



DE EFFECTEN VAN FOS- SIELE BRANDSTOFFEN: GLOBAL DIMMING EN GLOBAL WARMING

1. Inleiding.

Gedurende de afgelopen vijftig jaar steeg de temperatuur op aarde met 0.15°C per decade (dat is een tijdsperiode van 10 jaar). Oorzaak van dit broeikas-effect (= global warming) is hoofdzakelijk het verbranden van fossiele brandstoffen. Daarbij komt veel CO_2 vrij, koolstofdioxide is het belangrijkste broeikasgas.

Tegelijkertijd echter verminderde wereldwijd de invallende zonnestraling op aarde met 1 tot 2 procent per decade vanaf 1950. Dat gebeurde vooral boven de continentale gebieden van het noordelijk halfrond. Zo daalde de invallende zonnestraling in de Verenigde Staten met 10 procent in dertig jaar. Dat wordt toegeschreven aan de toenemende concentratie fijn stof in de atmosfeer met als gevolg een verandering in de samenstelling van de gevormde wolken.

Onderzoekers noemden dit verschijnsel **zonnebelemmering (= global dimming)**.

Het is al lang geweten dat bij vulkaanuitbarstingen de uitstoot van o.a. fijn stof en sulfaatpartikels in de bovenste lagen van de atmosfeer, voor gevolg hebben dat de temperatuur tijdelijk daalt, doordat deze deeltjes het zonlicht deels terugkaatsen in de ruimte.

Zo wordt de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo (juni 1991 op de Filippijnen) verantwoordelijk geacht voor de tijdelijke onderbreking in de stijging van de wereldgemiddelde temperaturen in 1992 en 1993.

Wetenschappers noemen dat fijn stof aerosolen. Naast dit directe effect te wijten aan de aanwezigheid van aerosolen in de atmosfeer, bestaat er ook een indirect effect. Wanneer deze kleine stofdeeltjes of aerosolen in de wol-



Fig 1: Uitstoot van de vulkaan Pinatubo op de Filippijnen (juni 1991)

ken terecht komen, veranderen ze de samenstelling ervan (de wolken worden witter) en dus ook de optische kenmerken van de wolken.

In onze huidige maatschappij gebeurt het opwekken van energie (verkeer, verwarming, elektriciteit), nog steeds grotendeels door de verbranding van fossiele grondstoffen. Dit veroorzaakt dus enerzijds de uitstoot van broeikasgassen maar anderzijds ook de uitstoot van roetdeeltjes en andere antropogene aerosolen zoals zwavel- en stikstofhoudende verbindingen, CFK's e.a. Het is algemeen bekend en bewezen dat de emissie van dit fijn stof een negatieve impact heeft op zowel de volksgezondheid (b.v. chronische longaandoeningen (cara), astma en kanker) als op het milieu (b.v. verzuring door sulfaten).

In die zin was de druk van de samenleving op de vermindering van de emissie van die aerosolen erg groot. Er zijn al een aantal maatregelen tegen dit fijn stof genomen. Vooral de uitstoot van verzurende stoffen is al sterk verminderd, door het wassen van de rook uit fabrieken en elektriciteitscentrales. We stellen dan ook enige verbetering vast (Mina-T 2004, milieumaatschappij en natuurrapport Vlaanderen, M. Van Steertegem (Red.)).

Anders is het echter gesteld met de uitstoot van broeikasgassen waaronder koolstofdioxide (CO_2) wel het belangrijkste is. De uitstoot



daarvan blijft maar stijgen, vooral door het steeds toenemende verkeer.

Wat moeten we ons nu voorstellen bij het verschijnsel 'global dimming'? En wat is de relatie met het bekendere fenomeen van de 'global warming'?



Fig 2: Natuurlijke wolken

2. Over wolken en aërosolen.

Natuurlijke wolken vormen zich, doordat watermoleculen zich vastzetten als druppeltjes

Fig 3: Uitdijende rookpluimen kunnen ook de zonnestraling tegenhouden



op vooral zoutkristallen en stuifmeelkorrels, die in de atmosfeer rondzweven.

