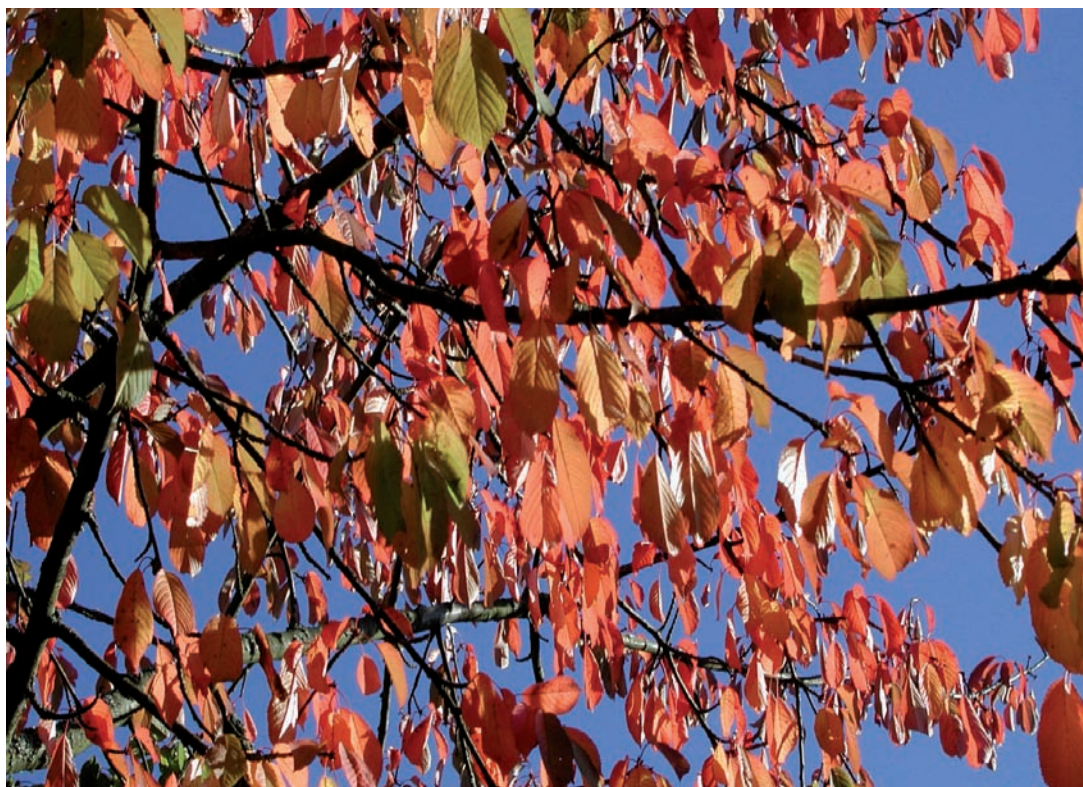


Klimatscenariokartor



Klimatfrågan är mycket komplex och berör både klimatsystemets och samhällets framtida utveckling. Dessa är intimt sammankopplade genom människans påverkan på klimatet och genom samhällets sårbarhet för klimatförändringar. För att kunna skapa ett robust samhälle, som bättre hanterar förändrade förhållanden, och för att motivera nödvändiga utsläppsminskningar behövs information och beslutsunderlag.

SMHI utvecklar information om klimat som ger samhällsfunktioner, näringsliv och allmänhet kunskap och beslutsunderlag. På SMHIs webbplats finns ett stort material att tillgå. I detta faktablad beskrivs kortfattat hur de klimatscenariokartor, som där finns tillgängliga, har tagits fram. Detta för att underlätta förståelsen och tolkningen av materialet. För den som vill fördjupa sig mer finns en rapport att läsa: "Climate indices for vulnerability assessments" (RMK 111).

Klimatscenariokartor på smhi.se

Kartorna med tillhörande information finns på www.smhi.se. Klicka på <Klimat>, sedan <Klimatscenarier> och därefter <Klimatscenariokartor>.

