

Klimatförändringar, en kortfattad information

Här är en översättning av en av de broschyrer som fick tas bort från Vita Husets hemsidor i samband med att Donald Trump avgick som president. Mer om detta här <https://klimatupplysningen.se/klimatrealistiska-broschyrer/>. Översättningen är gjord av Stephen Wilks.

Kopplingen mellan solen och klimatet

Geologisk forskning visar att jorden i miljarder år har gått igenom cykler av global uppvärmning och global nedkylning. Kalla perioder när det finns permanenta isar vid båda polarområdena benämns "istider". I enlighet med denna definition, och eftersom vi har istäcke i både Grönland och Antarktis, befinner sig jorden även nu i en istid, men i en relativt mild period som man benämner "interglacial period", där klimatet är mindre extremt än under de "glaciala perioderna" som vi vanligtvis tänker på när vi tänker på "istider".

Geologiska data visar att det har funnits fem stora istider under de senaste 2,5 miljarder år, med en början i Huronistiden (2,4 till 2,1 miljarder år sedan) och ett slut i den nuvarande Kvartära istiden (2,6 miljoner år sedan till nutiden). Värmeperioder när det inte har funnits några stora områden med permanent istäcke på jorden kallas ibland på engelska "greenhouse eller hothouse periods" (= växthusperioder). Geologiska data indikerar att jorden har befunnit sig i en sådan värmeperiod i ca 85% av tiden.

Sedan istider upptäcktes för nästan 200 år sedan har diverse teorier framförts för att förklara dessa cykler i jordens yttemperatur. De flesta sådana teorier består av en kombination av två huvudsakliga hypoteser – förändringar i mängden av solljus som når det övre skiktet i jordens atmosfär *eller* förändringar i jordens atmosfär som påverkar balansen mellan mängden av solljus som når jordens yta och mängden av värmeenergi som radierar ut mot rymden.

Hypotes 1: Förändringar i mängden av solljus som når det övre skiktet i jordens atmosfär.

Mestadelen av energin som värmer jordens yta kommer direkt eller indirekt från solljus som möter den övre delen av atmosfären. Bara en relativt liten del av energin som värmer jordens yta kommer inifrån jorden. Summan av energin som når det övre skiktet av atmosfären från solen kallas den totala solinstrålningen (engelska: Total Solar Irradiance or TSI). Som man skulle förvänta sig, påverkar förändringar i TSI temperaturen vid jordens yta. Två huvudsakliga mekanismer har framställts beträffande hur förändringar av TSI kan uppstå – ändringar i jordens omloppsbanas kring solen eller skiftningar i hur mycket solen utstrålar, eller dess luminositet.

Historien bakom mekanismen med förändringar av jordens omloppsbanas

År 1824 undersökte Jens Ensmark det geologiska underlaget för glaciärers krympning och tillväxt och han ponerade en serie med globala istider för att förklara sina observationer. Han föreslog att dessa istider berodde på klimatförändringar som i sin tur orsakades av ändringar i jordens omloppsbanas. Joseph Adhemar kom 1842 med en liknande förklaring att istiderna kunde bero på skiftningar i jordens elliptiska omloppsbanas som redan hade klarlagts.

Varje år fullbordar jorden ett komplett omlopp runt solen. Detta omlopp har dock en elliptisk och inte en cirkulär bana. För närvarande befinner sig jorden närmast solen ungefär 2 veckor efter december solståndet (under vintern i det norra halvklotet) och som längst ifrån solen ungefär 2 veckor efter juni solståndet (under sommaren i det norra halvklotet). Denna skillnad på 2 veckor är inte konstant, utan den skiftar med ungefär en takt på ungefär ett dygn per 58 år, och kan variera med upp till 2 dygn från år till år. Idag är TSI 6.7% större i januari när jorden är närmast till solen

jämfört med i juli när den är som längst ifrån den. I och med att säsongerna är vice versa mellan det norra och det södra halvklotet, innebär detta att vintrarna och somrarna på det norra halvklotet är lite mildare än motsvarande säsonger på det södra halvklotet.

