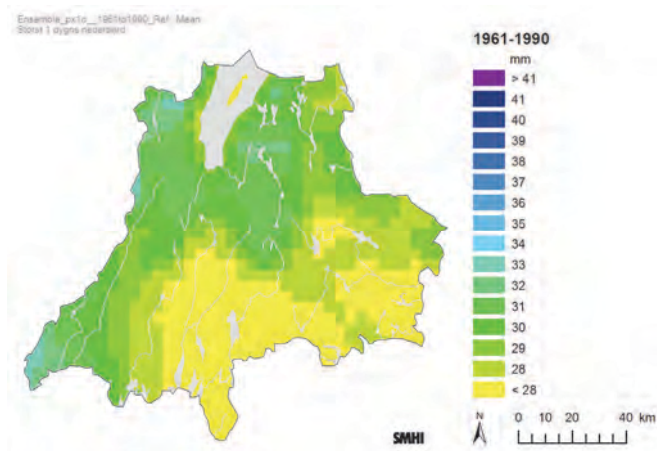
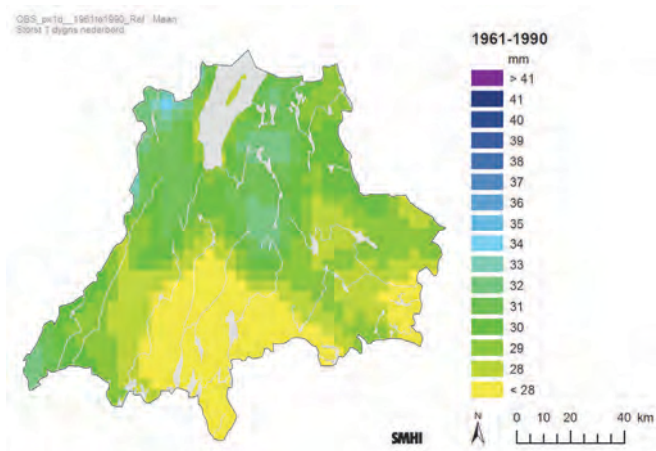
Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (%)



Bilaga 9 – Största dygnsnederbörd (medel 30 år)

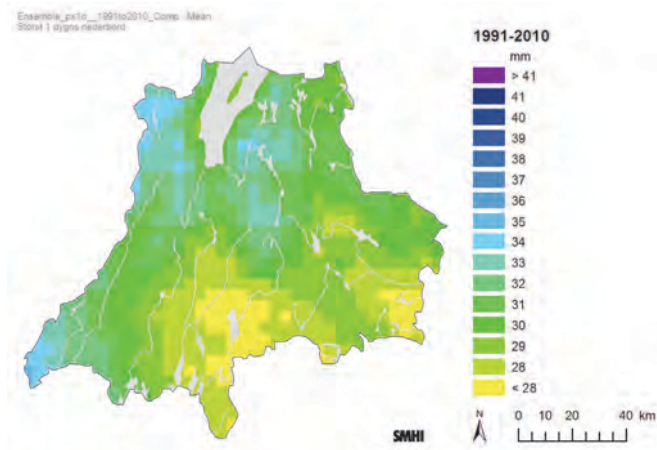
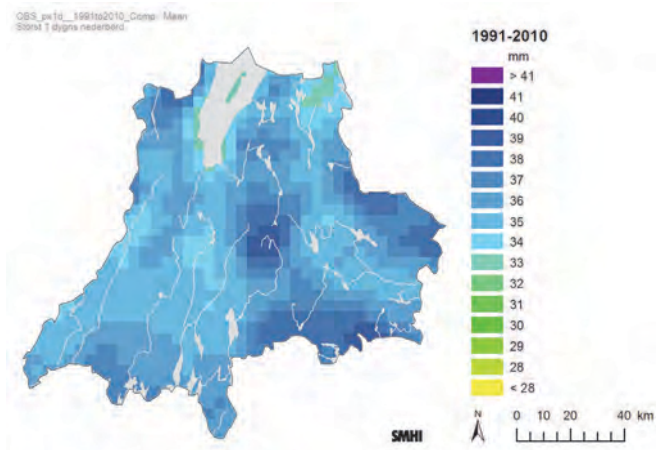
Observerat 1961-1990 (mm)

Beräknat 1961-1990 (mm)



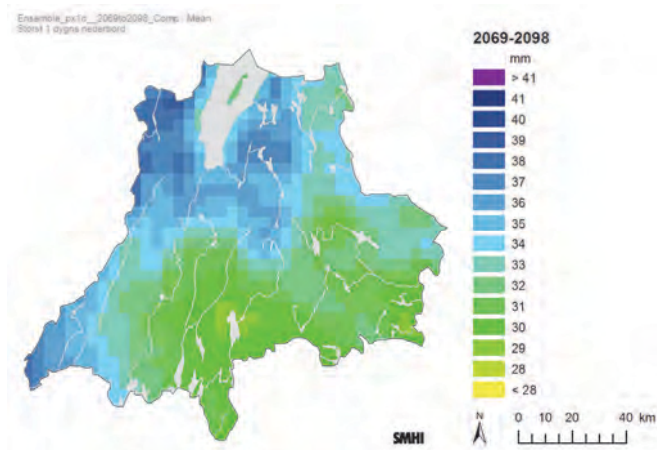
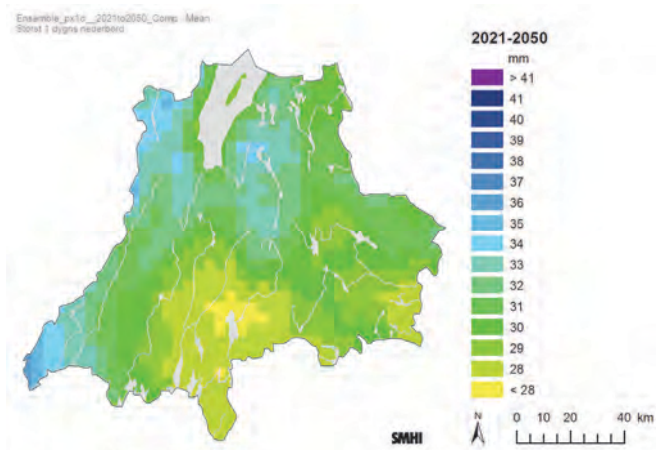
Observerat 1991-2010 (mm)

Beräknat 1991-2010 (mm)



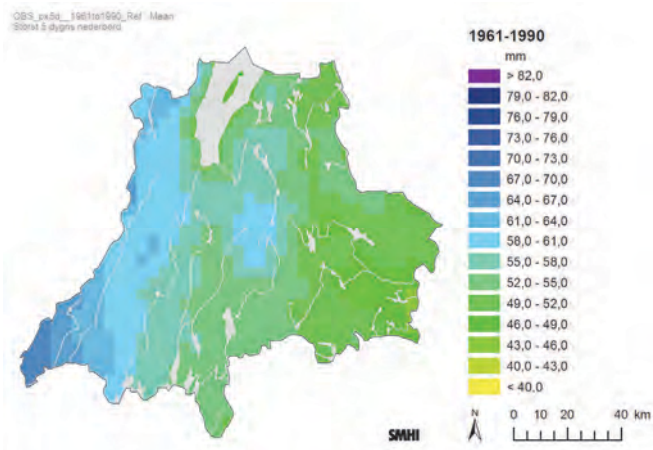
Beräknat 2021-2050 (mm)

Beräknat 2069-2098 (mm)

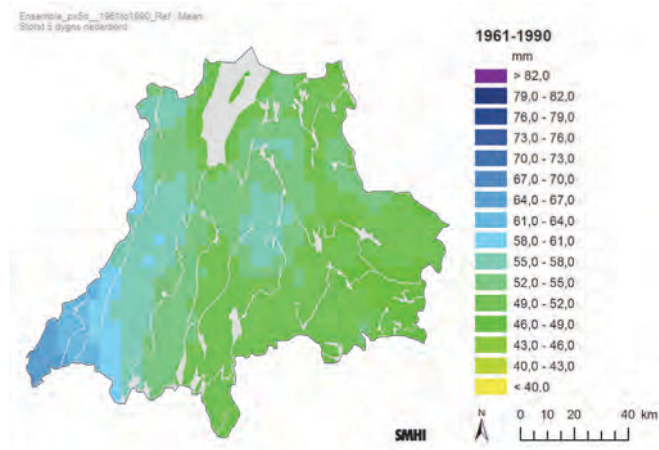


Bilaga 9 – Största 5-dygnsnederbörd (medel 30 år)