Den direkta adressen är:

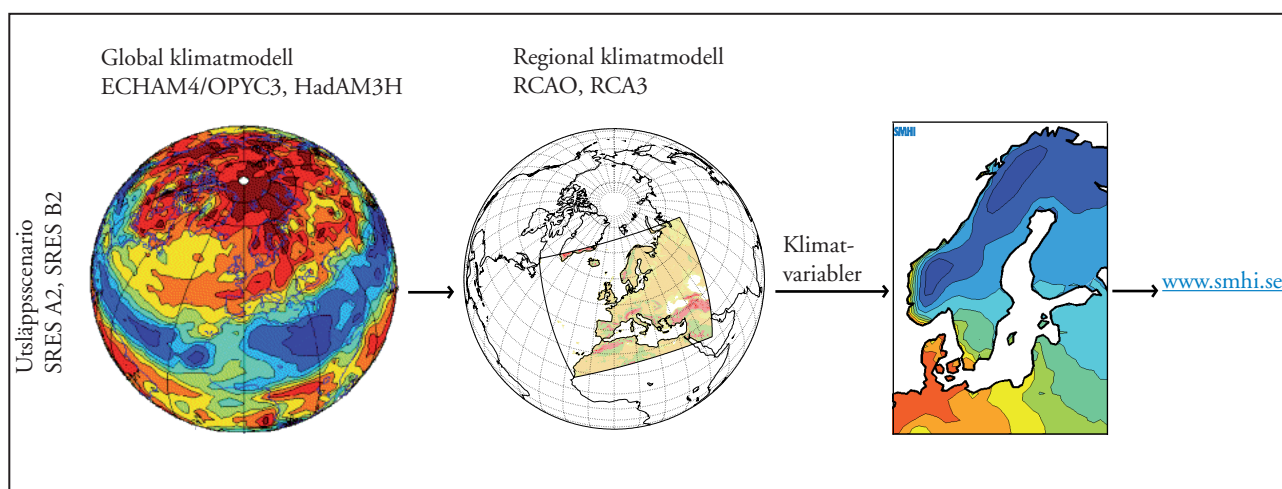
<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=8783&l=sv>

Materialet finns även på en DVD som distribueras tillsammans med den ovan nämnda rapporten RMK 111 (se sidan 8).

Så går det till

Arbetet med att ta fram klimatscenariokartorna kan beskrivas som en kedja av antaganden och beräkningar. Den börjar med antaganden om utsläpp. Dessa omvandlas till möjliga framtida atmosfärshalter, som därefter matas in i en global klimatmodell. Resultaten från en sådan beräkning används sedan som drivdata till en regional klimatmodell. Olika klimatvariabler

(indikatorer och extremindex) definieras i samarbete med avnämare från olika samhällssektorer. Dessa klimatvariabler beräknas därefter med utdata från den regionala modellberäkningen. Resultatet presenteras i form av färgkodade kartor som via en applikation görs tillgängliga på webben.

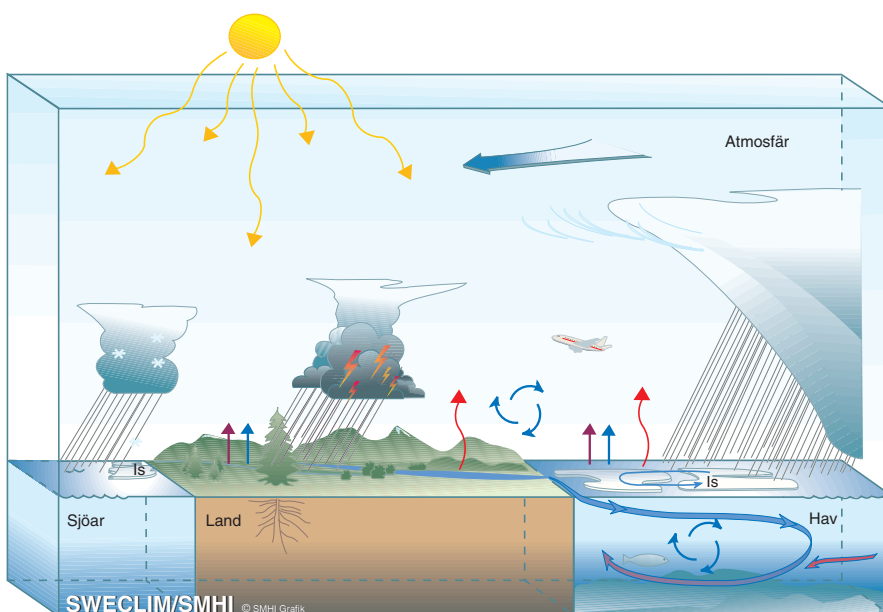


Figuren illustrerar de olika stegen för hur klimatkartorna tagits fram.