De hoeveelheid zonne-energie die vanuit de ruimte de atmosfeer binnendringt wordt gedeeltelijk teruggekaatst door enerzijds de wolken en anderzijds rondzwevende kleine deeltjes fijn stof (aërosolen). Ook het aardoppervlak reflecteert in meer of mindere mate, afhankelijk van het soort oppervlak. Op die manier wordt ongeveer 30% van de inkomende zonnestraling, direct opnieuw de ruimte ingestuurd.

Onderzoek ter hoogte van de Malediven in de Indische Oceaan heeft aangetoond dat de wolken ter hoogte van de zuidelijke eilanden een andere samenstelling vertonen dan de wolken ter hoogte van de noordelijke eilanden. De wolken daar hebben heel wat te lijden onder luchtvervuiling uit India. In die noordelijke wolken vindt men heel wat meer vreemde stoffen (aërosolen) die kleinere waterdruppels vormen en als het ware een spiegel vormen voor het invallend zonlicht.

In de meteorologie noemt men stof- en andere deeltjes in de atmosfeer ook wel aërosolen. Het zijn deeltjes die heel klein zijn (tussen 0.1 en 0.0001 mm) en daardoor soms wel twee weken in de atmosfeer blijven zweven. Door atmosferische stromingen kunnen ze zich duizenden kilometers verplaatsen voordat ze weer op het aardoppervlak terecht komen. Sedert de industriële revolutie is het aantal aërosolen in de atmosfeer aanzienlijk toegenomen. Daardoor bereikt steeds minder zonlicht de aarde.

Als dergelijke aërosolen in een wolk terecht komen, kunnen er zich ook watermoleculen ophopen waardoor ze waterdruppels vormen. Ze vormen echter kleinere waterdruppels. Wolken met veel van die kleine waterdruppels gaan sterker het zonlicht terugkaatsen dan natuurlijke niet vervuilde wolken met minder en grotere waterdruppels.

Het verschijnsel waarbij invallend zonlicht steeds sterker teruggekaatst wordt door vervuilde wolken noemt men 'global dimming': steeds minder zonlicht bereikt het aardoppervlak.



Fig 4: Netwerk van condensatiestrepen

vlak. Er is sprake van toenemende zonnebelemmering.

Hetzelfde verschijnsel krijgt men op plaatsen waar vliegtuigstrepen op grote hoogte in het luchtruim, een netwerk van condensatiestrepen vormen en het zonlicht reeds op grote hoogte reflecteren. Ook hierdoor komen er minder zonnestrallen op het aardoppervlak: de dagen worden kouder. 's Nachts daarentegen vormen die strepen een 'deken' dat de door het aardoppervlakte terug gestraalde warmte tegenhoudt: de nachten worden warmer.

Toen na de ramp van **11 september 2001 (WTC-ramp)** het vliegtuigverkeer boven het Amerikaanse continent drie dagen stil lag, stelden onderzoekers vast dat de dagelijks temperatuur range (DTR ^{**}) plots met meer dan 1°C steeg. De nachten werden kouder, de dagen warmer, door het ontbreken van de condensatiestrepen, na het stilleggen van het vliegverkeer: een kortstondige maar duidelijke klimaatverandering.

*** De dagelijkse temperatuur Range (DTR) is het verschil tussen de hoogste maximumtemperatuur overdag en de laagste minimumtemperatuur 's nachts. Tussen 11 en 14 sep 2001 nam die DTR toe met meer dan 1°C in grote delen van de Verenigde Staten. Dat overtrof de stoutste verwachtingen van wetenschappers.*

3. Wereldwijde metingen.

Reeds in 1985 deed een Zwitsers geograaf

milieu op wereldschaal

een vreemde ontdekking: Atsumu Ohmura onderzocht het verband tussen klimaat en zonnestraling. Hij stelde vast dat de hoeveelheid zonlicht, gemeten aan het aardoppervlak, met



Fig 5: Luchtvervuiling kan als een mist de zon ver sluieren.