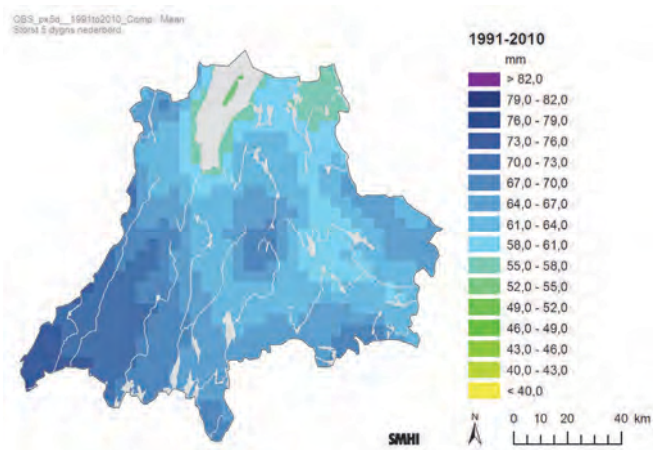
Observerat 1961-1990 (mm)



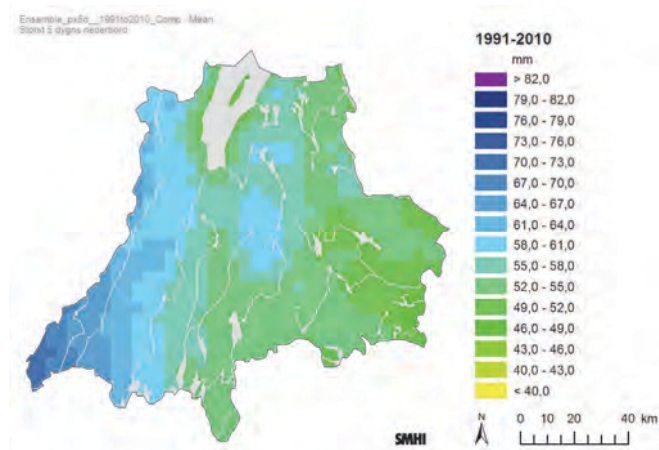
Beräknat 1961-1990 (mm)



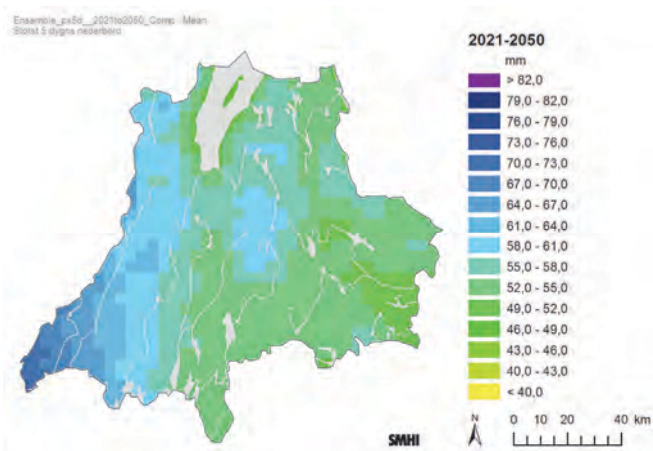
Observerat 1991-2010 (mm)



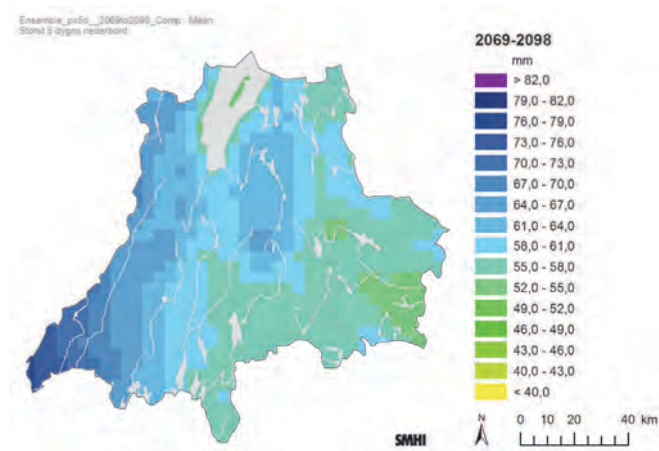
Beräknat 1991-2010 (mm)



Beräknat 2021-2050 (mm)

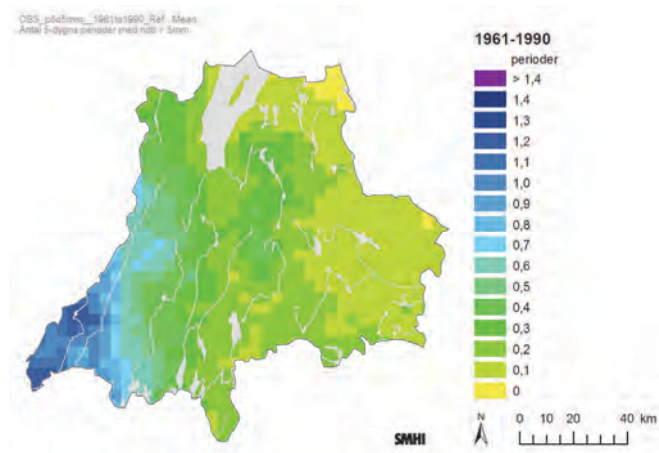


Beräknat 2069-2098 (mm)

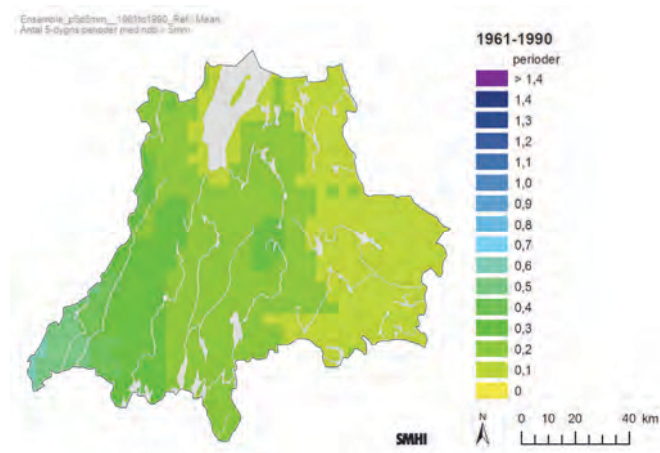


Bilaga 10 – Antal 5-dygnsperioder med nederbörd > 5 mm/dygn (medel 30 år)

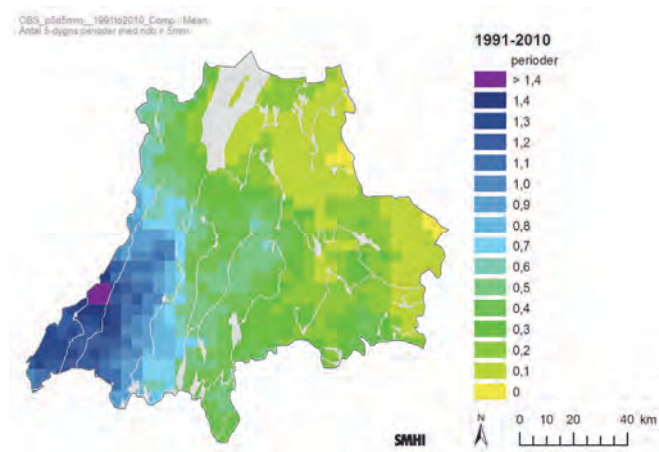
Observerat 1961-1990 (mm)



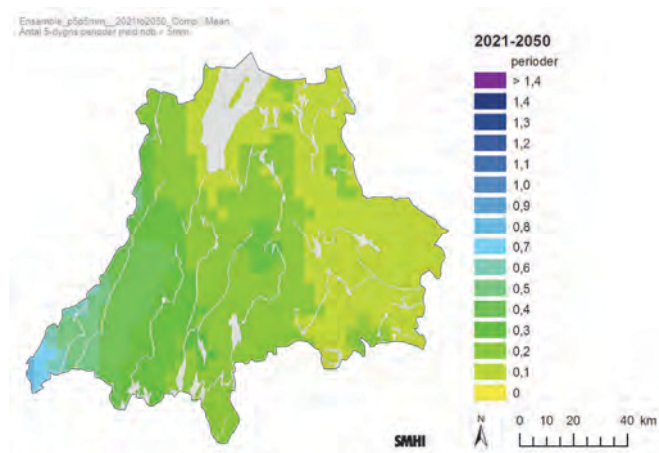
Beräknat 1961-1990 (mm)



