



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Framtida perioder med hög risk för skogsbrand enligt HBV-modellen och RCP-scenarier

Rapport april 2016



Titel: Framtida perioder med hög risk för skogsbrand enligt HBV-modellen och RCP-scenarier

Rapport april 2016

Pärbild: Ett år efter branden i Västmanland, 16 september 2015. Foto: Elin Sjökvist, SMHI.

Författare: Elin Sjökvist, Emil Björck, Johanna Tengdelius Brunell, Anna Johnell och Jörgen Sahlberg, SMHI.

MSB:s kontaktperson:
Leif Sandahl, 010-240 53 12

Publikationsnummer MSB997 – april 2016
ISBN 978-91-7383-660-9

1. Sammanfattning

SMHI har på uppdrag av MSB gjort en uppföljning av tidigare analyser av brandrisk i framtida klimat baserat på nya resultat från klimatforskningen. Brandrisken analyseras med avseende på så kallade högriskperioder, vilket innebär flera dagar i följd med hög brandrisk. I tidigare analys (MSB, 2013) användes SRES-scenarier, i de nya analyserna används RCP-scenarier, dock uteslutande baserat på resultat från modellen HBV-Skogsbrand.

Två möjliga framtida scenarier studeras, RCP4.5 innefattar minskade utsläpp till följd av kraftfull klimatpolitik och RCP8.5 innebär fortsatt accelererande utsläpp. De två scenarierna täcker in en stor variationsbredd vad avser framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären.

Resultaten för brandrisksäsongens start, dvs. första dagen i årets första högriskperiod, visar att brandrisksäsongens start tidigareläggs med 2 veckor enligt RCP4.5 och 4 veckor enligt RCP8.5. Brandrisksäsongens längd räknas fram till sista dagen i årets sista högriskperiod. Beräkningarna visar att brandrisksäsongen förlängs med upp till en månad i Götaland och Svealand enligt RCP4.5 och upp till 40 dagar enligt RCP8.5.

Förekomsten av högriskperioder ökar, mot slutet av seklet visar RCP8.5 förekomster av högriskperioder med HBVS-index 4,5 eller 6 i princip varje år i Götaland, jämfört med vartannat år under referensperioden. Längs Norrlandskusten beräknas 2 av 3 år med högriskperioder, jämfört med 1 av 3 under referensperioden.

Östersjölandskapen har i dagens klimat de längsta högriskperioderna, och detta mönster kvarstår i framtiden. I slutet av seklet beräknas högriskperioder med HBVS-index 4, 5 eller 6 till knappt 30 dagar med RCP4.5 och upp till 35 dagar med RCP8.5.

De nya analyserna visar generellt lägre brandriskvärden om de framtida utvecklingsvägarna jämförs med den tidigare analysen. RCP8.5 innebär mot slutet av seklet högre utsläppsnivåer än de scenarier som användes i den tidigare analysen men visar liknande eller lägre värden på brandrisken. Detta har troligtvis sin förklaring i den uppsättning klimatmodeller som använts i analyserna.

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning	3
2. Bakgrund	5
3. Syfte	5
4. Metodik.....	5
4.1 Klimatscenarier	6
4.2 Bearbetning av klimatmodelldata med DBS-metoden	8
4.3 HBV skogsbrandmodell.....	8
4.4 Definition av högriskperioder	10
4.5 Analysmetod.....	10
5. Resultat	11
5.1 Säsongsförskjutning av högriskperioder	11
5.1.1 Brandrisksäsongens start.....	11
5.1.2 Brandrisksäsongens slut	13
5.2 Brandrisksäsongens längd	15
5.3 Förekomst av högriskperioder	18
5.4 Längsta period med högrisk.....	21
5.4.1 Index 4, 5 eller 6.....	21
5.4.2 Index 6	24
6. Skillnader mot tidigare analyser	26
7. Slutsatser	27
8. Referenser	28
Bilagor	30
Säsongsförskjutning av högriskperioder.....	30
Brandrisksäsongens längd.....	36
Förekomst av högriskperioder	41
Längsta period med högrisk	43

2. Bakgrund

SMHI har tidigare på uppdrag av MSB utfört ett projekt om skogsbrandrisk i ett framtida klimat. Projektet delades in i tre etapper, de två första redovisades i ”Scenarier för framtida skogsbrandrisk” (Gardelin m.fl., 2011) och den tredje i ”Framtida perioder med hög risk för skogsbrand” (MSB, 2013).

I projektet har resultat från två olika skogsbrandsmodeller analyserats. FWI (Forest fire Weather Index System) beskriver spridningsrisken hos skogsbranden och HBV-Skogsbrand beskriver antändningsrisken för skogsbrand.

Sedan projektet avslutades har nya klimatscenarier presenterats av den internationella klimatforskningen. Mot denna bakgrund har MSB efterfrågat en uppdatering av analyserna i det tidigare projektets tredje etapp baserat på resultat från HBV-Skogsbrand.

3. Syfte

Studiens syfte är att applicera de senaste klimatscenarierna på tidigare utvecklade analysmetoder för framtida skogsbrandrisk. Analyserna baseras på resultat från modellen HBV-Skogsbrand.

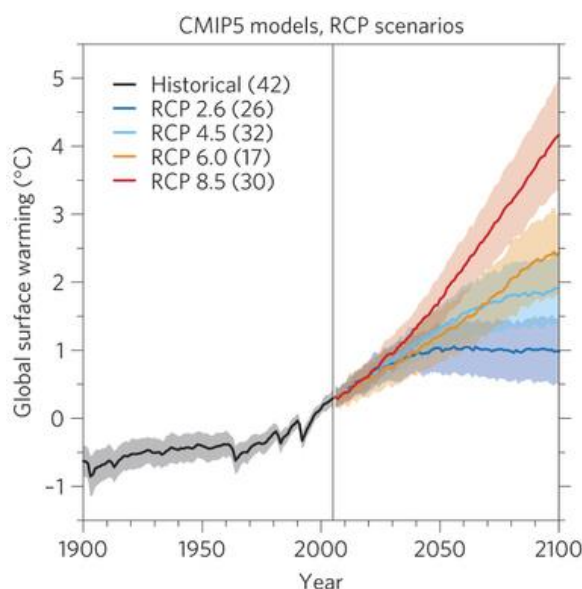
4. Metodik

IPCC:s senaste uppdatering av det vetenskapliga läget (AR5, 2013) baserades på nya antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser, de så kallade RCP-scenarierna. Forskarvärlden har fokuserat på två av dessa scenarier, RCP4.5, som inkluderar kraftfulla utsläppsminskningar inom en snar framtid, och RCP8.5, där utsläppen fortsätter att öka. I det tidigare projektet om skogsbrandrisk lades tyngdpunkten på scenario SRES A1B, vilket i utsläppsnivåer befinner sig mellan de två RCP-scenarierna i slutet av seklet.

SMHI:s modell HBV-Skogsband har används för att beräkna framtida skogsbrandrisk baserat på data från nio olika globala klimatmodeller och de två RCP-scenarierna. Beräkningarna analyseras med avseende på högriskperioder, enligt definitionen i föregående projekt. Baserat på högriskperioderna beräknas brandriskssäsongens start, slut och längd, förekomst av högriskperioder och längsta period med högrisk. Resultaten presenteras som kartor separat för de två RCP-scenarierna. I största möjliga mån används samma färgskalor på kartorna som i föregående rapport. I slutet av rapportens resultatdel ägnas ett stycke åt beskrivning av skillnader i resultaten jämfört med föregående rapport.

4.1 Klimatscenarioer

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens innehåll av växthusgaser förändras. För att kunna studera framtidens klimat behövs antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. Det finns flera möjliga utvecklingar och vilken av dem som slår in beror på människans förmåga att begränsa utsläppen. FN:s klimatpanel IPCC presenterade i sin femte sammanställning om kunskapsläget gällande framtida klimat (IPCC, 2013) nya antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser: RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways, ICONICS, 2013). RCP-scenarierna beskriver möjliga resultat av utsläppen, i så kallad strålningsdrivning, fram till år 2100, se Figur 1. Varje scenario benämns med en siffra som motsvarar förändringen i atmosfärens strålningsdrivning i enheten W/m².



Figur 1. Global uppvärmning relativt år 2000 för fyra olika RCP-scenarier beskriven av flera globala modeller (antalet visas inom parentes). Från IPCC 2013.

I analyserna som presenteras i denna rapport används två RCP-scenarier, RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp, och RCP8.5 med höga utsläpp. Forskarvärlden har fokuserat på dessa två scenarier, därför finns det mest fullständiga underlaget i form av regionala klimatberäkningar för dessa två scenarier. De två scenarierna täcker in en stor variationsbredd vad avser framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären. Tabell 1 beskriver vilka antaganden som ligger till grund för scenarierna.

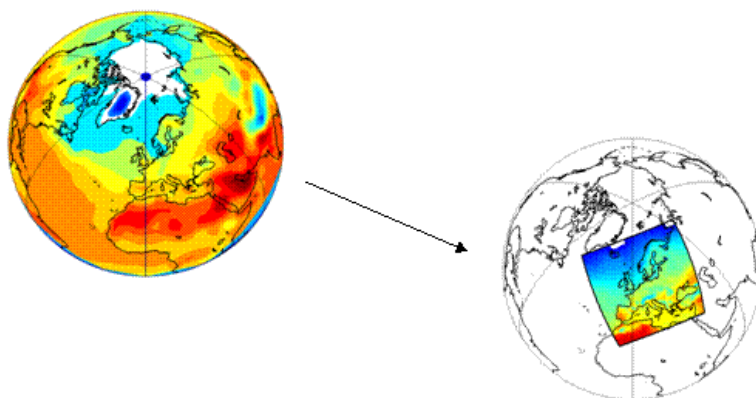
I föregående rapport om framtida perioder med hög risk för skogsbrand (MSB, 2013) användes SRES-scenariot A1B, med vilken den globala uppvärmningen hamnar ungefär mitt emellan RCP4.5 och RCP8.5 i slutet av seklet.

Tabell 1. Antaganden som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

RCP4.5	RCP8.5
<ul style="list-style-type: none"> • Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring år 2040 • Befolkningsmängd något under 9 miljarder i slutet av seklet • Lågt arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster • Omfattande skogsplanteringsprogram • Låg energiintensitet • Kraftfull klimatpolitik 	<ul style="list-style-type: none"> • Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt • Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion • Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt • Stort beroende av fossila bränslen • Hög energiintensitet • Ingen tillkommande klimatpolitik

RCP-scenarierna är en del av drivningen till globala klimatmodeller (GCM:s). Upplösningen i modellerna är i storleksordningen 150-300 km, vilket betyder att de ger en översiktlig bild av framtidens klimat. För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av geografiska förhållanden, såsom skillnader i altitud och uppdelning mellan land och hav. Därför kopplas de globala klimatberäkningarna till regionala klimatmodeller (RCM:s) som har högre upplösning. De drivs av resultat från globala modeller vid de yttre gränserna av sitt modellområde, se Figur 2. Detta gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt.

I analysen ingår resultat från nio olika globala klimatmodeller, framtagna på olika institut runt om i världen. Rossby Centre vid SMHI har utfört den regionala klimatmodelleringen med modellen RCA4, vilken har upplösningen 50x50 km. Mer detaljer om klimatscenerierna finns i "Klimatscenerier för Sverige" (Sjökvist m.fl, 2015).



Figur 2. Modellområde för global respektive regional modell.

4.2 Bearbetning av klimatmodelldata med DBS-metoden

För att kunna använda data från den regionala klimatmodellen till att studera skogsbrandrisk krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och brandriskmodellen. Anledningen är att de regionala klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig beskrivning av dagens brandrisk.

En metod har utvecklats vid SMHI som gör det möjligt att anpassa utdata från klimatmodellerna. Metoden benämns DBS-metoden (Distribution Based Scaling; Yang m.fl., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att reducera systematiska fel. Vid klimateffektstudier med hydrologiska modeller är det särskilt viktigt att den överskattning av antalet nederbördsdagar som ges av klimatmodellerna korrigeras. Korrigeringsfaktorer fastställs för en referensperiod i dagens klimat och bibehålls sedan vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatscenerierna direkt kan användas som indata till hydrologiska modeller. Med DBS-metoden ges klimatscenerierna samma upplösning som observationsdata, i detta fall 4x4 km. Observationsdata har hämtats från den areellt interpolerade databasen PTHBV (Johansson, 2000; Johansson och Chen, 2003, samt Johansson och Chen, 2005).

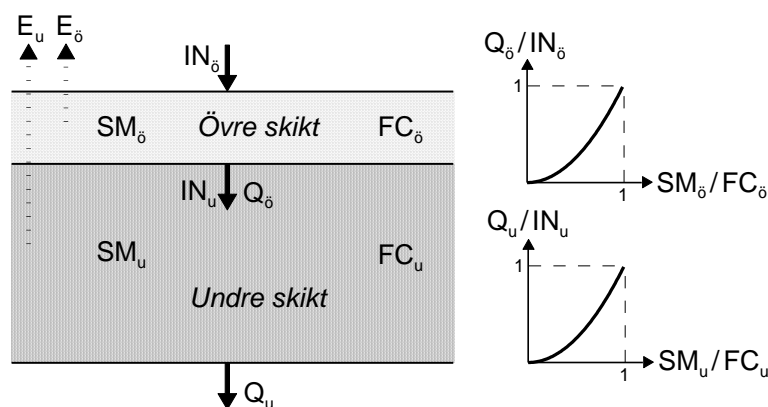
En förutsättning när DBS-metoden används, är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat beskrivet med klimatmodellen och inte med meteorologiska observationer. Det är inte heller möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

4.3 HBV skogsbrandmodell

Beräkningsmodellen HBV-Skogsbrand (Gardelin, 2001) används rutinmässigt under sommarhalvåret på SMHI för prognoser av antändningsrisk och markfuktighet i skogsmark. Modellen är en specialtillämpning av den hydrologiska avrinningsmodellen HBV (Bergström, 1995, Lindström m.fl., 1997), som utvecklats vid SMHI sedan början av 1970-talet. För skogsbrandtillämpning används de delar av HBV-modellen som beräknar snöackumulation och avsmältning samt avdunstning och markfuktighet.

HBV-Skogsbrand beskriver fuktigheten i de markskikt som har störst betydelse för framförallt antändningsrisken i skogsmark. Modellen är verifierad mot statistik över inträffade skogsbränder och nedbrunnen skogsareal i Sverige. Modellens indata är dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur.

I modellen beräknas fuktigheten i två markskikt enligt principerna i Figur 3. Fuktigheten i markskikten bestäms av nederbörd, snösmältning, avdunstning och avrinning till djupare markskikt. Hur stor andel av en viss regnmängd som kan hållas kvar i markskikten är beroende av den aktuella markfuktigheten. Om marken är torr, kan en stor del av regnmängden magasineras i marken, men om marken redan är blöt, förs en stor del av regnet vidare till avrinning.



Figur 3. Principerna för beräkning av fuktigheten i de två markskikten i HBV-Skogsbrandmodell.

FC anger den maximala vattenmagasineringsen i respektive markskikt och SM anger aktuell markfuktighet. IN avser vattentillförsel till skikten, Q avrinning och E avdunstning från skiktet. $IN_ø$ är regn och smält snö, och Q_u är det vatten som förs bort från markvattenzonen och går vidare till avrinning.

Fuktigheten i de två markskikten anges i procent av den maximala vattenmagasineringsen i respektive markskikt, d.v.s. låga värden anger torra förhållanden och hög brandrisk. Fuktighetsvärdena vägs i modellen samman till ett viktat markfuktighetsvärde. Extremt höga brandriskvärden kan endast erhållas när fuktigheten är låg i båda markskikten. För att ta hänsyn till fukt på vegetationen sker en korrektion av fuktighetsvärdet under de dagar då det faller nederbörd. Det slutliga markfuktighetsvärdet (HBVS) översätts till ett index för markfuktighet (HBVSI) enligt Tabell 2. I operationell drift används beteckningen 5E för den högsta brandriskklassen.

Tabell 2. Gränsvärden för brandriskindex med HBV-Skogsbrandmodell.

Viktat markfuktighetsvärde HBVS	Index för markfuktighet HBVSI
$0 \leq \text{HBVS} < 28$	6 (5E) - Extremt torrt
$28 \leq \text{HBVS} < 33$	5 - Mycket torrt
$33 \leq \text{HBVS} < 43$	4 - Torrt
$43 \leq \text{HBVS} < 59$	3 - Måttligt blött
$59 \leq \text{HBVS} < 74$	2 - Blött
$74 \leq \text{HBVS} \leq 100$	1 - Mycket blött

I studien har brandriskvärden beräknats för punkter i ett rutnät som täcker hela landet. Liksom i den operationella modellen bygger beräkningarna enbart på meteorologiska indata och generella brandriskvärden erhålls i alla beräkningspunkter, oavsett skogens verkliga utbredning. Modellen drivs enbart med utdata från klimatmodeller för att studera effekterna av olika klimatscenarier, därför tas ingen hänsyn till eventuella förändringar av skogen eller dess utbredning i ett framtida klimat. Förändringen av den potentiella

avdunstningen i ett framtida klimat antas också vara proportionell mot temperaturändringen och ingen hänsyn kan tas till eventuell förändring av hur avdunstningen sker i det framtida klimatet beroende på exempelvis förändrad vegetation.

4.4 Definition av högriskperioder

Perioder med hög brandrisk har här definierats som sammanhängande dagar med höga index, d.v.s. högriskperioder. Högriskperioderna har undersökts med en uppdelning i två olika svårighetsgrader. Dels har sammanhängande perioder med index 4, 5 eller 6 studerats och dels har sammanhängande perioder med enbart index 6 studerats. En minimigräns tillämpats för hur korta de sammanhängande perioderna kan vara för att anses utgöra en högriskperiod. För att ingå i beräkningen av sammanhängande perioder måste index 6 ha uppnåtts under minst 4 dagar *eller* lägst index 5 ha uppnåtts under minst 6 dagar *eller* lägst index 4 ha uppnåtts under minst 10 dagar. Under högriskperioden tillåts dessutom indexet att tillfälligt, under maximalt 2 dagar, gå ner till index 1, 2 eller 3 utan att högriskperioden avbryts.

4.5 Analysmetod

Resultaten från HBV-Skogsbrand lagras i en databas med dagliga brandriskvärden från 1961 till 2100 och upplösningen 11x11 km. Analyserna har gjorts för tre olika tidsperioder: referensperioden 1961-1990, mitten av seklet, 2021-2050, och slutet av seklet, 2068-2097. Resultaten från de nio klimatscenerierna har bearbetats separat, men för att underlätta tolkningen redovisas som de i form av medelvärden för respektive RCP-scenario. Spridningen mellan modellresultaten beskrivs med percentilmåtten 25% och 75% för några av analyserna och återfinns i bilagan.

För att minska risken att medelvärdesbildningen filtrerar bort information från underlaget, har endast de år då resultatet är skilt från noll använts i statistiken. På så sätt visar analyserna vad som händer med brandrisken de år då det förekommer brandrisk. Angreppssättet innebär dock att för platser med väldigt få tillfällen med brandrisk blir resultaten inte helt representativa. De fall då detta bedöms påverka tolkningen kommenteras i texten.

För att underlätta tolkningen av kartor har gaussisk interpolation använts för att jämma ut resultaten mellan gridrutorna. I föregående rapport (MSB, 2013) användes en annan metodik, därför finns små skillnader på kartor med observationsdata i de två rapporterna. Detta bedöms dock inte påverka tolkningen av resultaten.

5. Resultat

I följande avsnitt redovisas kartor med medelvärden för samtliga klimatscenarier över referensperioden 1961-1990 och framtidsperioderna 2021-2050 och 2061-2098. För framtidsperioderna presenteras de två RCP-scenarierna separat. Spridningen mellan olika klimatscenarier beskrivs med percentilmått för några av analyserna i bilagan, dessa är inte omnämnda i rapporten utan ses som ett fördjupningsmaterial för den intresserade.

