

Antropogene opwarming: een “realistische” klimaatbeschouwing.

Dat de uitstoot van CO₂ door het gebruik van fossiele brandstoffen invloed heeft op de wereldwijde, gemiddelde temperatuur staat hier niet ter discussie. Om te weten hoe érg dat eigenlijk is, moet de vraag beantwoord worden: “hoeveel doet die extra CO₂ dan?”

Het antwoord op die vraag hangt af van 3 factoren. De *eerste factor* van belang is *de hoeveelheid CO₂ die na uitstoot daadwerkelijk in de atmosfeer blijft*. Op basis van ruim 60 jaar aan metingen van de CO₂-concentratie en de redelijk goed bekende CO₂-uitstoot door het gebruik van fossiele brandstoffen, weten we dat de uitstoot al enige tijd, jaarlijks ongeveer 5 ppm CO₂ aan de atmosfeer toevoegt. Daarvan neemt de natuur, m.n. door de oceanen en de wereldwijde vergroening (bij de huidige concentratie in de atmosfeer van zo'n 420 ppm) ook jaarlijks ongeveer de helft op. Als we qua emissie met 5 ppm/jaar doorgaan, en daar lijkt het op, dan zal die CO₂-concentratie in de atmosfeer uiteindelijk stijgen tot zo'n 560 ppm. Bij die “overdruk” aan CO₂ zal de natuur jaarlijks precies zoveel opnemen als we uitstoten [1]. Toevallig is die 560 ppm nagenoeg het dubbele van de pre-industriële concentratie van ongeveer 280 ppm die door veel klimaat-alarmisten als ideale streefwaarde wordt gezien.

Of terugkeer naar die waarde door het stoppen van het gebruik van fossiele brandstoffen ook een “ideaal” klimaat oplevert, is nog maar de vraag. Zeker zal de huidige vergroening van de Aarde stoppen en het aantal misoogsten in de wereld toenemen. Het verbruik aan water in de landbouw zal nml. drastisch toenemen bij een daling van het CO₂-gehalte en de boeren in de drogere gebieden zullen daarvan de dupe worden omdat het temperatuureffect van een dergelijk “net-zero” beleid erg klein zal blijken.

Het IPCC, het *International Panel on Climate Change* van de Verenigde Naties houdt ons echter voor dan de toename aan CO₂ veel groter zal zijn. Dat is op basis van niet gevalideerde modellen die verblijftijden van exces CO₂ op honderden jaren stelt. Door die navenant grote toename van CO₂ in de atmosfeer zou dan de temperatuur op Aarde ondraaglijk hoog moeten worden. Ze komen zelfs met angstaanjagende CO₂-scenario's van het 4-voudige van het pre-industriële niveau, met temperatuurstijgingen van wel 6°C of meer, als we niet onmiddellijk ingrijpen. Dat instituten als het KNMI dat soort voorspellingen klakkeloos vertalen in bv. een zeespiegelstijging van 1.2 meter aan het eind van deze eeuw, laat zien hoe weinig kritisch klimaat-alarmisten dit soort ongefundeerde voorspellingen accepteren. Of erger nog, misbruiken om als ware onheilsprefeten fictieve “rampen” te voorspellen.

We zullen hier niet verder ingaan op de absurditeit van die IPCC/KNMI-claims, maar de voorspelde verdubbeling van de CO₂-concentratie is een mooi bruggetje naar de *tweede factor* van belang in de toekomstige opwarming, namelijk *de sterkte van het effect van CO₂ als broeikasgas*. Die wordt veelal uitgedrukt als $F_{2\times CO_2}$, de zgn. *forcing* door de verdubbeling van de CO₂ concentratie. Ons klimaat wordt gekarakteriseerd door de temperatuur waarbij de uitgaande, koelende Infrarode straling in evenwicht is met de binnenkomende, opwarmende zichtbare straling van de Zon. Het plotseling verdubbelen van de concentratie van het broeikasgas CO₂ verstoort dat evenwicht met deze $F_{2\times CO_2}$ waardoor er tijdelijk meer Zonnewarmte wordt aangevoerd dan er door Infraroodstraling aan warmte naar het heelal wordt afgevoerd. Daardoor wordt het warmer en dat proces stopt pas zodra de hogere temperatuur met als gevolg meer uitstraling, het stralingsevenwicht heeft hersteld.