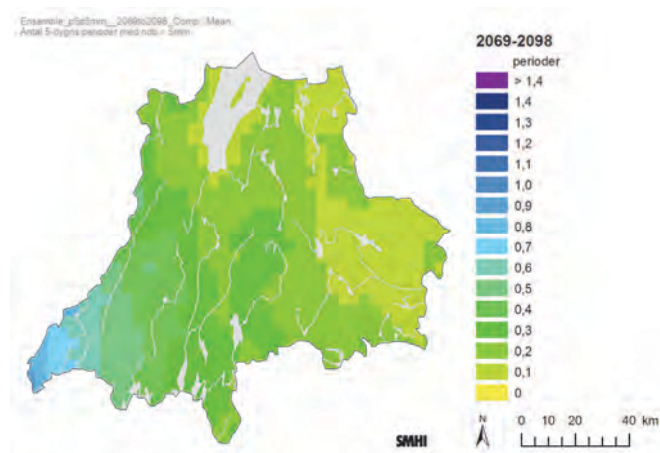
Observerat 1991-2010 (mm)



Beräknat 2021-2050 (mm)

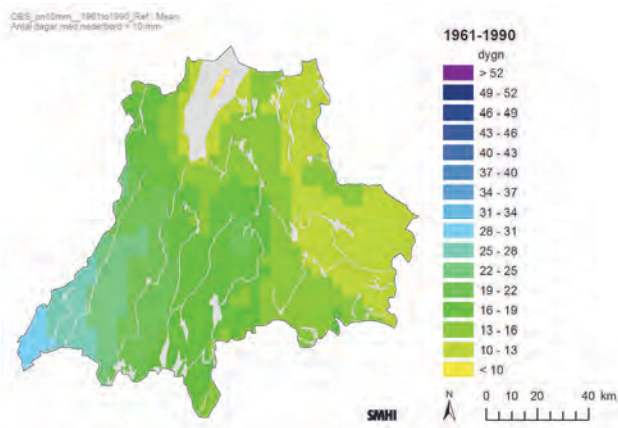


Beräknat 2069-2098 (mm)



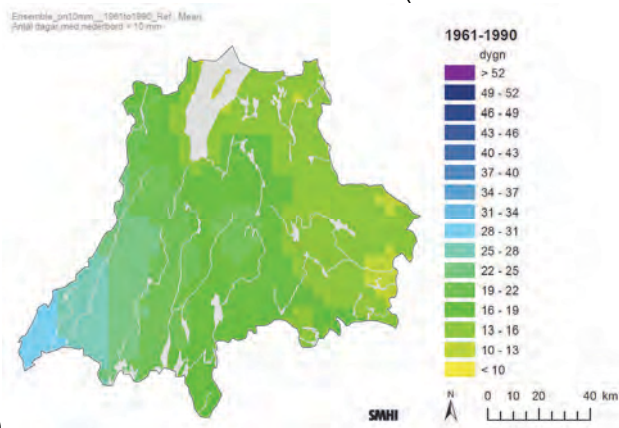
Bilaga 10 – Antal dagar per år med nederbörd > 10 mm (medel 30 år)

Observerat 1961-1990



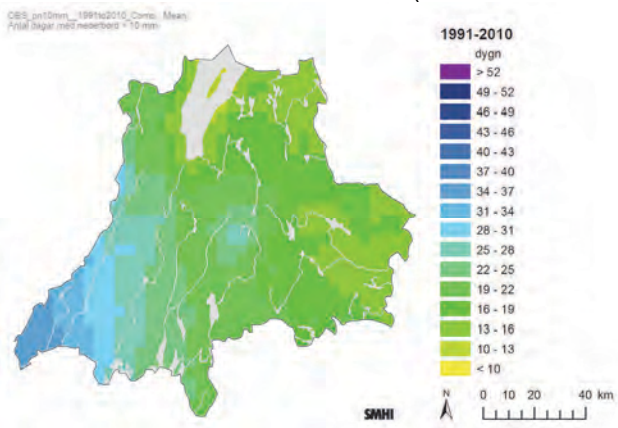
(dag

Beräknat 1961-1990 (da-



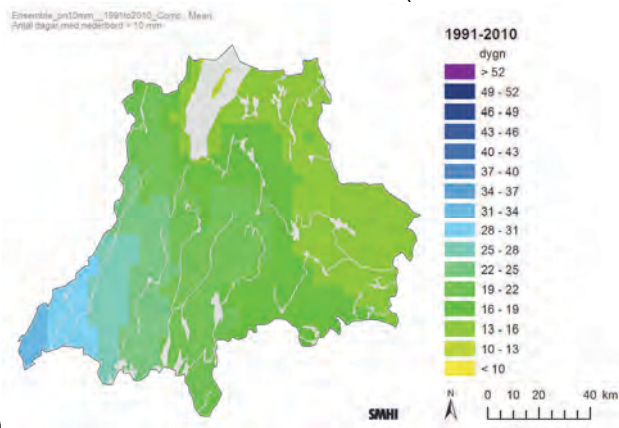
gar)

Observerat 1991-2010 (da-



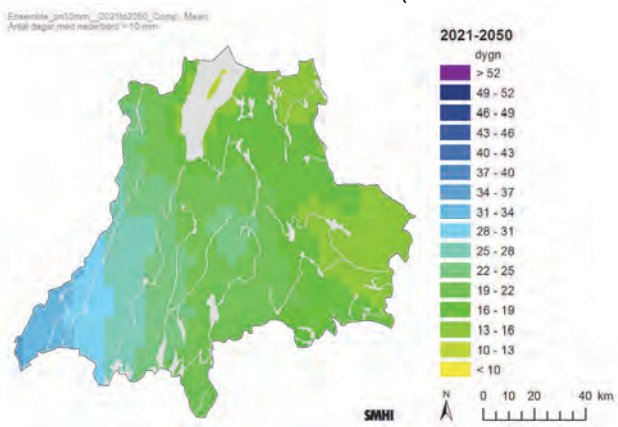
gar)

Beräknat 1991-2010 (da-



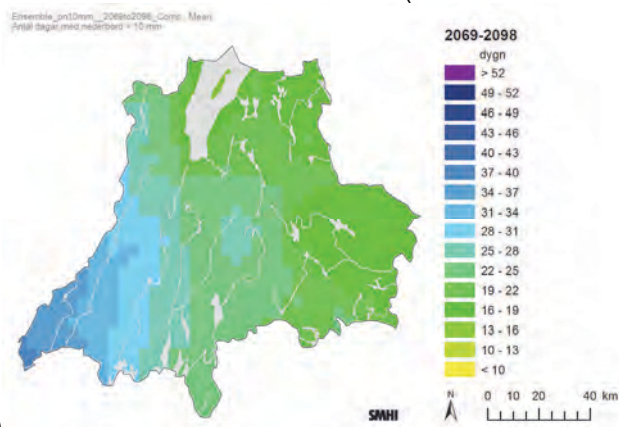
gar)

Beräknat 2021-2050 (da-



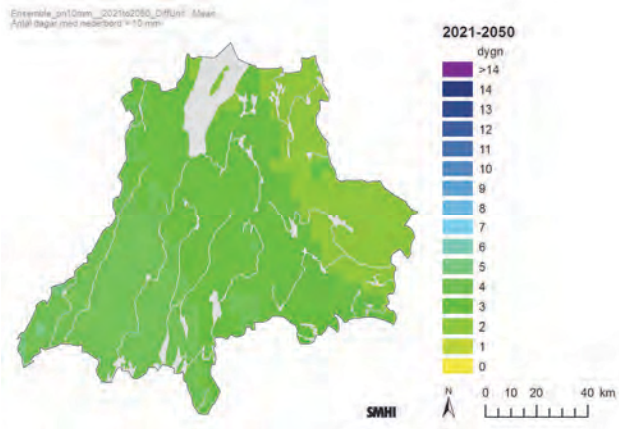
gar)

Beräknat 2069-2098 (da-

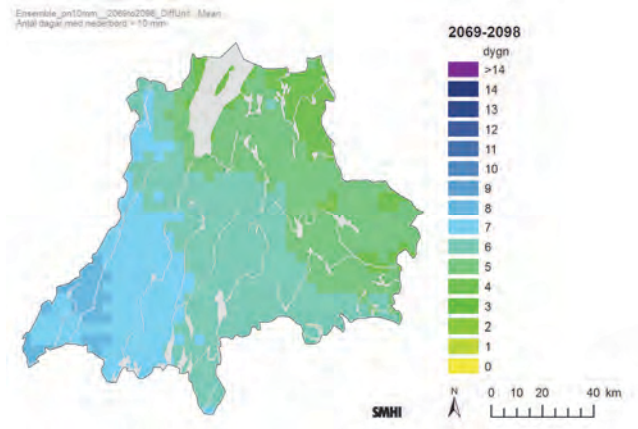


gar)

Differens 2021-2050 vs. 1961-1990 (dagar)

