2013-07-24

Om Murry Salbys ekvation

Av Pehr Björnbom

Murry Salby har analyserat hur koldioxidhalten i atmosfären varierar. Han observerade att den hastighet som koldioxidhalten ändras med varierade som funktion av temperaturen. Hans resultat är inte tillgängligt för mig som en vetenskaplig artikel utan informationen som jag har använt kommer från ett föredrag publicerat på Youtube (Salby, 2013). Salby gjorde en kvantitativ utvärdering av data som visade att hastigheten var proportionell mot en temperaturdifferens. Ekvationen är

$$\frac{dy}{dt} = k\left(T - T_b\right) \qquad (1)$$

där

y = koldioxidhalten i atmosfären, ppmv
t = tiden
k = en hastighetskonstant
T = den globala medeltemperaturen
T_b = en global medeltemperatur vid ett referenstillstånd

Eftersom denna ekvation innebär att koldioxidhalten i atmosfären varierar oberoende av de antropogena utsläppen så står den i motsats till den väletablerade teori för kolcykeln som säger att ökningen i koldioxidhalten nästan helt beror på människans fossila koldioxidutsläpp och ändrad markanvändning. Avsikten med denna diskussion är inte att försöka reda ut denna motsättning och väga den ena förklaringen mot den andra utan endast att redogöra för några fakta som stämmer med Murry Salbys ekvation.

Den fysikaliska bakgrunden

Från ett fysikaliskt-kemiskt perspektiv är Murry Salbys ekvation anmärkningsvärt trovärdig.

Hastighetsförlopp för komplicerade processer i naturen bestäms ofta av hastighetsbestämmande steg. Hastigheter för fysikalisk-kemiska förlopp kan ofta modelleras med en hastighetskoefficient multiplicerad med en drivande kraft. Den drivande kraften vid massöverföring kan vara en skillnad i koncentration mellan reservoarer eller vid värmeöverföring en temperaturskillnad. Ett typiskt exempel på en process som har en temperaturskillnad som drivande kraft är kokning av vatten i en kastrull på en elektrisk värmeplatta där kokningshastigheten är proportionell mot skillnaden mellan plattans och vattnets temperatur.

Att Murry Salby har funnit att hastigheten för ändring av koldioxidhalten i atmosfären har en hastighetsekvation som består av en hastighetskoefficient multiplicerad med en temperaturskillnad är därför inte onormalt ur fysikalisk-kemisk synpunkt. Detta kan till exempel förklaras med att det hastighetsbestämmande steget är en värmeöverföring. Men det finns även andra tänkbara förlopp som formellt kan ha en temperaturskillnad som drivande kraft, till exempel en reversibel kemisk reaktion nära sin jämviktstemperatur.