Formen av jordens elliptiska omloppsbanan är dock inte konstant. Den kan variera över en period på c:a 100 000 år från att vara nästan cirkulär till att vara mera elliptisk, på grund av gravitationspåverkan från månen och de övriga planeterna. Andra periodiska förändringar över långa, tusenåriga tidsförlopp sker beträffande jordens axiala lutning eller precession (förändringar i orienteringen av jordens rotationsaxel) som också kan ge upphov till förändringar i jordens TSI genom året. Det är därför kanske inte enbart en slump att ordet "klimat" kan härledas till det grekiska ordet "klima" som betyder lutning, sluttning eller breddgrad.

Milutin Milankovitch kom 1920 med en förklaring för hur alla de cykliska variationerna i jordens elliptiska omloppsbanan, axial lutning och precession kunde orsaka distinkta variationer i den infallande solinstrålningen vid olika breddgrader och förändringar på flertusenåriga tidsskalor. Hans matematiska lösningar blev kända som Milankovitch Cykler.

Mekanismen med förändringar i solens luminositet

Förutom skiftningar i TSI beroende på omloppsförändringar måste vi också ta med i beaktande att solen inte är en konstant stjärna (d.v.s. att mängden solljus som solen producerar från år till år inte är konstant). Vid frekventa intervaller dyker det upp mörka områden... så kallade solfläckar, på solens yta. Solfläckar uppmärksammades av kinesiska astrologer/astrologer så tidigt som 4:e seklet f.v.t, och en solfläcksakttagelse daterande från 165 f.v.t har erkänts som den tidigaste noterade solfläcksobservationen med preciserat datum. Med teleskopets uppfinning vid tiden för Galileo under 1500-talet kunde astronomer (inklusive Galileo) börja systematiskt dokumentera dessa solfläckar.

Vi vet nu att förekomsten av solfläckar är kvasi-periodisk (eller kvasi-cyklisk) över perioder på c:a 11 år mellan det maximala och det minimala antalet solfläckor vid solens yta. Vi kallar dessa "solfläckscykler" för kvasi-periodiska därför att även om den genomsnittliga varaktigheten för en cykel är c:a 11 år, så kan den exakta varaktigheten för varje cykel variera från så lite som 8 år till så mycket som 14 år. Under perioden från c:a 1645 till c:a 1715 förekom i det närmaste inga solfläckor på solens yta. Denna period är känd som Maunder's minimum.

Sedan upptäckten av solfläckor har det debatterats flitigt över vilken effekt, om någon, dessa har på jordens klimat. Somliga har argumenterat att eftersom solfläckor är mörka måste en ökning av deras antal minska mängden av ljus som solen avger, så att jordens TSI i sin tur skulle minska och jorden bli kallare. Men E. Walter Maunder och Annie Maunder uppmärksammade under det tidiga 1900-talet ljusare områden kallade faculae och plages som även dessa följde en ungefärlig 11-årig cykel samtidigt som de mörkare solfläckarna. Den ökade energin från faculae kunde motsvara eller överskrida energiminuskningen som solfläckarna medförde, beroende på förhållandet i antal mellan dessa. Astronomer och astrofysiker som studerar andra "sol-liknande" stjärnor har visat att detta förhållande varierar från stjärna till stjärna. Om detta beror på att förhållandet är konstant för varje enskild stjärna och varierar från stjärna till stjärna eller är inte konstant men varierar över tid, har inte fullt kvantitativt klarlagts.

Med anledning av atmosfärisk interferens var det inte förrän början av satellitåren som det blev möjligt att direkt mäta storleken på TSI som nådde toppen av atmosfären. Detta beror på att mätningar av inkommande TSI vid jordens yta kan variera utifrån hur atmosfären reagerar med den inkommande TSI. Men sedan den senare delen av 1970-talet har satelliter i omlopp runt jorden kunnat mäta TSI. Med anledning av dessa satelliters korta livslängd är det dock tyvärr nödvändigt att

sammanställa mätdata från varje satellit för att få en sammanhängande dokumentation av TSI under satellit eran. Detta är inte lätt att åstadkomma. Satelliters omloppsbanor förändras under deras livstid, deras instrument degraderar, och olika satelliter har olika instrument. För att sammanställa TSI-data från samtliga satelliter måste de kalibreras relativt till varandra. Flera plausibla TSI sammanställningar existerar, och några av dessa indikerar rätt olika trender i TSI över satellit eran. Av de två huvudsakliga rivaliserande TSI-sammanställningarna finner ACRIM-gruppen en positiv TSI trend under 1980- och 1990-talet, medan PMOD-gruppen finner en negativ trend över hela satellit eran från 1970-talet till idag.