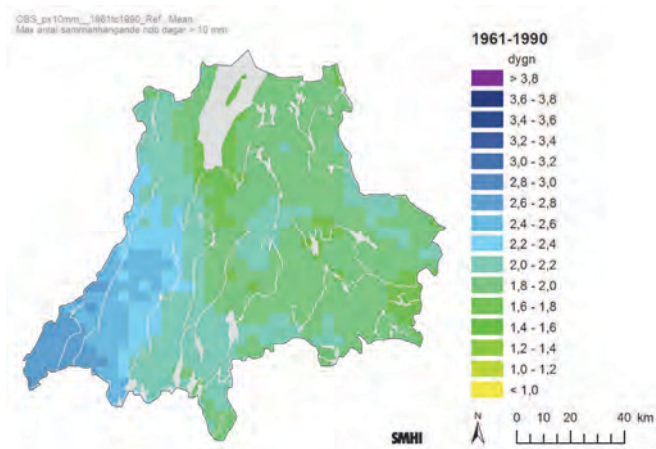


Differens 2069-2098 vs. 1961-1990 (dagar)

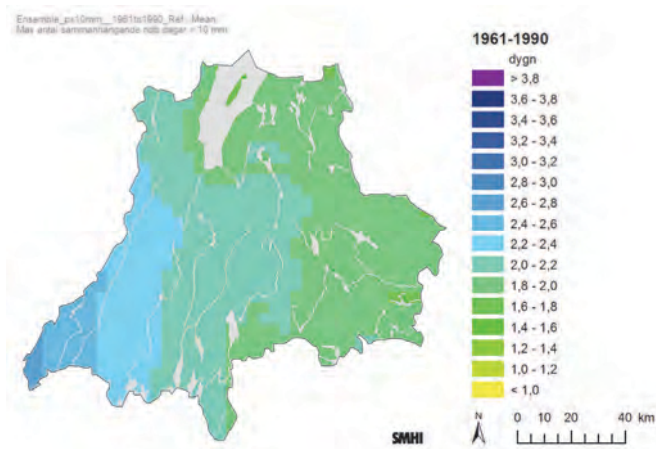


Bilaga 10 – Längsta period med nederbörd > 10 mm/dygn (medel 30 år)

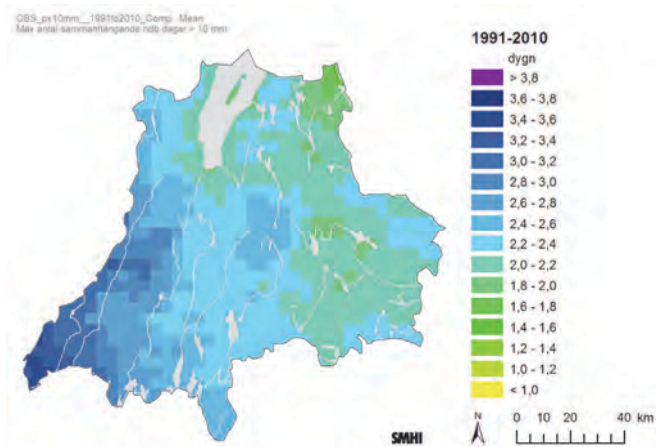
Observerat 1961-1990 (dagar)



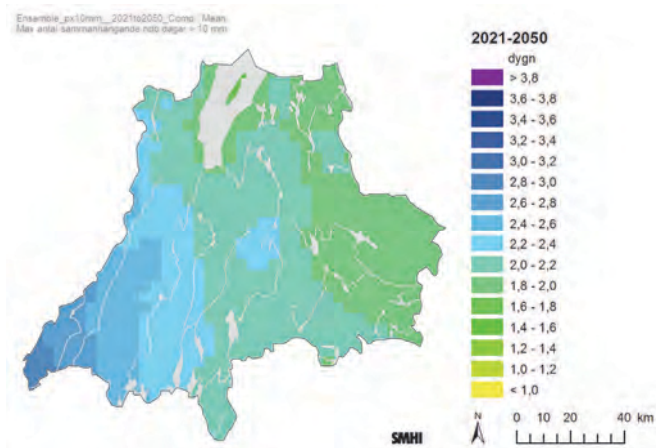
Beräknat 1961-1990 (dagar)



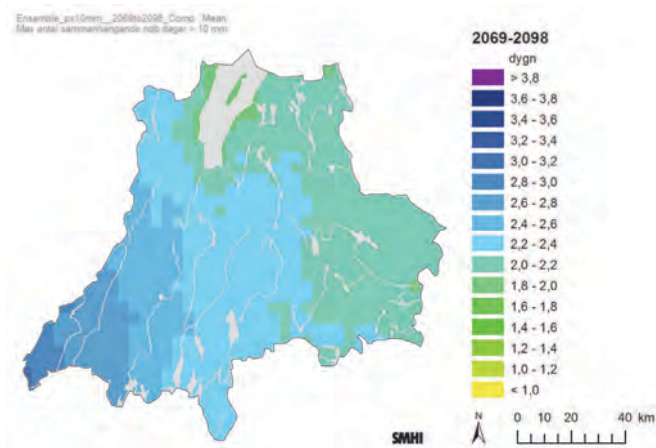
Observerat 1991-2010 (dagar)



Beräknat 2021-2050 (dagar)



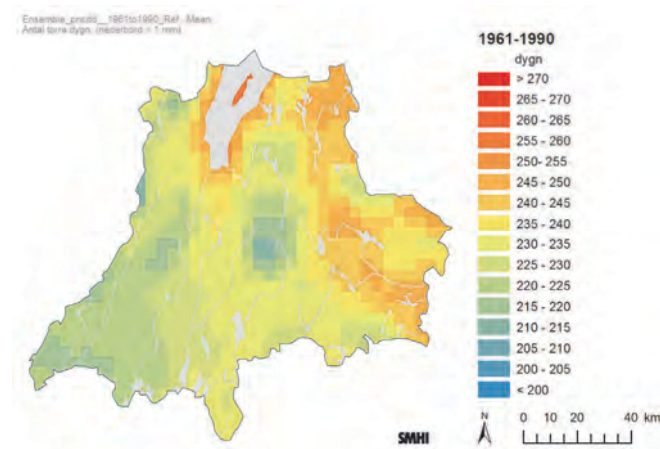
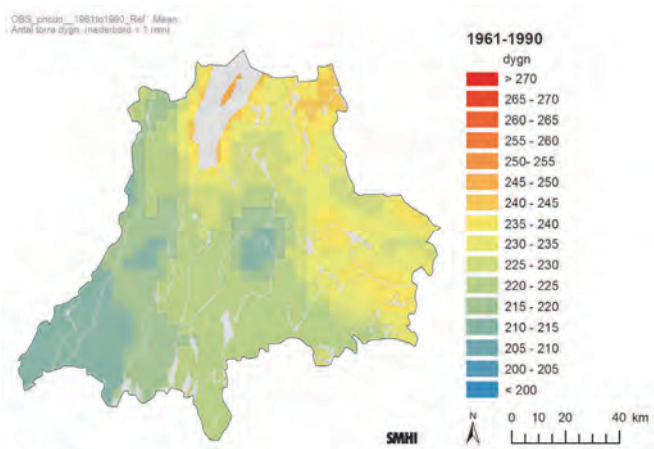
Beräknat 2069-2098 (dagar)



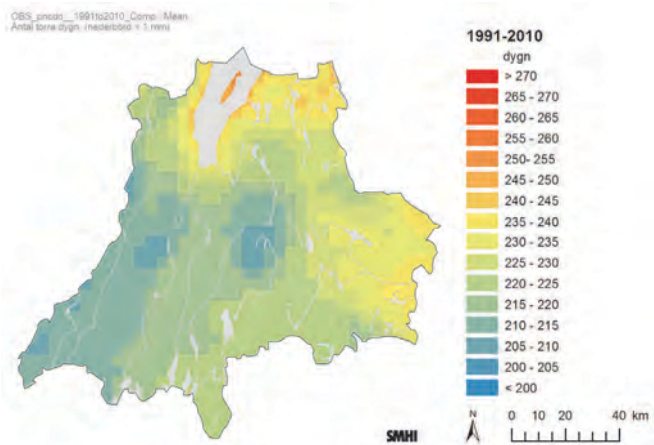
Bilaga 11 – Antal torra dygn med nederbörd < 1 mm (medel 30 år)

Observerat 1961-1990 (dagar)

Beräknat 1961-1990 (dagar)