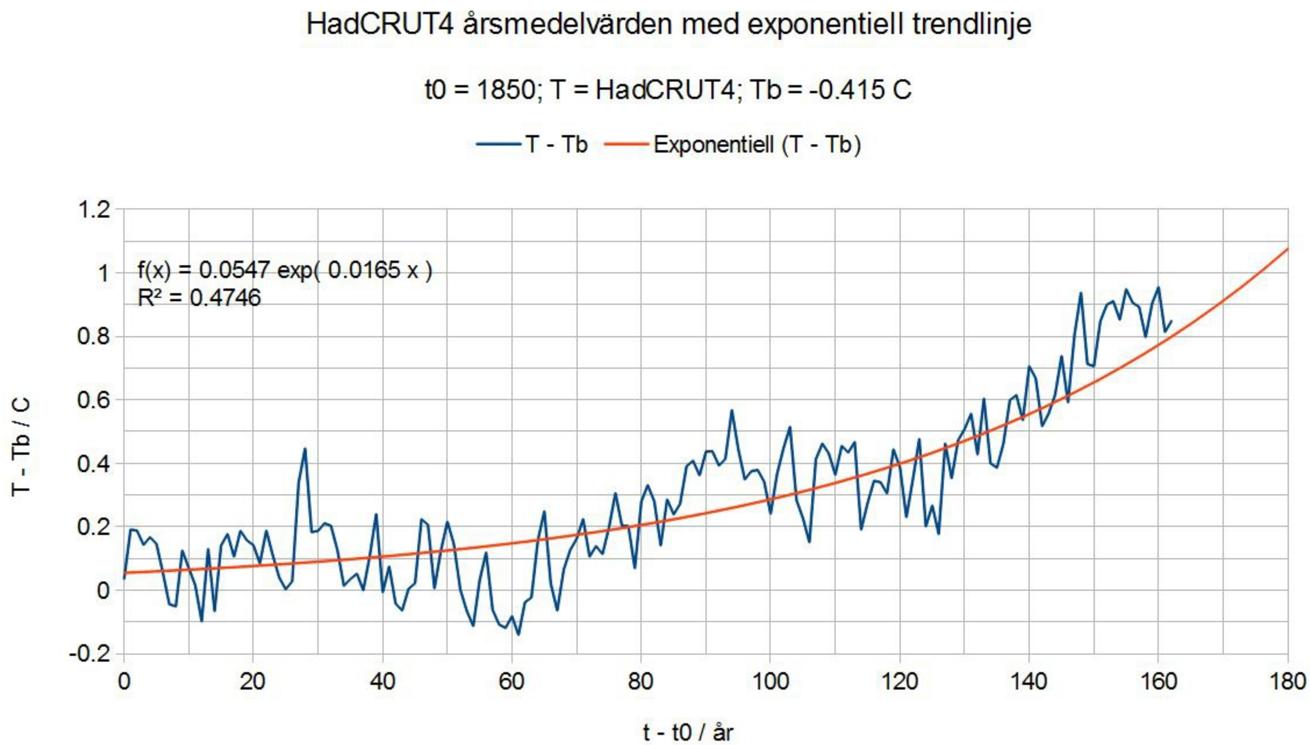
Att en värmeöverföring skulle kunna vara hastighetsbestämmande för koldioxidhaltens ändring i atmosfären är heller inte förvånansvärt. För att frigöra koldioxid från andra reservoarer till atmosfären behövs i många fall tillförsel av värme eftersom koldioxid går från vätskefas till gasfas analogt med kokning av vatten.

Det är heller inget onormalt att man bestämmer en hastighetsekvation för en fysikalisk-kemisk process innan man har någon förståelse av hur processen går till. I själva verket är det vanligt att man bestämmer hastighetsekvationen med avsikten att denna kan ge en ledning om hur processen går till. Vilken drivande kraft man får fram kan ju ge ledning om det hastighetsbestämmande stegets natur, till exempel om den drivande kraften är en temperaturskillnad så finns anledning att undersöka om det hastighetsbestämmande är en värmeöverföring.

Den hastighetsekvation som Murry Salby har funnit är därför inte förvånansvärd ur fysikalisk-kemisk synpunkt. Den är i stället en vanlig form av hastighetsekvation för sådana fysikalisk-kemiska förlopp som det här är fråga om. Om det inte redan hade funnits en så väletablerad teori som säger något annat så kan jag tänka mig att Murry Salbys ekvation snabbt skulle accepteras som ett intressant resultat utan någon större kontrovers.

Anpassning av Murry Salbys ekvation till observerade koldioxiddata

För att kunna testa Murry Salbys ekvation behöver man både globala medeltemperaturdata och koldioxiddata. Jag har använt mig av temperaturavvikelser från HadCRUT4 i form av globala årsmedelvärden. Det har varit av intresse att använda temperaturdata både som direkt observerade värden, vilket jag gjort och rapporterat tidigare (Björnbom, 2013a,2013b), och i form av en exponentiell trendlinje. I figur 1 ser vi HadCRUT4 med en exponentiell trendlinje.