Klimatmodeller

När vi studerar klimatets framtida utveckling är arbetsredskapet tredimensionella klimatmodeller. De är matematiska beskrivningar av det fysikaliska samspelet i klimatsystemet och omfattar atmosfären, marken, vegetationen och vatten på land och i hav. Eftersom modellerna bygger på fysik så är de generella, d v s de kan användas för olika tidsskalor både framåt och bakåt i tiden. När modellerna ska beräkna klimatet bakåt i tiden så matas information in om vilken sammansättning atmosfären haft, hur marken använts,

variation i solstrålningens intensitet och kända vulkanutbrott. Modellresultaten kan sedan jämföras med mätningar av t ex temperaturen. Vi kan också studera klimatets möjliga utveckling om inte människan ökat utsläppen av växthusgaser. När studierna gäller det framtida klimatet måste vi göra antaganden om hur världen kan komma att utvecklas och hur stora utsläppen då blir. Klimatmodellen svarar sedan på frågan om hur klimatet påverkas då atmosfären förändras.

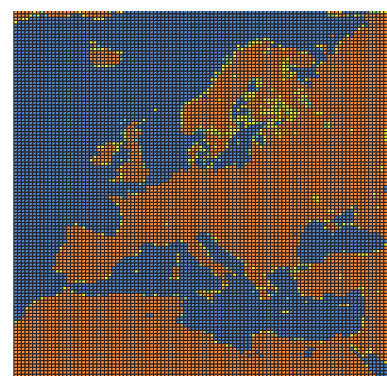
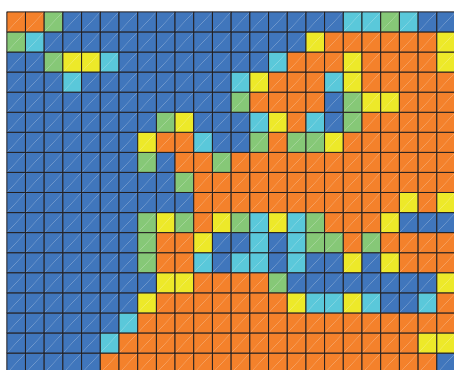


En skiss av klimatsystemet

I en klimatmodell behandlas samspillet mellan atmosfär-land-vatten. I modellen delas det studerade området in i ett tredimensionellt rutnät och beräkningarna av de fysikaliska processerna görs i varje ruta vid varje tidssteg. Ett nytt tillstånd fastställs efter varje sådant tidssteg, efter att även växelverkan mellan rutorna tagits hänsyn till.

Det finns globala och regionala klimatmodeller. De globala beskriver hela jordklotet. De regionala behandlar ett delområde t ex Europa. En annan skillnad är att de regionala modellerna är mer detaljerade. Det går inte att enbart sätta upp en modell över en region och där studera klimatets utveckling. Eftersom hav och atmosfär transporterar energi runt hela globen så

måste de globala processerna finnas med. Detta löser man genom att kontinuerligt mata den regionala modellen med information om vad som händer utanför beräkningsområdet. Man utgår alltså från en global modellberäkning och skalar ned resultaten, gör en större detaljering, i den regionala modellen.



De globala klimatmodellerna har vanligen en rutstorlek på ca 300 km (vänster) vilket betyder att ett fåtal rutor representerar Sverige. I den regionala klimatmodellen är avståndet i detta fall 50 km (höger) d v s en ruta är 2500 km². Blått betyder 100% vatten och orange

100% landyta. Övriga färger indikerar olika andelar av land och vatten i rutorna. Den vertikala fördelningen i atmosfären för RCA-modellen är 24 nivåer i de här aktuella scenarierna. Fördelningen är tätast närmast landytan.