Ook voor die waarde $F_{2\times CO_2}$ is er de nodige onduidelijkheid. Zo kent het IPCC in haar laatste rapport (AR6) daar een waarde van $3.9 \pm 0.5 \text{ W/m}^2$ aan toe [2], terwijl de meest recente berekeningen op basis van de beste spectroscopische gegevens die we hebben, niet meer dan 3.0 W/m^2 opleveren [3]. Bovendien is die laatste een zgn. heldere hemel-waarde. De ruwweg 2/3 bewolgingsgraad op Aarde

die de lagere regionen van de Troposfeer en dus ook het effect van CO₂ afschermt, zal die waarde zeker verlagen tot minder dan 2.0 W/m² [4].

Net zoals het alarmistisch hoge CO₂-niveau, berekent het IPCC hiermee dus ook nog eens een factor 2 hoger broeikas effect dan die fossiele uitstoot in werkelijkheid zal hebben. Als het om het voorspellen van de toekomstige opwarming door meer CO₂ gaat, blaast het IPCC de werkelijkheid dus sowieso al een factor 4 kunstmatig op door het gebruik van sterk geflatteerde CO₂-waarden en modellen.

De *derde factor* van belang in het antwoord op de vraag “hoeveel doet die extra CO₂ dan?”, is de zgn. “klimaatgevoeligheid”. De waarde hiervoor beschrijft de temperatuurverhoging a.g.v. een bepaalde *forcing* door CO₂. Het “vertaalt” daarmee de waarden van bovenstaande 2 factoren in een daadwerkelijke temperatuurverhoging. Zijn de voorspellingen t.a.v. de toekomstige CO₂-concentraties en de sterkte van CO₂ als broeikasgas nog redelijkerwijs te bediscussiëren op basis van fysische modellen en metingen, deze klimaatgevoeligheid is merkwaardig genoeg een gebied van eindeloze speculaties.

Dat is in feite onnodig. Al heel lang weten we in principe heel goed hoe groot die klimaatgevoeligheid is. Zo’n 50 jaar geleden voorspelden onderzoekers van NASA dat een verdubbeling van de CO₂-concentratie tot hooguit 0.8 °C opwarming zou leiden [5]. Daar werd zelfs door NASA toen een persbericht over gemaakt. Als je terugreken zou dat duiden (via de 0.3 °C/W/m² voor de toen gebruikelijke klimaatgevoeligheid) op een F_{2xCO₂} ≈ 2.5 W/m². Dat lijkt redelijk goed op de eerdergenoemde waarden van 2-3 W/m². Deze 0.8 °C is echter veel lager dan de opwarming die het IPCC, gesteund door de huidige generatie, maar duidelijk “klimaat-alarmistische” wetenschappers van NASA, nu beweert met een range van zo’n 3 tot 4 °C voor 2xCO₂.

Die laatste claims zijn gebaseerd op de berekende opwarming middels zeer geavanceerde klimaatmodellen. Maar “geavanceerd” betekent in de klimaatwereld vaak “complexer”, maar niet noodzakelijkerwijs “beter” of “nauwkeuriger”. De laatste generatie (CMIP6) van deze “*Ocean-coupled Global Circulation Models*” (GCMs) wijken in hun berekeningen over de laatste 40 jaar nog meer af van de gemeten realiteit dan de vorige generatie (CMIP-5) GCMs. Dat die GCMs niet goed genoeg zijn geeft NASA, zij het diep verborgen op een incurante website [6], ruitelijk toe. Ze stellen zelfs dat die nog een factor 100 (!) moeten verbeteren om enige voorspellende waarde te krijgen. Toch publiceert het IPCC de uitkomsten als “waar” en betrouwbaar, en hoor of lees je dit soort “*disclaimers*” nergens.

Het IPCC verklaart die grote klimaatgevoeligheden liever met de zgn. klimaat-terugkoppelingen of in de Engelstalige literatuur: *climate feedbacks*. Dat zijn de effecten in de atmosfeer a.g.v. de opwarming door CO₂, die deze opwarming nog extra versterken. Hoewel alles wat op natuurlijke wijze in ons klimaat verandert in feite als *feedback* kan worden aangemerkt, zijn de 4 grotere effecten waarover het IPCC het met name heeft, allemaal gekoppeld aan de overheersende rol van water in ons klimaat.