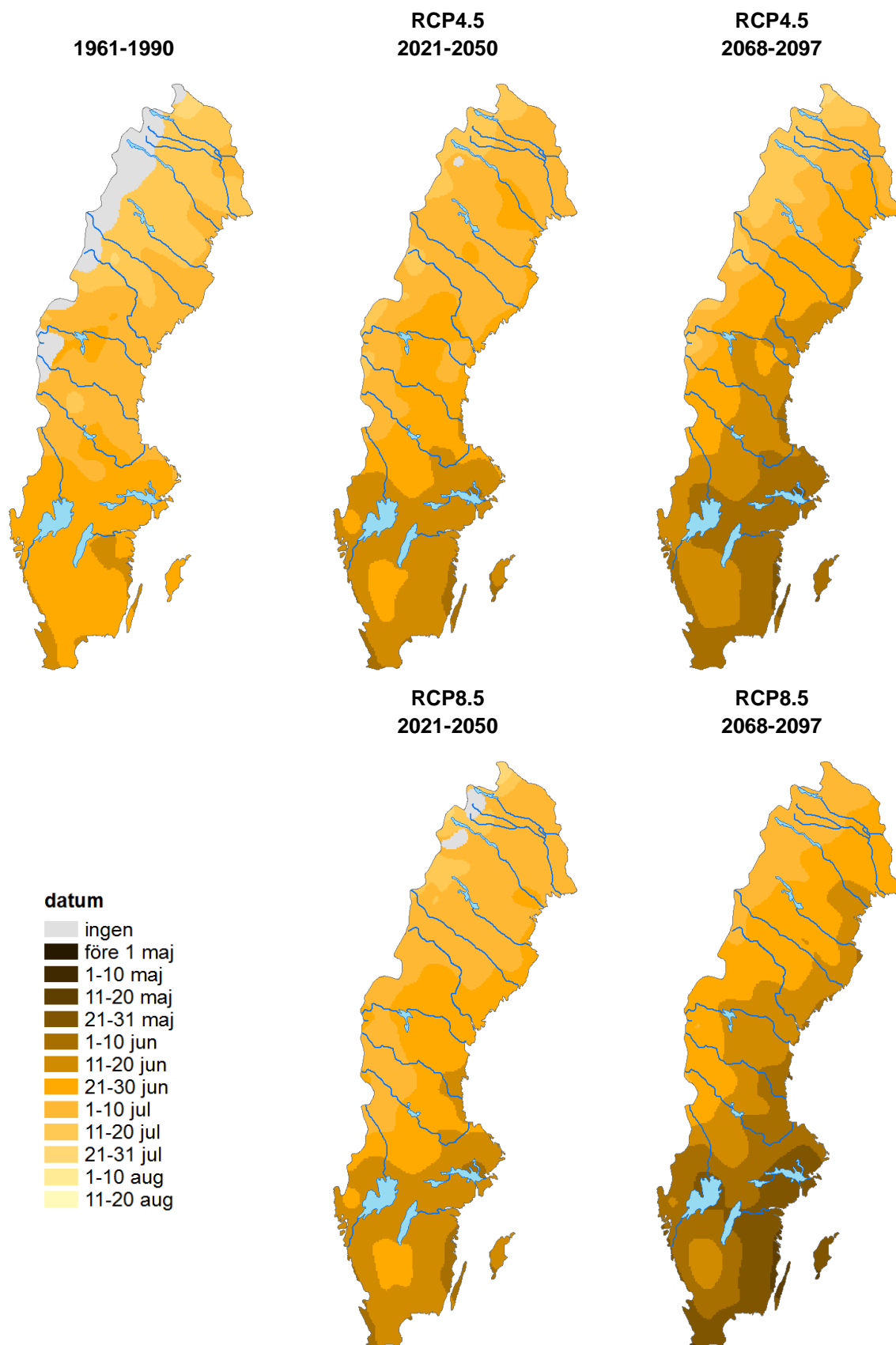
5.1 Säsongsförskjutning av högriskperioder

För att studera säsongsförskjutningen av brandrisken i ett framtida klimat har högriskperioder använts (se definition i avsnitt 4.4). Brandriskssäsongens start definieras som första dagen i den första högriskperioden varje år och slutet på säsongen definieras som den sista dagen i den sista högriskperioden.

5.1.1 Brandrisksäsongens start

Figur 4 visar tidsutvecklingen av brandrisksäsongens start för HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta visar ett medelvärde av de 9 klimatscenarier som använts av HBV-modellen och över en tidsperiod på 30 år. Under referensperioden 1961-1990 startade brandrisksäsongen vanligen runt månadskiftet juni/juli. I Skåne, runt Väneren, i Östergötland och Stockholm låg starten tidigast runt mitten av juni. I Norrlands fjälltrakter startade brandrisksäsongen i slutet av juli.

I och med ett varmare klimat kommer brandrisksäsongen starta tidigare. Till mitten av seklet visar RCP-scenarierna att starten sker i mitten av juni i Götaland och södra Svealand och även i stora delar av Norrland sker starten i juni. I slutet av seklet visar RCP4.5 att starten tidigareläggs ytterligare någon vecka. RCP8.5 ger startdatum så tidigt som mitten av maj i Skåne, Småland, och på Öland och Gotland.



Figur 4. Tidsutveckling av brandrisksäsongens start för HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta visar ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

5.1.2 Brandrisksäsongens slut

Brandrisksäsongen avslutades nästan vid samma tidpunkt i hela landet under referensperioden 1961-1990, mellan slutet på juli och mitten på augusti. Vanligtvis hade tillräckligt mycket regn då fallit för att dämpa brandrisken.

I ett varmare klimat kommer sommartemperaturerna hänga kvar längre och därmed avdunstningen från marken. Till mitten av seklet har slutdatumet förskjutits med ungefär en vecka. I slutet av seklet avslutas brandrisksäsongen i Götaland och södra Svealand i början på augusti, i östra Småland kan det dröja ända till slutet av augusti enligt RCP8.5. I Norrland sker ingen större förändring av brandrisksäsongens slut. De två RCP-scenarierna är relativt lika även i slutet av seklet.



Figur 5. Tidsutveckling av brandrisksäsongens slut för HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta visar ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

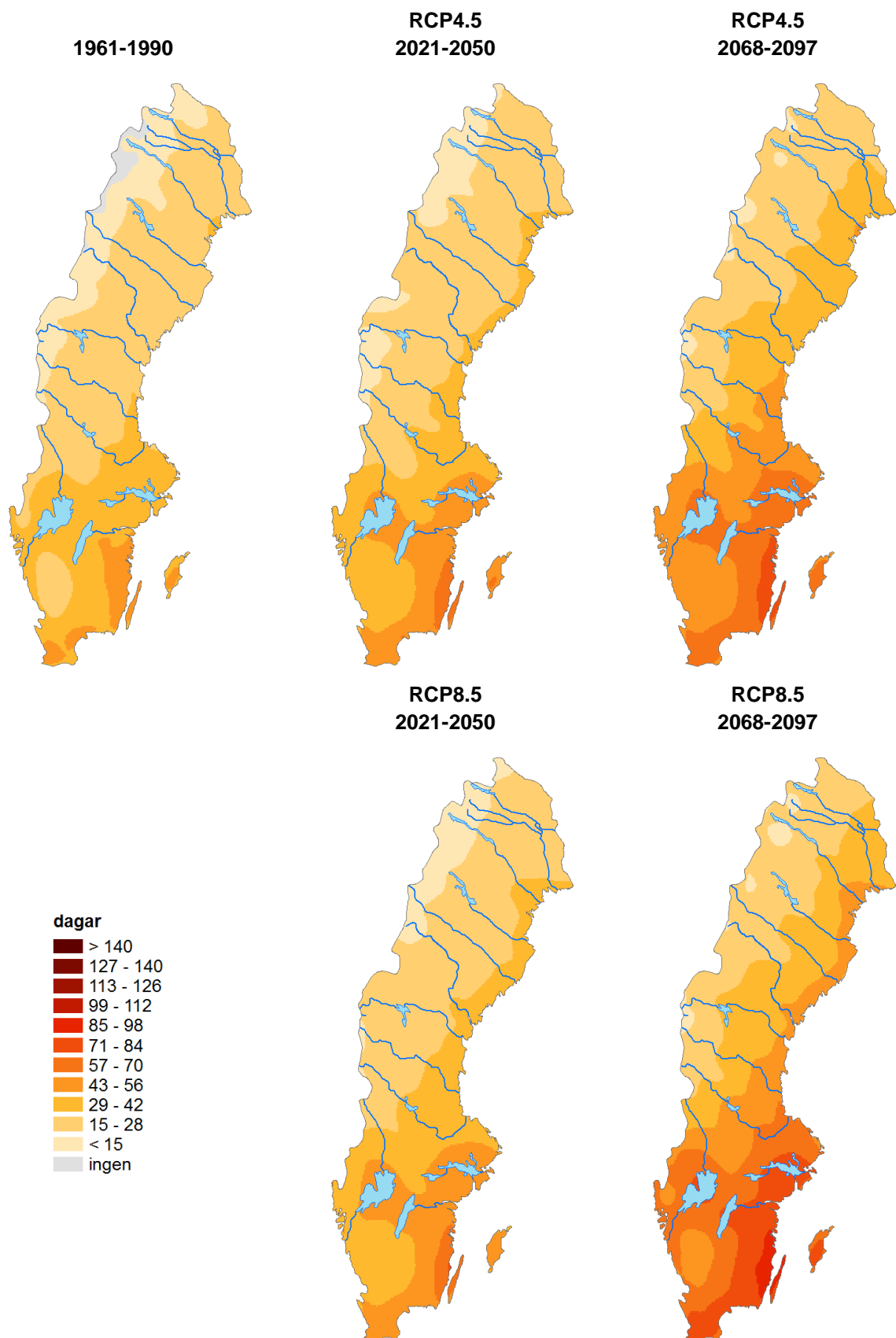
5.2 Brandrisksäsongens längd

Brandrisksäsongens längd definieras som skillnaden mellan startdatum på den första sammanhängande högriskperioden och slutdatum på den sista sammanhängande högriskperioden varje år.

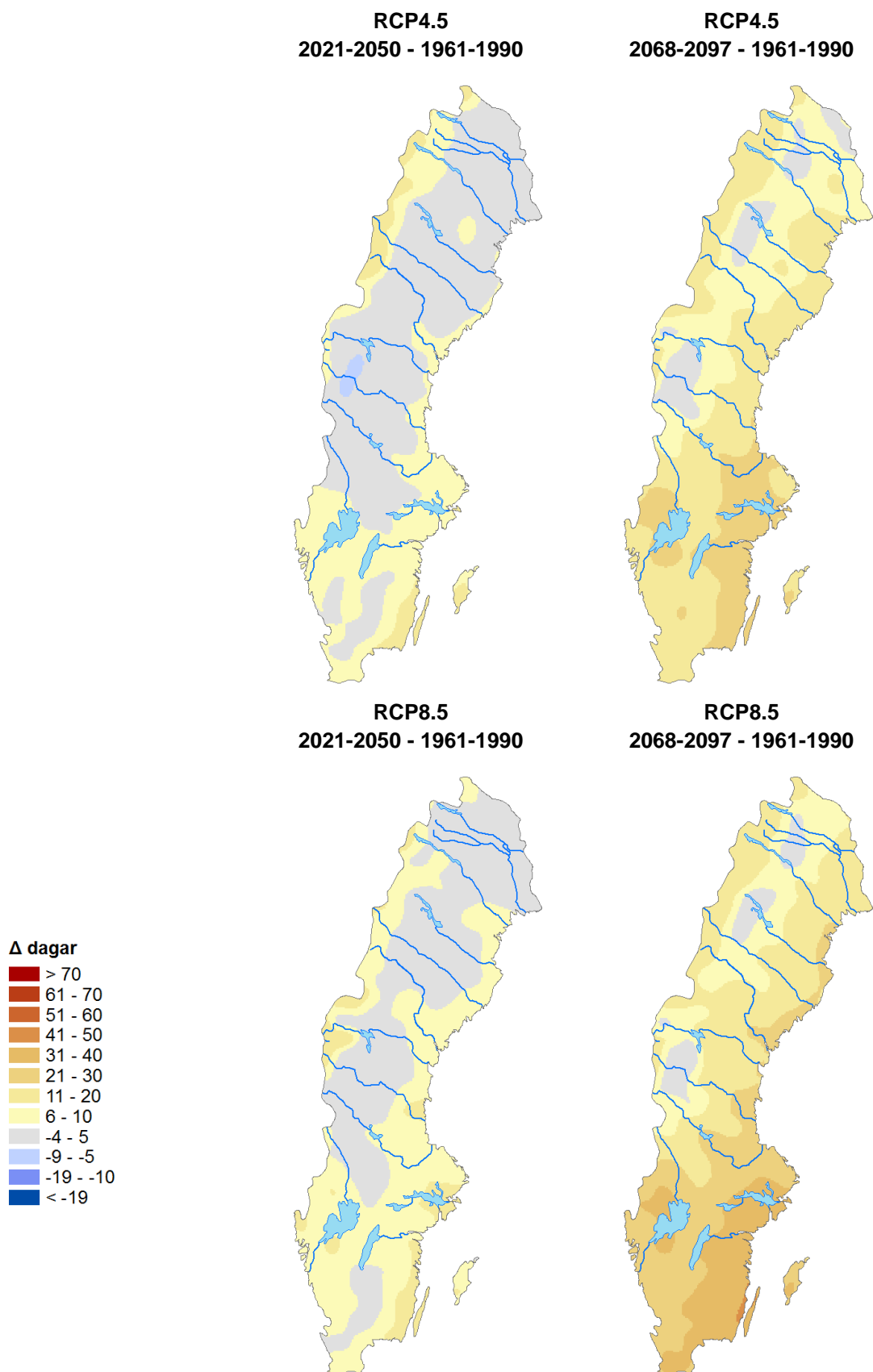
Figur 6 visar tidsutvecklingen av brandrisksäsongens längd för RCP-scenarierna. Under referensperioden 1961-1990 varade brandrisksäsongen som längst i Östersjöländskapen, runt 50 dagar. I inre Götaland och södra Svealand varade brandrisksäsongen drygt en månad. I västra Götaland, norra Svealand och Norrland varade brandrisksäsongen i en halv till en månad.

I slutet av seklet visar RCP4.5 på en brandrisksäsong från 50 till 100 dagar i Götaland och södra Svealand. Även längs med Norrlandskusten är längden över 50 dagar. RCP8.5 visar att både Skåne, östra Småland, Öland och Gotland får brandrisksäsonger på ca 100 dagar.

Figur 7 visar förändringen av brandrisksäsongens längd relativt referensperioden 1961-1990. Här bekräftas att förändringen hos de två scenarierna är lika till seklets mitt, säsongen förlängs med ungefär 2 veckor i södra Sverige och ca 1 vecka i norr. Den största ökningen sker med RCP8.5 till seklets slut. Sydöstra Götaland visar då en ökning med upp till 50 dagar för brandrisksäsongens längd.



Figur 6. Tidsutveckling av brandrisksäsongens längd för HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta visar ett medelvärde av 9 klimatscenarier.



Figur 7. Förändring av brandrisksäsongens längd för HBVS-index 4, 5 eller 6 jämfört med referensperioden 1961-1990. Varje karta visar ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

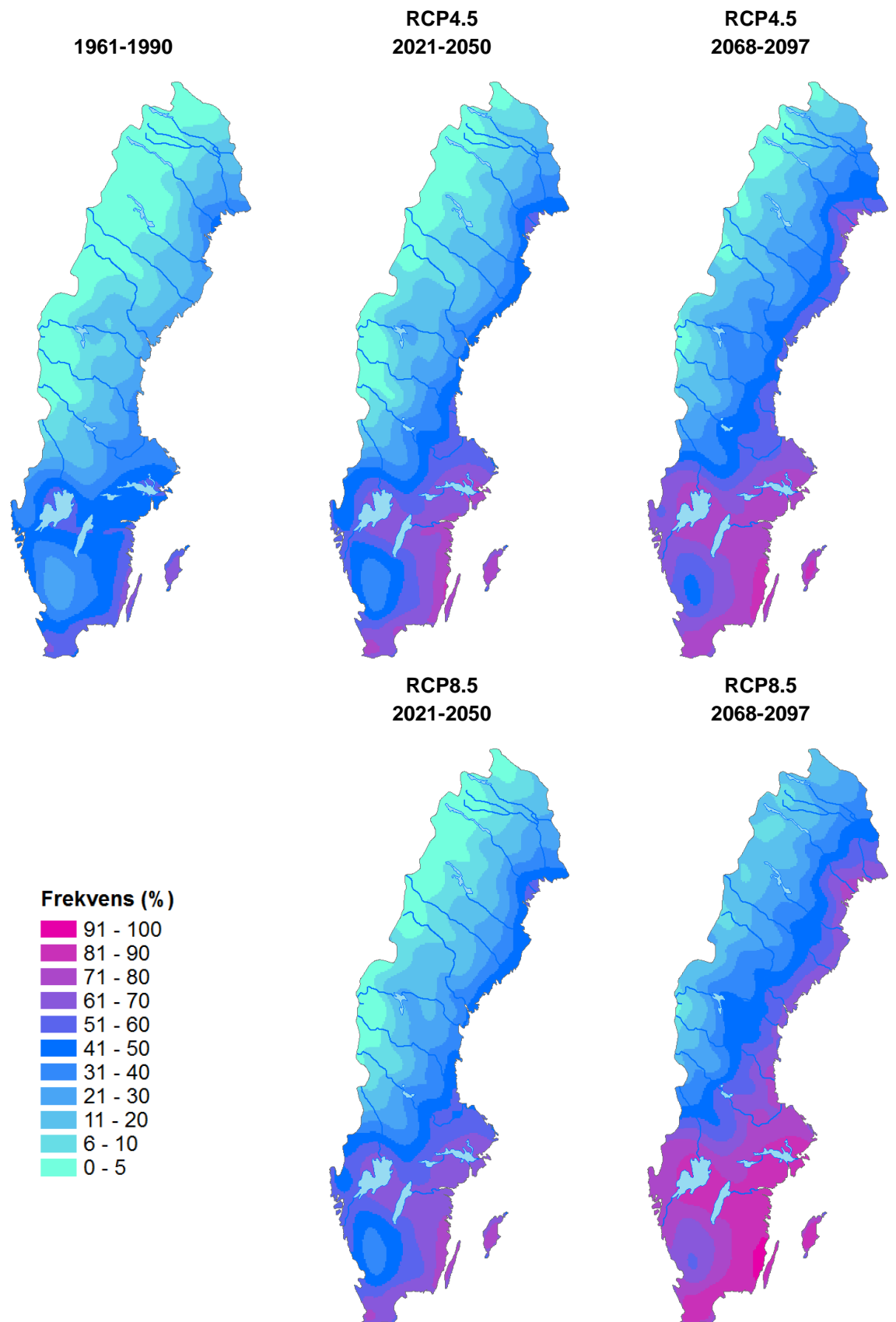
5.3 Förekomst av högriskperioder

Figur 8 visar frekvens av år inom en 30-årsperiod då minst en högriskperiod med HBVS-index 4, 5, eller 6 förekommit. Under referensperioden 1961-1990 förekom högriskperioder i genomsnitt vartannat år i Götaland och sydligaste Svealand. Östersjökusten samt Öland och Gotland har något högre frekvens.