Genom att jämföra dessa sammanställningar med diverse proxydata för TSI, såsom solfläckars antal, solfläckars magnitud, antal och storlek på faculae, 10,7 cm mikrovågsemissioner, och variationer i jordens magnetfält, är det möjligt att bygga olika rekonstruktioner på TSI som sträcker sig tillbaka över åtminstone de senaste 150 åren.

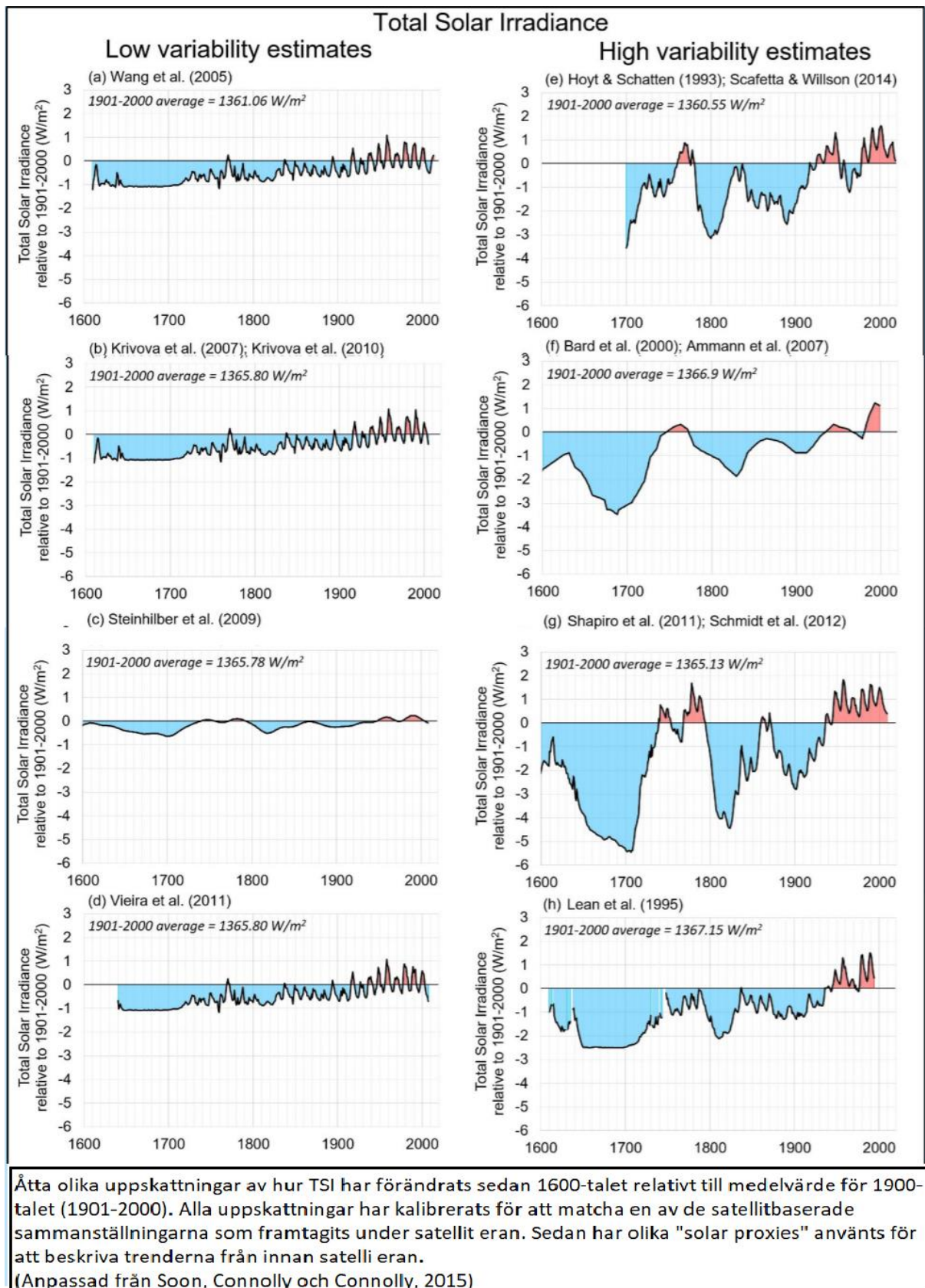
Det finns många olika plausibla TSI-rekonstruktioner. T.ex. finns åtta olika uppskattningar utstakade på den medföljande figuren. Av dessa är det fyra som indikerar endast små variationer av TSI sedan 1600-talet. Om några av dessa är korrekta är det osannolikt att förändringar i TSI har spelat någon större roll i de klimatförändringarna som har observerats sedan 1800-talet. Å andra sidan är det fyra av rekonstruktionerna som indikerar att solen har varit mycket variabel, med perioder av ökande eller minskande solaktivitet utbredda över flera årtionden. Om dessa rekonstruktioner med hög variabilitet är korrekta är det plausibelt att mycket (eller mesta delen) av klimatförändringarna sedan 1800-talet kan ha drivits av solens aktivitet. En stor del av avgörandet om huruvida solen har spelat en stor roll vid senare tiders klimatförändringar beror på vilken TSI rekonstruktion man väljer.

