

# WAAR KOMT AL DAT CO<sub>2</sub> VANDAAN?



---

De CO<sub>2</sub> concentratie in de lucht neemt versneld toe. Hij was 415 ppM in juni 2019 en stijgt met 2,44 ppM per jaar volgens het KNMI. Dat meldde in de jaren zeventig 1,28 ppM/jr. Waar komt al dat CO<sub>2</sub> vandaan?

Dat de temperatuurstijging geen versnelling, eerder een afremmende groei te zien geeft, acht het publiek - en het KNMI - niet belangrijk. Het wordt warmer en het CO<sub>2</sub> stijgt. Dat is voor velen genoeg. Het antwoord op de vraag waar het vandaan komt, is wiedere: *van de mens die fossiele brandstof aanwendt natuurlijk.*

Het zou kunnen. Verbranding van fossiele brandstof brengt ontegenzeggelijk CO<sub>2</sub> in de lucht. Maar is dat genoeg om de Mauna Loa data te verklaren? Menselijke inbreng dit jaar

zou goed zijn voor 3,9 ppM stijging van de concentratie. ([Zie Appendix.](#)) Dat is zelfs meer dan men meet. Ruim voldoende dus om de mens de schuld van de CO<sub>2</sub> toename te geven. Wat overigens niet wil zeggen, ook van de temperatuurstijging. Het verband atmosferisch CO<sub>2</sub> - temperatuurstijging is niet aangetoond. (Wel het omgekeerde, temperatuur stijging veroorzaakt CO<sub>2</sub> toename.)

De fout in de redenering is dat het CO<sub>2</sub> niet alleen de lucht in gaat. Er is nog een reservoir waarin het verdwijnt, de zee. Bij hogere CO<sub>2</sub> druk lost er meer op. Het zee reservoir is 50 à 100 maal zo groot, als dat van de atmosfeer<sup>1</sup>. Bij de laagste waarde "50x" en thermodynamisch evenwicht zou 2% van wat wij uitstoten in de lucht blijven. 98% lost op in de oceaan. Ons aandeel in de atmosferische CO<sub>2</sub> toename van 2,44 ppM/jr komt dan op minder dan 0,1 ppM/jr. Dat komt neer op 4% van de stijging<sup>2</sup>. En de vraag blijft, **waar komt die overige 2,34 ppM vandaan?**

Diffusie en ander massatransport veranderen deze cijfers. Nergens is thermodynamisch evenwicht. Relaxatietijden<sup>3</sup> en transportverschijnselen bepalen hoe het werkelijk gaat.

De zee als CO<sub>2</sub> reservoir moet echter hoe dan ook bij de lucht worden opgeteld. Dan blijft weinig van de menselijke bijdrage aan de luchttoever. De berekening van e.e.a. staat in de [Appendix](#) hier onder. Voor beantwoording van de vraag over de herkomst van de CO<sub>2</sub> toename is inzicht nodig in de invloed van temperatuurverandering van de oceaan op het 'chemisch' evenwicht van CO<sub>2</sub> in lucht en in water. (En op de distributie naar plaats en het massatransport.)

Over de relatie CO<sub>2</sub> - temperatuur vindt momenteel een discussie plaats tussen WAR CLINTEL en het KNMI. W.Witteman - expert op het gebied van interactie straling-materie, i.h.b. CO<sub>2</sub> - berekent op basis van 'first principles' dat het IR absorptie effect tien maal kleiner is, dan in IPCC modellen wordt aangenomen. (priv.com.) Tyndall en Arrhenius hadden dat in hun tijd niet kunnen berekenen. De theorie was toen nog niet zo ver.

## Noten

1. [Een review artikel](#) op het web noemt 38.000 GT de algemeen geaccepteerde hoeveelheid CO<sub>2</sub> opgelost in de oceaan en 730 Gt voor de atmosfeer. D.w.z. De oceaan bevat volgens die gegevens 52 x zoveel als de atmosfeer.
2. Gösta Pettersson (Lund) schat dit op minder dan half. Murry Salby suggereert minder dan een derde. Ik kom dus lager uit.