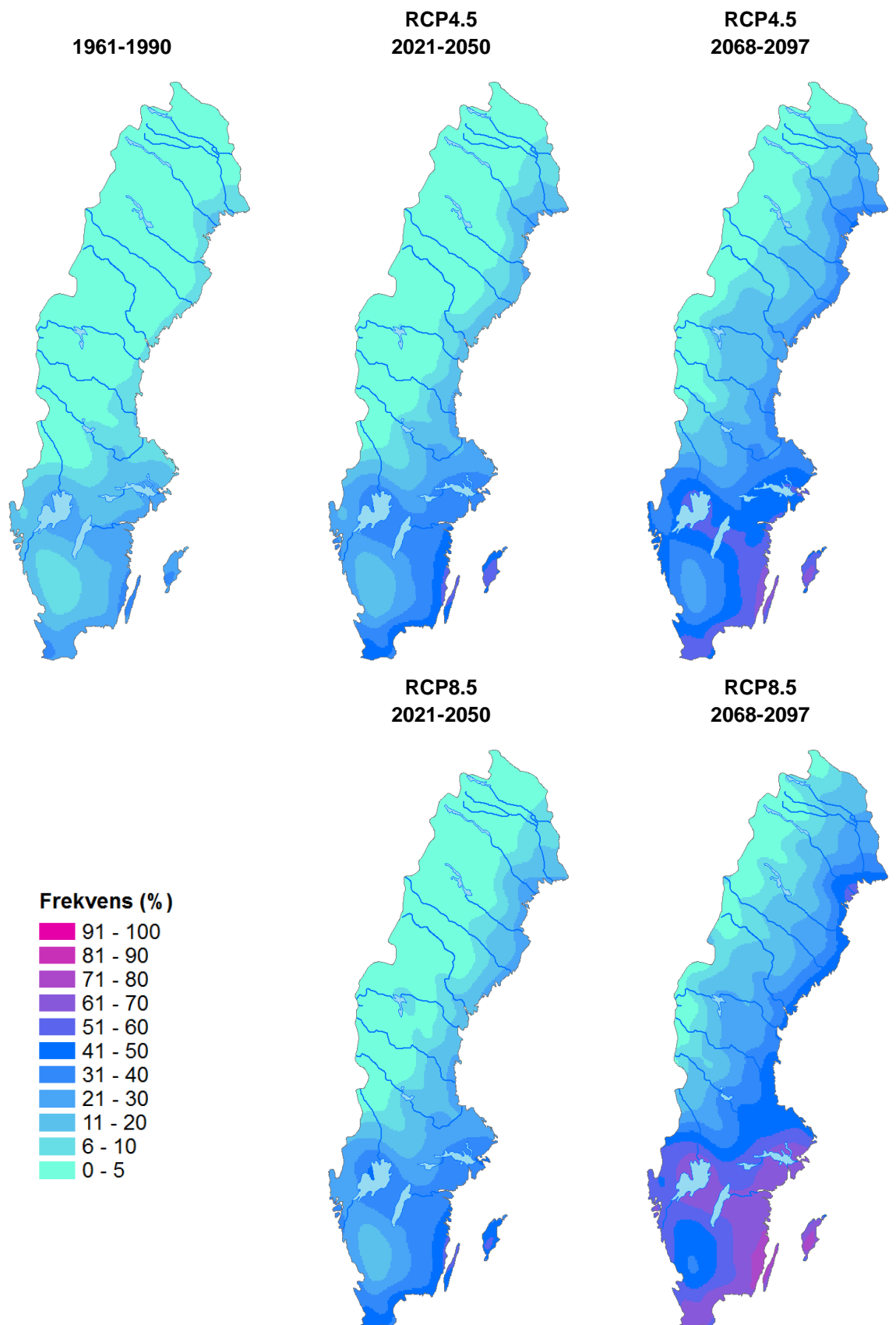
I framtiden ökar förekomsten succesivt i hela landet och till mitten av seklet visar de två RCP-scenarierna på lika resultat. I Götaland och sydligaste Svealand förekommer högriskperioder 2 av 3 år, med undantaget Halland med omnejd. Mot slutet av seklet ger RCP4.5 bara något högre värden, medan RCP8.5 innebär förekomster i princip varje år i Götaland. Längs Norrlandskusten beräknas 2 av 3 år med högriskperioder, jämfört med 1 av 3 under referensperioden.

Figur 9 visar förekomsten av högriskperioder med HBVS-index 6. Under referensperioden 1961-1990 förekom dessa högriskperioder mindre än vart tionde år i större delen av Norrland. Även i nederbördsrika Halland var förekomsten ovanlig. Precis som för index 4, 5 eller 6 var frekvensen störst längs Götalands öst- och sydkust samt på Öland och Gotland, i genomsnitt vart tredje år.

Till mitten av seklet är resultaten för de två RCP-scenarierna lika, den högsta förekomsten beräknas till drygt vartannat år på Öland och Gotland. Till slutet av seklet ökar värdena något med RCP4.5. Hos RCP8.5 blir högriskperioder med index 6 lika vanliga som de med index 4, 5 eller 6 blir till mitten av seklet, se Figur 8.



Figur 8. Frekvens av år då det förekommer minst en högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier



Figur 9. Frekvens av år då det förekommer minst en högriskperiod med HBVS-index 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

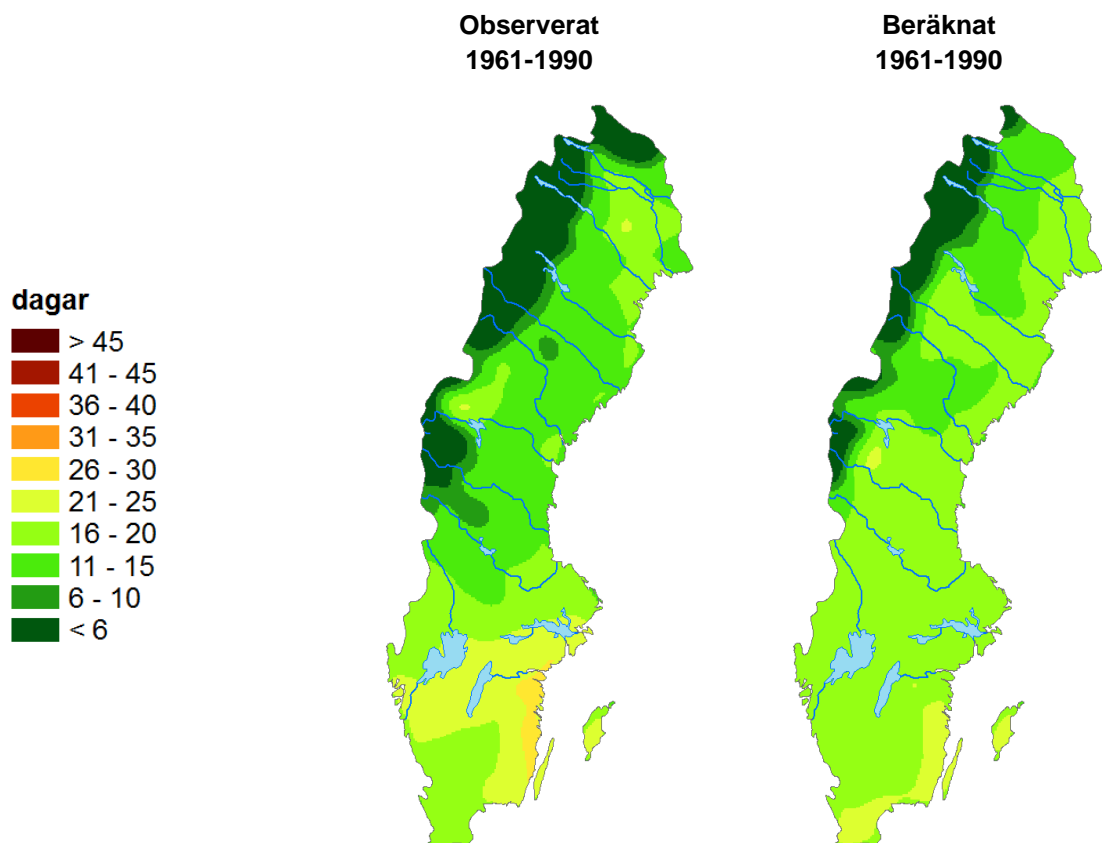
5.4 Längsta period med högrisk

Längsta period med högrisk definieras som maximalt antal sammanhängande dagar med högrisk för varje år (se definition i avsnitt 4.4). Två olika svårighetsgrader av högriskperioder har studerats; då brandriskindex motsvarar 4, 5 eller 6 och enbart index 6. Det bör observeras att underlaget för kartorna visar medelvärdet av de år då det förekommit högriskperioder, vilket gör att en enstaka lång period kan få stort genomslag. Kartorna i avsnitt 5.3 visar förekomsten av högriskperioder och bör användas som komplement i tolkningen.

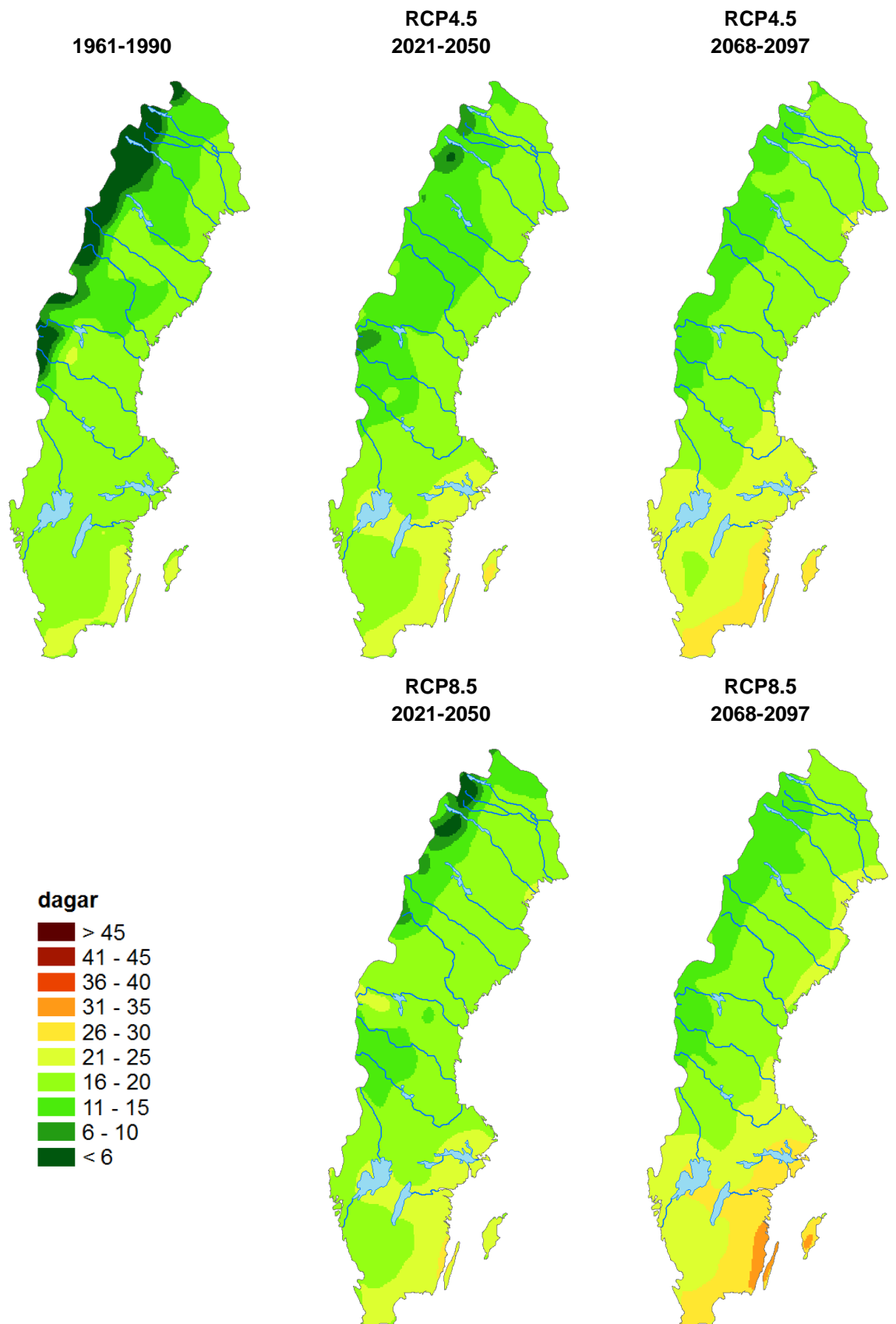
5.4.1 Index 4, 5 eller 6

Figur 10 visar längsta högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6 med observationer och beräknade värden under referensperioden 1961-1990. Kartorna är lika men klimatscenarierna underskattar de längsta högriskperioderna något i norra och östra Götaland, samt södra Svealand. I Norrland överdriver klimatscenarierna högriskperioderna något, främst i norra Dalarna.

Figur 11 visar framtida utveckling av årets längsta sammanhängande högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6 enligt de två RCP-scenarierna. RCP-scenarierna visar lika resultat för mitten av seklet, högriskperioderna har blivit något längre i hela landet. Till slutet av seklet beräknas årets längsta högriskperiod i Götaland och östra Svealand vara i över 20 dagar. Östersjölandskapen får de allra längsta perioderna, knappt 30 dagar med RCP4.5 och upp till 35 dagar med RCP8.5. Längs Norrlandskusten beräknas perioder med knappt 20 (RCP4.5) till drygt 20 (RCP8.5) dagar.



Figur 10. Årets längsta högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6 under perioden 1961-1990. Den vänstra kartan visar observerade värden och den högra kartan medelvärden av de 9 klimatscenarierna.

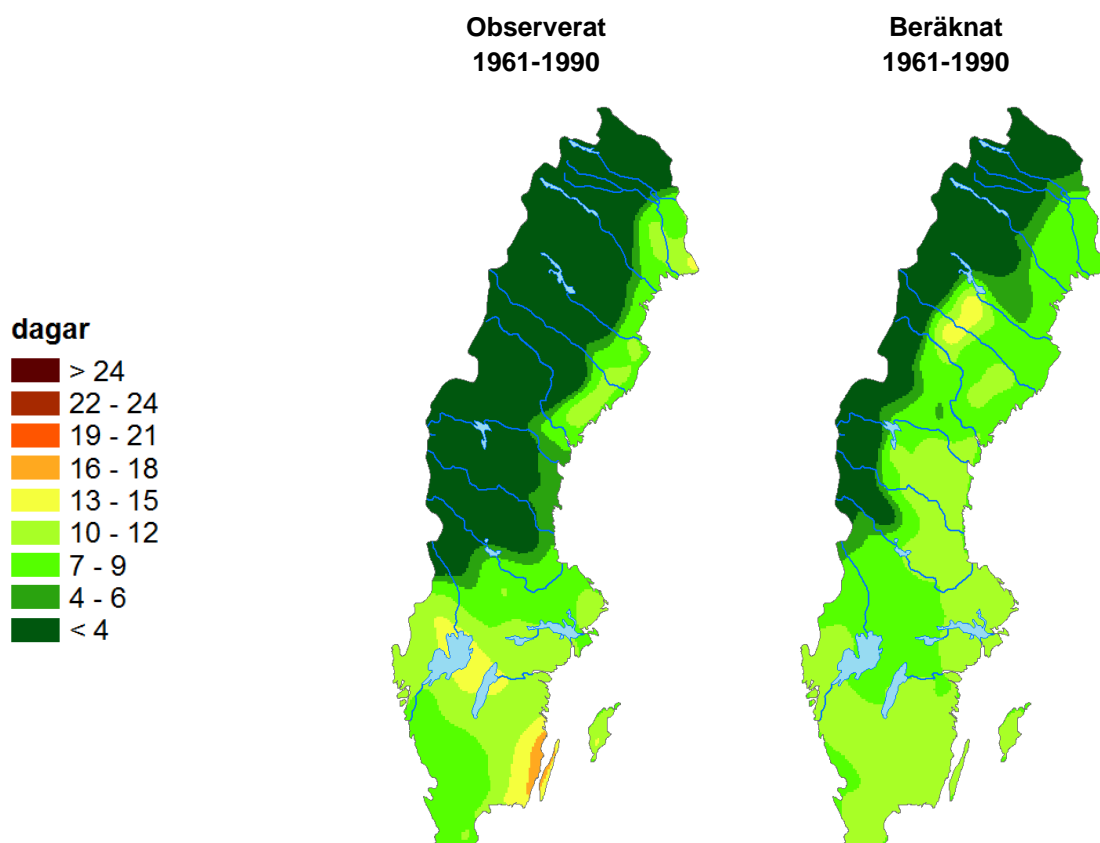


Figur 11. Tidsutveckling av längsta sammanhängande högriskperiod med HBVS-index 4, 5 eller 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

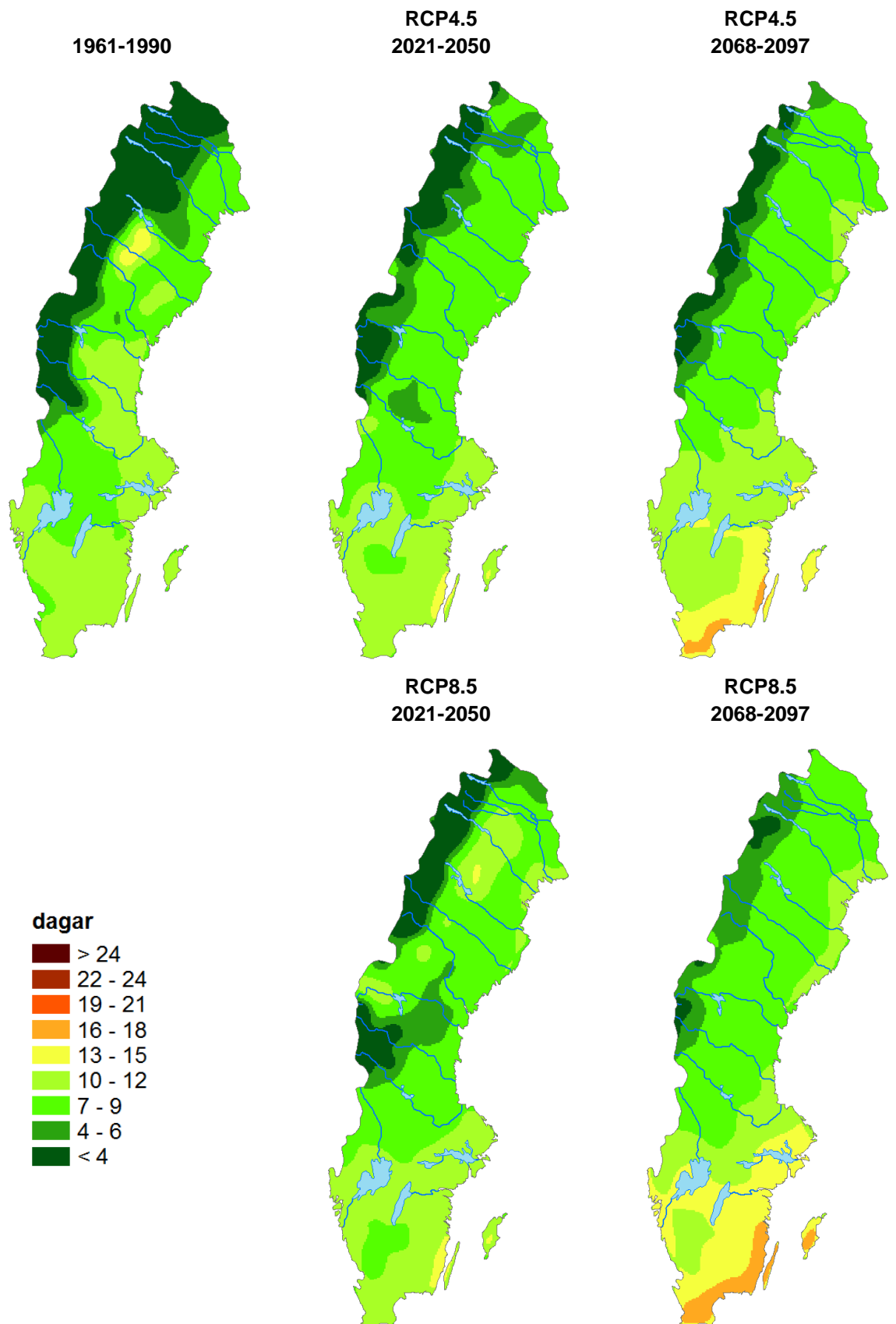
5.4.2 Index 6

I Figur 12 jämförs observerade värden med beräknade värden av längsta högriskperiod med HBVS-index 6. Även i detta fall underskattar klimatmodellerna de längsta högriskperioderna i sydöstra Götaland. I inre Norrland överskattas brandrisken och för det här området är det statistiska underlaget mycket litet. *Figur 9* visar förekomsten av högriskperioder och det framgår att i fjällkedjan och inre Norrland är förekomsten i genomsnitt 1-2 av 30 år under perioden 1961-1990. Då medelvärdet baseras endast på de år där högriskperioder förekommer kan enskilda extrema perioder få stort genomslag i beräkningarna och resultatet bli missvisande. Resultaten för områden där förekomsten är låg bör därför tolkas med stor försiktighet.