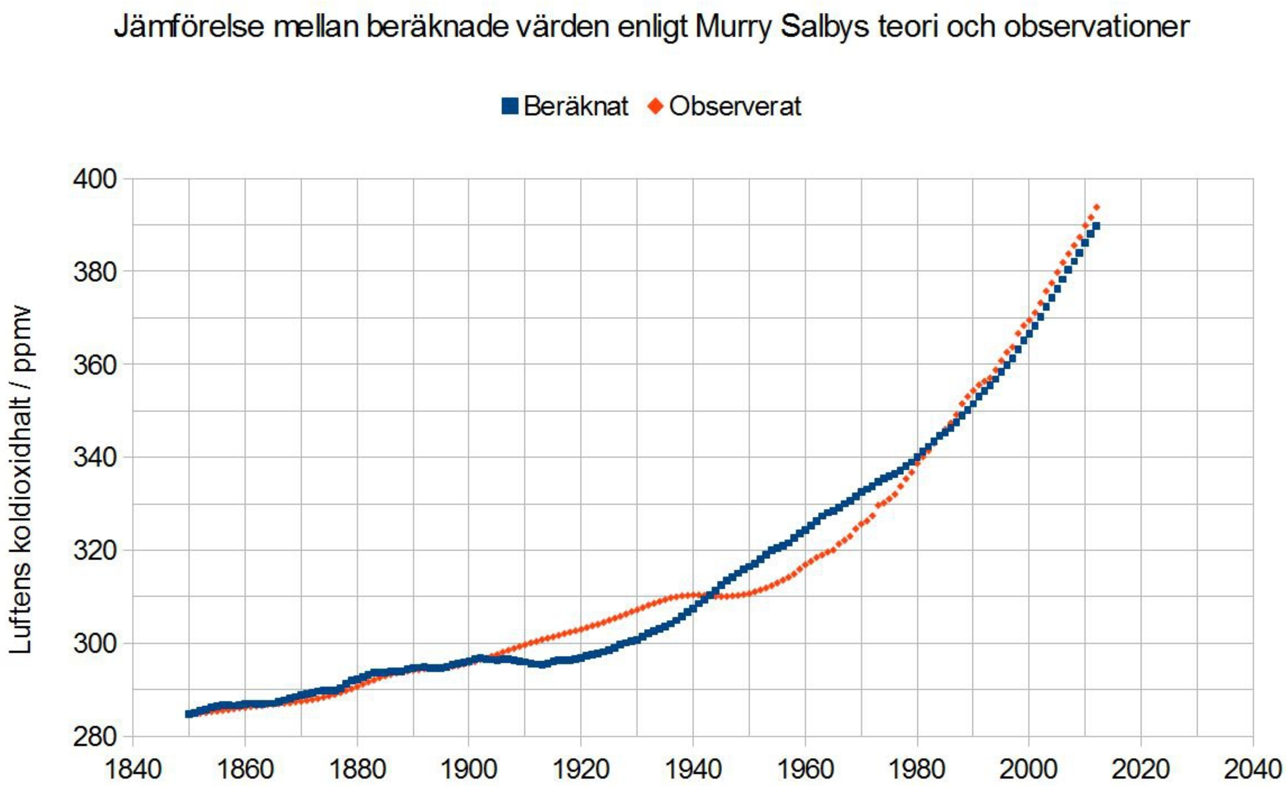


Figur 1

För att få fram en sådan exponentiell trendlinje måste man bestämma vid vilket värde trendlinjen skall plana ut mot en horisontell linje. Det logiska värdet i detta fall är den temperatur som motsvarar balans så därför valdes T_b som denna temperatur, dvs. den temperatur där även koldioxidhaltens ändringshastighet är noll enligt Murry Salbys ekvation. Trendlinjens ekvation enligt figur 1 är följaktligen

$$T = T_b + 0.0547\, e^{0.0165(t-t_0)} \qquad (2)$$

I de två tidigare rapporterna har jag redogjort för min rekonstruktion av Murry Salbys resultat. Murry Salbys ekvation anpassades med minstakvadratmetoden till koldioxiddata för 1850-2012 med användning av temperaturdata från HadCRUT4 i form av årsmedelvärden. De okända parametervärdena bestämdes till k =2,21 ppmv/(år C) och T_b =-0,415 C. Jämförelse av observerade och beräknade koldioxidhalter visas i figur 2.



Figur 2

Den exponentiella trendlinjen enligt ekvation (2) kan skrivas

$$T - T_b = (T_0 - T_b) e^{k_T (t - t_0)} \qquad (3)$$

där $T_0 - T_b$ =0.0547 C och k_T = 0.0165 år^{-1}.