Hypotes 2: Förändringar i jordens atmosfär

I kontrast mot den soldrivna hypotesen som postulerar att klimatförändringar drivs huvudsakligen av faktorer utanför jordens atmosfär, har många vetenskapsmän fokuserat på mekanismer som skulle kunna innebära förändringar i själva atmosfären över tid. På 1800-talet antog man att dessa förändringar ägde rum på naturlig basis. Men under 1900-talet började flera vetenskapsmän postulera att mänskliga aktiviteter skulle kunna signifikant förändra atmosfärens sammansättning och att vi därmed skulle kunna bidra till "människo-orsakade" klimatförändringar (ordet "antropogen" används ofta istället för "människo-orsakad").

För närvarande är de två huvudsakliga mekanismerna aktuella inom denna hypotes:

1. Förändringar i den atmosfäriska koncentrationen av de så kallade "växthusgaserna" – huvudsakligen vattenånga (H₂O), koldioxid (CO₂), metan (CH₄) ozon (O₃), och kväveoxider (N₂O). Dessa förändringar kan ske antingen på naturlig basis eller till följd av mänskliga aktiviteter. Ökade koncentrationer av växthusgaser tros leda till en långsiktig uppvärmningstrend.
2. Förändringar i koncentrationen av mycket små partiklar som man kallar aerosoler. Dessa förändringar kan också ske antingen av naturliga orsaker (t.ex. vulkanutbrott) eller till följd av mänskliga aktiviteter (t.ex. industriutsläpp). Ökade aerosolhalter i atmosfären tros leda till en nedkylande effekt som kan vara i 1 till 2 år. Då den andra mekanismen anses ge en mestadels kortsiktig påverkan kommer vi att fokusera på den historiska utvecklingen av den första mekanismen.



Växthuseffektmekanismens historia

År 1767 utförde Horace Benedict de Saussure ett experiment med en låda vars väggar var isolerade med kork och vars lock bestod av glas i 3 skikt. Han visade att solljus instrålade genom glaset

värmdes insidan av 2 identiska lådor till samma temperatur, trots att den ena stod på toppen av Mt. Crammont i de schweiziska alperna och den andra på slätterna nedanför. Detta var anmärkningsvärt då lufttemperaturen vid den lägre höjden var 34°F (19°C) varmare än vid den högre höjden. År 1822 föreslog Joseph Fourier att det här resultatet kunde förklaras av att luften absorberade energin avgiven av solen som värmdes marken, i likhet med glaset i Saussures solvärmda ugn.

Senare, i 1862, upptäckte John Tyndall i sitt laboratorium att medan syre och kväve var genomskinliga för jordens strålning (värmestrålning/infraröd strålning) så var andra gaser såsom vattenånga och koldioxid inte det. Han drog slutsatsen att "som en damm byggd över en flod orsakar en lokal fördjupning av flodens vatten, så utgör även vår atmosfär en barriär för jordens strålar, och orsakar en lokal förhöjning av temperaturen vid jordens yta."

