

2011-07-24

Klimatkänslighetens storlek och betydelse – en räkneövning med EBM

Räkneövningens detaljer

av Pehr Björnbom

Den version av Energy Balance Model (EBM) som beskrivs av Andrews (2010) är:

$$C \frac{dT'}{dt} + \alpha T' = F(t) \quad (2)$$

C	= klimatsystemets effektiva värmekapacitet, $\text{W a m}^{-2} \text{K}^{-1}$ (a = år)
T'	= temperaturavvikelse (temperature anomaly), K
t	= tid, a (a = år)
α	= återkopplingsparameter (climate feedback parameter), $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$
$F(t)$	= forcing, W m^{-2}

Klimatsystemets effektiva värmekapacitet har diskuterats av Schwartz (2007). På basis av detta arbete valdes för denna räkneövning värdet på $C = 16 \text{ W a m}^{-2} \text{K}^{-1}$.

Återkopplingsparametern och klimatkänsligheten

Återkopplingsparametern $\alpha \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ i EBM är direkt relaterad till klimatkänsligheten $S \text{ }^\circ\text{C}$ per fördubbling av koldioxidhalten. Enligt ekvation 8.14 i Andrews (2010) så är

$$S = \frac{F_1}{\alpha}$$

där F_1 är den stegvisa forcing som orsakar temperaturhöjningen S .

Vid fördubbling av koldioxidhalten blir denna stegvisa forcing $F_1 = 3,7 \text{ W m}^{-2}$ vilket man kan beräkna med ekvation 8.24 i Andrews (2010).

Vi kan alltså beräkna återkopplingsparametern enligt formeln $\alpha = \frac{3,7}{S}$ vilket ger för fall Hansen $\alpha = 1,32 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ och för fall Spencer $\alpha = 6,2 \text{ W m}^{-2} \text{K}^{-1}$.

Forcings

Vilka forcings som använts i modellekvationen beror på om tidsperioden är före eller efter år 2003. De varierar också beroende på de två fallen enligt Hansen respektive enligt Spencer.

Tidsperioden 1880 – 2003:

Fall Hansen:

$$F(t) = F_{\text{gissnet}}(t)$$

$F_{gissnet}(t)$ är den så kallade *net forcing* enligt GISS.

Fall Spencer:

$$F(t) = F_{gissnet}(t) + F_{cykl}(t) + F_{lin}(t)$$

Den cykliska forcingen:

$$F_{cykl}(t) = c_1 \sin\left(2\pi \frac{t + t_{ffs}}{t_p}\right)$$

t_p = den cykliska periodens längd = 64 år

t_{ffs} = fasförskjutning mellan cyklisk forcing och temperatur = 20 år

c_1 = den cykliska forcingens amplitud = $0,5 \text{ W m}^{-2}$

Den linjära forcingen:

$$F_{lin}(t) = 0,0111736(t - 1880) \text{ W m}^{-2}$$

Detta innebär att den linjära forcingen stiger från 0 år 1880 till $1,37435 \text{ W m}^{-2}$ år 2003 vilket är 50% av forcingen för växthusgaser $F_{gissGHG}(t)$ som år 2003 var $2,7487 \text{ W m}^{-2}$ enligt GISS.

Data för $F_{gissnet}(t)$ och $F_{gissGHG}(t)$ för 1880 – 2003 hämtades från webbsidan GISS forcing (se referenser) där de finns i textfiler under rubriken *Effective Forcings Employed in Current Climate Simulations*.

Tidsperioden efter 2003:

Fall Hansen:

$$F(t) = F_{gissnet}(2003) + 0,03726(t - 2003)$$

Andra termen i denna ekvation visar den linjärt växande växthusgasforcingen efter år 2003.

Koefficienten är beräknad enligt formeln $\frac{(F_{gissGHG}(2003) - F_{gissGHG}(1993))}{10}$. En linjärt ökande forcing är ekvivalent med en exponentiellt ökande koldioxidhalt.

Fall Spencer:

$$F(t) = F_{gissnet}(2003) + 0,03726(t - 2003) + F_{cykl}(t) + F_{lin}(2003)$$

Den linjära naturliga forcingen antas alltså upphöra att växa år 2003 medan den cykliska PDO-relaterade forcingen antas fortsätta verka som tidigare.

Integrering av EBM

Eftersom EBM är en differentialekvation måste den beräknas genom integrering. I Andrews (2010) diskuteras hur man kan integrera denna ekvation analytiskt i vissa speciella fall.

Här är forcingen till stora delar givna som tabellerade numeriska värden. Detta innebär att integreringen måste göras numeriskt med ett lämpligt dataprogram för numerisk lösning av ordinära differentialekvationer.

För denna räkneövning användes gratisprogramvaran Scilab 5.3.0. Den integreringsrutin som användes heter *ode*. För att få lite mer hanterbara värden på tidskoordinaten sattes första dagen av år 1880 som nollpunkt för tiden. Integrering med cyklisk forcing bör starta ett par perioder före 1880 för att den cykliska temperatursignalen skall stabilisera sig innan perioden 1880 – 2003.

Referenser

Andrews, D.G., 2010. *An Introduction to Atmospheric Physics*. Cambridge University Press. Second edition.

Schwartz, S. E., 2007. Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth's climate system, J. Geophys. Res., 112, D24S05, doi:10.1029/2007JD008746.

GISS forcing: <http://data.giss.nasa.gov/modelforce/>

GISS temperatur: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>

Scilab: <http://www.scilab.org/>