Het belangrijkste terugkoppel-effect daarbij, de *Water-vapor feedback*, komt door de toename van waterdamp in de atmosfeer bij een temperatuurverhoging aan het oppervlak. Aangezien waterdamp zelf een sterk broeikasgas is, wordt het logischerwijs daardoor extra warm. Die opwarming wordt enigszins gecompenseerd door de extra verdamping van dat water, hetgeen afkoelend werkt. Dat wordt geduid met de zgn. *Lapse-rate feedback*. Beide feedbacks, die aan elkaar gekoppeld zijn, werken in het langgolvlige uitstralingskanaal met netto een duidelijk opwarmend effect. Het temperatuur effect van de verdubbeling van CO₂ wordt daardoor met ongeveer 1/3^{de} vergroot.

Een derde terugkoppeling is de *Cloud feedback*, het effect van bewolking die verandert o.i.v. de temperatuur. *Cloud feedback* werkt zowel op de binnenkomende, opwarmende Zonnestraling als op

de uitgaande, koelende infraroodstraling. Algemeen wordt aangenomen dat de bewolking afneemt bij een opwarmende Aarde. Omdat daarbij meer Zonnestraling binnenkomt dan er infraroodstraling uitgaat, hebben deze *Cloud feedbacks* volgens het IPCC een netto een opwarmend karakter. Dat is overigens niet absoluut zeker, sommige wolkenmodellen tonen zelfs een klein afkoelend effect. Als het opwarmt, zullen ook de poolkappen en gletsjers gedeeltelijk smelten waardoor de reflectie van de Aarde afneemt, en er meer Zonlicht wordt geabsorbeerd. Dit 4^e terugkoppelmechanisme, de *Albedo feedback* werkt dus typisch op de instraling en zal daarmee ook tot extra opwarming leiden.

Het argument om *climate feedbacks* te gebruiken om de hoge klimaatgevoeligheid zoals berekend uit klimaatmodellen te rechtvaardigen, is om meerdere redenen twijfelachtig. Allereerst gezien de klimaatveranderingen uit het verleden. Ver vóór het huidige industriële tijdperk met CO₂-emissies moeten die *feedbacks* ook al hun rol hebben gespeeld. Het gaat hier immers om effecten a.g.v. het natuurlijke, thermisch gedreven gedrag van water in ons klimaatsysteem. Als die extra opwarming niet door de antropogene CO₂-uitstoot maar door een feller schijnende Zon zou komen, dan waren die terugkoppelingseffecten niet anders. De klimaatgevoeligheid dus ook niet.

In de tweede plaats: die hoge klimaatgevoeligheden uit die klimaatmodellen worden afgeleid van de berekende opwarming over een bepaalde periode, gedeeld door de *forcing* a.g.v. de toegepaste toename in CO₂. Daarbij wordt dus stilzwijgend aangenomen dat de temperatuurberekening correct is. Maar klimaatmodellen werken niet anders dan weermodellen. Ze berekenen veranderingen in de tijd t.o.v. de uitkomst van de vorige berekening over de toestand van het klimaat enige uren eerder. We weten allemaal hoe snel weersvoorspellingen daardoor gaan afwijken van de werkelijkheid. Nu vernieuwen we weersvoorspellingen tenminste iedere dag op basis van de laatste meetgegevens, maar bij klimaatberekeningen kunnen we dat niet. Hele kleine, systematische afwijkingen hebben dan na een aantal jaren vooruit rekenen, een enorme impact op de voorspelde temperatuurstijging. De nog benodigde 100x nauwkeurigheid genoemd door NASA, is in dat licht zelfs optimistisch [7].

Het is dan ook bijzonder vreemd dat die uitleg van het IPCC al jarenlang breed geaccepteerd wordt door klimaatwetenschappers. Zeker in het licht van het gegeven dat we de opwarming door een iets fellere Zon, redelijk goed kennen. Die “natuurlijke” klimaatgevoeligheid wordt namelijk gegeven door de inverse van de zgn. *Planck feedback parameter*, veelal aangegeven met het symbool λ_{PL} en gedefinieerd als $1/\lambda_{PL} = \partial T_S / \partial N$, de partiële afgeleide van de oppervlaktetemperatuur T_S naar de onbalans N op de *Top of the Atmosphere* (TOA) [8]. Die partiële afgeleide is om aan te geven dat in het geval van een fellere Zon, er verder “niets in ons klimaatsysteem verandert”. Dat is voor de hoeveelheid CO₂ absoluut waar, maar de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer zal bij een temperatuurverandering hoe dan ook toenemen. Of we dat nu willen of niet.