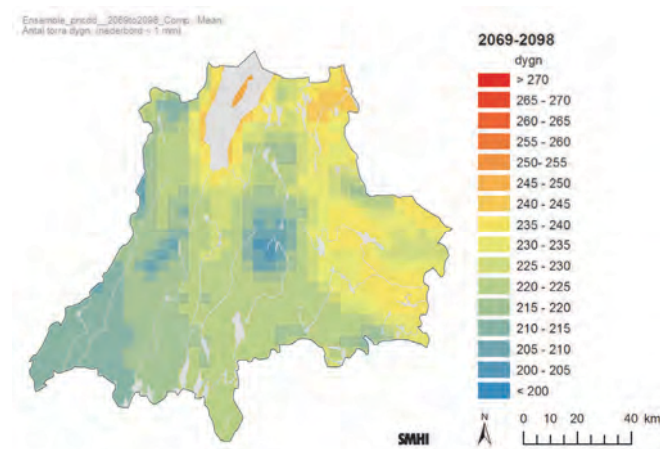
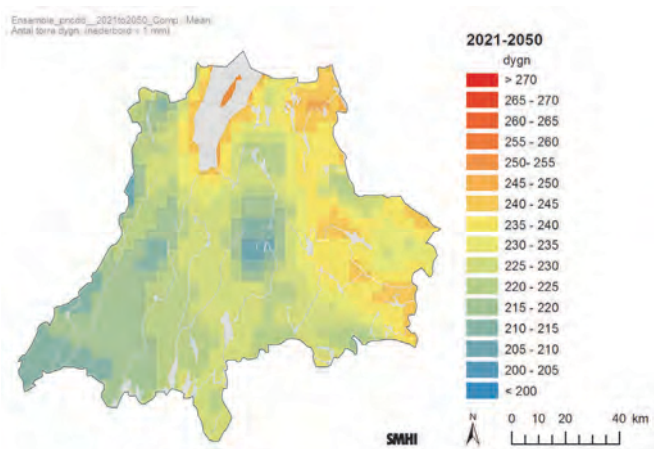


Observerat 1991-2010 (dagar)



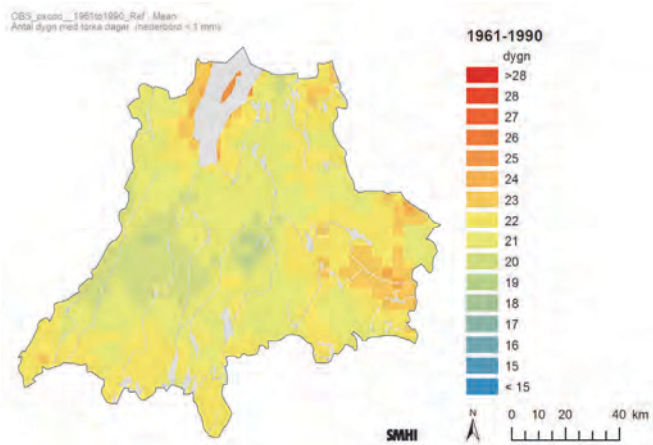
Beräknat 2021-2050 (dagar)

Beräknat 2069-2098 (dagar)

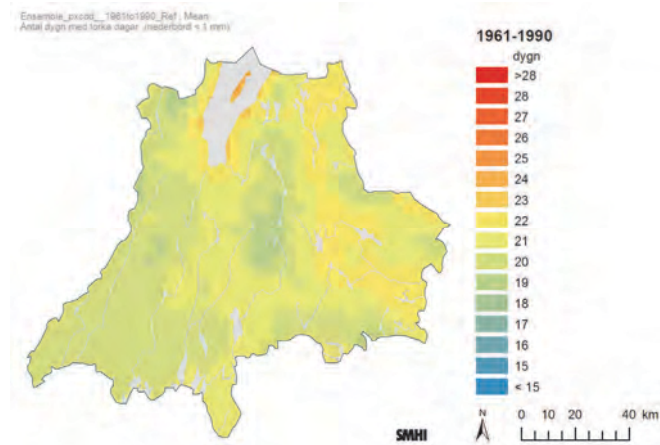


Bilaga 11 – Max antal dagar i följd utan nederbörd (< 1 mm) (medel 30 år)

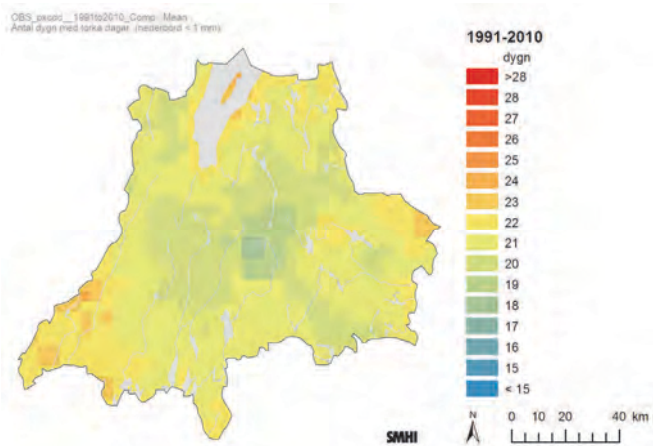
Observerat 1961-1990 (dagar)



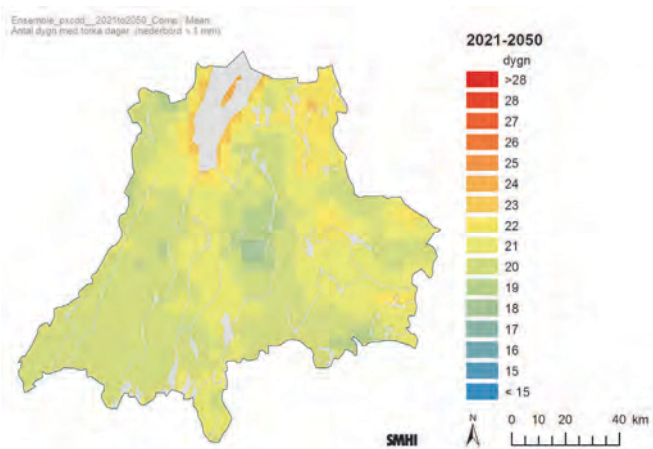
Beräknat 1961-1990 (dagar)



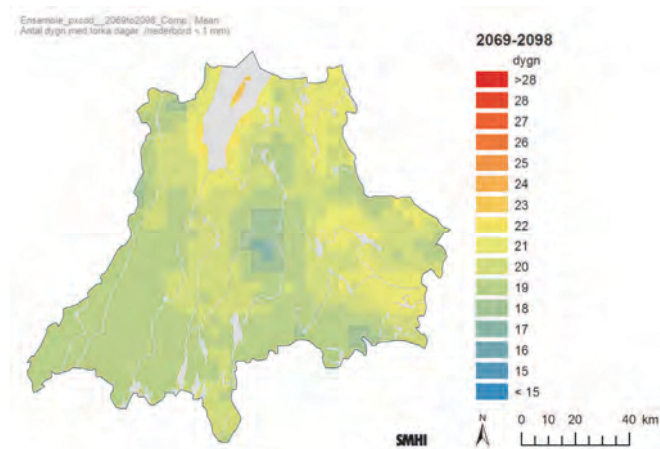
Observerat 1991-2010 (dagar)



Beräknat 2021-2050 (dagar)

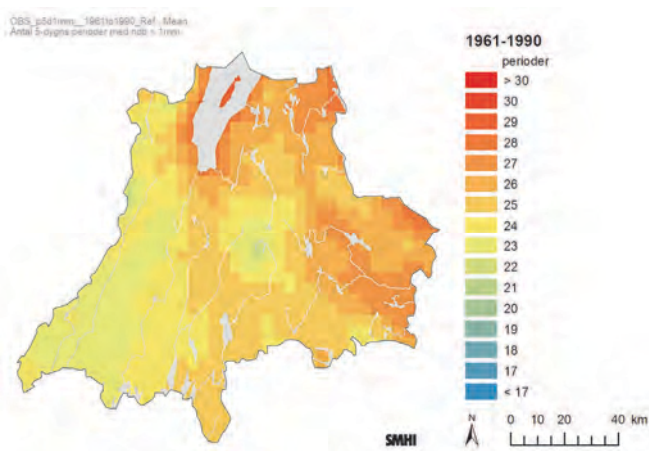


Beräknat 2069-2098 (dagar)

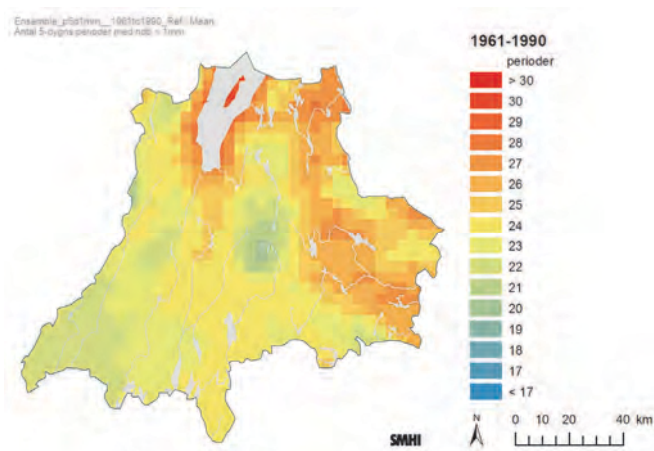


Bilaga 11 – Antal torra 5-dygnsperioder (< 1 mm/dygn) (medel 30 år)

