

Klimatkänslighet och utsläppsbanor

KLIMAT I FOKUS | Nr 01 • 2013 | LUNDS UNIVERSITET



Klimatkänslighet och utsläppsbanor

MARIANNE HALL, CENTRUM FÖR MILJÖ- OCH KLIMATFORSKNING, LUNDS UNIVERSITET

MARKKU RUMMUKAINEN, CENTRUM FÖR MILJÖ- OCH KLIMATFORSKNING, LUNDS UNIVERSITET

Storleken på klimatförändringarna som sker till följd av människans aktiviteter bestäms dels av hur mycket växthusgaser vi fortsätter att släppa ut, och dels av hur känsligt klimatsystemet är för dessa utsläpp. De globala utsläppen har pågått sedan industrialismens början, men tog fart först i mitten av 1900-talet. Sedan början av 2000-talet har deras ökningstakt ökat till cirka 3 procent per år. För att kunna hålla det så kallade tvågradersmålet bör de globala koldioxidutsläppen kulminera under de närmast åren, helst före 2020, för att därefter kontinuerligt minska ungefär lika snabbt som de idag ökar.

Globala klimatförändringar drivs av förändringar i jordens strålningsbalans, det vill säga av förändringar i skillnaden mellan inkommande kortvågig strålning från solen och utgående långvågig värmestrålning från jord-atmosfärsystemet. Detta mäts i $W m^{-2}$ (watt per kvadratmeter). Förändringar i strålningsbalansen, till exempel beroende på förändringar i mängden växthusgaser i atmosfären, kallas strålningsdrivning ("Radiative Forcing"). En positiv strålningsdrivning ger på sikt ett varmare klimat, medan ett negativt värde kyller planeten.

Klimatutvecklingen beror till stor del av mängden växthusgaser i atmosfären

Människans aktiviteter påverkar strålningsbalansen både genom utsläpp av sot och växthusgaser som värmer, samt genom utsläpp av svaveldioxid som i atmosfären omvandlas till små partiklar som kyller¹. Utsläppen av växthusgaser sker till största delen från två källor: från förbränning av fossila bränslen och via utsläpp från förändrad markanvändning, framför allt avskogning. Drygt hälften av den mängd koldioxid som släppts ut i atmosfären sedan industrialismens början 1850 har försvunnit ur atmosfären igen, där ungefär lika delar har tagits upp av oceanerna² och av landekosystemen. Den resterande mängden växthusgaser har blivit kvar i atmosfären. Där hade halterna av koldioxid, metan och lustgas till år 2011 ökat med 40%, 150% respektive 20%, jämfört med halterna vid industrialismens början.

Två uttryck för klimatets känslighet för störningar

I IPCCs femte stora klimatrappport AR5 (2013) anges två olika mått för klimatets känslighet. Det första är "Equilibrium Climate Sensitivity", det man i dagligt tal kallar klimatkänsligheten. Klimatkänsligheten syftar på den långsiktiga globala

temperaturförändringen som följer från en fördubbling av atmosfärens koldioxidhalt. I AR5 anges klimatkänslighetens troliga värde till mellan 1,5 och 4,5³ grader. Jämfört med IPCCs fjärde rapport från 2007, AR4, är den övre gränsen oförändrad, medan den nedre gränsen justerats nedåt från 2,0 grader. Detta är en återgång till det intervall som angavs i IPCCs tre tidigare rapporter från 1990, 1995 respektive 2001. Det troligaste värdet för klimatkänsligheten ligger inom intervallet. Justeringen av den nedre gränsen påverkar inte heller intervallets övre gräns.



Ett annat mått på klimatets respons på utsläppen kallas "Transient Climate Response" (TCR). TCR anger hur stor temperaturökningen blir vid själva tidpunkten för en fördubbling av koldioxidhalten i atmosfären. TCR är lägre än klimatkänslighetens värde eftersom det finns en viss tröghet i klimatsystemet som gör att den slutgiltiga uppvärmningen för en mängd utsläpp inte syns förrän långt efter det att utsläppen kulminerat. Detta beror framför allt på hur uppvärmningssignalen sprider sig genom världshaven. I AR5 anges TCR till intervallet 1,0–2,5 grader⁴.