RCP-scenarierna visar båda på en förlängning av de längsta högriskperioderna till seklets slut och Östersjölandskapen får de längsta perioderna. Både RCP4.5 och RCP8.5 visar på områden med över 16 dagar i följd i Småland, Blekinge och Skåne, i RCP8.5 är värdena något högre än i RCP4.5. Längs Norrlandskusten utökas perioderna från runt 8 till runt 11 dagar.



Figur 12. Året längsta högriskperiod med HBVS-index 6 under perioden 1961-1990. Den vänstra kartan visar observerade värden och den högra kartan medelvärden av de 9 klimatscenarierna.



Figur 13. Tidsutveckling av längsta sammanhängande högriskperiod med HBVS-index 6. Varje karta beskriver ett medelvärde av 9 klimatscenarier.

6. Skillnader mot tidigare analyser

Utgångspunkten för analyserna har varit att efterlikna metoderna från föregående rapport (MSB, 2013) i så stor utsträckning som möjligt, med målet att resultaten från tidigare och nya klimatscenarier ska bli jämförbara. Samma hydrologiska modell (HBV Skogsbrand) har använts, samma klimatindex har beräknats och intervaller och färgskalor på kartorna i rapporten har återanvänts. Det finns dock ett antal bakomliggande förutsättningar som skiljer sig åt.

I den tidigare analysen användes sex klimatscenarier varav fyra baserades på resultat från samma globala klimatmodell. Då den globala klimatmodellen är av störst betydelse när det gäller utfallet för klimatförändringen kan denna representation ge en något snäv bild av framtida brandrisk. I föreliggande analyser har resultat från nio olika globala modeller använts med samma vikt, dock är den regionala modelleringen utförd med endast en modell (RCA4). Det betyder att resultatet gällande klimatförändringen kan anses mer robust än tidigare, men de regionala detaljerna i klimatet kan anses ha större osäkerhet. Exempelvis har RCA4 i tidigare studier visat sig ge något blötare förhållanden över Sverige jämfört med andra regionala klimatmodeller (Sjökvist, 2015). Det betyder att klimatscenarierna som använts i denna studie kan ge lägre brandriskvärden jämfört med andra analyser.

Vid en jämförelse av resultaten med föregående rapport (MSB, 2013) är det tydligt att den nya analysen ger längre brandriskvärden. De tidigare analyserna baserades på SRES-scenariot A1B, som kan placeras ungefär mitt emellan RCP4.5 och RCP8.5 i global uppvärmning vid seklets slut, därmed kan RCP8.5 förväntas ge högre och RCP4.5 lägre brandriskvärden. Men RCP8.5 ligger närmast de tidigare analyserna och ger ibland till och med lägre brandriskvärden (gäller till exempel längsta period med högrisk). Dock är det tydligt att även referensperioden hos RCP-scenarierna har lägre värden än SRES-scenarierna, vilket bekräftar att förhållandena i senaste modellering troligen är blötare.

7. Slutsatser

De två RCP-scenarierna är i utsläppsnivåer lika fram till mitten av seklet, skillnaderna ökar därefter fram till slutet av seklet, vilket återspeglas i resultaten. RCP4.5 ger inte så stor förändring under seklets andra hälft, medan RCP8.5 ger konsekvent högst brandriskvärden i slutet av seklet.

Under referensperioden 1961-1990 startade brandrisksäsongen i Sverige mellan mitten av juni till en bit in i juli. Till mitten av seklet har starten tidigare lagts någon vecka. I slutet av seklet visar RCP4.5 att starten tidigare läggs ytterligare någon vecka medan RCP8.5 ger startdatum så tidigt som mitten av maj i Skåne, Småland, och på Öland och Gotland.

Slutet på brandrisksäsongen senareläggs ungefär lite mycket som starten tidigare läggs. I slutet av seklet avslutas brandrisksäsongen i Götaland och södra Svealand i början på augusti, i östra Småland kan det dröja ända till slutet av augusti enligt RCP8.5.

Förskjutningen av brandrisksäsongens start och slut innebär en förlängning av brandrisksäsongen. I slutet av seklet visar RCP4.5 på en brandrisksäsong på mellan 50 och 100 dagar i Götaland och södra Svealand. Även längs med Norrlandskusten är längden över 50 dagar. RCP8.5 visar att både Skåne, östra Småland, Öland och Gotland får brandrisksäsonger på ca 100 dagar.

Förekomsten av högriskperioder ökar, mot slutet av seklet visar RCP8.5 förekomster av högriskperioder med HBVS-index 4,5 eller 6 i princip varje år i Götaland, jämfört med vartannat år under referensperioden. Längs Norrlandskusten beräknas 2 av 3 år med högriskperioder, jämfört med 1 av 3 under referensperioden.

Östersjölandskapen har i dagens klimat de längsta högriskperioderna, och detta mönster kvarstår i framtiden. I slutet av seklet beräknas högriskperioder med HBVS-index 4, 5 eller 6 till knappt 30 dagar med RCP4.5 och upp till 35 dagar med RCP8.5. Längs Norrlandskusten beräknas perioder med knappt 20 (RCP4.5) till drygt 20 (RCP8.5) dagar.

Resultaten för de längsta högriskperioderna med HBVS-index har ett begränsat statistiskt underlag och bör tolkas med försiktighet. Både RCP4.5 och RCP8.5 visar på områden med över 16 dagar i följd i Småland, Blekinge och Skåne, högst värden ger RCP8.5. Längs Norrlandskusten utökas perioderna från runt 8 till runt 11 dagar.

Analyserna har anpassats i så stor utsträckning som möjligt efter föregående rapport om högriskperioder, för att göra materialet jämförbart. Underlaget till analyserna skiljer sig dock åt, vilket är viktigt att ha i åtanke vid jämförelse. De senaste analyserna bör ses som ett komplement till de tidigare, då olika uppsättning av scenarier och klimatmodeller används i underlaget.

8. Referenser

- Bergström, S. (1995) The HBV Model. In. Singh, V.P. (ed.). Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources publications, Highlands Ranch, Colorado, pp. 443-476.
- Gardelin, M. (2001) Brandriskprognoser med hjälp av en skiktad markfuktighetsmodell - vidareutveckling av HBV-modellen. FoU-rapport P21-389/01, Räddningsverket, Karlstad.
- Gardelin, M., Andréasson, J., Olsson, J., Sahlberg, J., Stensen, B., och Yang, W. (2011) Scenarier för framtida skogsbrandrisk, SMHI-rapport 2011-77.
- ICONICS, 2013. Nakićenović N., Lempert R., and Janetos A (eds.). A Special Issue of Climatic Change journal on the Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research. <https://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics/publications/ssps>
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, SÅ KALLADE Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Johansson, B. (2000) Areal Precipitation and Temperature in the Swedish Mountains. An evaluation from a hydrological perspective. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.
- Johansson, B. och 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. och Chen, D. (2005) Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research* 29, 53-61.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S., 1997. Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology* 201, 272-288.
- MSB (2013). Framtida perioder med hög risk för skogsbrand – analyser av klimatscenarier. MSB535.
- Sjökvist E., Axén Mårtensson J., Dahné J., Köplin N., Björck E., Nylén L., Berglöv G., Tengdelius Brunell J., Nordborg D., Hallberg K., Södling J. och Berggreen-Clausen S. (2015). Klimatscenarier för Sverige – Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier. SMHI Klimatologi Nr 15. <http://www.smhi.se/publikationer/publikationer/klimatscenarier-for-sverige->

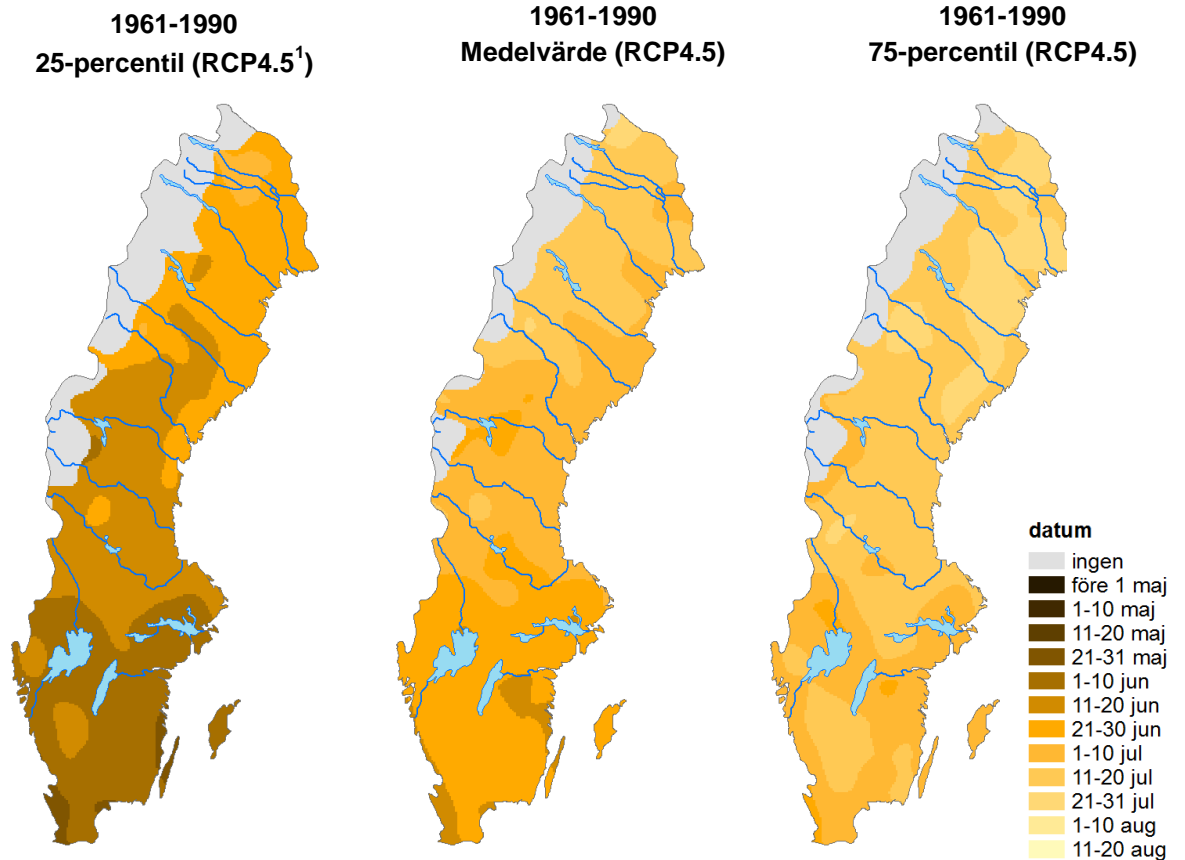
bearbetning-av-rcp-scenarier-for-meteorologiska-och-hydrologiska-
effektstudier-1.87248

Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J och 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.

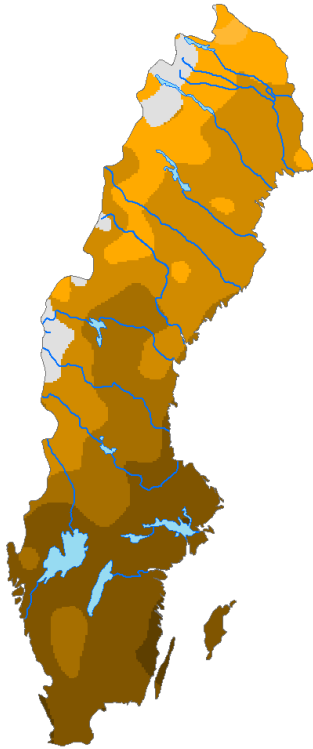
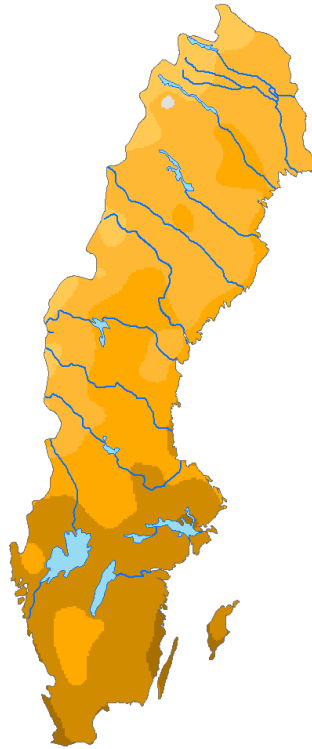
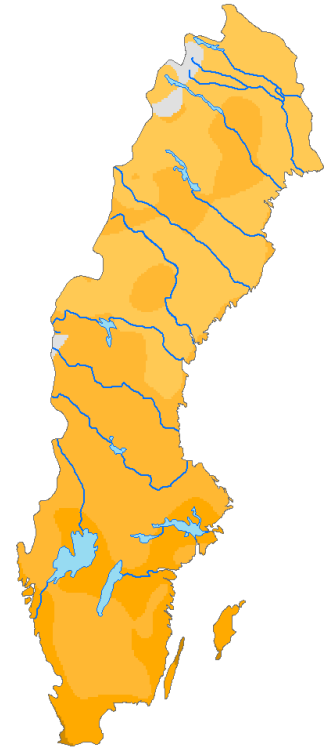
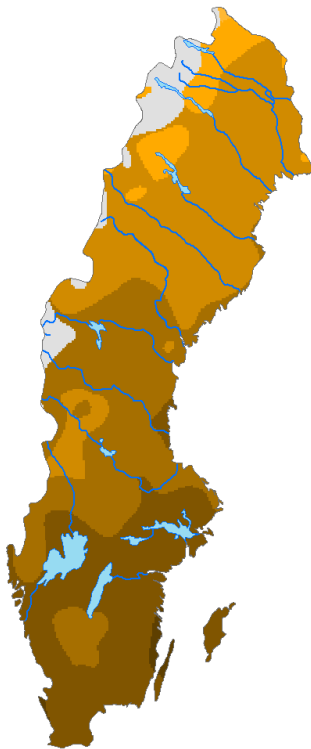
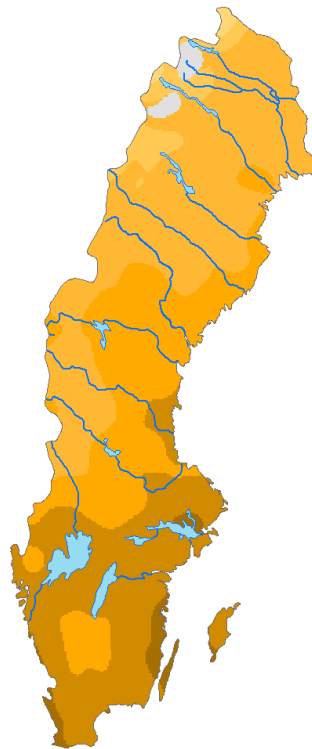
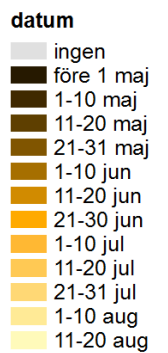
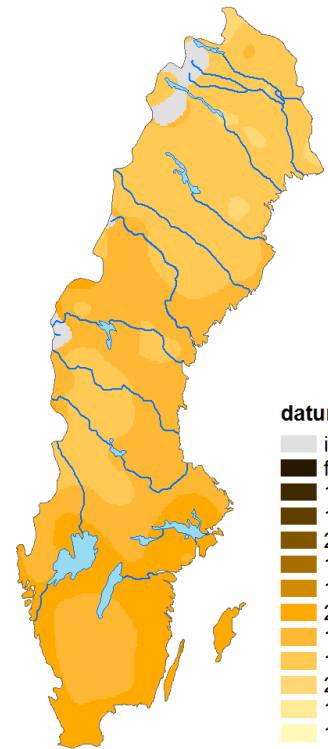
Bilagor

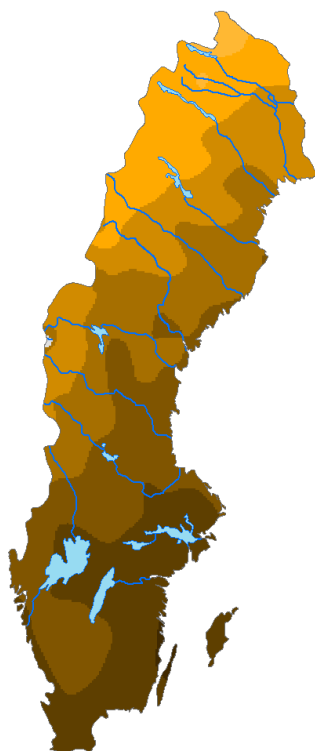
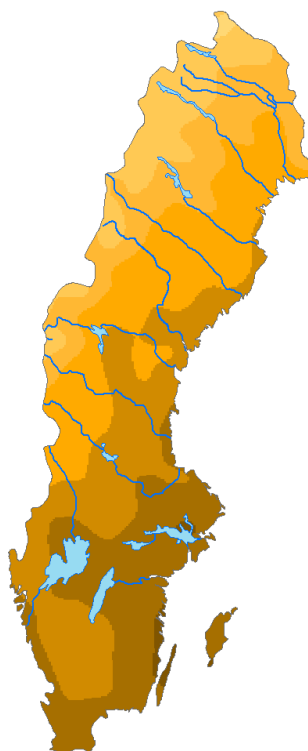
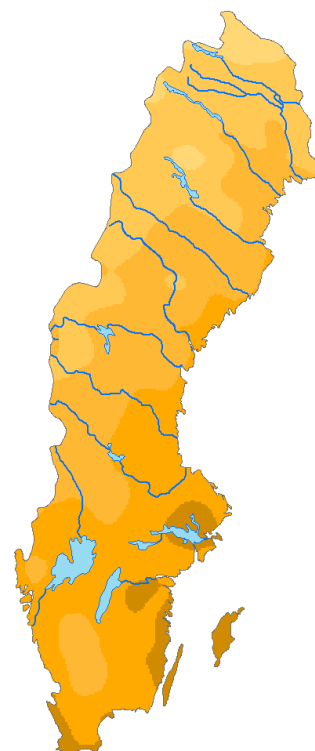
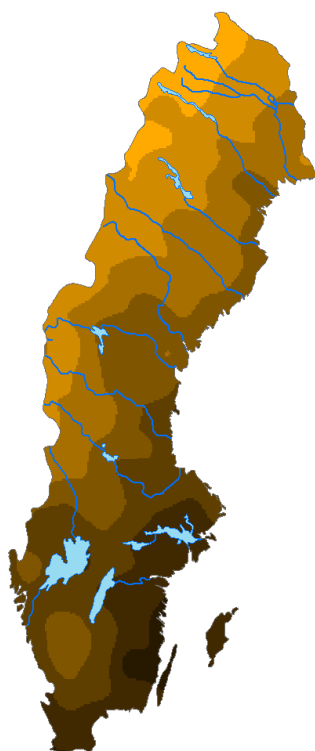
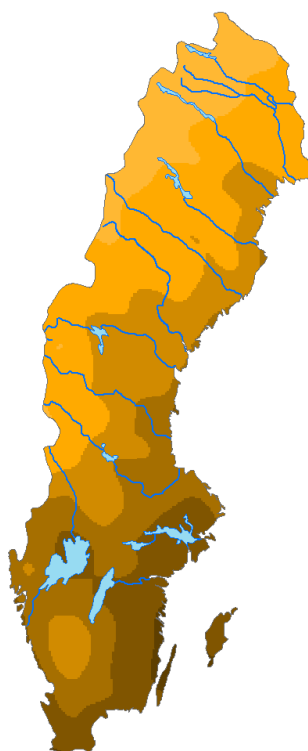
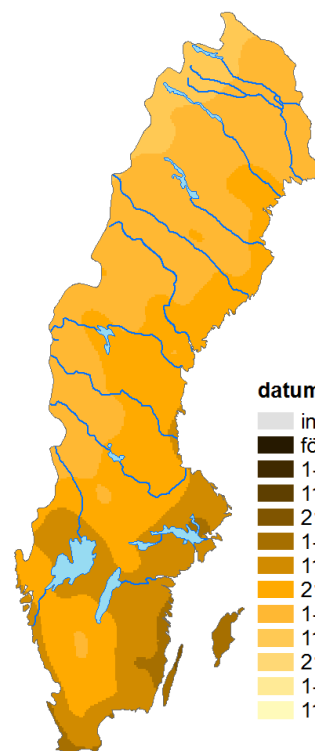
Säsongsförskjutning av högriskperioder

Brandrisksäsongens start



¹ De två RCP-scenarierna innehåller samma data under referensperioden 1961-1990, därför visas här bara ett av scenarierna.