Voor een verandering van de Zonnesterkte die zo’n kleine onbalans ∂N veroorzaakt, kunnen we nu berekenen dat $\lambda_{PL} = 4SW_{IN}/T_S$. Daarin is SW_{IN} met ongeveer 240 W/m² de hoeveelheid Zonlicht geabsorbeerd in ons klimaatsysteem. Met de gemiddelde temperatuur van 15°C of 288 K, levert dat $\lambda_{PL} = 3.3 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Vandaar een klimaatgevoeligheid van $1/\lambda_{PL} = 0.3 \text{ K/W/m}^2$ die men indertijd ook bij NASA gebruikte bij het bepalen van de 0.8°C temperatuurverhoging door de verdubbeling van de CO₂-concentratie. Immers het maakt niet uit of die verstoring in de stralingsonbalans nu komt van een fellere Zon, of door iets meer broeikasgas; het gaat immers over het verschil $N = SW_{IN} - LW_{OUT}$.

Als die stelling inderdaad waar is, en het is fysisch echt niet te verklaren waarom niet, dan moet dat betekenen dat die eerdergenoemde *climate feedbacks* medebepalend zijn voor die *Planck feedback parameter*. Het bewijs daarvoor is betrekkelijk eenvoudig te leveren [9]. We gaan daarbij uit van het broeikas effect G . Deze is op een aantal manieren te definiëren, maar hier is gekozen voor de definitie

$$G = LW_{UP} - LW_{OUT} \quad (1)$$

Dit is het verschil tussen het stralingsniveau LW_{UP} dat past bij de oppervlaktetemperatuur T_s volgens de stralingswet van Stefan-Boltzmann $LW_{UP} = \epsilon \sigma T_s^4$. Daarin is σ een natuurconstante en de "emissivity" ϵ voor Infrarode straling bijna 1. LW_{OUT} is de uitstraling op het TOA-niveau en moet daar in stralingsevenwicht gelijk zijn aan de inkomende straling SW_{IN} volgens $LW_{OUT} = SW_{IN}$. Stel nu dat we op enig tijdstip $t = 0$, CO_2 toevoegen aan deze atmosfeer, dan zal het broeikaseffect toenemen met een forcing ΔF_{GHG} (GHG staat voor het Engelse *Greenhouse gas*) evenredig met de hoeveelheid CO_2 . In eerste instantie zal die *forcing* de uitstraling verder blokkeren en LW_{OUT} doen verminderen. Daardoor wordt (tijdelijk) $SW_{IN} > LW_{OUT}$ hetgeen opwarming tot gevolg heeft. Opwarming betekent een toename in LW_{UP} hetgeen leidt tot een toename in LW_{OUT} . Dat proces stopt uiteindelijk als LW_{OUT} weer gelijk is aan SW_{IN} .

Dat hoeft overigens niet dezelfde SW_{IN} te zijn als voor $t = 0$. Immers, het is warmer geworden en waarschijnlijk is er daarom wat sneeuw en ijs van de poolkappen en gletsjers verdwenen. Daardoor is de Zonlicht absorptie van de Aarde wat toegenomen en dus ook SW_{IN} iets groter. Dit is een typisch voorbeeld van *climate feedback*, in dit geval de *Albedo feedback*. Maar ook de bewolking zal zich enigszins hebben aangepast aan de nieuwe temperatuur. Ook in de verandering van G als gevolg van die opwarming zullen *climate feedbacks* hun rol spelen. Neem de toename aan waterdamp in de atmosfeer bij een warmer wordend klimaat. Het zal het broeikaseffect van die extra CO_2 versterken. Als er weer evenwicht is aan het einde van dat opwarmingsproces, kunnen we die blijvende verandering in het broeikaseffect ΔG als gevolg van de CO_2 -*forcing* en de *climate feedbacks* door de temperatuurverhoging ΔT_s schrijven als:

$$\Delta G = \Delta F_{GHG} + \gamma \Delta T_s \quad (2)$$

De term ΔF_{GHG} geeft aan dat de atmosferische samenstelling door extra CO_2 is veranderd. Dat is een temperatuur-onafhankelijk effect. De term $\gamma \Delta T_s$ is de som van de veranderingen in G onder invloed van de blijvende temperatuurverhoging ΔT_s . We moeten dan dus denken aan de extra verdamping, de extra hoeveelheid waterdamp en de veranderde hoeveelheid bewolking. Die geven allemaal kleine, maar zeker niet verwaarloosbare aanpassingen in het broeikaseffect G .