Nya utsläppsscenarioer speglar möjliga effekter av socio-ekonomisk utveckling

Storleken på klimatförändringarna som blir framöver bestäms till stor del av hur stora utsläppen av växthusgaser blir, och därmed av hur världen utvecklas, vilka politiska beslut som tas, och hur dessa genomförs. I AR5 används nya scenarier som underlag för klimatprojektionerna, det vill säga beräkningarna av framtida klimatförändringar. Dessa kallas RCP – "Representative Concentration Pathways". Hänvisningen till koncentrationer handlar om att RCPerna beskriver hur bland annat växthusgashalter förändras i atmosfären, den påföljande strålningsdrivningen och motsvarande utsläppsbanor.

RCP illustrerar fyra olika möjliga utsläppsframtiderna som i sin tur beror av olika socio-ekonomisk utveckling med olika teknologiska, ekonomiska och demografiska förändringar. Varje RCP representerar flera likartade utsläppsbanor som diskuterats i den vetenskapliga litteraturen. Resultaten bekräftar det övergripande sambandet mellan utsläppen och förväntade klimatförändringar: ju större utsläpp, desto mer stiger temperaturen. Omvänt gäller att det är låga utsläppsbanor som RCP2,6 som kan leda oss till en effektiv klimatstabilisering, till exempel i linje med tvågradersmålet. Siffran i namnet (till exempel RCP2,6) anger deras totala strålningsdrivning år 2100, uttryckt i watt per kvadratmeter.

I rutan till höger anges några karakteristika för de olika RCP. Tillsammans med detta anges intervallet för den förväntade temperaturökningen till slutet av århundradet enligt AR5. Temperaturintervallet ges i två delar: modellerade temperaturprojektioner från referensperioden 1986-2005 fram till perioden 2081-2100. Dessutom anges medelvärden av den observerade uppvärmningen från andra halvan av 1800-talet fram till modellprojektionernas referensperiod 1986-2005: 0,61 °C (intervall: 0,55-0,67 °C). Dessa två tillsammans ger uppvärmningen fram till 2100⁵.

RCP2,6 – Detta scenario har ingen motsvarighet bland de scenarier som fanns med i AR4. Det sammanfaller med en mycket ambitiös minskning av de globala utsläppen: utsläppen av koldioxid ökar något fram till år 2020 för att därefter kontinuerligt minska. Koldioxidhalten når sin topp 2050. Detta scenario antar bland annat låg energiförbrukning och fallande oljeförbrukning. Produktion av bioenergi leder till att arealen åkermark ökar. (Temperaturökning till 2081-2100: 0,3-1,7 °C plus 0,61 °C.)

RCP4,5 – Koldioxidutsläppen ökar till 2040, men minskar därefter. Lägre energiförbrukning än dagens. Skogsplanteringsprogram genomförs. Markanvändningen minskar tack vare intensifiering av jordbruket och förändrade konsumtionsmönster. (Temperaturökning till 2081-2100: 1,1-2,6 °C plus 0,61 °C.)

RCP6,0 – Koldioxidutsläppen når sin topp 2060 på en halt 75% högre än dagens nivå, för att därefter backa till 25% över dagens nivå till år 2100. Stort beroende av fossila bränslen, medelhög energianvändning. Arealen åkermark ökar men betesmarkerna minskar. (Temperaturökning till 2081-2100: 1,4-3,1 °C plus 0,61 °C.)

RCP8,5 – Koldioxidutsläppen fortsätter att öka en längre tid med dagens trender. Koldioxidutsläppen tre gånger så höga som dagens före år 2100. Stort beroende av fossila bränslen, mer markanvändning, hög energianvändning, långsammare teknologisk utveckling än i övriga RCP. (Temperaturökning till 2081-2100: 2,6-4,8 °C plus 0,61 °C.)