3. Over de maximale 'Residence Time', een maat voor de relaxatie, van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer voor het oplost in de oceaan, verschilt de (uitgebreide) literatuur. Suess & Lal (1983) geven de langste, 24 jaar. Machta (1972) de kortste, 2 jaar. Het IPCC heeft een andere definitie en hanteert 100 jaar. Meer hierover in de aangevulde Appendix.

-0-0-0-0-0-

## Appendix

# ppM<sub>v</sub> CO<sub>2</sub>

Volgens [Wikipedia](#) bedoelt men met ppM bij broeikasgas ppM<sub>v</sub>. D.w.z. 'parts per million' (volume).

In juni 2019 was op Mauna Loa de CO<sub>2</sub> concentratie 415 ppM, dat zou dus zijn **415 ppM<sub>v</sub>**. Bij atmosferische omstandigheden is CO<sub>2</sub> een ideaal gas. D.w.z. Op N deeltjes lucht  $415 \cdot 10^{-6} \cdot N$  deeltjes CO<sub>2</sub>.

De gemiddelde molaire massa van lucht is  $0,8 \times 28 + 0,2 \times 32 = 28,8$ . Die van CO<sub>2</sub> = 44. Qua massa is de CO<sub>2</sub>-concentratie in juni 2019 dus  $415 \times 44 / 28,8 = 634 \cdot 10^{-6}$ .

De atmosfeer bevat per cm<sup>2</sup> aardoppervlak 1 kg lucht. Daarvan is  $1 \times 634 \cdot 10^{-6}$  kg CO<sub>2</sub>.

De straal van de aarde is volgens Wikipedia 6371 km.

Het oppervlak van de aarde,  $4 \cdot \pi \cdot R^2$ ,  $4 \times 6,371^2 \cdot \pi \cdot 10^6$  km<sup>2</sup> =  $510 \cdot 10^6$  km<sup>2</sup>. Of  $510 \cdot 10^{16}$  cm<sup>2</sup>.

De atmosfeer bevat derhalve  $634 \times 510 \cdot 10^{10}$  kg CO<sub>2</sub>. Of  $3,23 \cdot 10^{15}$  kg CO<sub>2</sub><sup>a</sup>.

Het wereld fossiele brandstof verbruik in 2017 was 11.400 Mtoe (miljoen ton oil equivalent). Volgens BP Statistiek kwam er in 2019 2,9% bij het totale energieverbruik. In eerdere jaren was dat gemiddeld 1,5%. De CO<sub>2</sub> uitstoot ging daarmee parallel.

Dat komt ongeveer overeen met een totaal verbruik in 2019 van  $11,4 \times 1,015 \times 1,029 = 11.910$  Mt Oil Eq (Mtoe) dit jaar.

Volgens de [Worldbank](#) emiteert 1 kg oe 2,573 kg CO<sub>2</sub>.

De emissie door fossiele brandstof is dus jaarlijks  $11.910 \times 2,573 = 30.644$  Mt CO<sub>2</sub>. D.w.z.  $30,644 \cdot 10^{12}$  kg/jr is de fossiele inbreng.

Mensen brengen dus jaarlijks in:  $30,644 \cdot 10^{12} / 3,23 \cdot 10^{15} = 9,48 \cdot 10^{-3}$  van wat de atmosfeer bevat, 0,948 %.

Indien de atmosfeer de enige opvanger zou zijn, zou door menselijk toedoen het atmosferisch CO<sub>2</sub> op dit moment (bij 415 ppM)  $415 \times 9,48 \cdot 10^{-3} = 3,9$  ppM<sub>v</sub>/jr toenemen.

Het [KNMI](#) meldt een *toename van de stijging*. Die was in de jaren zeventig, 1,28 ppM<sub>v</sub>/jr en thans 2,44 ppM<sub>v</sub>/jr.