Hierboven hadden we al laten zien dat ook SW_{IN} blijvend verandert door het smelten van ijs/sneeuw, maar ook door de veranderde bewolgingsgraad. Die zaken hebben effect op de instraling. We schrijven dus analoog aan de permanente verandering in G voor de verandering in SW_{IN} :

$$\Delta SW_{IN} = \Delta F_{SW} + \alpha \Delta T_s \quad (3)$$

De factor $\alpha \Delta T_s$ is daarin de som van terugkoppelingen in het instralende kanaal. Voor de volledigheid hebben we ook een *forcing* ΔF_{SW} in dit kortgolvige pad opgenomen. Als voorbeeld: meer waterdamp door een hogere temperatuur geeft aanleiding tot meer absorptie van Zonlicht maar dat zit uiteraard al in de term $\alpha \Delta T_s$. Als we meer fossiele brandstoffen verstoppen, leiden aerosolen als roet en zwavel-oxides ook tot veranderingen in de atmosfeer die niet een gevolg zijn van de temperatuur, maar wel invloed hebben op de inkomende straling SW_{IN} . Vandaar de term ΔF_{SW} waarvan we op dit moment nog niet weten hoe groot die *forcing* echt is. Maar *pro-forma* moet die wel worden meegenomen. De som van beide veranderingen is nu dus te schrijven als:

$$\Delta SW_{IN} + \Delta G = \Delta F_{SW} + \alpha \Delta T_s + \Delta F_{GHG} + \gamma \Delta T_s = \Delta F_{TOT} + \lambda_{FB} \Delta T_s \quad (4)$$

Hierin is ΔF_{TOT} de som van alle, door externe factoren aangebrachte *forcings* die onafhankelijk van de temperatuur zijn. De term $\lambda_{FB} \Delta T_s$ is nu de som van alle temperatuurafhankelijke effecten in onze atmosfeer, gekarakteriseerd door λ_{FB} de (netto) som van alle *climate feedbacks*.

We kunnen nu vergelijking (1) voor de verandering tussen de evenwichtstoestand voor $t = 0$ en de “nieuwe” evenwichtstoestand na $t = 0$ ook schrijven als

$$\Delta G + \Delta SW_{IN} = \Delta LW_{UP} - \Delta LW_{OUT} + \Delta SW_{IN} = \Delta LW_{UP} \quad (5)$$

Immers in beide evenwichtstoestanden geldt $LW_{OUT} = SW_{IN}$, dus geldt ook $\Delta LW_{OUT} = \Delta SW_{IN}$. Als we daarna (4) en (5) combineren, krijgen we een uitdrukking die de verandering in LW_{UP} en dus een verandering in de oppervlaktetemperatuur T_s , koppelt aan de som van *forcings* en *climate feedbacks*:

$$\Delta LW_{UP} = \Delta F_{TOT} + \lambda_{FB} \Delta T_s \quad (6)$$

Voor kleine veranderingen kunnen we $\Delta LW_{UP} = \Delta(\epsilon \sigma T_s^4)$ ook schrijven als $\lambda_s \Delta T_s$ met $\lambda_s = 4LW_{UP}/T_s$. Dat leidt dan tot de algemene relatie voor de opwarming a.g.v. een forcing ΔF_{TOT} :

$$(\lambda_s - \lambda_{FB}) \Delta T_s = \Delta F_{TOT} \quad (7)$$

De klimaatgevoeligheid is dan $1/(\lambda_s - \lambda_{FB})$ en niet zoals het IPCC stelt: $1/(\lambda_{PL} - \lambda_{FB})$.

We kunnen ook beide zijden van (6) door ΔT_s delen en de limiet $\Delta T_s \rightarrow 0$ nemen. Dat levert:

$$\lambda_s = \lambda_{PL} + \lambda_{FB} \quad \text{of} \quad \lambda_{PL} = \lambda_s - \lambda_{FB} \quad (8)$$

waarbij gebruik is gemaakt van $\lambda_s = dLW_{UP}/dT_s = 4LW_{UP}/T_s$ en $\lambda_{PL} = dF_{TOT}/dT_s$. Die laatste relatie is equivalent aan de eerdergenoemde definitie $1/\lambda_{PL} = \partial T_s / \partial N$. De kleine *forcing* dF_{TOT} is immers *per definitie* de geïnduceerde verstoring van de stralingsbalans N op TOA. Het omgekeerde is ook waar, een kleine verandering dT_s vertaalt zich in een verstoring dN op TOA gelijk aan $\lambda_{PL} dT_s$.