Murry Salbys ekvation i integrerad form är

$$y - y_0 = k \int_{t_0}^{t} (T - T_b)\, dt \qquad (4)$$

Vid en tidpunkt tillräckligt långt bak i tiden t_b antar vi att vi har balans där $y = y_b$ och $T = T_b$. Genom att kombinera ekvation (3) och (4) får vi

$$y - y_b = k \int_{t_b}^{t} (T - T_b)\, dt = k (T_0 - T_b) \int_{t_b}^{t} e^{k_T (t - t_0)}\, dt = \frac{k (T_0 - T_b)}{k_T} e^{k_T (t - t_0)} \qquad (5)$$

Denna ekvation kan också skrivas

$$y - y_b = (y_0 - y_b) e^{k_T (t - t_0)} \qquad (6)$$

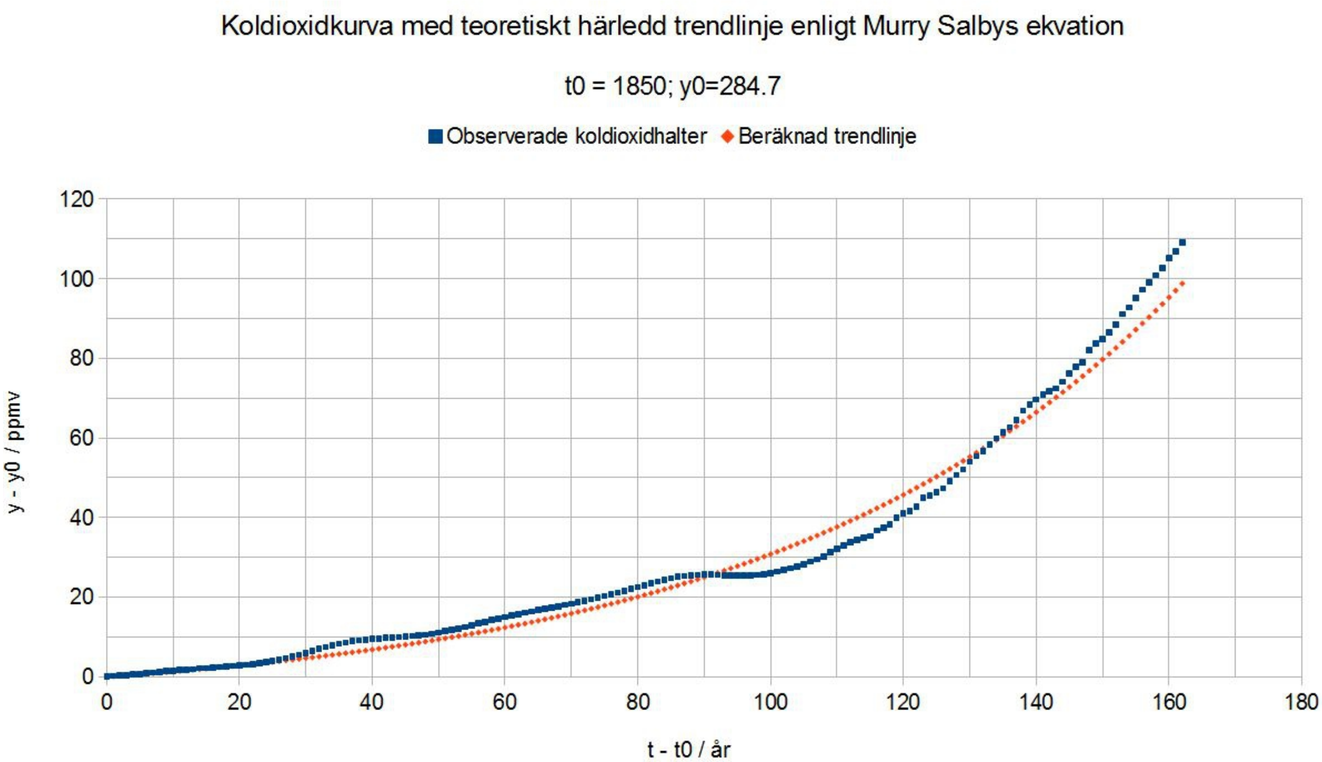
Ekvation (6) är en exponentiell trendlinje för koldioxidhalten som skall gälla om den exponentiella trendlinjen för temperaturen, ekvation (3), gäller. Alla parametervärden i ekvation (6) kan beräknas ur kända parametervärden från tidigare arbete baserat på t_0 =1850.

$$y_0 - y_b = \frac{k(T_0 - T_b)}{k_T} = 7.3 \quad \text{ppmv}; \quad y_b = y_0 - 7.3 = 284.7 - 7.3 = 277.4 \quad \text{ppmv.}$$

Vår beräknade trendlinje uttryckt som avvikelse från y_0 blir:

$$y - y_0 = (y_0 - y_b) e^{k_T (t - t_0)} - (y_0 - y_b) = 7.3\, e^{0.0165 (t - t_0)} - 7.3 \qquad (7)$$

Ekvation (7) jämförs med observerade data i figur 3.