10 % afgenomen was in vergelijking met dertig jaar geleden. Dit druiste regelrecht in tegen de in die periode steeds frequenter opduikende bewijzen voor het opwarmen van de aarde. Toen hij in 1989 zijn bevindingen publiceerde werden ze dan ook in kringen van klimatologen genegeerd.

De Britse onderzoeker G. Stanhill, deed in 1958 in Israël onderzoek naar de inval van het zonlicht op het aardoppervlak in het kader van onderzoek naar efficiënte irrigatie systemen. Dertig jaar later herhaalde hij zijn metingen en stelde vast dat de hoeveelheid zonlicht die het aardoppervlak bereikte met 22% gedaald was. Toch was de temperatuur in Israël niet afgenomen. Onafhankelijk hiervan vond de Duitse onderzoekster B. Lieppert hetzelfde voor de Beierse Alpen.

Beiden gingen in de wetenschappelijke literatuur op zoek naar andere metingen van zonnestraling en stelden vast dat wereldwijd een vermindering van de zonnestraling op aarde voorkwam: 9% op Antarctica, 30% in Rusland, 10% in de USA en 10% boven delen van de Britse eilanden. Dit bleek echter nog niet voldoende om de zonedemping bovenaan de agenda van het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) te plaatsen (www.ipcc.ch).

4. Een merkwaardige paradox ?

Het staat vast dat het aardoppervlakte over de laatste vijftig jaar met 0.15°C per decade opwarmde. Op basis hiervan zouden we verwachten dat daardoor de lucht boven het aard-



Fig. 6:
Meetopstelling voor
panverdamping

oppervlak warmer wordt, waardoor meer verdamping zou optreden van moerasgebieden en open water ecosystemen. Maar schijn bedriegt.

Wereldwijd wordt door klimatologen, soms reeds over meer dan honderd jaar, de zogenaamde panverdamping gemeten: in een open pan met een vaste hoeveelheid water meet men dagelijks hoeveel water er verdampt. Onderzoekers stelden vast dat niettegenstaande de aarde opwarmt, de pan verdamping over de laatste vijftig jaar met zo'n 10 tot 20% afnam; een algemene maar niet universele trend. Dit resultaat ging wegens de paradox tussen verwachting en waarneming in de wetenschappelijke wereld rond als de panverdamping-paradox. Inderdaad zou je bij warmere temperaturen juist meer verdamping verwachten dan vroeger.

Zowel in Rusland als in Amerika worden reeds sedert de vorige eeuw in verschillende regio's panverdampings metingen bijgehouden: 190 meetstations voor Rusland sedert 1951 en 746 meetstations voor Amerika. Daarbij moest men er wel rekening mee houden dat het pan type een effect kan hebben op de metingen. De definitieve metingen (Fig 7) betreffen steeds de gemiddelde dagelijkse panverdamping tussen mei en september. In vier van de vijf geografische regio's toont de panverdamping een significant afnemende trend over de afgelopen vijftig jaar. Deze panverdamping werd vervolgens in verband gebracht met klimaatvariabelen zoals DTR (dagelijkse temperatuur range), bewolkinggraad en neerslag. Van al deze klimaatvariabelen vertoonde de panverdamping en de dagelijkse temperatuur range de beste correlatie. Dit betekent dat de panverdamping en DTR op dezelfde manier varieerden.

Deze dalende trend in panverdamping in

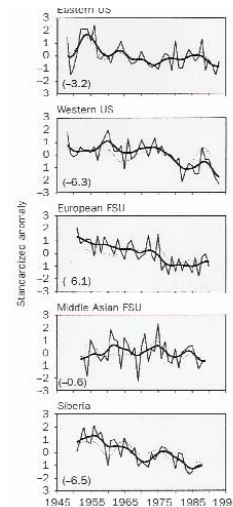


Fig 7: De gemiddelde panverdamping (volle lijn), de dagelijkse temperatuur range (DTR, stippellijn) voor drie regio's in voormalig Rusland en twee regio's in Amerika. (naar Peterson, T.C. et al: Nature 377:687-688)

zowel Rusland als Amerika toont aan dat over grote delen van het aardoppervlak de terrestrische verdampings component van de grondwater cyclus afgenomen is.