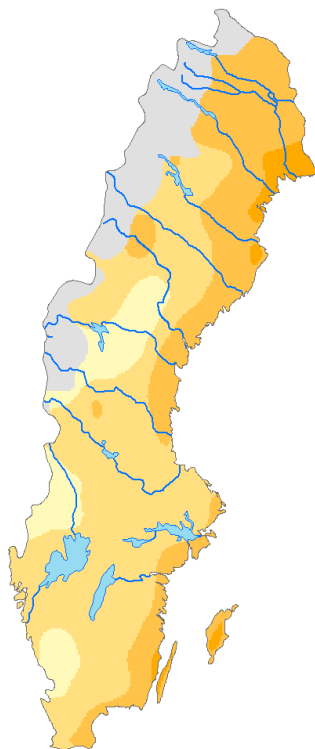
*Brandrisksäsongens start***2021-2050
25-percentil RCP4.5****2021-2050
Medelvärde RCP4.5****2021-2050
75-percentil RCP4.5****2021-2050
25-percentil RCP8.5****2021-2050
Medelvärde RCP8.5****2021-2050
75-percentil RCP8.5**

*Brandrisksäsongens start***2068-2097
25-percentil RCP4.5****2068-2097
Medelvärde RCP4.5****2068-2097
75-percentil RCP4.5****2068-2097
25-percentil RCP8.5****2068-2097
Medelvärde RCP8.5****2068-2097
75-percentil RCP8.5****datum**

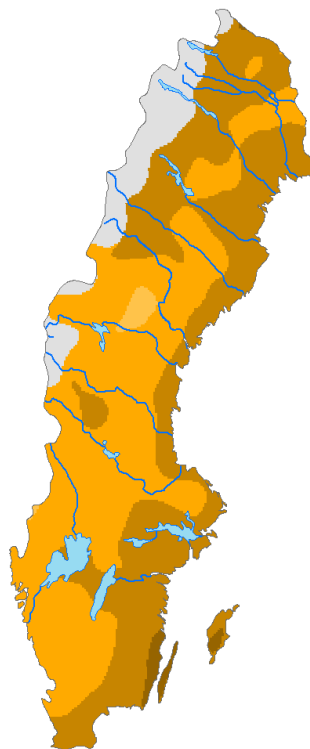
- ingen
- före 1 maj
- 1-10 maj
- 11-20 maj
- 21-31 maj
- 1-10 jun
- 11-20 jun
- 21-30 jun
- 1-10 jul
- 11-20 jul
- 21-31 jul
- 1-10 aug
- 11-20 aug

Brandrisksäsongens slut

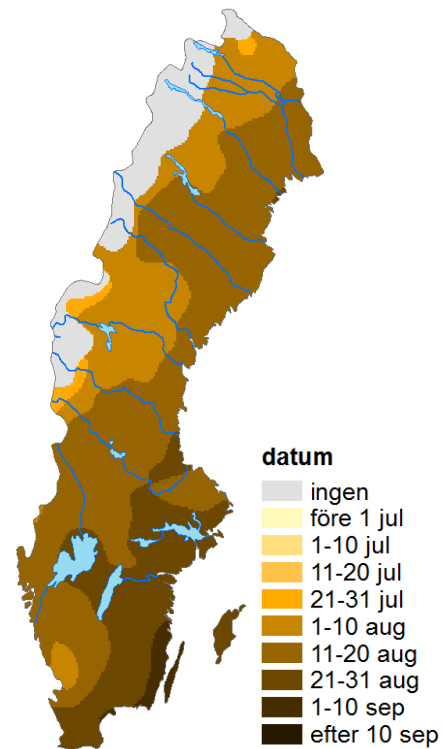
1961-1990
25-percentil (RCP4.5²)



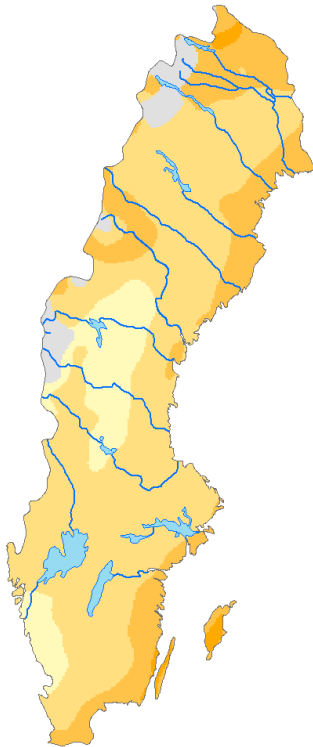
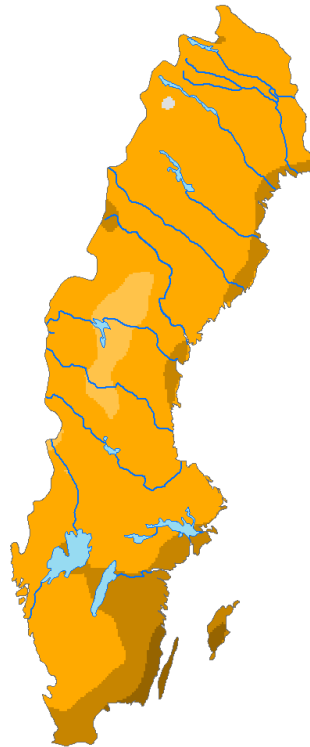
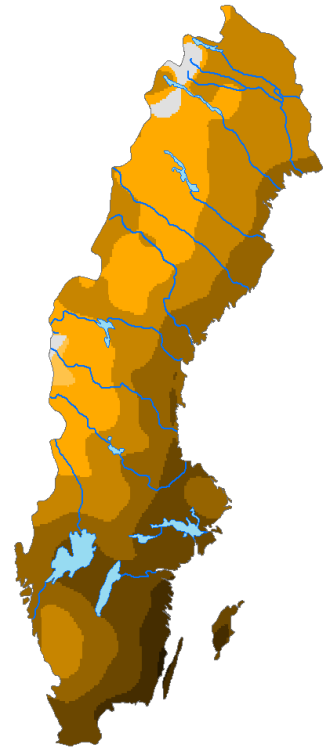
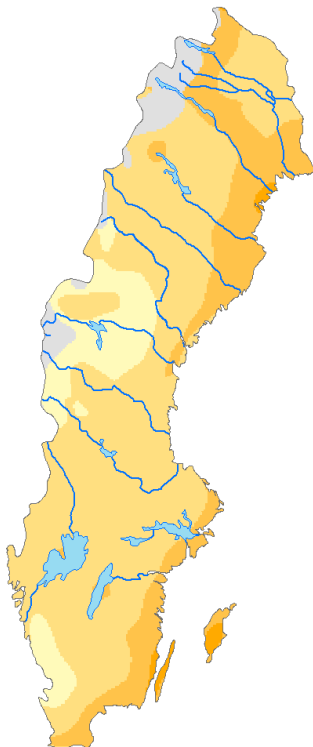
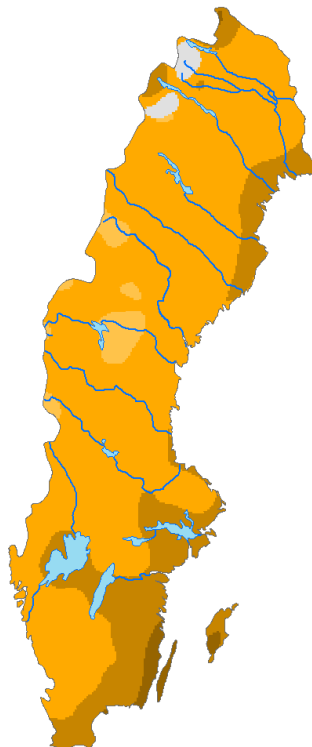
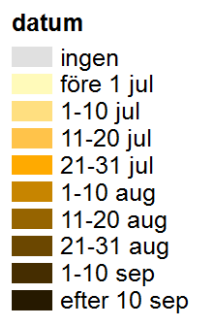
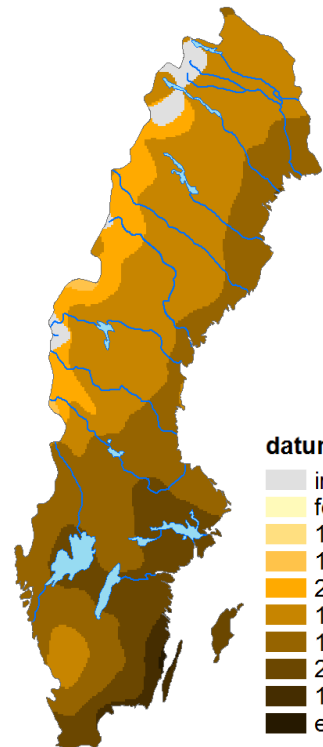
1961-1990
Medelvärde (RCP4.5)

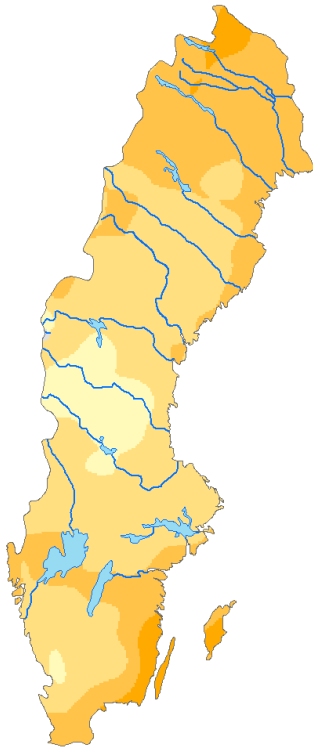
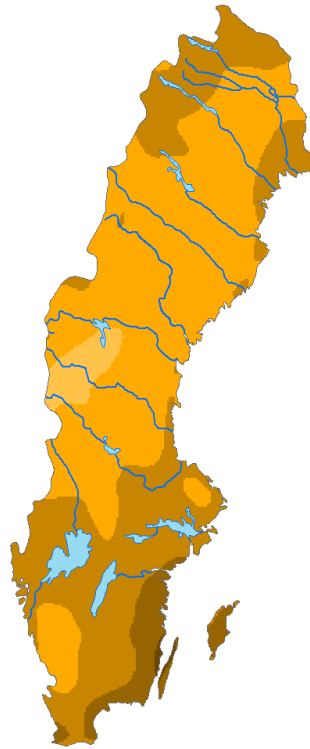
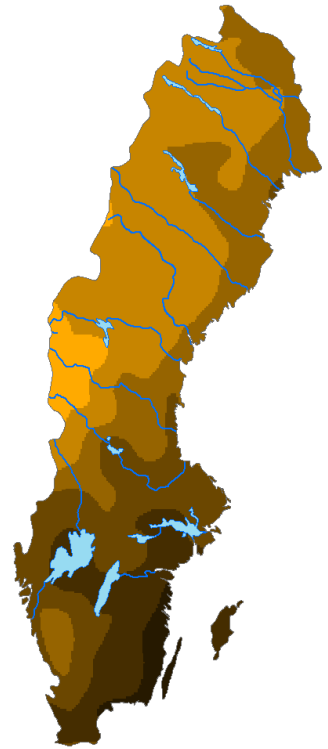
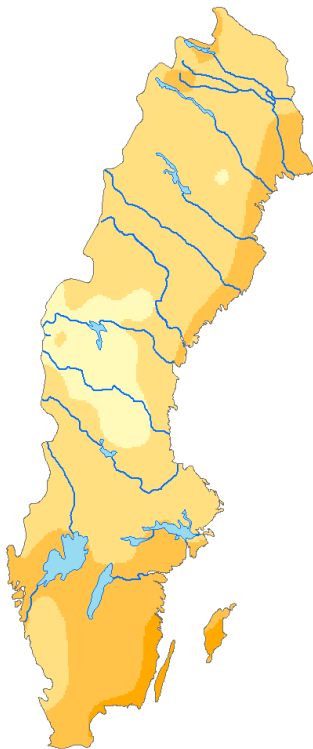
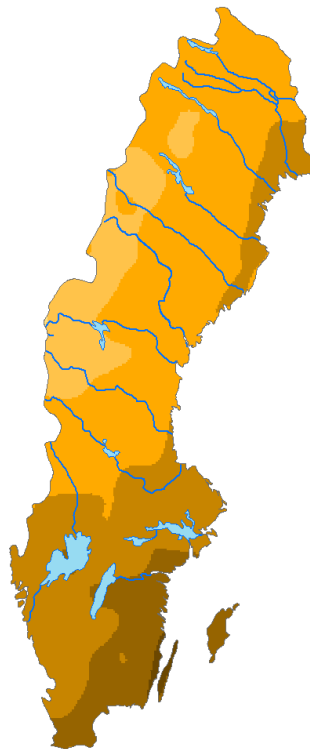
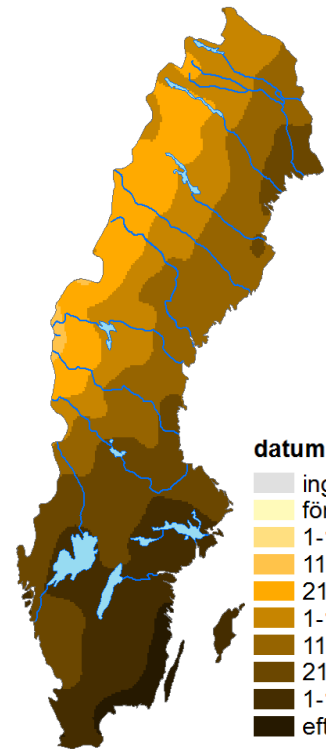


1961-1990
75-percentil (RCP4.5)



² De två RCP-scenarierna innehåller samma data under referensperioden 1961-1990, därför visas här bara ett av scenarierna.

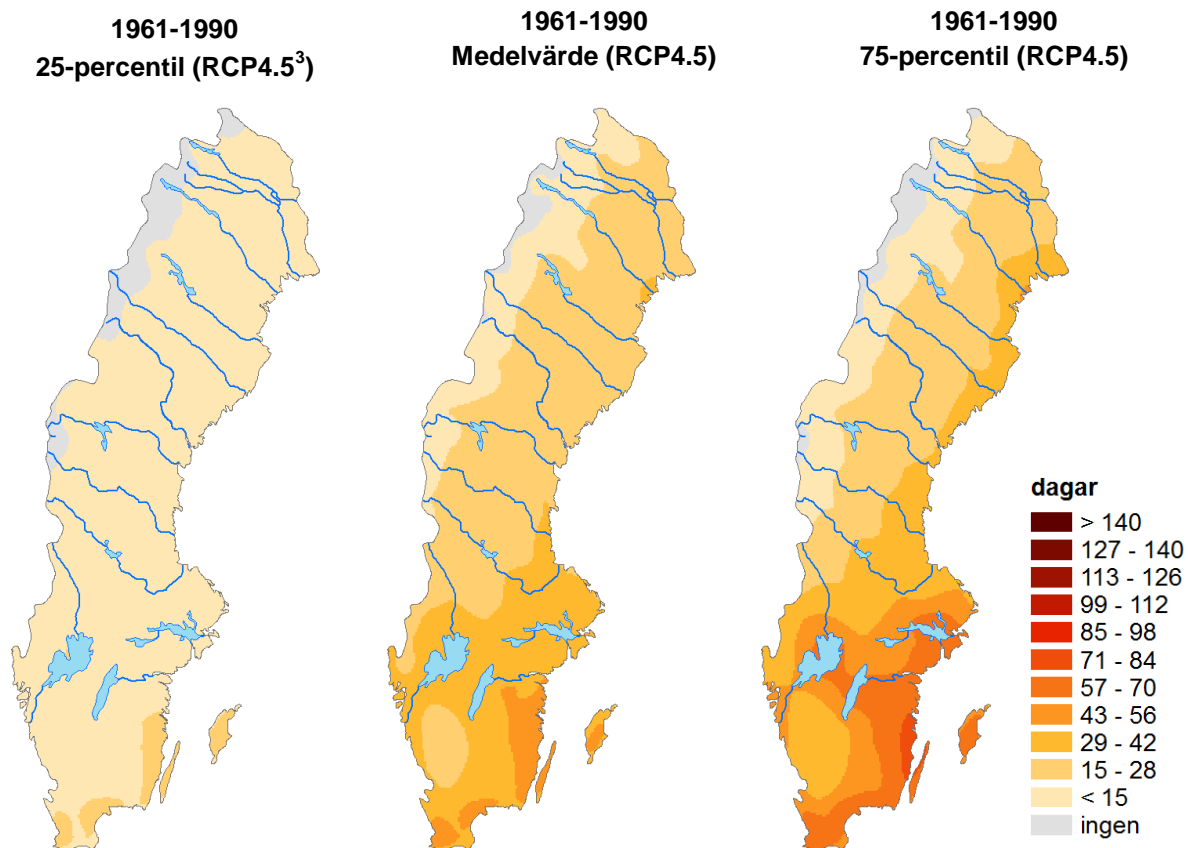
*Brandrisksäsongens slut***2021-2050
25-percentil RCP4.5****2021-2050
Medelvärde RCP4.5****2021-2050
75-percentil RCP4.5****2021-2050
25-percentil RCP8.5****2021-2050
Medelvärde RCP8.5****2021-2050
75-percentil RCP8.5**

*Brandrisksäsongens slut***2068-2097
25-percentil RCP4.5****2068-2097
Medelvärde RCP4.5****2068-2097
75-percentil RCP4.5****2068-2097
25-percentil RCP8.5****2068-2097
Medelvärde RCP8.5****2068-2097
75-percentil RCP8.5**

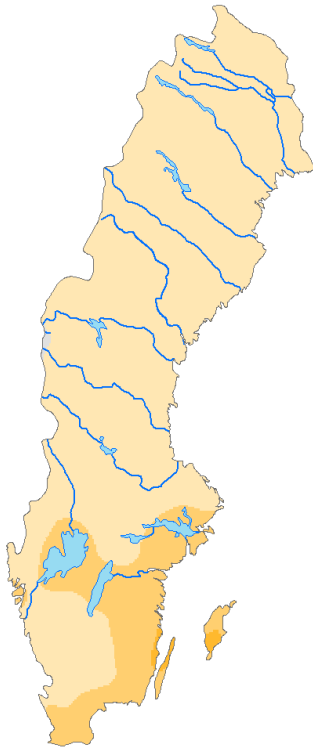
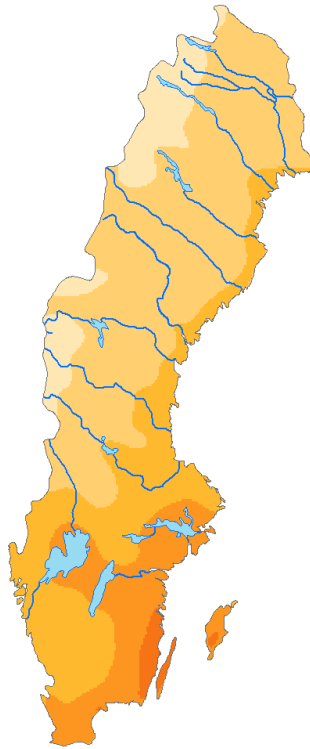
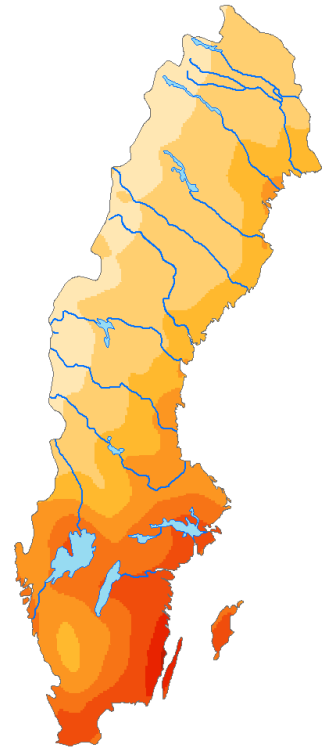
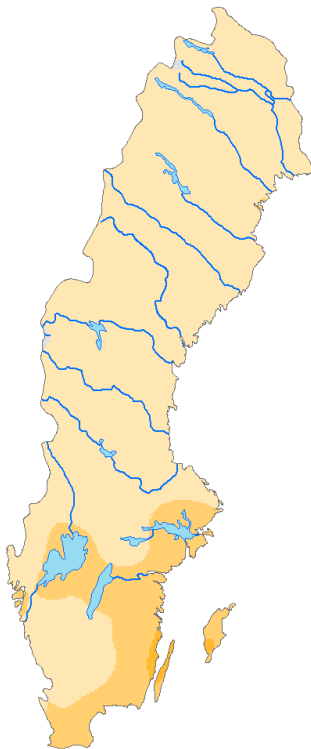
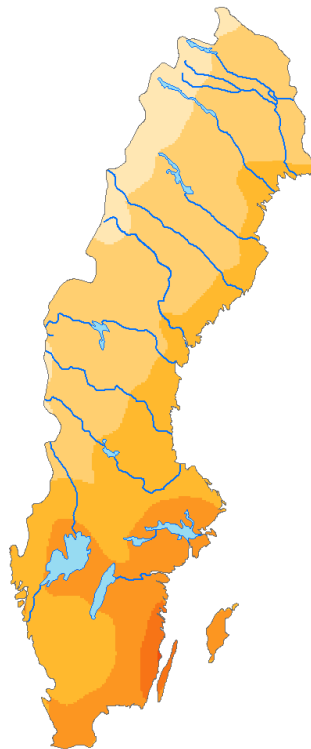
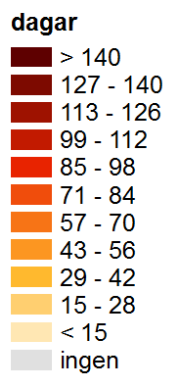
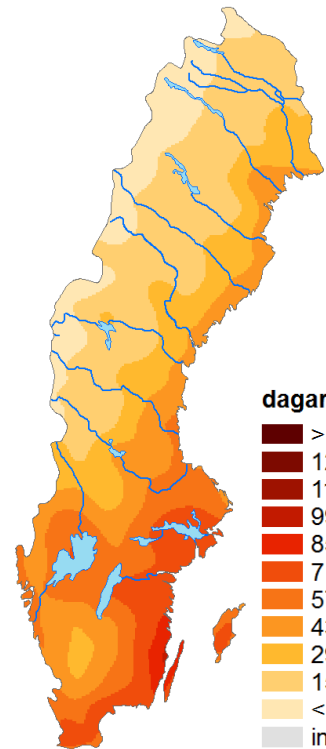
datum