Svante Arrhenius (som senare vann ett Nobelpris i kemi) accepterade Tyndalls slutsatser och använde argument från Luigi De Marchi för att förkasta förändringar i jordens omloppsbanan och solens luminositet som bidragande orsak till istider. Istället föreslog Arrhenius att förändringar i halterna av koldioxid i luften skulle ändra mängden av "sky radiation" som mötte jordens yta, vilket skulle påverka klimatet (med "sky radiation" menade han den infraröda strålningen som avges av varm luft). År 1896 beräknade han att en halvering av halten av koldioxid i atmosfären skulle räcka till att orsaka en istid. Det är nu allmänt erkänt att den tillgängliga informationen vid den tiden inte räckte till för uppgiften, och vid samma tid avvisade hans svenska forskarkollega Knut Ångström (som publicerade ett infrarött spektrum för koldioxid) hans slutsatser med argumentet att vattenånga skulle överväldiga varje inverkan som skulle kunna tillskrivas koldioxid.

Mätning av globala lufttemperaturer

Efter att den holländska vetenskapsmannen Daniel Gabriel Fahrenheit hade uppfunnit en pålitlig termometer 1714 och senare utvecklat temperaturskalan som bär hans namn, började folk och institutioner hålla register över lokala dagliga temperaturer. Det var dock inte förrän ungefär 1880 som tillräckliga observationer fanns tillgängliga för att man skulle kunna göra pålitliga uppskattningar av jordens medeltemperatur.

År 1938 återupplivade Guy Stewart Callendar Arrhenius teori att förändringar i atmosfärisk koldioxid signifikant kunde påverka världens temperatur, men inte tillräckligt för att orsaka istider. Med användning av temperaturdata från 200 platser runt jorden, som fanns tillgängliga via Smithsonian Institutet, beräknade Callendar en årlig global temperaturserie daterad tillbaka till mitten av 1800-talet (baserad på temperaturanomalier för varje station). Denna temperatur-tidsserie indikerade att de globala lufttemperaturerna hade ökat med ungefär 0.45°F (0.25°C) över de gångna 50 åren. Han beräknade också vilket bidrag som brännandet av fossila bränslen hade haft för koncentrationen av koldioxid. Genom att jämföra dessa två kalkyler uppskattade han att världens temperatur skulle öka med 0.9°F (0.5°C – se tabell nedan) när koncentrationen av koldioxid nådde 360 ppm. Medan man lovordade Callendars arbete och mod, kritiserade flera forskare hans arbete på vetenskapliga grunder; deras kritik är fortfarande giltig idag.

Mest anmärkningsvärt är att koldioxidkoncentrationerna nådde 360 ppm mycket snabbare än Callendar förutspådde (dvs. 1990 och inte 2200). Ändå var den globala temperaturen ungefär densamma 1990 som den var 1938 och den nuvarande bästa uppskattningen av den luftburna andelen koldioxid som finns kvar i atmosfären på grund av förbränning av fossila bränslen är närmare 50% än hans uppskattning på 75% .

Hur som helst har Callendars arbete fortfarande haft stort inflytande. I 1955 inspirerades Roger Revelle av Callendars idé att en höjning av koldioxidhalten i atmosfären kunde orsaka en ökad växthuseffekt. Revelle framförde vad han kallade "Callendar-effekten" och sa offentligt att

betydande skadliga effekter kunde inträffa mot slutet av 1900-talet. Ändå har 1900-talet slutat utan att dessa farhågor blev besannade.

Revelle, tillsammans med Charles Keeling och Harry Wexler, grundade Mauna Loa Observatory Measurements Program (i samråd med Callendar och andra) år 1958 för att övervaka förändringar i atmosfärisk koldioxid. Resultaten av detta program, som pågår än idag, kallas nu "Keelingkurvan." Keelingkurvan har visat att koncentrationen av koldioxid har ökat från 0,031% av atmosfären 1958 till 0,041% 2020. Enligt aktuella datormodeller baserade på Callendars och andras arbete borde detta ha lett till en märkbar långvarig antropogen global uppvärmning till följd av den förhöjda växthuseffekten. Därför tror forskare som förlitar sig på dessa modeller att de flesta av klimatförändringarna sedan 1800-talet har orsakats av människor.