Sommige onderzoekers suggereren dat een toename in de bewolkinggraad, vooral dan lage bewolking, een verklaring kan vormen voor de dalende DTR waarden. Aangezien de panverdamping is afgenomen en negatief gecorreleerd is met de bewolkinggraad in delen van Rusland en Amerika, is dit heel goed mogelijk.

Dit betekent dan dat temperatuurs aspecten en hydrologie over de laatste vijftig jaar in tandem geëvolueerd zijn zodanig dat het karakter van de recente klimaatverandering een daling van de potentiële verdamping inhoudt.

5. Mogelijke gevolgen van Global dimming op het klimaat.

Op het ogenblik is er nog geen enkel klimaatmodel waarin de waargenomen reductie in zonnestraling, de zonnebelemmering, van 10 tot 20%, is opgenomen. Door het WTC-drama werd pijnlijk duidelijk dat het opheffen van de vliegtuigstrepen wel degelijk een klimaateffect veroorzaakte. Ook het onderzoek op de



Malediven en recent onderzoek in de V.S. toonden aan dat de aanwezigheid van aërosolen in de atmosfeer verantwoordelijk is voor een reductie in zonnestraling van 3% . De optische kenmerken van de met aërosolen 'besmette' wolken zijn verantwoordelijk voor een reductie met 18% . Het wordt echter nog ingewikkelder doordat sommige aërosolen (zoals koolstofaërosolen en stofaërosolen) de zonne-energie zelf al hoog boven het aardoppervlak absorberen en daardoor de atmosfeer wel opwarmen en niet het aardoppervlak. Tenslotte kunnen aërosolen ook de leeftijd van de wolken beïnvloeden waardoor dus een toename van wolkendek kan ontstaan (meer en langere bewolking)

Wetenschappers vermoeden nu dat de Sahel-droogte in Afrika van de jaren 70 en 80, waarbij honderdduizenden mensen omkwamen, ook veroorzaakt werd door Global dimming! Doordat onze Oceanen toen niet het volledige zonlicht ontvingen door zonnebelemmering, reikten de moessonregens die daar ontstaan en die normaal tot de Sahel-streek doordringen, niet meer zo ver. Hierdoor ontstond in de Sahel een jarenlange droogte. In die tijd stonden klimatologen voor een onverklaarbaar raadsel. Het feit dat het er nu opnieuw iets beter gaat zou te danken zijn aan een vermindering van de aërosolen in de atmosfeer, door een beter milieubeleid in Europa en de VS. ten aanzien van fijn stof.

Het zou er dus op neerkomen dat de verbranding van fossiele brandstoffen (vervoer, industrie, verwarming en centrales) in Europa en Noord-Amerika, in belangrijke mate verantwoordelijk is voor de dood van miljoenen mensen in Afrika. Het is trouwens niet ondenkbaar dat de geschiedenis zich herhaalt in Azië. De industriële expansie van China, Japan en India gebeurt niet op een milieuvriendelijke duurzame manier, maar helaas op dezelfde manier zoals bij ons in de jaren zestig. De Aziatische moessons brengen regen voor zowat de helft van de wereldpopulatie !. Indien luchtvervuiling en global dimming een zelfde impact zouden hebben op de Aziatische moessons als in Afrika, zal drie miljard mensen hiervan de catastrofale nadelen ondervinden.

6. Invloed van global dimming op global warming.

Nog alarmerender is het feit dat wetenschappers mogelijk de werkelijke invloed van het broeikas effect (= global warming) sterk onderschat hebben, zodat alle klimaatmodellen moeten herzien worden. De lezer zal snel inzien dat zonnebelemmering een afkoelend effect heeft (overdag), die afkoeling werkt het broeikas effect tegen (overdag). Door global dimming wordt de global warming dan dus wellicht deels gemaskeerd.