Volgens het IPCC met die hoge klimaatgevoeligheid door *feedbacks*, hadden we deze relatie tussen opwarming en *forcings* moeten schrijven als $\Delta T_s / \Delta F_{TOT} = 1/(\lambda_{PL} - \lambda_{FB})$. Als we dat invullen in de gelijkheid (6), dan krijgen we de merkwaardige oplossing $\lambda_s = \lambda_{PL}$. Aangezien die alleen maar waar kan zijn voor een “kale” planeet Zonder atmosfeer, is duidelijk dat een dergelijke relatie tussen opwarming en *forcing* als die van het IPCC, simpelweg niet correct kan zijn.

Fysisch bezien zou het ook vreemd zijn dat de natuur twee verschillende parameters λ_{PL} en λ_{FB} nodig zou hebben om een en hetzelfde fenomeen te beschrijven, nml. het temperatuurgedrag van ons klimaat. Dat moet los staan van de vraag of daar nu iets meer of minder CO_2 in zit. Zouden we de kale planeet Aarde, molecule voor molecule van een atmosfeer voorzien die uiteindelijk de huidige situatie zou creëren, dan moet je je afvragen bij hoeveel moleculen die splitsing tussen λ_{PL} en λ_{FB} dan plaatsvindt. In ieder geval niet bij het 1^{ste} molecule. Maar als het dan niet gebeurt, waarom zou het dan wel bij het 100000^{ste} of het 10 miljoenste plotseling gebeuren?

Vergelijking (8) is daarom heel logisch, en laat zien dat de *Planck feedback parameter* geen “zelfstandige” parameter is, maar afgeleid van twee echt onafhankelijke *feedbacks*. Daarvan is λ_s duidelijk gekoppeld aan de Stefan-Boltzmann relatie, de koppeling tussen de uitstraling van een vast lichaam als een “kale” planeet met de oppervlaktetemperatuur T_s . Iedere planeet in het heelal, met of Zonder atmosfeer reageert dienovereenkomstig. De andere component is de integrale *climate feedback* parameter λ_{FB} die het temperatuur gedrag van een specifieke atmosfeer representeert. Voor de Aarde is λ_{FB} gekoppeld aan het gedrag van het condenseerbare broeikasgas “waterdamp”. Rond het huidige setpoint van ons klimaat, $T_s \approx 288K$ met een bandbreedte van ruwweg 230–330K, kan zich dat zowel in vaste, vloeibare of gasvormige toestand bevinden. Kleine wijzigingen in de temperatuur veranderen dan dus automatische de verdeling daartussen en daarmee ook het klimaatsysteem.

De gelijkheid $1/\lambda_{PL} = 1/(\lambda_s - \lambda_{FB})$ is daarmee ook de logische uitdrukking voor de klimaatgevoeligheid. Die is niet specifiek voor broeikasgassen, maar (7) geldt voor iedere verstoring van de stralingsbalans

op TOA. Voor λ_{PL} berekenden we al met de gemeten SW_{IN} en T_S dat die $3.3 \text{ W/m}^2/\text{K}$ moet zijn. Voor de “oppervlakte” *feedback* $\lambda_S = 4 \text{ LW}_{UP}/T_S = 4\epsilon\sigma T_S^3$ berekenen we voor ons huidige klimaat $5.5 \text{ W/m}^2/\text{K}$. Voor de som van *climate feedbacks* volgens (7) betekent dat $\lambda_{FB} = 2.2 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

Niet geheel verrassend is die waarde gelijk aan de *most likely* waarde van het IPCC zoals zij die in hun AR6 rapport vermelden voor de som van deze *feedbacks* [2]. Weliswaar met een redelijke foutenmarge, maar zo slecht zijn de atmosfeer-modellen in die geavanceerde GCMs dus kennelijk ook weer niet. Het is daarom des te merkwaardiger dat het IPCC i.p.v. $1/\lambda_{PL} = 0.3 \text{ K/W/m}^2$ voor de klimaatgevoeligheid, dan toch vasthoudt aan de doctrine van *climate feedbacks* die als onafhankelijk van de *Planck feedback parameter* worden beschouwd, en rekest met $1/(\lambda_{PL} - \lambda_{FB}) = 0.9 \text{ K/W/m}^2$.