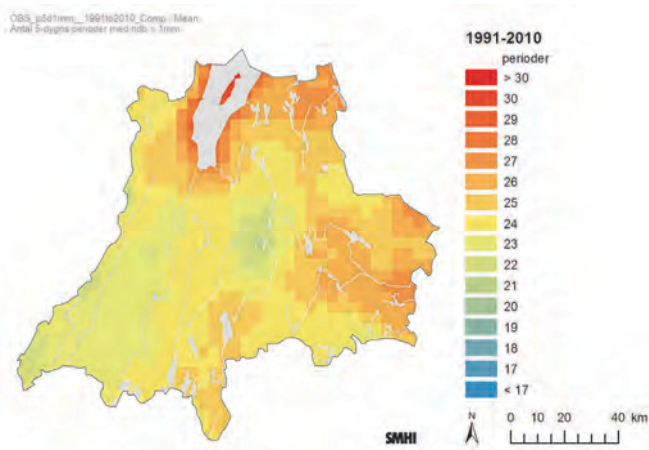
Observerat 1961-1990 (dagar)



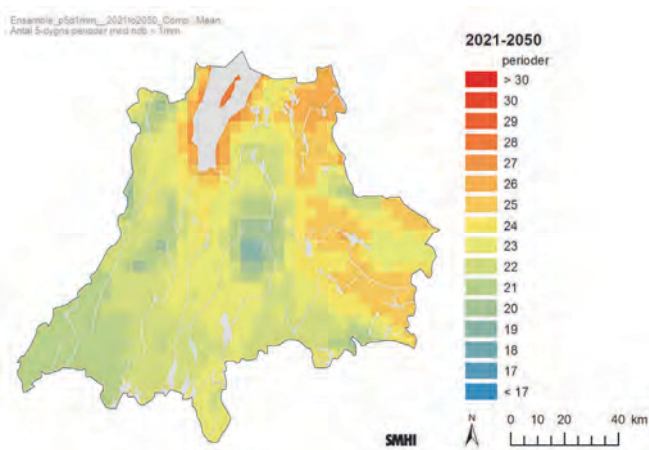
Beräknat 1961-1990 (dagar)



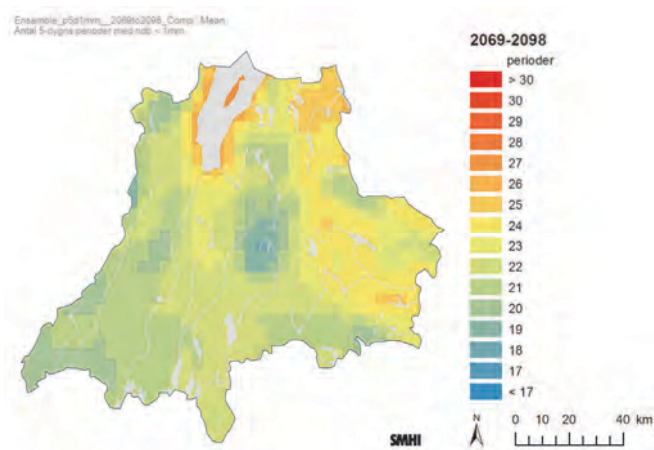
Observerat 1991-2010 (dagar)



Beräknat 2021-2050 (dagar)

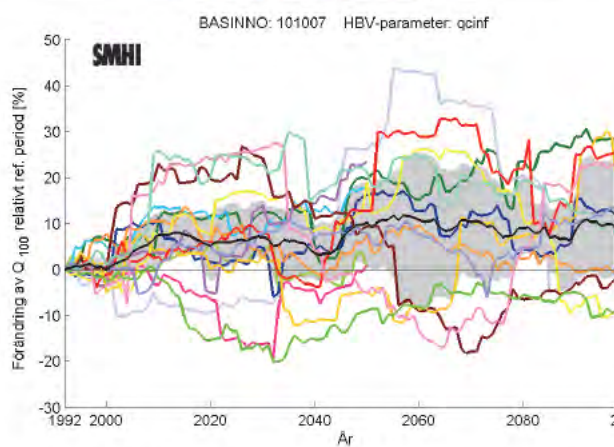


Beräknat 2069-2098 (dagar)