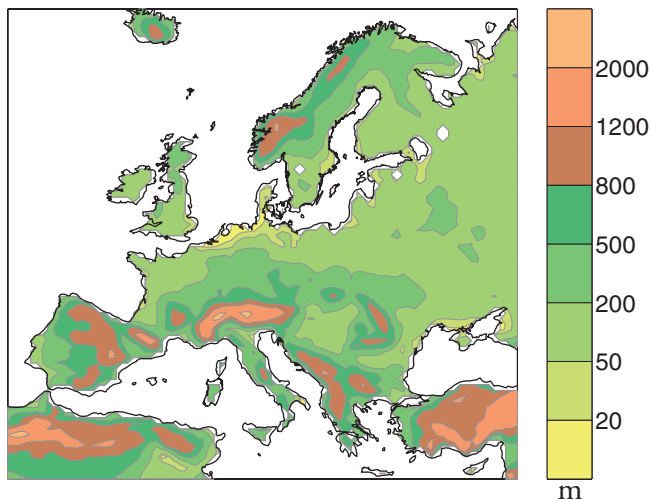
Globala klimatmodeller

Resultat från två globala klimatmodeller har här använts; en engelsk atmosfärmodell HadAM3H och en tysk kopplad atmosfär-havsmodell ECHAM4/OPYC3. Förutom startvärden tas information från de globala modellerna, var sjätte timme, om förhållan-

den i området närmast det regionala modellområdet. Dessutom ger de globala modellerna information om havsyttans temperatur i Atlanten, i Medelhavet och för RCA3 även i Östersjön.

Regionala klimatmodeller

Det regionala modellsystem som utvecklats vid Rossby Centre har använts för beräkningarna som ligger till grund för kartorna. Två versioner av den regionala atmosfärsmodellen RCA har använts; RCA2 och RCA3. RCA innehåller en beskrivning av atmosfären, en modell som hanterar landytan och en sjömodell (PROBE). RCA2 är kopplad med en havsmodell för Östersjön och Kattegatt, RCO, som tillsammans är RCAO.



RCA

Rosby Centre regionala atmosfärsmodell

RCO

Rosby Centre regionala havsmodell

RCAO= RCA + RCO

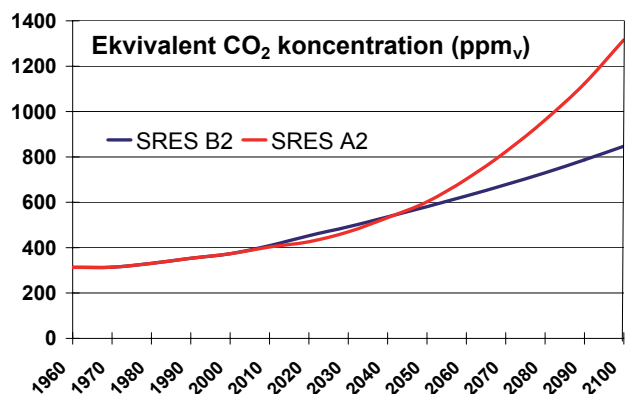
Rosby Centre kopplade atmosfär-havsmodell

Modellområdet är ungefär Europa med rutnätet något olika projicerat i de olika modellversionerna. En fysiografisk databas används för att beskriva orografin (landytans höjder) och andel land-hav-sjö, vegetation och mark. Tidssteget i beräkningarna för atmosfärsdelen är ca en halv timme.

Kartan visar landytans höjder (m) i RCA-modellen.

Utsläppsscenarier

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har definierat olika utsläppsscenarier d v s möjliga utvecklingar för världen som leder till olika atmosfärförhållanden. Med hjälp av modeller över kolets kretslopp omräknas antaganden om utsläpp av växthusgaser och aerosoler till atmosfärshalter. De två utsläppsscenarier som använts här är SRES A2 och SRES B2. SRES står för Special Report on Emissions Scenarios, en rapport som beskriver bakgrunden till dessa utsläppsscenarier.



Atmosfärens koncentration av växthusgaser uttryckt som koldioxid (ppm_v) enligt två utsläppsscenarier, SRES A2 och SRES B2.

ERA40-data

För att beskriva det regionala klimatet under de senaste decennierna så nära verkligheten som möjligt har s k återanalysberäkningar gjorts med RCA. De bygger på ett dataset, ERA40, från ECMWF (European Centre for Medium range Weather Forecasts),

som har utökats med operationella analyser för att täcka hela perioden 1961-2005. ERA40 bygger alltså på observationer (mätningar) som integreras i areella modellberäkningar.

Utvärdering av den regionala klimatmodellen

Resultat från de regionala klimatmodellerna RCAO (RCA2) och RCA3 har jämförts med dagens klimat. Studierna visar att de kan reproducera många aspekter av det observerade klimatet både vad gäller medelvär-

den och variationsmönster. Temperaturklimatet återgavs väl i RCA2 med undantag för centrala och södra Europa där modellen gav något för kalla temperaturer vintertid och något för varma sommartid. I bägge fal-

len är storleksordningen 1-2°C. Varma sommarförhållanden återspeglades också som alltför torra förhållanden. I övrigt förmår modellen återskapa egenskaper i nederbörds klimatet för alla säsonger och områden.