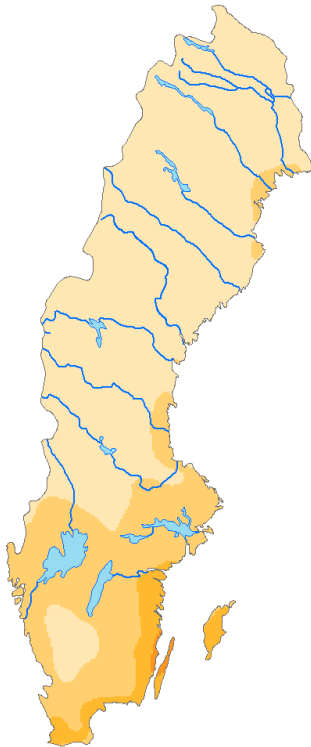
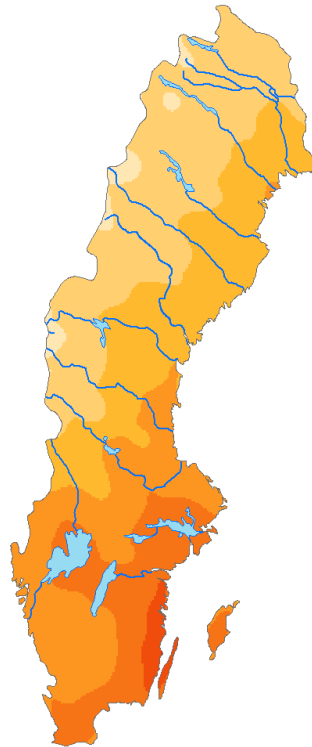
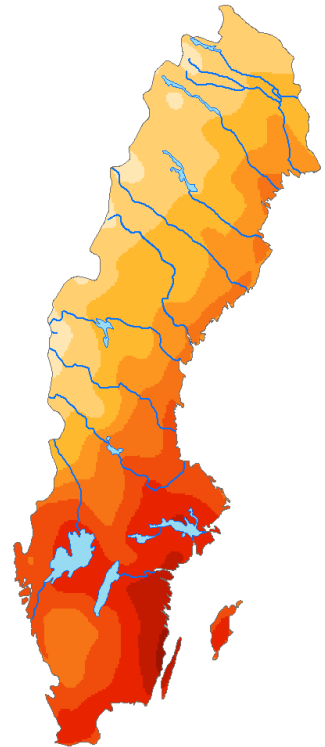
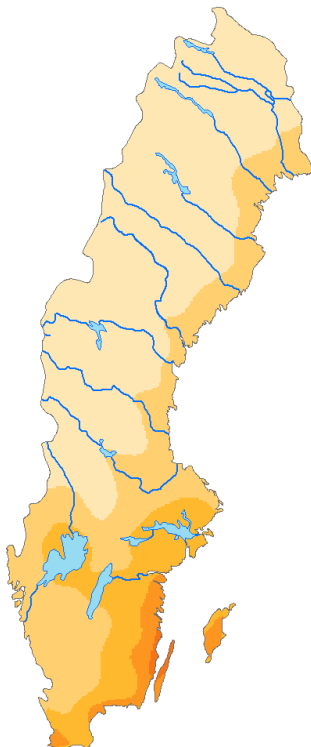
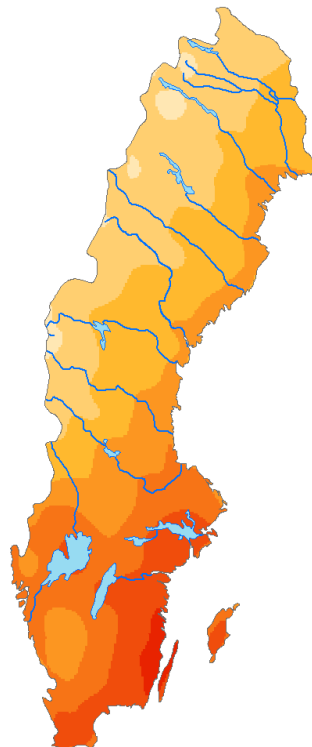
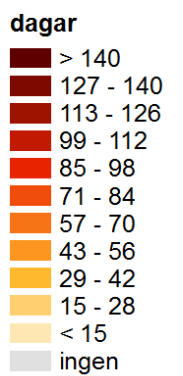
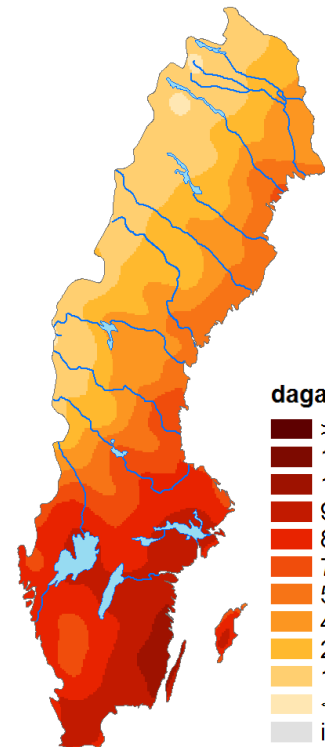
- ingen
- före 1 jul
- 1-10 jul
- 11-20 jul
- 21-31 jul
- 1-10 aug
- 11-20 aug
- 21-31 aug
- 1-10 sep
- efter 10 sep

Brandrisksäsongens längd



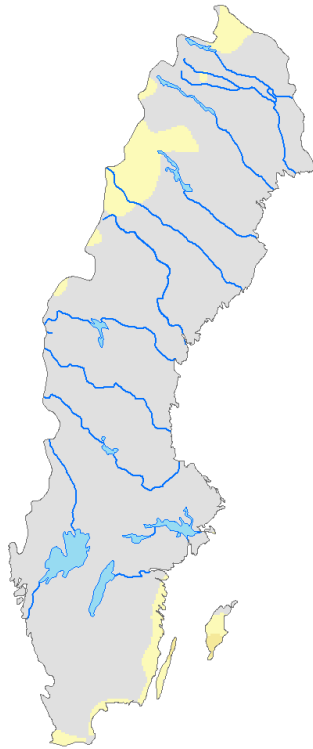
³ De två RCP-scenarierna innehåller samma data under referensperioden 1961-1990, därför visas här bara ett av scenarierna.

*Brandrisksäsongens längd***2021-2050
25-percentil RCP4.5****2021-2050
Medelvärde RCP4.5****2021-2050
75-percentil RCP4.5****2021-2050
25-percentil RCP8.5****2021-2050
Medelvärde RCP8.5****2021-2050
75-percentil RCP8.5**

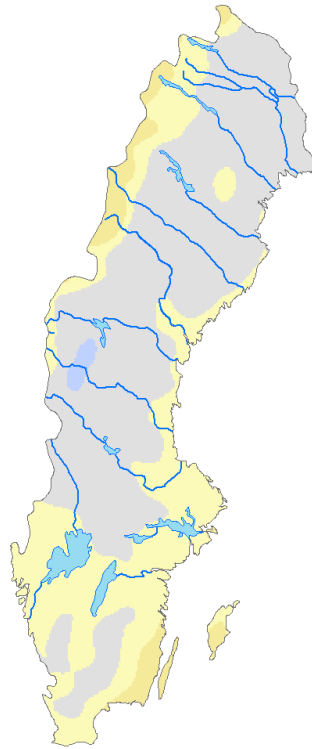
*Brandrisksäsongens längd***2068-2097
25-percentil RCP4.5****2068-2097
Medelvärde RCP4.5****2068-2097
75-percentil RCP4.5****2068-2097
25-percentil RCP8.5****2068-2097
Medelvärde RCP8.5****2068-2097
75-percentil RCP8.5**

Brandrisksäsongens längd

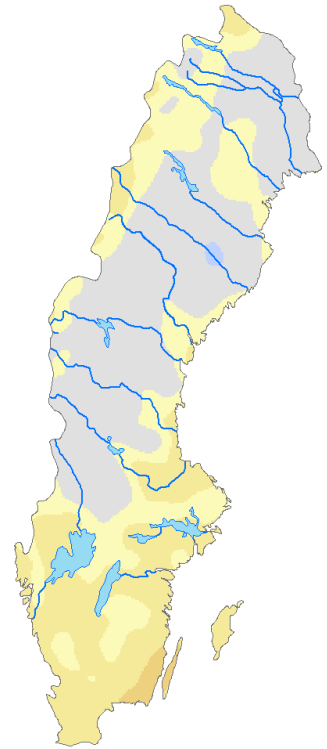
2021-2050 – 1961-1990
25-percentil RCP4.5



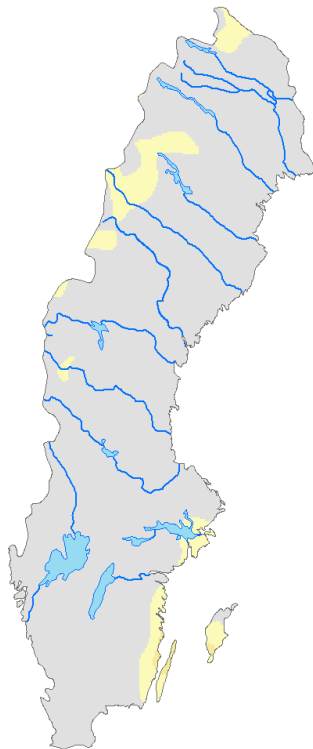
2021-2050 – 1961-1990
Medelvärde RCP4.5



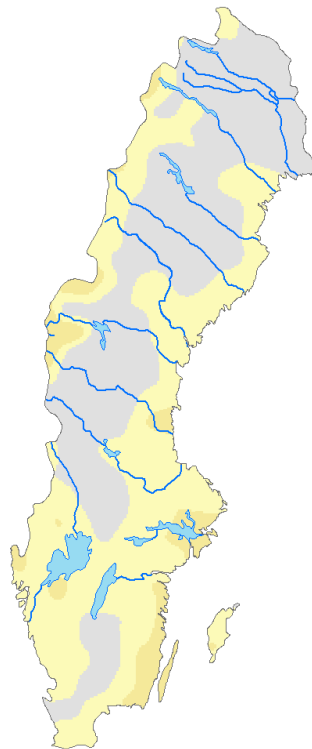
2021-2050 – 1961-1990
75-percentil RCP4.5



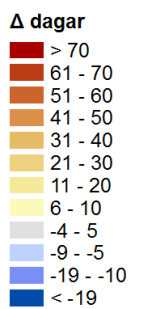
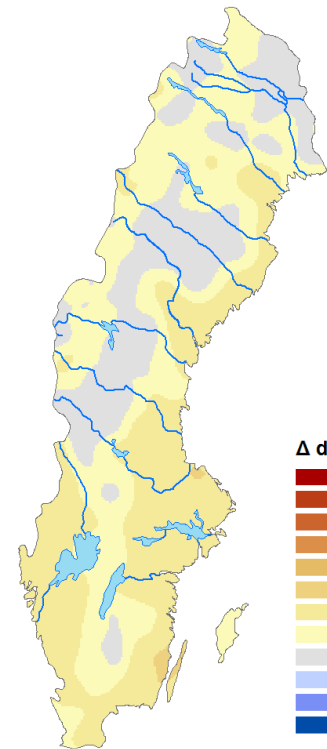
2021-2050 – 1961-1990
25-percentil RCP8.5



2021-2050 – 1961-1990
Medelvärde RCP8.5

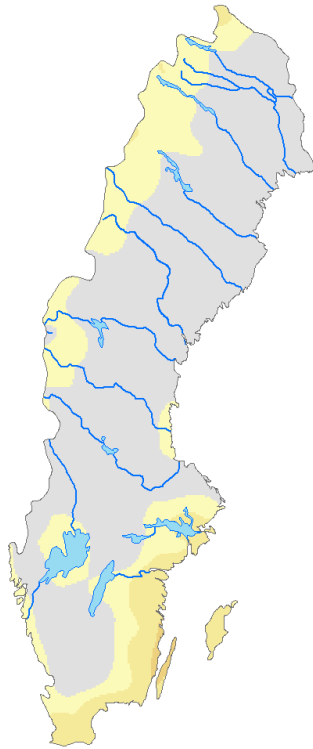


2021-2050 – 1961-1990
75-percentil RCP8.5

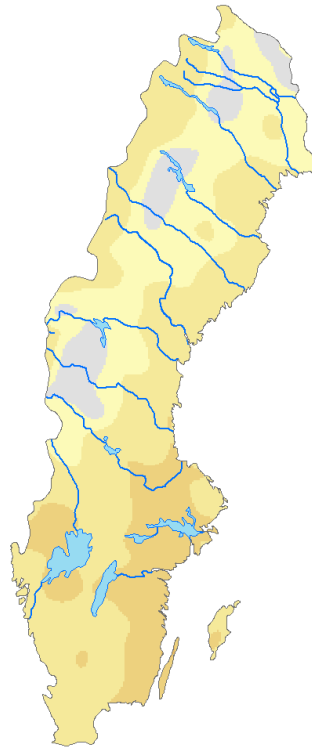


Brandrisksäsongens längd

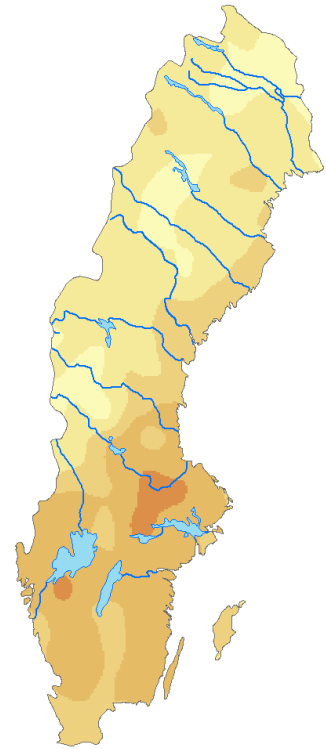
2068-2097 – 1961-1990
25-percentil RCP4.5



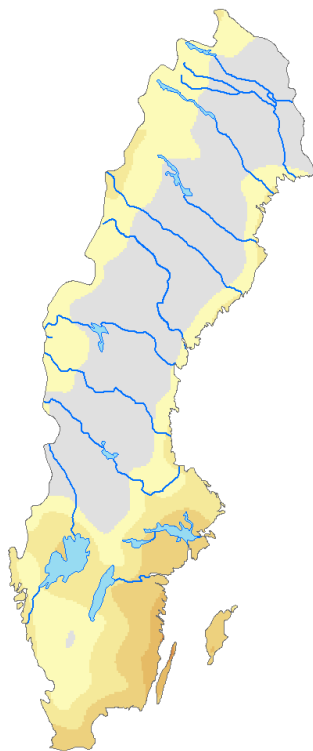
2068-2097 – 1961-1990
Medelvärde RCP4.5



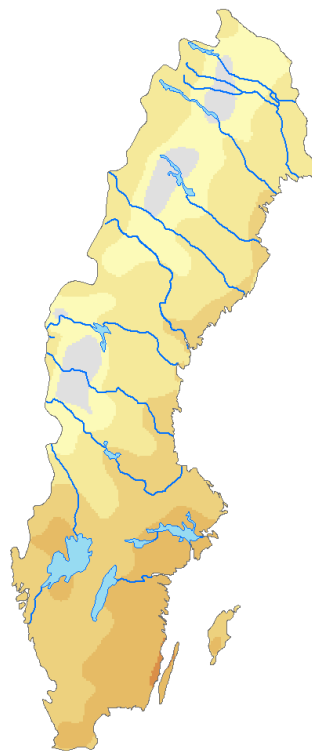
2068-2097 – 1961-1990
75-percentil RCP4.5



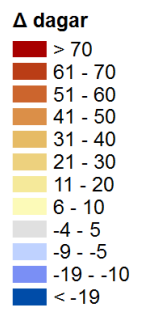
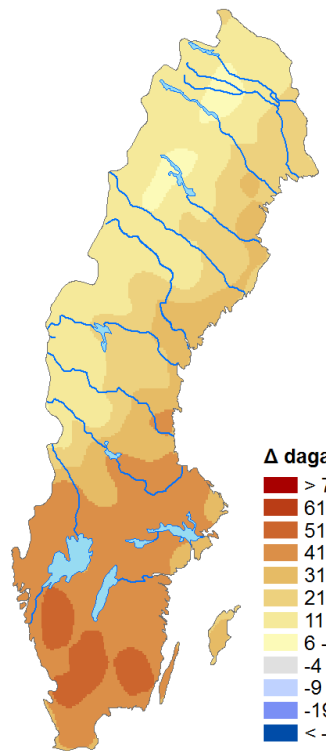
2068-2097 – 1961-1990
25-percentil RCP8.5



2068-2097 – 1961-1990
Medelvärde RCP8.5



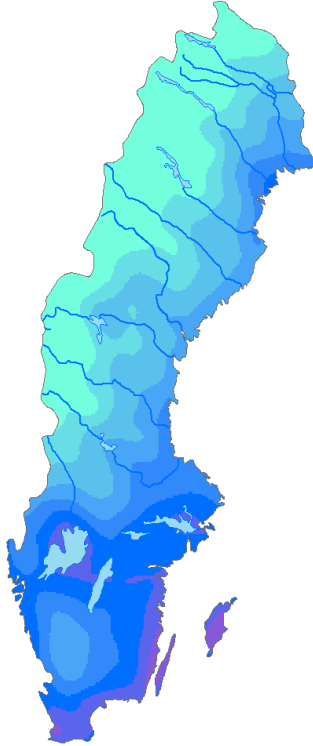
2068-2097 – 1961-1990
75-percentil RCP8.5