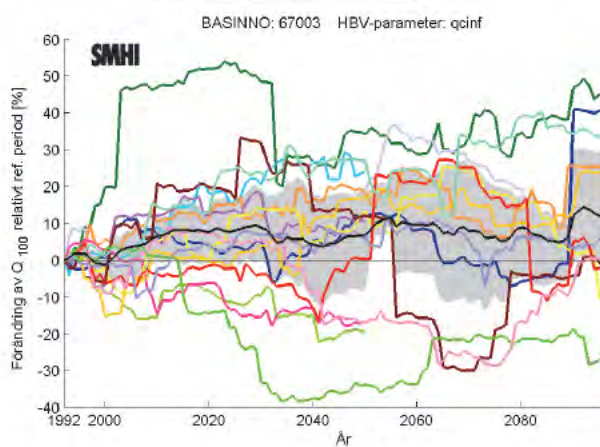


Bilaga 12 – Förändring av 100-årstillrinning

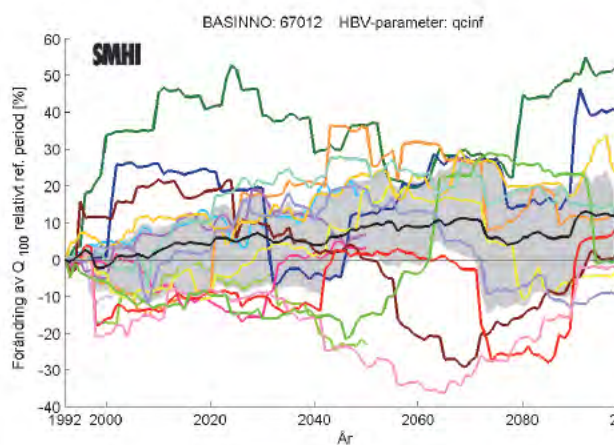
Nissan vid länsgränsen



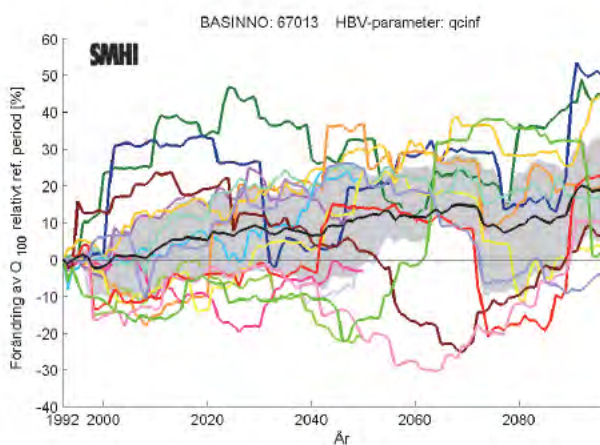
Tabergsåån inlopp Munksjön



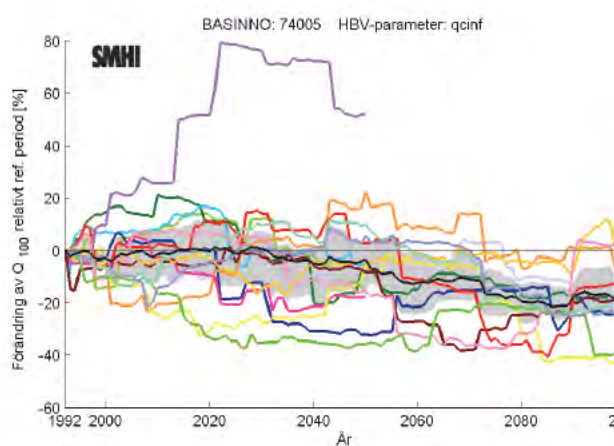
Svartån inlopp Ralången



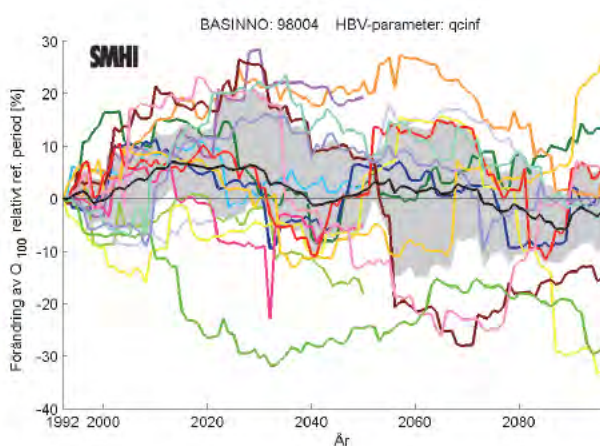
Svartåns utlopp i Sommen



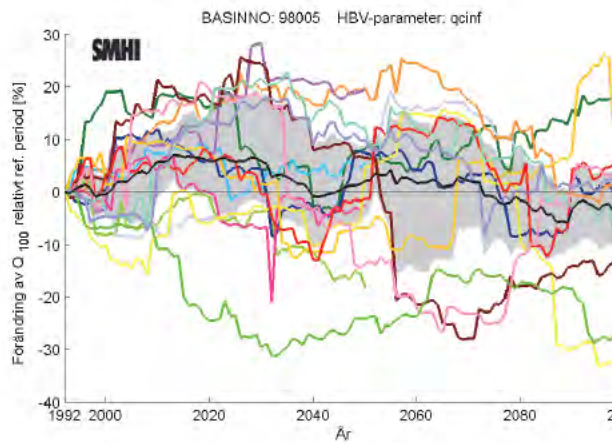
Emån vid Brusafors



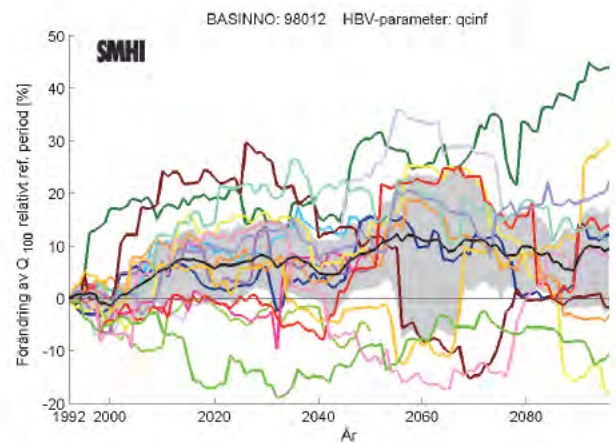
Härån vid Fryele pegel, nedan Lillån



Lagan vid Värnamo centralbro



Storån (Bolmån) vid Hillerstorp



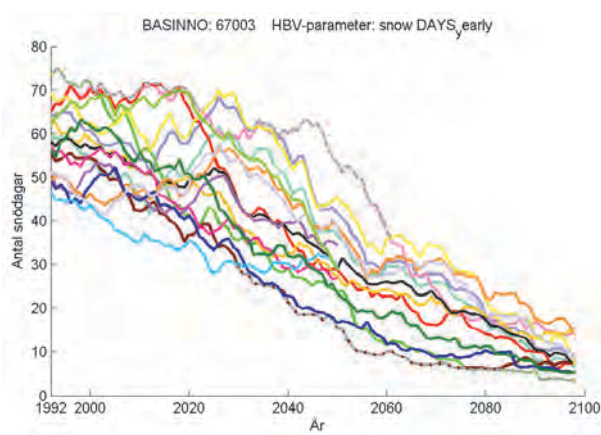
De 16 klimatsimuleringarna är färgkodade enligt:

- C4I-E53-25-A2
- C4I-HCQ16-25-A1B
- CNRM-AR-25-A1B
- DMI-E53-25-A1B
- HC-HCQ0-25-A1B
- KNMI-E53-25-A1B
- METNO-BCM-25-A1B
- METNO-HCQ0-25-A1B
- MPI-E53-25-A1B
- SMHI-CCSM3-50-A1B
- SMHI-CNRM-50-A1B
- SMHI-E51-50-A1B
- SMHI-E51-50-B1
- SMHI-E52-50-A1B
- SMHI-E53-25-A1B
- SMHI-E53-50-A1B
- Medelvärde

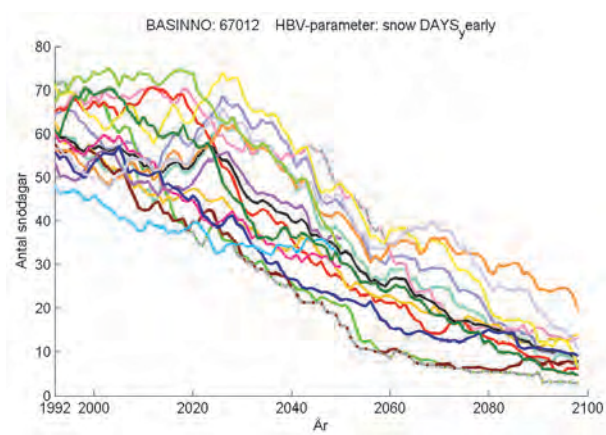
Det grå fältet visar spridningen mellan 25:e och 75:e percentilen.