Den nyare versionen, RCA3, visar lika bra eller bättre överensstämmelse med dagens klimat. Nederbörd och snöklimate simuleras t ex bättre. Några avvikelser kvarstår som också påverkar de klimatvariabler som presenteras här. Vintertid syns en överskattning i temperatur i den nord-östliga delen av beräkningsområ-

Generella resultat för Europa

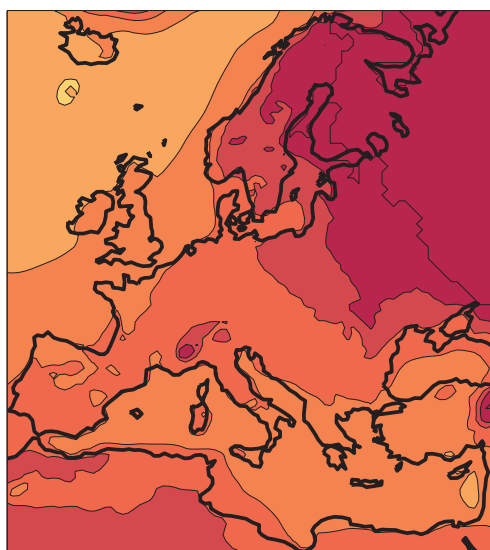
Klimatscenerierna indikerar en snabb temperaturökning i Europa för alla säsonger. Förändringarna är mest tydliga i södra Europa under sommaren och i nordöstra Europa vintertid. Den kraftiga temperaturförändringen beror på återkopplingsmekanismer som förstärker uppvärmningen. Under sommaren leder en förstärkt upptorkning av marken till ökad värme. Förstärkningen vintertid kan kopplas till ett minskat

det och en underskattning runt Medelhavsområdet. Generellt underskattas varma förhållanden (för 95th percentilen med 0-6°C) utom för Medelhavsregionen där istället en motsvarande överskattning görs från vår till höst. RCA3 tenderar att överskatta nederbörden i norra Europa under sommartid och underskatta den i syd-östra delarna av Europa.

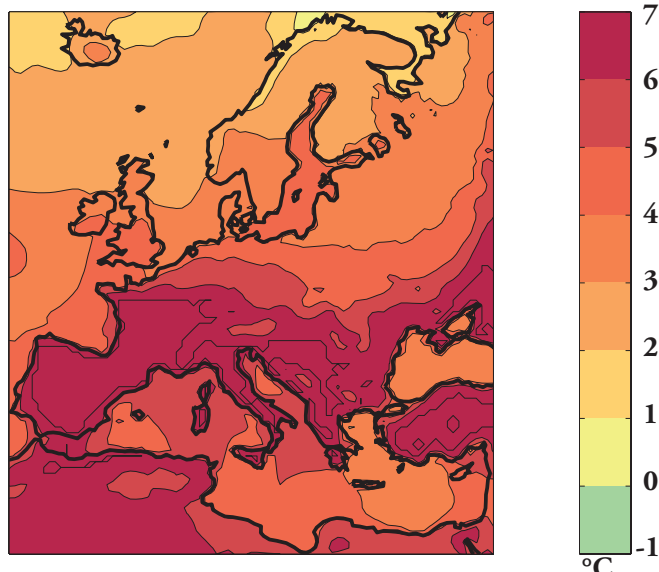
Mer om RCA-utvärderingar kan läsas i rapporterna RMK 101 och RMK 108 (se sidan 8).

snötäcke. På årsbasis ökar nederbörden i norra Europa och för Medelhavsområdet syns en minskning i scenarierna. Det beräknade vindklimatet är känsligt för hur den storskaliga atmosfärcirkulationen förändras och därmed för vilken global modell som används.

Huvuddragen för Europa stämmer väl överens med resultat från andra klimatmodeller.