Volgens de wet van Henry is de concentratie van opgelost gas in een vloeistof (CO<sub>2</sub> in zeewater) evenredig met de partiële gasdruk. Twee maal zoveel CO<sub>2</sub> in de lucht is dus twee maal zoveel CO<sub>2</sub> in de oceaan als die eerst bevatte. De hoeveelheid opgelost CO<sub>2</sub> in de oceaan is 50 à 100 x zo groot, als die in de lucht. Gaan we uit van de laagste waarde, dan zou in evenwicht de fossiel ingebrachte CO<sub>2</sub> voor 1/50 in de lucht achterblijven. De rest lost op in de oceaan.

Wij voegen 3,9 ppM<sub>v</sub> toe, waarvan dus minder dan 0,1 ppM<sub>v</sub> in de lucht achterblijft. De rest lost op in de oceaan. **Van de gemeten toename met 2,44 ppM<sub>v</sub> moet dus voor 2,34 ppM<sub>v</sub> een andere verklaring komen dan door toedoen van de mens.**

Nergens op aarde is evenwicht. De CO<sub>2</sub> opname door de oceaan is een proces van diffusie, en stroming. Bovendien verschilt overal de temperatuur en daarmee de verzadigingsdruk van het atmosferisch CO<sub>2</sub>. In de berekening gingen we uit van een (niet bestaand) evenwicht lucht-water en ook nog met uniforme temperatuur. Van belang is daarom naast de distributie de relaxatie verblijftijd in de atmosfeer.

Net als bij veel andere klimaatprocessen is daarover onzekerheid. In de literatuur vindt men enkele jaren tot tientallen jaren. Het transport van zeewater tussen equator en polen veroorzaakt ook een gradiënt in de atmosferische CO<sub>2</sub> concentratie. Kwantitatief is mij over een en ander te weinig bekend voor een verklaring.

Met de emissie van CO<sub>2</sub> vanuit het binnenste van de aarde, opname door chemische omzetting, afname idem en onbalans in de natuurlijke cyclus is geen rekening gehouden.

Bij een verblijftijd in de atmosfeer van 2 jaar - zie Noot hierboven - zijn de uitkomsten ongeveer juist. Bij de maximaal gerapporteerde, 24 jaar, zou een correctie moeten worden toegepast, die bekendheid vergt met het historisch verloop langer dan die periode. Bij de 100 jaar van het IPCC mag de berekening in de prullenmand.

Het meest aannemelijk lijkt een halfwaarde tijd van 10 jaar.

De atoombomproeven in de vorige eeuw, brachten in en betrekkelijk korte periode een 'tracer' in de vorm van een stoot  $^{14}\text{CO}_2$  in de atmosfeer. De opname daarvan in de oceaan vertoonde die halfwaarde tijd. Op [Een leesbaar verslag](#) daarvan gevolgd door een discussie wees Albert Stienstra mij. Ook bij 10 jaar is een correctie nodig.

Bij opwarming van het water daalt de  $\text{CO}_2$  verzadigingsconcentratie. De veronderstelling dat het merendeel van de  $\text{CO}_2$  toename in de atmosfeer, deels het gevolg is van opwarming van de zee - of sommige delen ervan, (bijna) niet van fossiele brandstof, is daarom plausibel. Het effect van oceaan opwarming op de partiële druk van het  $\text{CO}_2$  dient nader onderzocht.

C. (Kees) le Pair  
Nieuwegein, 2019 08 05.  
Aangevuld na aanmerking van  
Albert Stienstra, 2019 08 07.

## Noot

- a. Dit verschilt van de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in de lucht volgens de [literatuur](#) (730 Gt). Een verklaring heb ik niet. Hield men geen rekening met het verschil tussen ppm en PPM<sub>v</sub>? Rekent men met de fractie in 1870 (280 ppm), of met een verschil in barometrische hoogteverdeling tussen de componenten van de lucht?

Bij 1 kg lucht per  $\text{cm}^2$  en Mauna Loa's huidige concentratie, bereken ik de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in de lucht op:  $3,23 \cdot 10^{15}$  kg.