Figur 3

De första 90 åren stämmer den exponentiella trendlinen mycket väl med observerade data. Därefter är det tydligt att observerade data varierar på ett annat sätt än exponentiellt, speciellt de sista 20 åren så avviker ökningshastigheten markant från den enligt den exponentiella trendlinjen.

Jämförelse med exponentiell ekvation anpassad av Uls Lars Karlsson

Ekvation (6) kan också skrivas

$$y = y_b + (y_0 - y_b)(e^{k_T})^{(t-t_0)} = y_b + b\,a^{(t-t_0)} = 277.4 + 7.3 \cdot 1.017^{(t-t_0)} \qquad (8)$$

Dataprofessorn Lars Karlsson har använt en ekvation på denna form och anpassat parametrarna y_b, b och a till observerade koldioxiddata. Han fick en god överensstämmelse med följande ekvation:

$$y = 280 + 4.7 \cdot 1.02^{t-t_0} = 280 + 4.7\,e^{k_T(t-t_0)}$$
$$t_0 = 1850;\; k_T = \ln(1.02) = 0.0198$$

Uppenbarligen är detta ingen tillfällighet, om Murry Salbys ekvation är giltig, eftersom de teoretiska härledningar enligt ovan förutsäger att en sådan ekvation skall överensstämma med koldioxidökningar som har orsakats av en temperaturkurva med exponentiell trend.

Jämförelse av beräknade koldioxidkurvor enligt figur 2 och figur 3

En intressant sak är att den teoretiskt härledda trendlinjen enligt figur 3, ekvation (8), stämmer sämre med observationerna de sista tjugo åren än den beräknade koldioxidkurvan enligt figur 2. Den senare kurvan stämmer otroligt bra med observerade data för denna tidsperiod och ger korrekt ökningshastighet.

Orsaken till denna skillnad mellan de två beräknade koldioxidkurvorna är att den exponentiella trendlinjen för temperaturen enligt figur 1 inte stämmer så bra med observationerna de sista tjugo åren. Trendlinjen för temperaturen ligger för lågt vilket ger för låg ökningshastighet enligt Murry Salbys ekvation, något som inte sker när Murry Salbys ekvation tillämpas direkt på temperaturdata i stället för på den exponentiella trendlinjen.

Om det finns ett systematiskt fel i temperaturdata ger alltså Murry Salbys ekvation en koldioxidkurva som inte stämmer med observationerna. Vidare ser det ut som Murry Salbys ekvation kan ge rätt koldioxidkurva även om temperaturkurvan inte är exponentiell. Följaktligen är det inte det att temperaturkurvans form liknar en exponentiell funktion som gör att Murry Salbys ekvation stämmer med observerade data.

Slutsatser

Formen på Murry Salbys ekvation motsvarar en process vars hastighetsbestämmande steg har en temperaturdifferens som drivande kraft.

Murry Salbys ekvation stämmer enligt figur 2 mycket bra med observerade data om man bestämmer de två okända parametrarna med hjälpa av minstakvadratmetoden.

Den exponentiella trendfunktion för koldioxidkurvan som teoretiskt kan härledas från temperaturkurvans exponentiella trendfunktion visade sig med förberäknade parametervärden enligt figur 3 beskriva koldioxidkurvan mycket bra.

Skillnaderna mellan de beräknade koldioxidkurvorna i figur 2 och figur 3 tyder på att det att Murry Salbys ekvation stämmer inte beror på att temperaturkurvan liknar en exponentiell funktion.

Referenser

Murry Salby, 2013. Föredrag i Hamburg.

Pehr Björnbom, 2013a. Rekonstruktion av Murry Salbys teori för att koldioxidökningen är temperaturdriven

Pehr Björnbom, 2013b. Om antal anpassningsbara parametrar i Murry Salbys ekvation.