Möjlig temperaturutveckling i Europa i slutet av århundradet (2071-2100) jämfört med 1961-1990 enligt beräkningar med den regionala klimatmodellen RCA3 driven med data från den globala

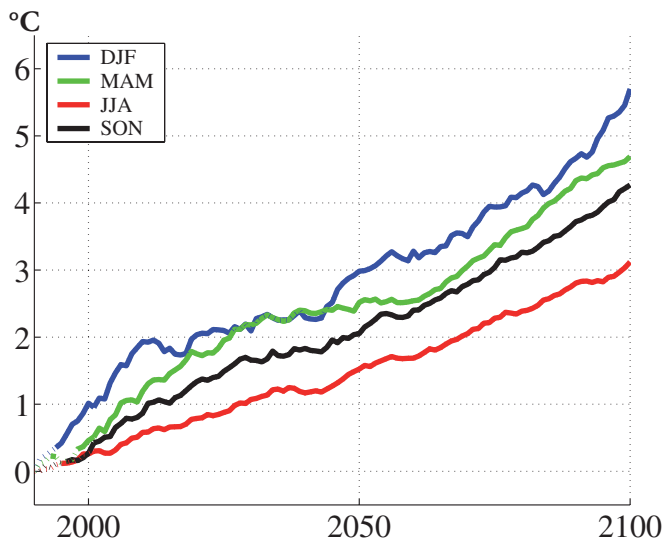


klimatmodellen ECHAM4/OPYC3 och utsläppsscenario SRES A2. Till vänster visas temperaturskillnaden (°C) för januari och till höger för juli.

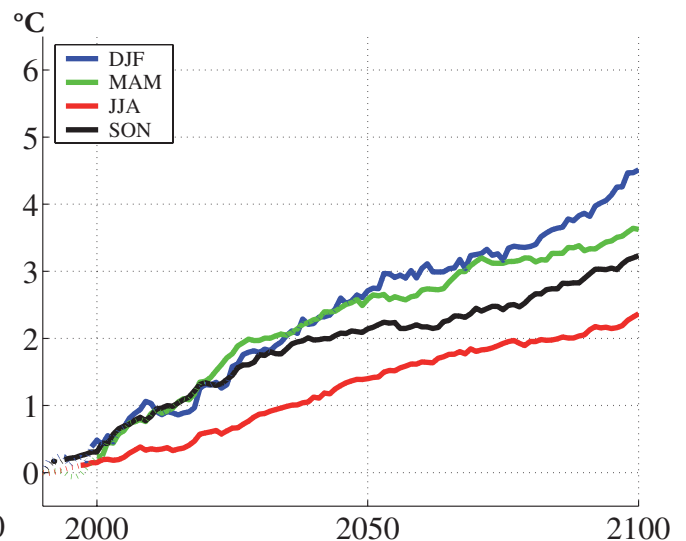
Generella resultat för Sverige

Till stor del överensstämmer de olika klimatscenerierna för Sverige både vad gäller det geografiska mönstret och storleken i förändringen. I slutet av århundradet bestäms klimatförändringssignalen främst av vilket utsläppsscenario som använts. Det finns skillnader som beror på val av global klimatmodell. Dessa skillnader syns särskilt i det regionala mönstret eftersom det

till stor del bestäms av den storskaliga cirkulationen. Detta visar sig speciellt för nederbörd. Det finns också skillnader beroende på val av regional klimatmodell. Speciellt kan nämnas att RCA3, jämfört med den tidigare versionen, är mindre känslig för uppvärmning. Detta gäller för både vinter och sommar.



Sveriges temperaturutveckling (°C) för respektive säsong enligt nedskalningar med den regionala klimatmodellen RCA3 av de två utsläppsscenarierna SRES A2 (vänster) och SRES B2 (höger) beräk-



nade med den globala kopplade klimatmodellen ECHAM4/OPYC3. Vinter (blå), vår (grön), sommar (röd) och höst (svart). Nollpunkten motsvarar respektive medelvärde för 1961-90.

Klimatvariabler

Klimat beskrivs vanligen i termer av temperatur och nederbörd, och då i form av medelvärden och säsongsvariationer. Typiska klimatindikatorer baseras på månads-, säongs- eller årsvärden. Klimatindikatorer används för att följa klimatets utveckling. Klimatet representeras dock inte av enbart medelvärden och säsongsvariationer. Extrema händelser är också en del av klimatet även om de inträffar sällan. De är dock mycket betydelsefulla eftersom extremer är viktiga för dimensionerande beslut som t ex storlek på vägtrummor och stabilitet för master.