Indien door een strenger milieubeleid enkel global dimming verminderd wordt door het verder streng reduceren van aërosolen (wat ook voor de volksgezondheid absoluut noodzakelijk is), dan zou de globale opwarming wel eens veel sneller kunnen gebeuren dan tot nu toe gedacht werd (De meeste klimaatmodellen voorspellen een toename van 5° C in de loop van deze eeuw). Als het toekomstige verminderde effect van global dimming dan in rekening gebracht wordt zou de hete zomer van 2003 wel eens een algemeen zomerbeeld in Europa kunnen worden. Die extreme zomer kostte het leven aan duizenden mensen (o.a. in Frankrijk) , veroorzaakte immense bosbranden (o.a. in Portugal) en veroorzaakte talrijke nevenproblemen.

Indien we het milieubeleid dus enkel op de global dimming zouden concentreren en niet tegelijkertijd evenveel aandacht gaan besteden aan effectieve maatregelen die het broeikas effect (CO₂- uitstoot) terugdringen, dan staan we wel degelijk voor grote wereldproblemen. Volgens sommige wetenschappers is het dan niet ondenkbaar dat de temperatuur in de volgende honderd jaar niet met 5°C maar met 10°C kan toenemen. Dit betekent een opwarming die eerder nooit voorgekomen is.

Men vindt erg veel literatuur die beschrijft wat er allemaal mogelijk kan gebeuren bij zo een scenario:



Het smelten van de ijskap in Groenland geeft een aanzienlijke stijging van de zeespiegel waardoor verschillende van onze wereldsteden zullen bedreigd worden.

Door meer en uitgestrekter bosbranden kan er nog meer CO₂ in de atmosfeer komen en zo de global warming nog stimuleren.

Afsterven van vegetaties, met toenemende bodemerosie waardoor de voedselproductie in het gedrang komt.

Een verschuiving van woestijnklimaat (mogelijk op breedten als Engeland, ...)

Schrikbarend is echter dat deze temperatuurtoename zou verantwoordelijk kunnen zijn voor het vrijkomen van de immense hoeveelheden moerasgas (methaangas) die nu vastzitten op de bodem van onze oceanen. Men weet dat door opwarming van de aarde, hierin een destabilisatie kan optreden. Als broeikasgas is dit gas acht keer sterker dan koolzuurgas. Eenmaal dit proces op gang komt zijn alle maatregelen om global warming te bestrijden te laat.

Indien we echter de zonnebelemmering (luchtvervuiling) zouden gebruiken om het effect van global warming tegen te gaan, dan staan we eveneens voor grote problemen:

Verdere aantasting van de volksgezondheid door roetdeeltjes en smog (astma, kanker...)

Toename van de effecten van zure regen. Ecologische problemen zoals veranderingen in neerslag patronen (Sahel droogte)

Om onze planeet leefbaar te houden voor de volgende generaties moeten dus de oorzaken van zowel global dimming (zonnebelemmering) als van global warming (broeikaseffect) parallel aangepakt worden.



Geraadpleegde literatuur :

- Liepert, B.G. et al, 2004: Can aerosols spin down the water cycle in a warmer and moister world? *Geophysical Research Letters*, 31/3, 10.1029/2003GL019060
- Liepert, B.G., 2002: Observed reductions of surface solar radiation at Sites in the United States and worldwide from 1961 to 1990. *Geophysical Research Letters*, 29/12, 10.1029/2002GL014910
- Roderick, & Farquhar, 2000: The cause of decreased pan evaporation over the last 50 years. *Science* 298: 1410-141
- Cohen, S. 2004: Global dimming comes of age. *Eos* 85: 362-363
- Ramanathan, V. et al 2001: Aerosols, Climate, and the hydrological cycle. *Science* 294:2119-2124
- Peterson, T.C. et al, 1995: Evaporation losing its strength. *Nature* 377:687-688
- Lohmann, U. & Lesins, G. 2002: Stronger constraints on the anthropogenic indirect aerosol effect. *Science* 298: 1012-1014
- Travis, D.J. et al 2002 : Contrails reduce daily temperature range. *Nature* 418: 601
- Easterling, D.R. et al 1997: Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277: 364-366

voor ABLLOvzw

*Dr. Jenny De Laet en lic. Erik Rombaut,
Meer info : 03/770 71 47 en 03/777 01 58*