Zo komt men tot die absurd hoge klimaatgevoeligheid die een factor 3 hoger is dan de “natuurlijke” waarde. Daarmee overdrijft het IPCC hun projecties voor de toekomstige opwarming nog meer. Niet alleen met een veel te hoge CO_2 -concentratie in 2100 en een veel te hoge broeikassterkte $F_{2x\text{CO}_2}$, maar bovenal berekend met een veel te hoge klimaatgevoeligheid. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de UN Secretary General Mr. Antonio Guterres recentelijk het “*koken van de oceanen*” als metafoor voor die toekomstige opwarming is gaan gebruiken. Als je 2x te hoog zit in je CO_2 -scenario, 2x te hoog in de sterkte van het broeikas effect van CO_2 en 3x te hoog in de klimaatgevoeligheid, zit je qua schatting 12x, of conservatief afgerond tot “een orde te hoog” in de impact van de CO_2 -uitstoot.

Neem je de huidige uitstoot zoals gemeten en de fysisch plausible waarden voor broeikassterkte en klimaatgevoeligheid, dan kom je uit op een temperatuurstijging van zo’n $0.06 \text{ }^\circ\text{C}/\text{decennium}$. De totaal te verwachten temperatuurstijging door CO_2 sinds het pre-industriële tijdperk, die zoals uitgelegd slechts maximaal zal verdubbelen tot 560 ppm, blijft daarmee beperkt tot ongeveer $0.6 \text{ }^\circ\text{C}$. Ver onder het “Parijs-akkoord”. Tenminste, als we die “echte” waarden gebruiken voor de broeikassterkte onder normaal bewolkte hemels $F_{2x\text{CO}_2} = 2 \text{ W/m}^2$, en de klimaatgevoeligheid van $1/\lambda_{PL} = 0.3 \text{ K/W/m}^2$. Dat maximum zal ergens in de 2^e helft van deze eeuw bereikt worden, en is totaal geen aanleiding tot panische maatregelen als het verbieden of afschaffen van fossiele brandstoffen.

Maar toch is de gemeten opwarming met $0.15 - 0.2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{decennium}$ veel sneller aan het stijgen dan we hierboven berekenen [9]. Dat is ongeveer 3x zo veel als we realistisch aan de CO_2 -toename kunnen toeschrijven. Die constatering is waarschijnlijk de voornaamste reden waarom het IPCC nog altijd blijft volhouden dat de factor 3 in hun klimaatgevoeligheid de “werkelijkheid” weergeeft.

De oorzaak van die extra opwarming is echter in tegenstelling tot wat het IPCC ons probeert wijs te maken, helemaal niet gekoppeld aan de antropogene uitstoot. Het is een gevolg van andere, waarschijnlijk “natuurlijke” processen die m.n. in het kortgolfige kanaal de instraling van de Zon hebben doen toenemen. Met gebruikmaking van de vergelijkingen (2) en (3) blijkt op basis van een analyse van de CERES-metingen dat die “natuurlijke” opwarming aanzienlijk groter is dan de antropogene bijdrage [9]. Deze, aan de instraling gerelateerde opwarming is heel duidelijk niet gekoppeld aan bv. de *Cloud feedback*, wat vaak als reden wordt aangevoerd voor de toename in SW_{IN} .

Wat dan wel de oorzaak daarvan is, is 1-2-3 niet duidelijk. Het heeft waarschijnlijk te maken met meerdere oorzaken zoals bv. veranderende zeestromen en een aanzienlijk schonere lucht boven m.n. het Oosten van de USA en de West-Europese landen. Dat laatste moet haast een gevolg zijn van het sluiten van o.a. kolencentrales en de afbouw van de zware industrie sinds 1980 waardoor de luchtvervuiling daar aanzienlijk is verminderd.