Bilaga 13 – Antal dagar med snötäcke

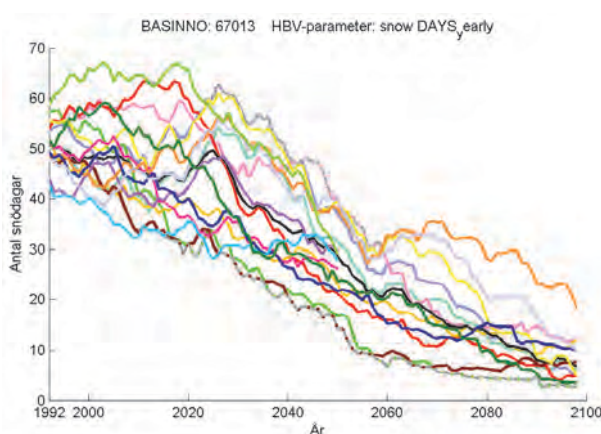
Tabergsån



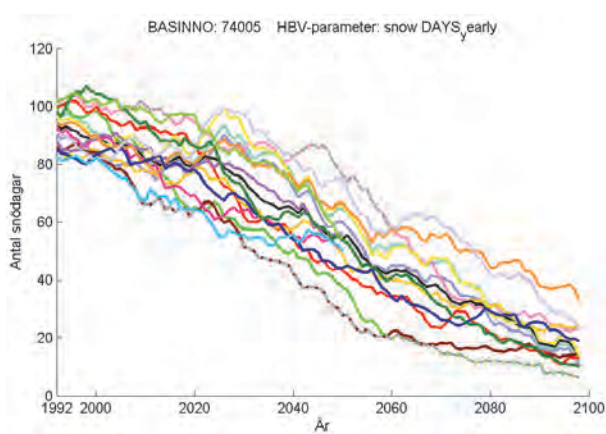
Svartån Ralången



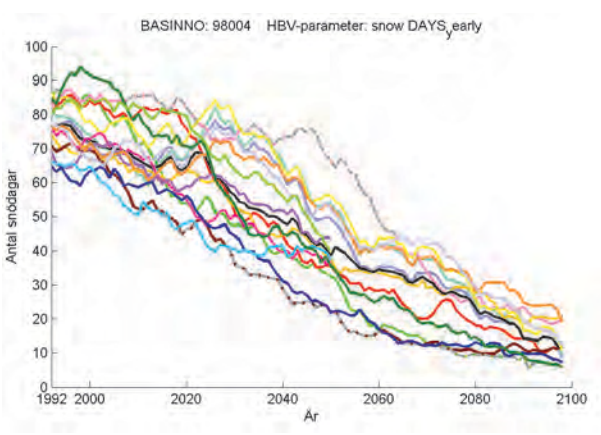
Svartån Sommen



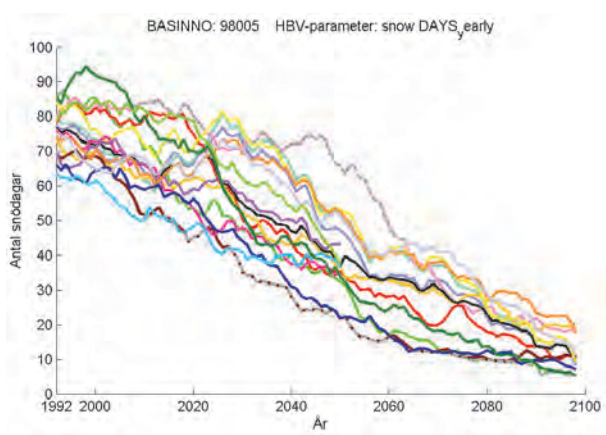
Emån



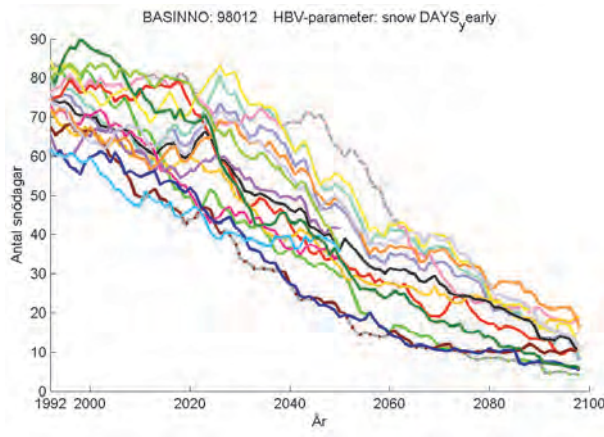
Härån



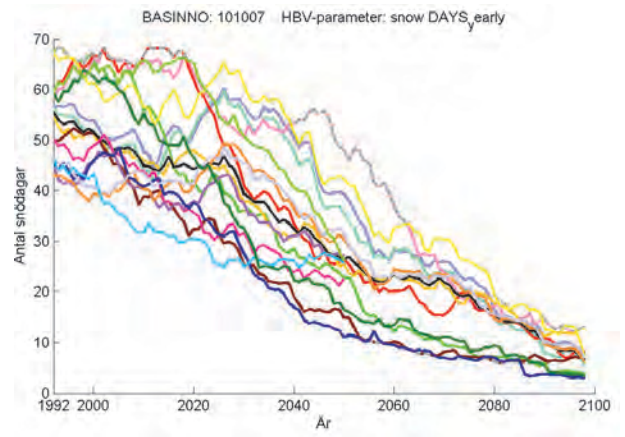
Lagan



Storån



Nissan

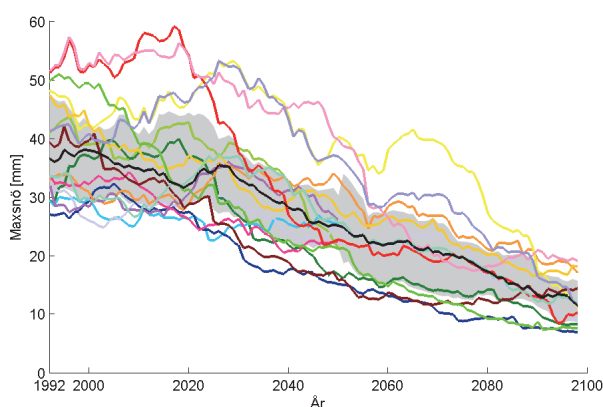


- Max
- Median
- Min

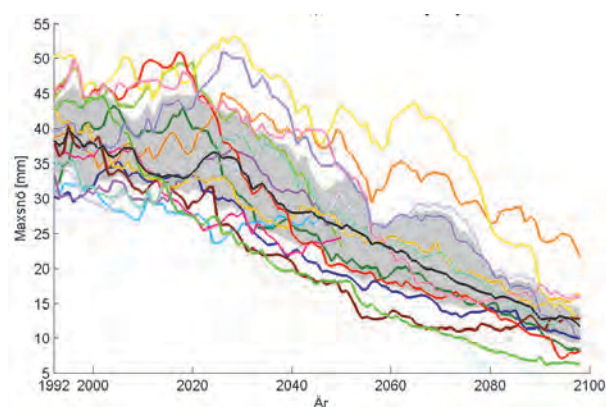
Övrig kodning i enlighet med bilaga 12.

Bilaga 14 – Snöns vatteninnehåll (mm)

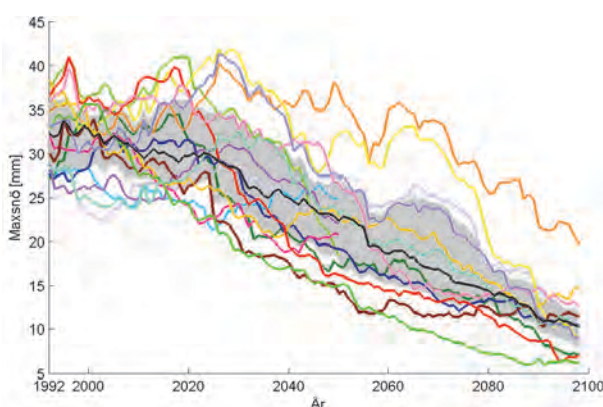
Tabergsån



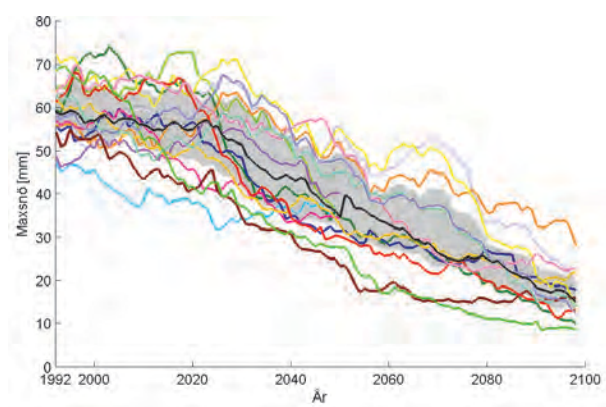
Svartån Ralången



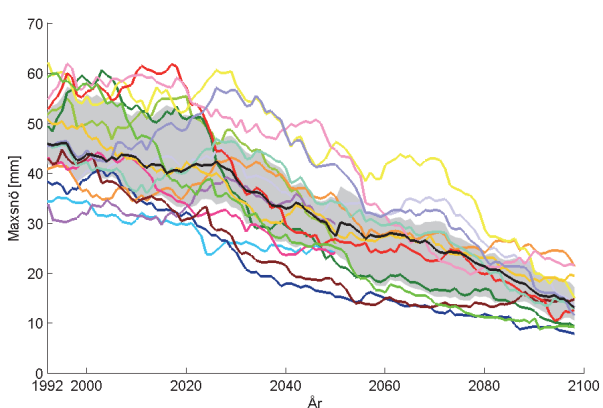
Svartån Sommen



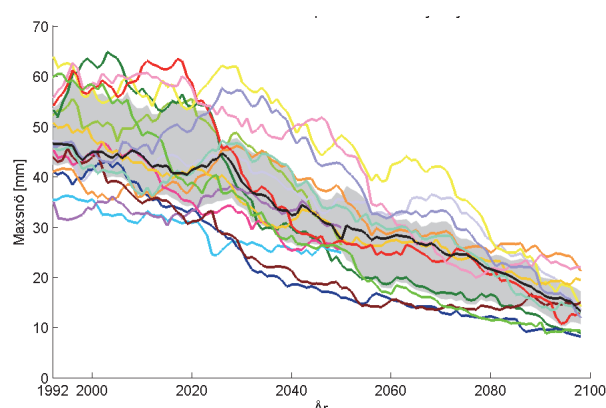
Emån

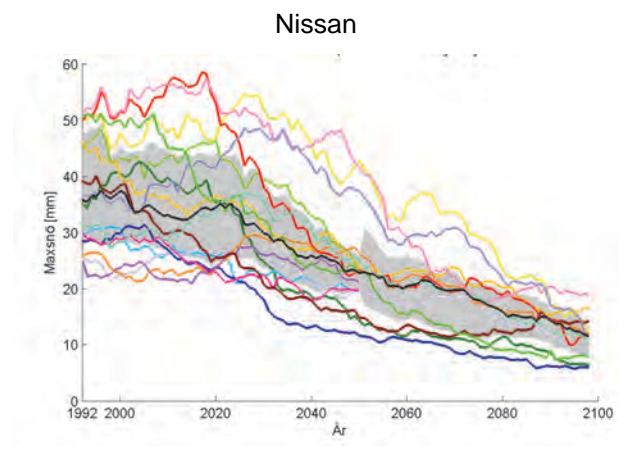
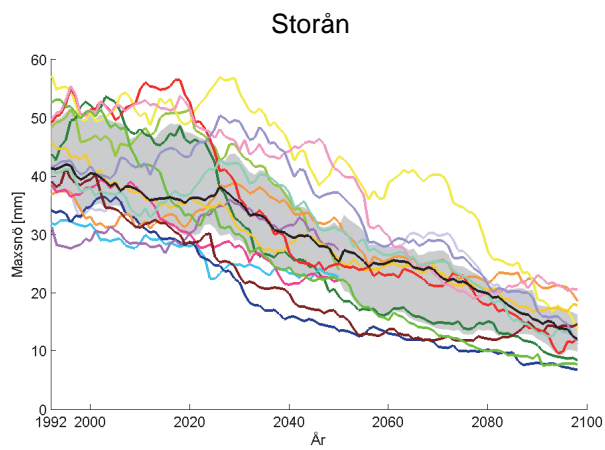


Härån



Lagan





För kodning, se bilaga 12 och 13.

Länsstyrelsen i Jönköpings län
551 86 Jönköping
Telefon: 036-39 50 00
Fax: 036-12 15 58
Webbplats: www.lansstyrelsen.se/jonkoping
E-post: jonkoping@lansstyrelsen.se