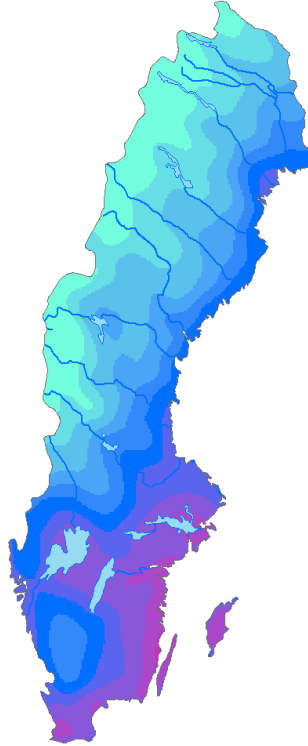
Förekomst av högriskperioder

HBVS-index 4, 5 eller 6

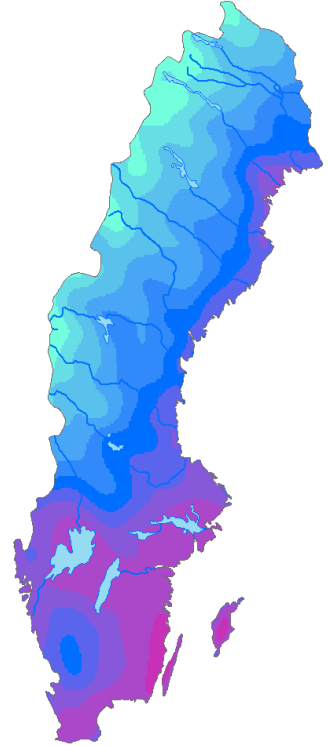
1961-1990



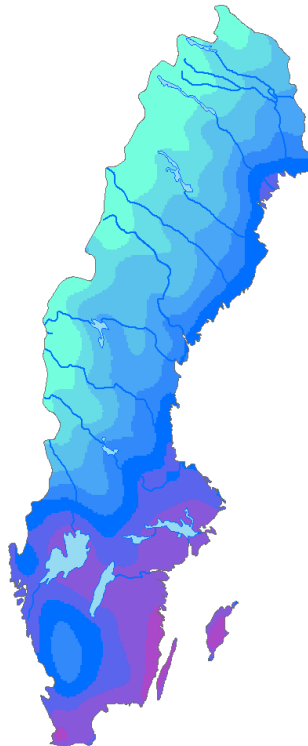
RCP4.5
2021-2050



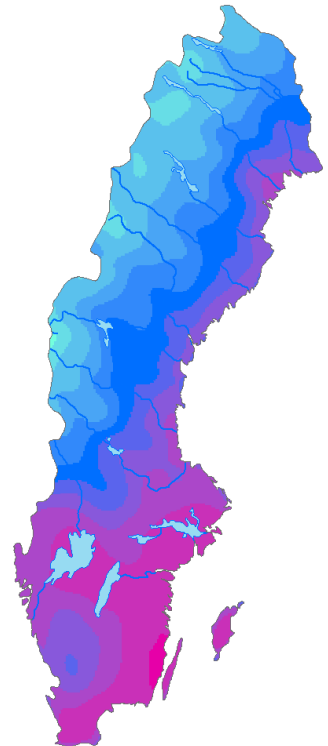
RCP4.5
2068-2097



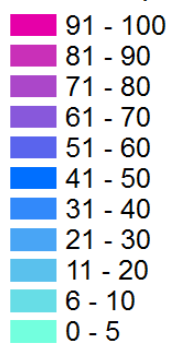
RCP8.5
2021-2050



RCP8.5
2068-2097

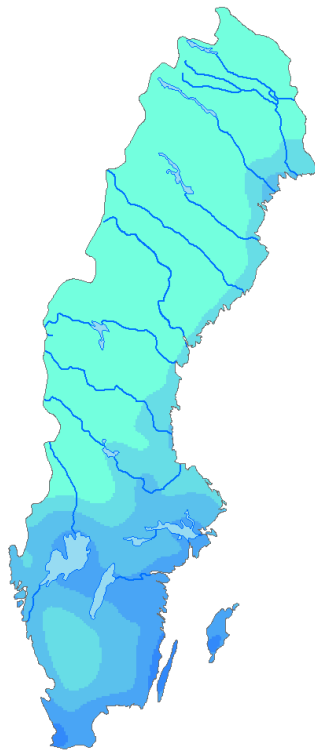
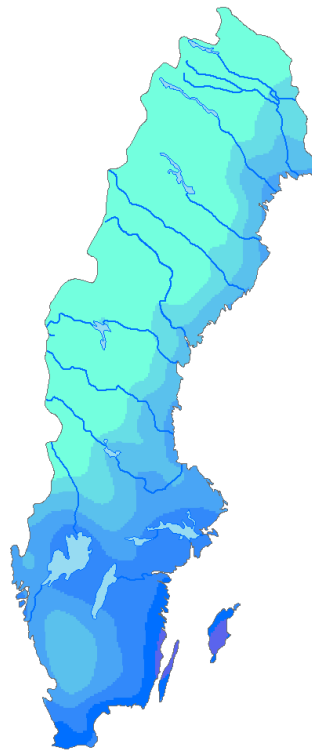
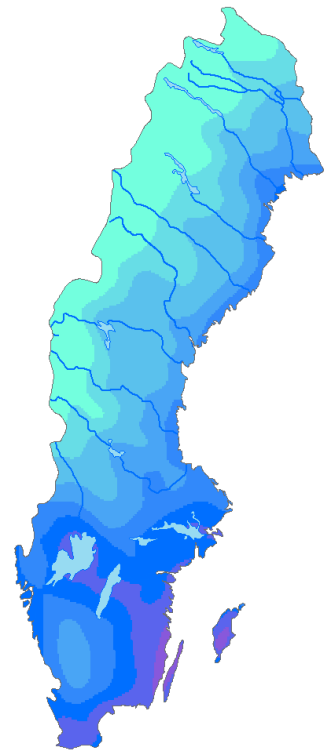
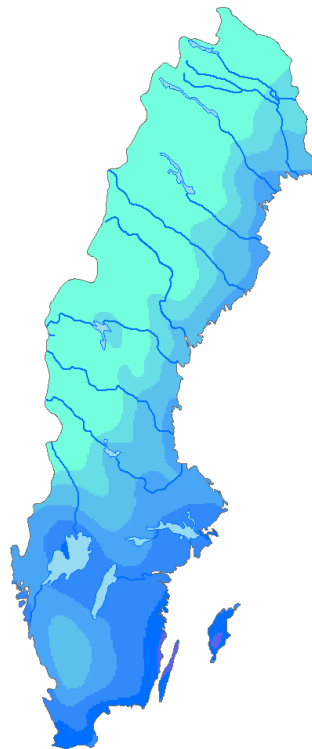
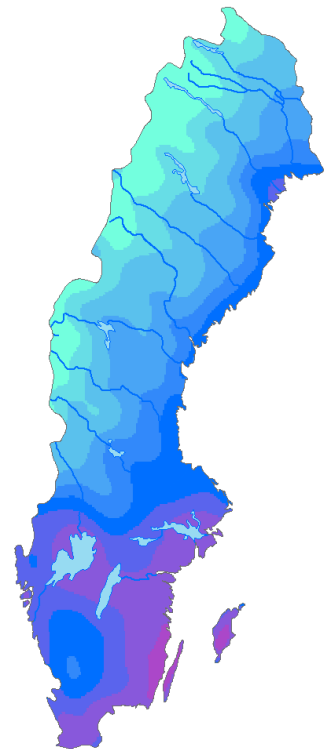
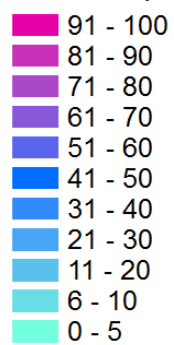


Frekvens (%)



*Förekomst av högriskperioder**HBVS-index 6*

1961-1990

RCP4.5
2021-2050RCP4.5
2068-2097RCP8.5
2021-2050RCP8.5
2068-2097**Frekvens (%)**

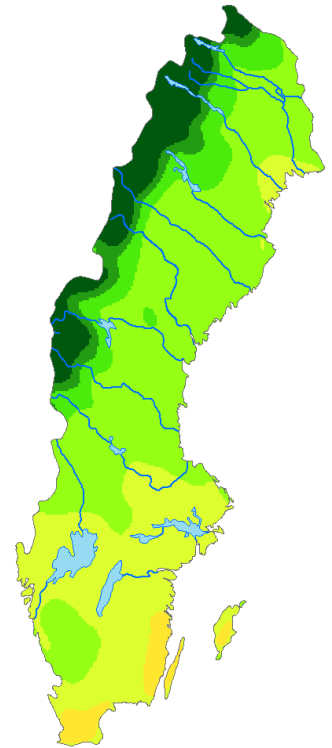
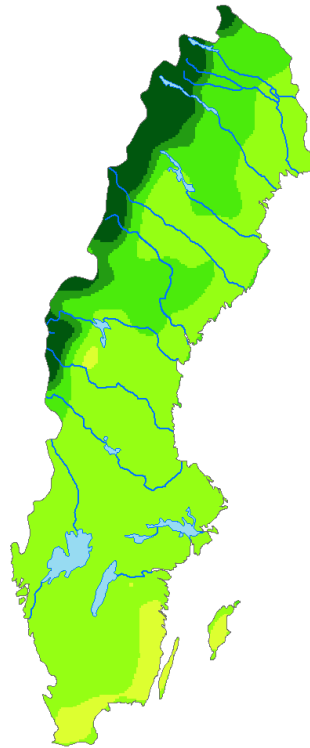
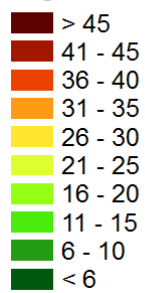
Längsta period med högrisk

HBVS-index 4, 5 eller 6

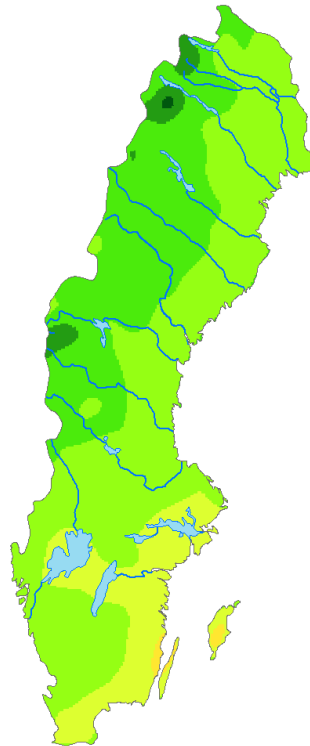
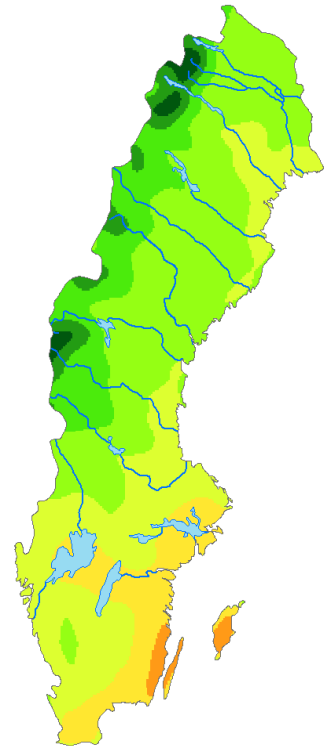
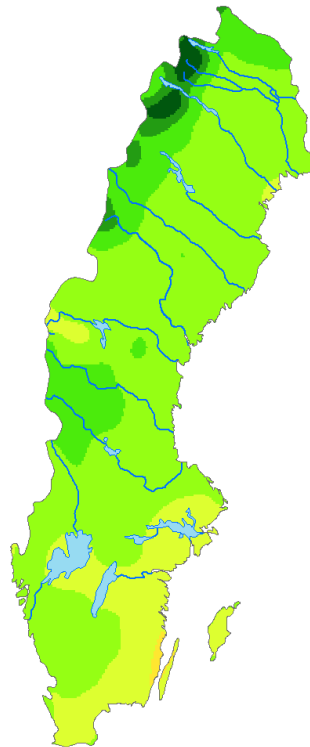
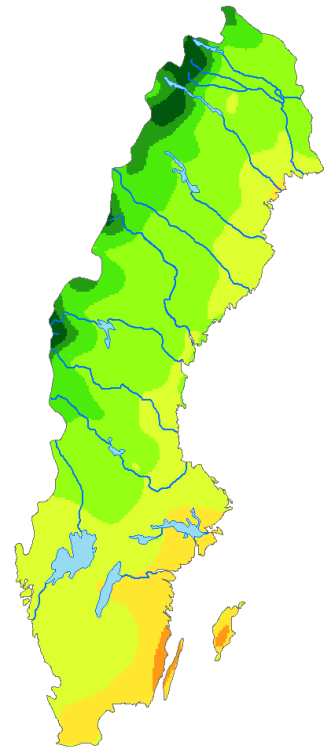
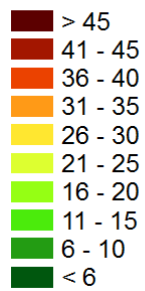
1961-1990
Medelvärde (RCP4.5⁴)

1961-1990
75-percentil (RCP4.5)

dagar



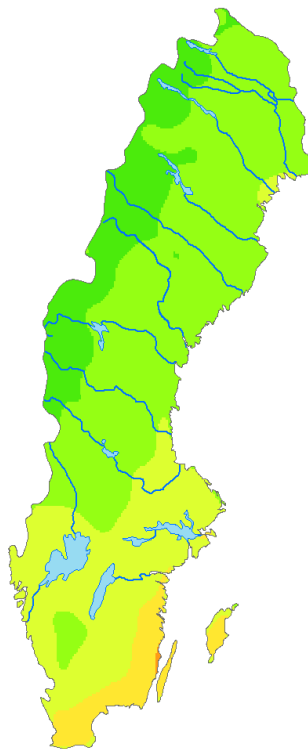
⁴ De två RCP-scenarierna innehåller samma data under referensperioden 1961-1990, därför visas här bara ett av scenarierna.

*Längsta period med högrisk**HBVS-index 4, 5 eller 6***2021-2050
Medelvärde RCP4.5****2021-2050
75-percentil RCP4.5****2021-2050
Medelvärde RCP8.5****2021-2050
75-percentil RCP8.5** **dagar**

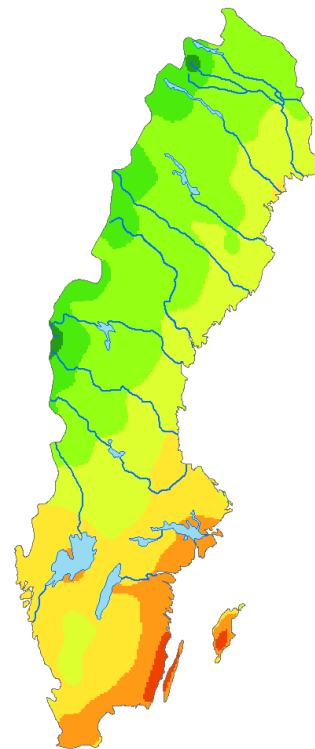
Längsta period med högrisk

BVS-index 4, 5 eller 6

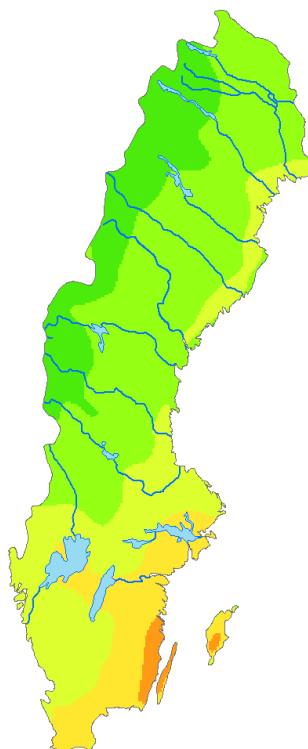
2068-2097
Medelvärde RCP4.5



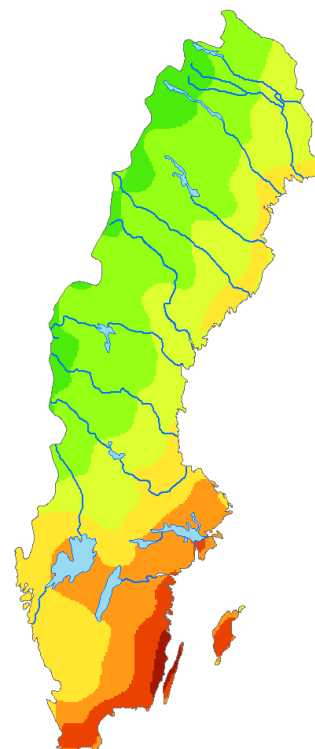
2068-2097
75-percentil RCP4.5



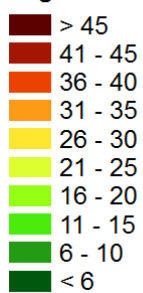
2068-2097
Medelvärde RCP8.5



2068-2097
75-percentil RCP8.5



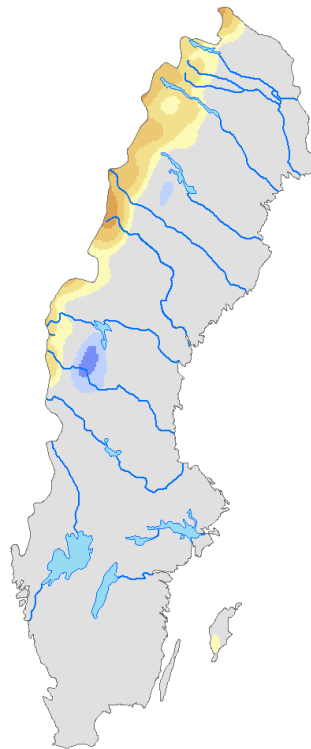
dagar



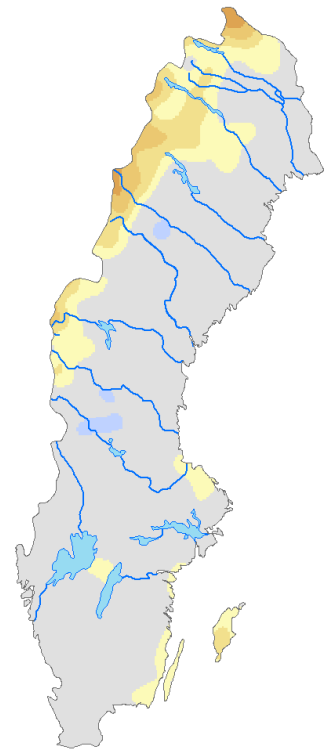
Längsta period med högrisk

Differens,
HBVS-index 4, 5 eller 6

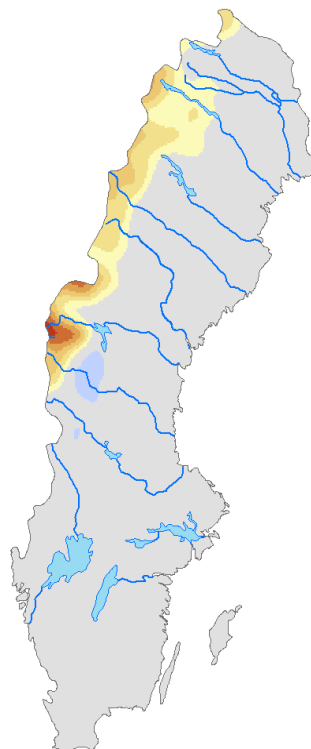
2021-2050 – 1961-1990
Medelvärde RCP4.5



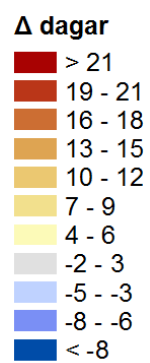
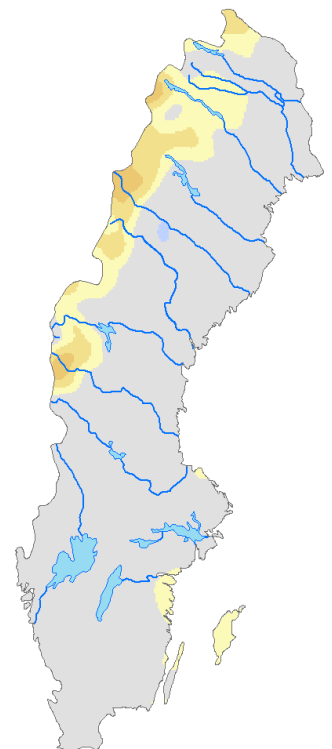
2021-2050 – 1961-1990
75-percentil RCP4.5