Ökning av medeltemperatur från artificiell produktion av koldioxid				
Årligt överflöd av koldioxid till luften är 4300 miljoner ton Partiella trycket av koldioxid (PCO ₂) uttrycks i enheter på en tiotusendels atmosfär ΔT är ökningen från 1800-talets medeltemperatur Jämviktstid för havsvatten är 2000 år				
Period	1910-1930	20 th Century	21 st Century	22 nd Century
Mean P(CO ₂)	2.82	2.92	3.30	3.60
Mean ΔT	+0.07°C	+0.16°C	+0.39°C	+0.57°C
Polar Displacement of Climate Zones	15 km	36 km	87 km	127 km
Adapted from Callendar (1938)				

Var är vi idag?

De flesta forskare är överens om att förändringarna av koldioxid inte orsakade istiderna men att den långsiktiga förändringen av koldioxid faktiskt kan bero på Milankovitch-cyklerna. Men när det gäller klimatförändringar under de senaste 150 åren har effekten av Milankovitch-cykler antagits i allmänhet vara relativt långsamma och gradvisa, så att de flesta forskare söker efter en förklaring till förändringarna under de senaste två århundradena.

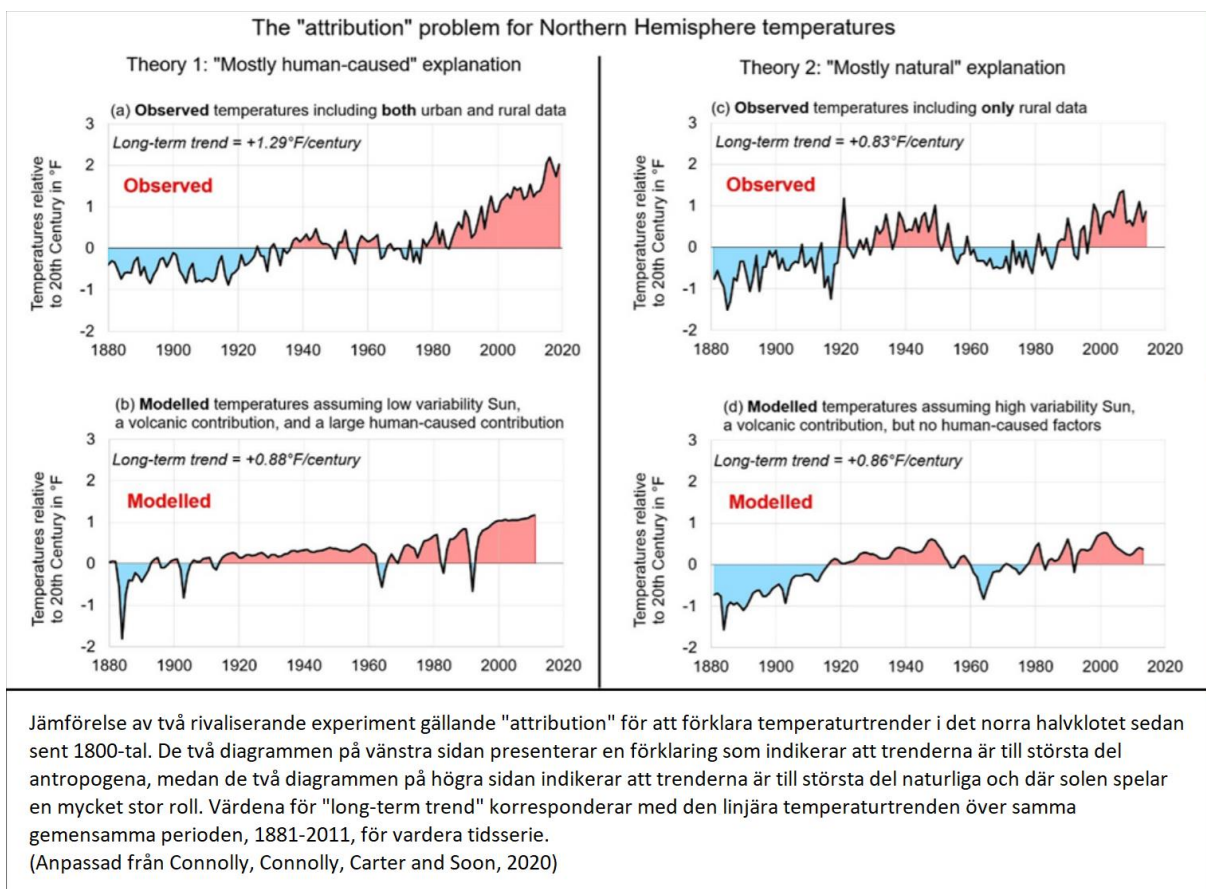
Sedan Callendars tid har tusentals fler registrerade temperaturserier från mätstationer blivit tillgängliga, mer än ett halvt sekel av koldioxidkoncentrationer har mätts, och satellituppskattningar av TSI har fastställts. Trots dessa framsteg förblir många av problemen som begrundades av Callendar och hans kollegor olösta när det gäller att framställa en global temperatur-tidsserie. Dessutom har en rad ytterligare problem som inte uppmärksammades av Callendar och hans kollegor uppstått och belyst flera vetenskapliga svårigheter.