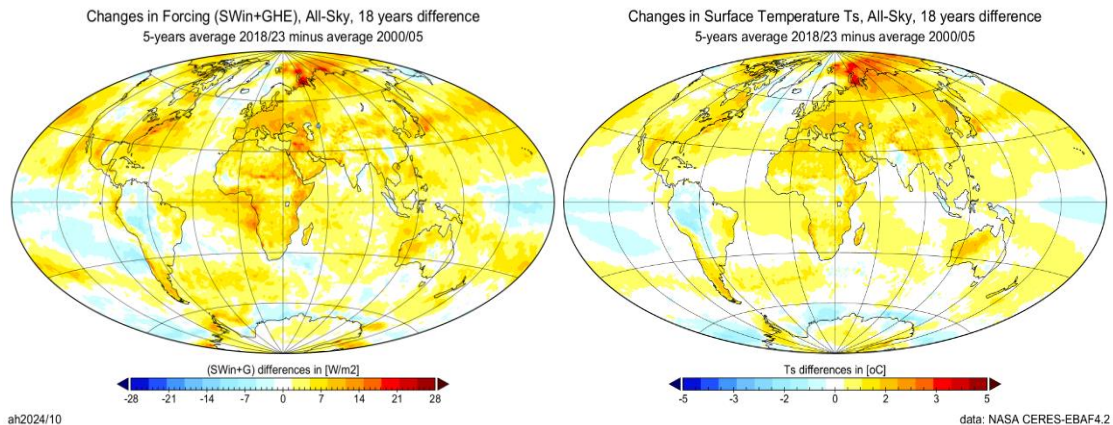


Figure 1. Veranderingen in de CERES-data zichtbaar gemaakt door het verschil te nemen van 5-jaars gemiddelden (2000/2005 en 2028/2023), die 18 jaar uit elkaar liggen. Aan de linkerzijde zien we de veranderingen in de som ($\Delta SW_{IN} + \Delta G$) van de binnenkomende Solar flux SW_{IN} en het broeikas effect G . Die som representeert volgens vgl.(4) de som van alle forcings ΔF_{TOT} en de climate feedbacks $\lambda_{FB} \Delta T_s$. De rechterzijde laat de verandering zien in de oppervlaktetemperatuur ΔT_s . Voor een eenvoudige vergelijking zijn de kleurschalen aangepast met de oppervlakte feedback parameter $\lambda_s = 5.5 \text{ W/m}^2/\text{K}$ volgens vgl.6. Het laat impliciet het “gelijk” zien van vgl.(5-7) en de zeer lokale concentratie van de globale opwarming. De vele afkoelende gebieden (blauw) tonen dat de antropogene opwarming door CO_2 die gelijkmatig verdeeld over de Aarde zou moeten zijn, hooguit een uiterst beperkt achtergrondverschijnsel vormt.

Speculeren daarover heeft weinig zin, omdat we over dat soort effecten maar weinig weten. De CERES-metingen laten echter wel het eind-effect daarvan zien. Zonder die hieraan gekoppelde toenames in het SW_{IN} -kanaal, kan de geografische verdeling van gemeten opwarming namelijk niet of slecht verklaard worden. De verandering in de combinatie van SW_{IN} en G zoals in vgl. (5) kan dat wel, zoals bijgaand plaatje van 23 jaar satelliet-data laat zien.

Voor details in de afleiding van de relatie $\lambda_{PL} = (\lambda_s - \lambda_{FB})$ en de analyse van 23-jaar aan stralingsdata uit het CERES-project wordt verder verwezen naar het originele artikel [9].

Ad Huijser, december 2024

Referenties:

1. Le Pair C. and Huijser A. (2020), **How does CO_2 Escape?**
<http://www.clepair.net/oceanCO2-4.html>
2. Climate Change (2021), **The Physical Science basis IPCC WG 1**, 6th Assessment Report Technical Summary TS3.2 pg.93-97, <http://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1>
3. Van Wijngaarden W. & Happer W. (2021), **Relative Potency of Greenhouse Molecules**,
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.16465>
4. Huijser A. (2024), recente analyse n.a.v. [9], nog te publiceren
5. Rasool S. & Schneider S. (1971), **Atmospheric Carbon Dioxide and Aerosols: Effects of Large Increases on Global Climate**, Science, Vol. 173, 138-141
<https://doi.org/10.1126/science.173.3992.138>

6. <https://isccp.giss.nasa.gov/role.html> see chapter: CLOUD CLIMATOLOGY: COMPUTER CLIMATE MODELS: *“...today's models must be improved by about a hundredfold in accuracy, a very challenging task. To develop a much better understanding of clouds, radiation and precipitation, as well as many other climate processes, we need much better observations.”*
7. Frank P. (2019), **Propagation of Error and the Reliability of Global Air Temperature Projections**, Front. Earth Sci. 7:223, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2019.00223/full>
8. In de hier gebruikte definitie is het “minteken” dat altijd aan λ_{PL} wordt toegekend als zijnde een “echte” *feedback*, voor de eenvoud van formules weggelaten. In [9] is dat niet het geval.
9. Huijser A. (2024), **Greenhouse Feedbacks are Intrinsic Properties of the Planck Feedback Parameter**, Science of Climate Change **4.1**, 89-113, <https://doi.org/10.53234/scc202411/03>