2021-2050 – 1961-1990
Medelvärde RCP8.5



2021-2050 – 1961-1990
75-percentil RCP8.5



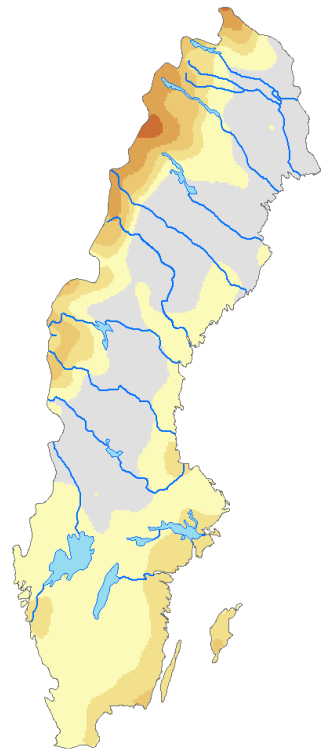
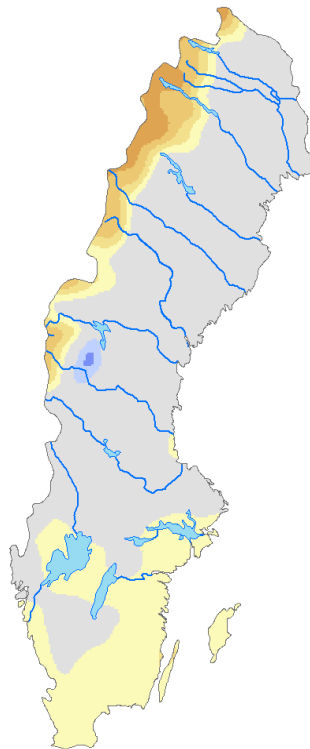
Längsta period med högrisk

2068-2097 – 1961-1990
Medelvärde RCP4.5

2068-2097 – 1961-1990
75-percentil RCP4.5

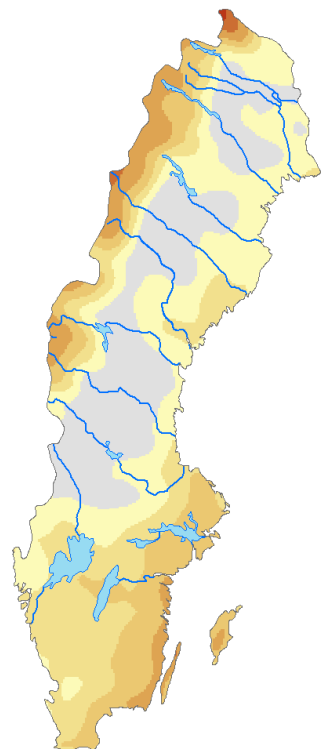
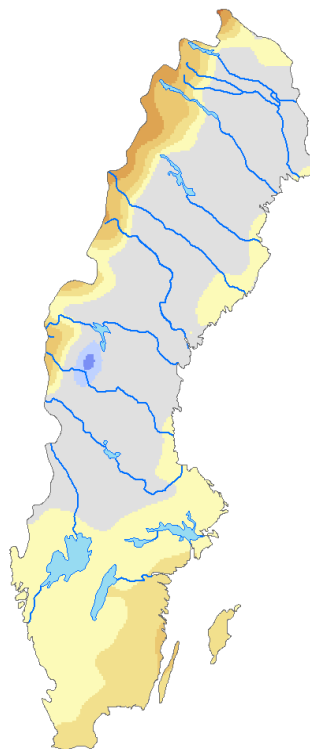
Differens

HBVS-index 4, 5 eller 6

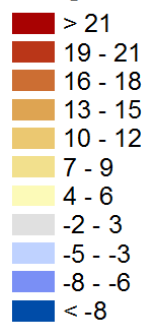


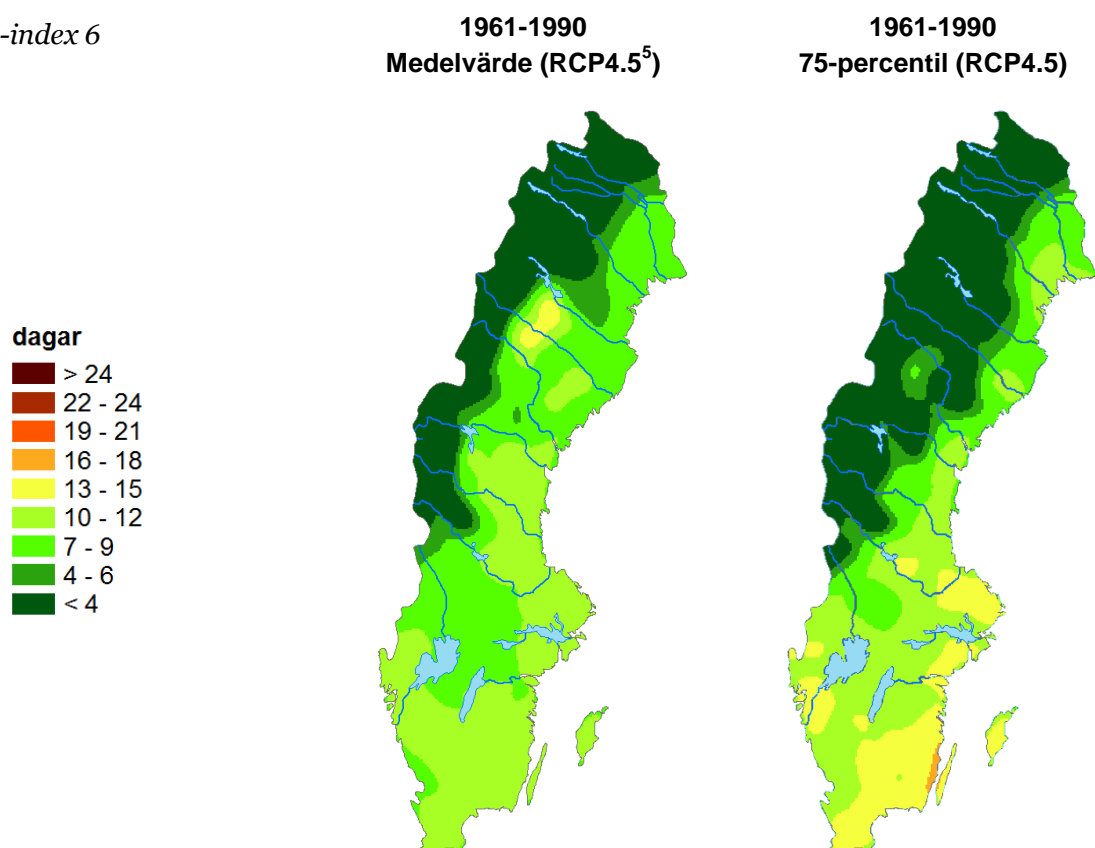
2068-2097 – 1961-1990
Medelvärde RCP8.5

2068-2097 – 1961-1990
75-percentil RCP8.5

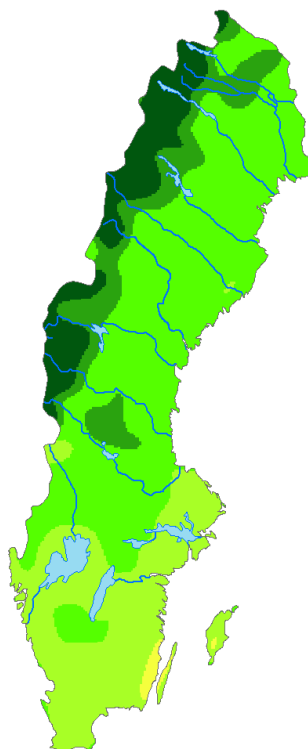
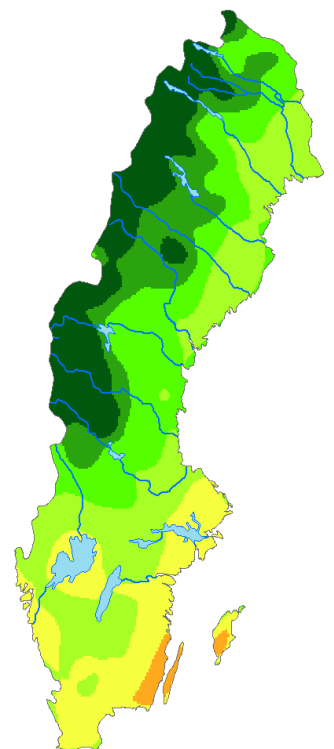
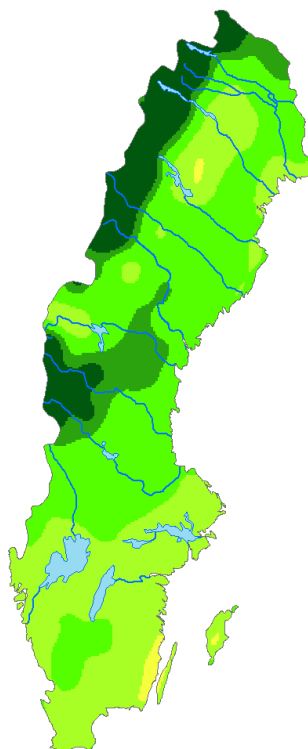
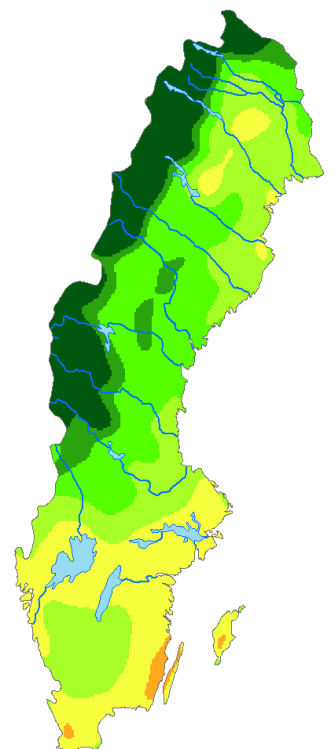


Δ dagar

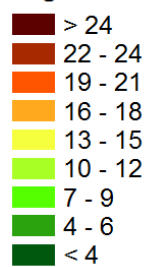


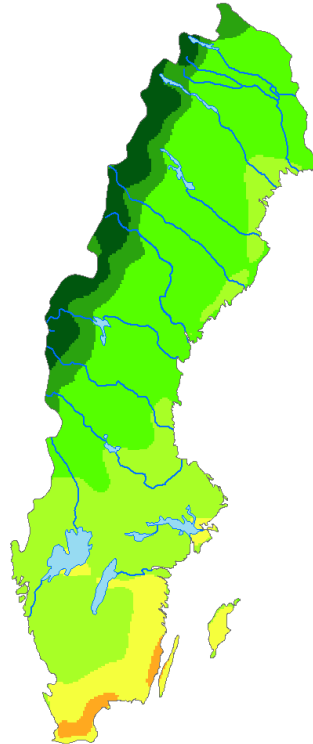
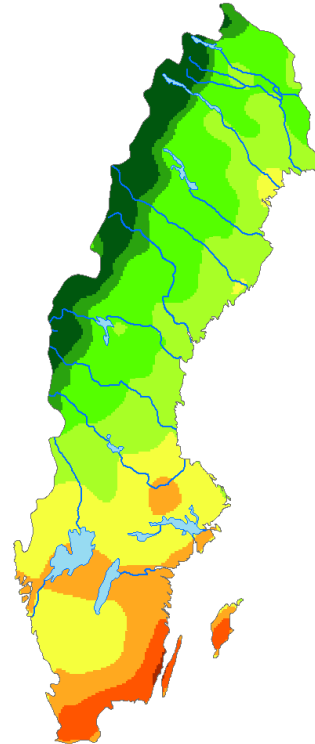
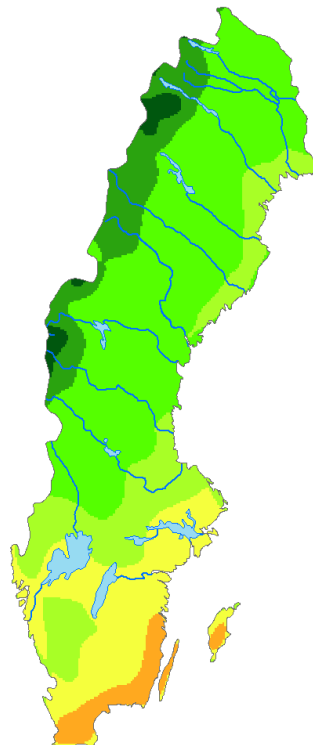
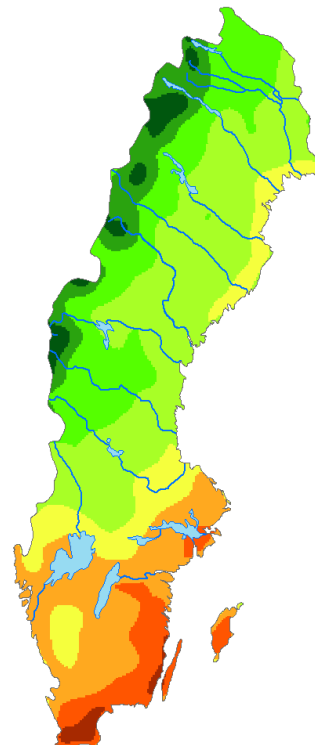
*Längsta period med högrisk**HBVS-index 6*

⁵ De två RCP-scenarierna innehåller samma data under referensperioden 1961-1990, därför visas här bara ett av scenarierna.

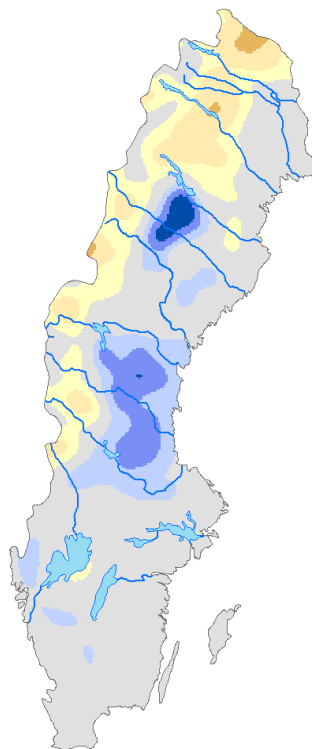
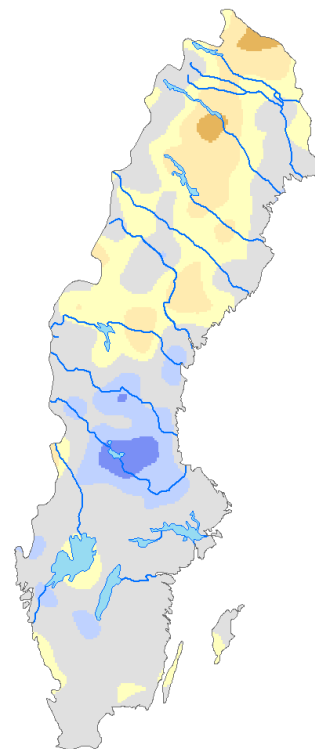
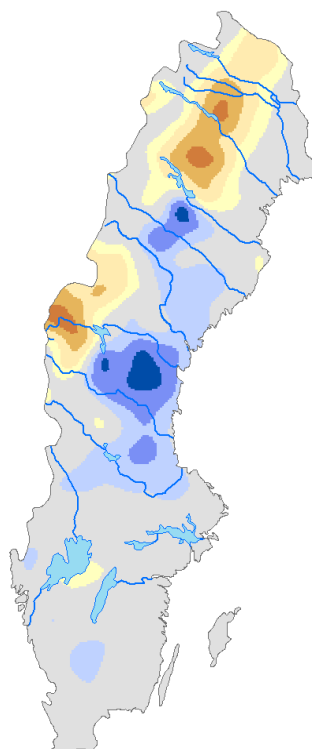
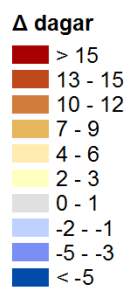
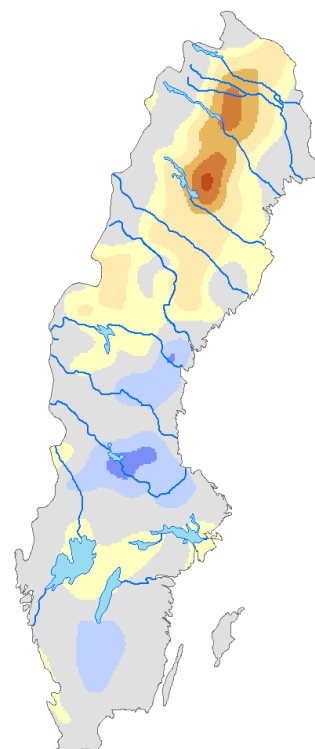
*Längsta period med högrisk**HBVS-index 6*2021-2050
Medelvärde RCP4.52021-2050
75-percentil RCP4.52021-2050
Medelvärde RCP8.52021-2050
75-percentil RCP8.5

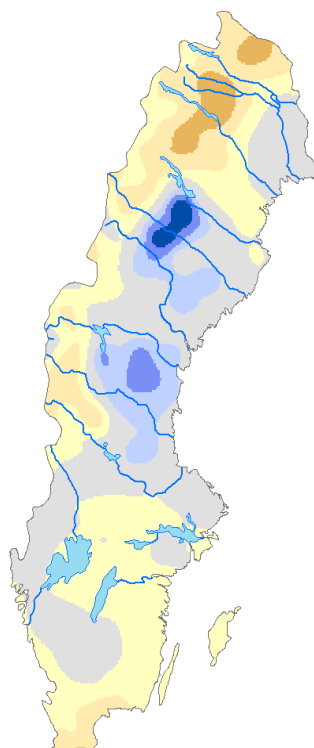
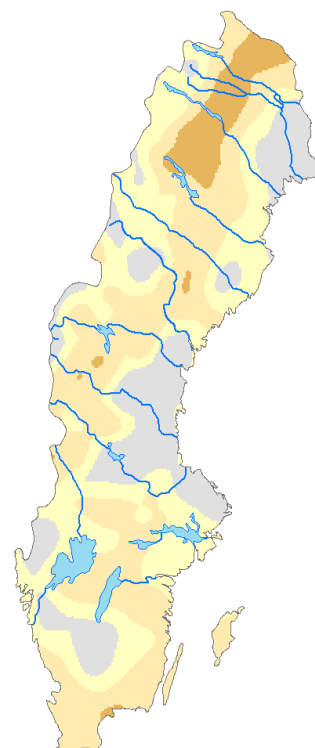
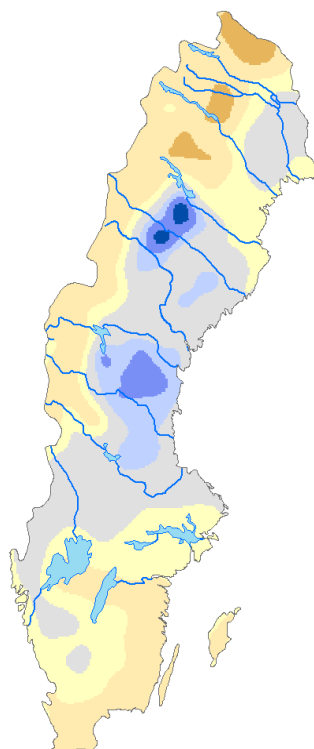
dagar



*Längsta period med högrisk**HBVS-index 6*2068-2097
Medelvärde RCP4.52068-2097
75-percentil RCP4.52068-2097
Medelvärde RCP8.52068-2097
75-percentil RCP8.5 **dagar**

> 24
22 - 24
19 - 21
16 - 18
13 - 15
10 - 12
7 - 9
4 - 6
< 4

*Längsta period med högrisk**Differens,
HBVS-index 6***2021-2050 – 1961-1990
Medelvärde RCP4.5****2021-2050 – 1961-1990
75-percentil RCP4.5****2021-2050 – 1961-1990
Medelvärde RCP8.5****2021-2050 – 1961-1990
75-percentil RCP8.5**

*Längsta period med högrisk**Differens**HBVS-index 6***2068-2097 – 1961-1990
Medelvärde RCP4.5****2068-2097 – 1961-1990
75-percentil RCP4.5****2068-2097 – 1961-1990
Medelvärde RCP8.5****2068-2097 – 1961-1990
75-percentil RCP8.5**