En sådan svårighet som bör begrundas är Urban Heat Island Effect (UHI). Stadsområden är kända för att vara varmare än det omgivande landskapet. När områden blir mer urbaniserade blir tillhörande UHI större. Om en väderstation är i ett område med stadstillväxt finns det således en risk att väderstationens mätningar kan bli påverkade av denna lokaliserade uppvärmning. Callendar hade misstankar om att en sådan effekt skulle kunna existera, men han beräknade att den var tämligen blygsam.

Än idag finns det en pågående debatt inom det vetenskapliga samfundet om huruvida UHI effekten är betydande eller relativt liten. IPCC har hävdats att nettoeffekterna av UHI-påverkan är mycket mindre än den långsiktiga globala uppvärmningen sedan slutet av 1800-talet. Andra forskare instämmer inte alls. Till exempel beräknade Soon, Connolly och Connolly (2015) temperaturtrender för det norra halvklotet med användande av endast landsbygdsstationer och de deras resultat skilde sig gentemot standarduppskattningarna som inkluderade både stads- och landsbygdsstationer. Dessa två kontrasterande uppskattningar kan ses i figuren nedan. Å andra sidan (se figurens högra sida), om

man använder uppskattningarna endast för landsbygden och anammar en av TSI-uppskattningarna med höga solvariationer kan de flesta trender sedan minst 1881 förklaras i termer av naturlig klimatförändring.

Wilken av de två konkurrerande förklaringarna är korrekt, eller har båda fel? Många som inte är vetenskapsmän antar att den vetenskapliga processen är linjär och att vetenskapen alltid rör sig framåt. Det vill säga att forskare hittar ett svar på ett problem och går sedan vidare till nästa. Vetenskap är mycket stökigare än så, då, till skillnad från sunt förnuft, vetenskapen inte är intuitiv. Forskare som analyserar samma data kan ofta komma till olika slutsatser. Ny data och insikter reviderar ständigt vår tidigare förståelse. Därför uppmuntrar vi er att gräva djupare och ställa frågor.



Dr. Michael Connolly, Center for Environmental Research and Earth Sciences, Salem MA
Dr. Ronan Connolly, Center for Environmental Research and Earth Sciences, Salem MA
Dr. Willie Soon, Astrophysicist, Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

Översättning: Stephen Wilks

För mer Information

Connolly, R., M. Connolly, R.M. Carter, and W. Soon (2020): How much human-caused global warming should we expect with business-as-usual (BAU) climate policies? A semi-empirical assessment. *Energies*, 13(6), 1365.

Scafetta, N. R.C. Willson, J.N. Lee, and D.L. Wu (2019): Modeling quiet solar luminosity variability from TSI satellite measurements and proxy models during 1980–2018. *Remote Sensing*, 11(21), 2569.

Soon, W., R. Connolly, and M. Connolly (2015): Re-evaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century. *EarthScience Reviews*, 150, 409-452.

Soon, W., and S.H. Yaskell (2003): *The Maunder Minimum and the Variable Sun-Earth Connection*. River Edge, NJ: World Scientific Publication Company, Inc.

Hoyt, D.V., and K.H. Schatten (1997): *The Role of the Sun in Climate Change*. 1st Edition, Oxford, UK: Oxford University Press.