¹ Läs mer om partiklar i Klimat i Fokus Nr 3 2013 om deras klimatpåverkan

² Detta har med stor sannolikhet ("very likely") resulterat i en försurning av världshavens ytvatten, där pH har minskat med 0,1 pH-enheter sedan industrialismens början.

³ Anges med säkerheten "likely", dvs. som sannolikt. Fullständig angivelse: "likely in the range 1,5°C to 4,5°C (high confidence), ex-

tremely unlikely less than 1°C (high confidence), and very unlikely greater than 6°C (medium confidence)"

⁴ Anges med säkerheten "likely", dvs. som sannolikt. Fullständig angivelse: likely in the range of 1,0°C to 2,5°C (high confidence) and extremely unlikely greater than 3°C.

⁵ Jämför Tabell SPM.2 och Box SPM.1, båda i IPCC AR5, WGI Sammanfattning för beslutsfattare (Summary for Policy-makers), 2013

VAD ÄR FRÅGAN?

Klimatkänslighet – ett viktigt begrepp

Klimatkänsligheten definieras som den långsiktiga temperaturökning som blir resultatet av en fördubbling av mängden koldioxid i atmosfären. Även om definitionen hänvisar till en fördubbling av halten koldioxid i atmosfären, gäller den generellt även för en fördubbling av halten koldioxidekvivalenter, vilket är ett omräkningsmått som innefattar alla växthusgaser (förutom vattenånga). Klimatkänsligheten är alltså ett mått för hur känsligt klimatsystemet är för störningar. Dess troliga värde bedöms ligga mellan 1,5 och 4,5 grader enligt AR5. Klimatkänsligheten är inte något egentligt scenario för framtida temperaturökning, den beskriver ju endast resultatet av en viss förändring av halten växthusgaser. För att räkna på hur temperaturutvecklingen kan se ut framöver bör man utgå från olika antaganden om hur mycket växthusgaser som släpps ut framöver och hur snabbt detta sker, det vill säga formen på framtidens *utsläppsbanor*.

OM FÖRFATTARNA



MARIANNE HALL är doktor i Tillämpad miljövetenskap med inriktning mot botanisk ekofysiologi – hur växter påverkas och påverkas av klimatet och omgivningen. Hon är nu verksam vid Lunds universitets Centrum för miljö- och klimatforskning som ekosystemforskare och forskningskommunikatör inriktad mot klimat- och hållbarhetsfrågor ur ett tvärvetenskapligt perspektiv.

Kontakt: marianne.hall@cec.lu.se



MARKKU RUMMUKAINEN är professor i klimatologi vid Centrum för miljö- och klimatforskning vid Lunds universitet och koordinatör i klimatfrågor vid SMHI. Han är en av huvudförfattarna bakom delrapport I av IPCC:s femte stora rapport om klimatet, AR5. Han medverkar även i Sveriges delegation vid klimatförhandlingar, som expert i forskningsrelaterade och vetenskapliga frågor.

Kontakt: markku.rummukainen@cec.lu.se

KLIMAT I FOKUS är en serie forskningssammanfattningar som samordnas av Klimatinitiativet vid Lunds universitet. Syftet är att beskriva, belysa och förklara aktuella och centrala begrepp inom klimatforskningen. **KLIMATINITIATIVET** är en fakultetsövergripande satsning vars mål är att lyfta fram och synliggöra den bredd och det djup som karakteriserar klimatforskningen vid Lunds universitet. Klimatinitiativet driver hemsidan Klimatportalen, där man kan ta del av klimatforskningsrelaterade nyheter och evenemang från LU.

Kontakt: klimatportalen@cec.lu.se



LUNDS
UNIVERSITET

www.lu.se/klimat

LUNDS UNIVERSITET

Box 117
221 00 Lund
Tel 046-222 00 00
www.lu.se