Klimatextremer kan vara av olika slag, de kan vara kortvariga som t ex mycket höga vindhastigheter under några sekunder eller långvariga som en ovanligt varm sommar eller en regnig höst. I det senare fallet kanske inte några anmärkningsvärda regnmängder faller om man tittar på enskilda dagar. Den extrema effekten består i att regnet till slut mättar marken och sedan räcker det med små regnmängder för att få mycket höga flöden. Andra klimatextremer baseras på



att märkbara effekter uppstår då specifika tröskelvärden nås eller när speciella kombinationer av olika klimatvariabler uppstår t ex värme i kombination med hög luftfuktighet.

I web-applikationen används det samlande begreppet klimatvariabler både för de framtagna klimatindikatorerna och för de index som beskriver olika aspekter av klimatet med koppling till effekter av en klimatför-

ändring. Klimatindexen beskriver olika förhållanden utgående från temperatur på 2 m höjd (medel-, max-, min-), ytans temperatur, nederbörd (regn, snö), snötäcke (vatteninnehåll, täckningsgrad och djup), strålning (lång- och kortvågig), vind (medelvind, byvind), molnbashöjd, relativ fuktighet, avdunstning, avrinning och sjöis. Totalt 51 klimatvariabler har beräknats på utdata från de regionala modellerna och presenteras i form av färgkodade kartor.

I tabellen anges 18 av variablerna som exempel på enklare indikatorer som medeltemperatur och mer komplexa index som ”mögelindex”. Definitionerna baseras på olika samhällssektors behov men har an-

Exempel på klimatvariabler som finns tillgängliga i web-applikationen. Definitionerna baseras på avnämnarnas behov men är modellanpassade. Modellre-

Medeltemperatur	”Kraftig nederbörd” dagar med nederbörd >10 mm
”Värmebölja” period med dygnsmaxtemperatur > 20 °C	”Översvämningsindex” Största vecko-nederbörd
”Kölddagar” dagar med dygnsmaxtemperatur < -7 °C	”Torrperiod” period med nederbörd <1 mm/dag
”Frostdagar” dagar med dygnsminstemperatur < 0 °C	Snönederbörd
”Halkindex” dagar då temperaturen pendlar runt 0 °C	Snötäckets varaktighet
HDD (heating degree days)	Medelvindhastighet
Solskenstid	Vindbyar >21 m/s
Vegetationsperiodens längd	”Mögelindex” hög luftfuktighet och medeltemperatur >10 °C
Sista vårfrost	Islossning

Web-applikationen

Kartorna presenteras i mallar och användaren kan antingen välja att ta fram kartor som visar förhållanden för 30-års tidsperioder (Klimatscenariokartor) eller kartor som visar differensen mellan en tidsperiod

passats för att kunna relatera till de modellspecifika egenskaperna. Generellt gäller att modellresultaten speglar medelförhållanden för en gridruta. Det innebär t ex att för ”kraftig nederbörd” har gränsvärdet 10 mm valts vilket för en enskild punktmätning kan anses lågt. I detta sammanhang betyder det alltså att ca 25 miljoner m³ fallit över hela gridrutan, högst troligt ojämnt fördelat. Om exempelvis regnskuren täcker 10% av ytan så motsvarar det 100 mm över denna del, vilket kan betraktas som ”kraftig nederbörd”. Valet av gränsvärden för ”kraftig nederbörd” och ”extrem nederbörd” (25 mm) sammanfaller med flera europeiska studier av nederbördsmönster.

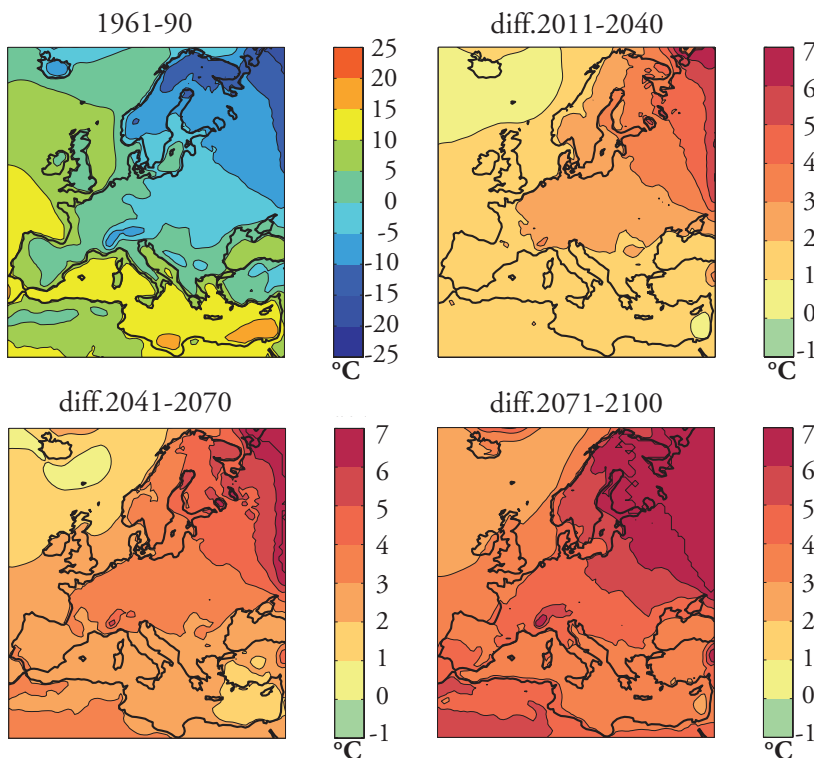
sultaten speglar medelförhållanden för en gridruta, inte en punkt, vilket påverkar valet av tröskelvärden. I tabellen anges förenklade definitioner.

och referensperioden 1961-1990 (Differenskartor). Därefter gör användaren ett antal val. Det finns olika möjligheter beroende på vald klimatvariabel.

Geografiskt utsnitt	Klimatvariabel	Mall	Drivare	Medium	Format
---------------------	----------------	------	---------	--------	--------

Man väljer först [Geografiskt utsnitt](#) (Europa eller Skandinavien) och sedan [Klimatvariabel](#). Dessa finns beskrivna i länkade listor. Därefter väljs under [Mall](#), regional modell (RCA3 eller RCAO) och tidsupplösning (månad, säsong eller år). Under [Drivare](#) kan man välja utsläppsscenario (SRES A2, SRES B2) eller ERA40. Sist väljs [Medium](#) (webb eller utskrift). Om utskrift valts finns alternativen A4 och A3 ([Format](#)). Efter tryck på Visa-knappen kommer de önskade kartorna upp i mallar på skärmen. Varje enskild karta

kan sparas i png-format. Om Differenskartor valts visas för perioden 1961-1990 resultat beräknade med RCA3 driven av randdata från ERA40. Övriga kartor visar differensen mellan vald tidsperiod och perioden 1961-1990, men i dessa fall beräknad med en regional modell driven av randdata från en global klimatmodell för bägge tidsperioderna. Men om ERA40 väljs som Drivare visas differensen mellan 1991-2005 och 1961-1990 beräknad med RCA3 driven av randdata från ERA40.



Ett exempel på kartor som visar medeltemperaturen (°C) för vinter 1961-1990 och differensen i medeltemperatur mellan vald tidsperiod och 1961-1990. Kartan högst upp till vänster visar resultat från en beräkning med den regionala klimatmodellen RCA3 driven med ERA40-data och kan anses mycket representativ för de faktiska förhållandena under perioden 1961-1990. De tre differenskartorna visar skillnad mellan beräkningar för olika tidsperioder då RCA3 drivits med randdata från den globala klimatmodellen ECHAM4/OPYC3.

Läs mer om materialet i rapporten:

Persson, G., Bärring, L., Kjellström, E., Strandberg, G. and Rummukainen, M. 2007. Climate indices for vulnerability assessments. SMHI Reports Meteorology and Climatology RMK No 111, 64 pp.

Utvärderingar av RCA kan läsas i:

Kjellström, E., Bärring, L., Gollvik, S., Hansson, U., Jones, C., Samuelsson, P., Rummukainen, M., Ullerstig, A., Willén, U. and Wyser, K. 2005. A 140-year simulation of European climate with the new version of the Rossby Centre regional atmospheric climate model (RCA3). SMHI Reports Meteorology and Climatology RMK No 108, 54 pp.

Räsänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L. P., Jones, C., Meier, M., Samuelsson, P. and Willén, U. 2003. GCM driven simulations of recent and future climate with the Rossby Centre coupled atmosphere – Baltic Sea regional climate model RCAO. SMHI Reports Meteorology and Climatology RMK 101, 61 pp.

Rapporterna kan laddas ned via: <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=9866&cl=en>

De kan också beställas i tryckt form från anneli.arkler@smhi.se. RMK 111 innehåller också en DVD med kartmaterialet och information i en engelsk och en svensk version.

