

Opwarming van de aarde

Niet zo lang geleden, begin 2007, presenteerde Sir Richard Branson, oprichter van Virgin Atlantic de volgende uitdaging: 25 miljoen dollar voor degene die de opwarming van de aarde kan stoppen. Ik was meteen geïnteresseerd (was 't hebzucht of echte interesse?) en begon erover na te denken: ik vond het wel een uitdaging. Later las ik meer over het aanbod. Sir Richard is lid van een groep personen die bezorgd zijn over de klimaatverandering en de opwarming van de aarde. Het aanbod van Sir Richard geldt voor de persoon (of zoals ik later bemerkte: de firma) die in staat is jaarlijks één miljard ton CO₂ uit de atmosfeer te verwijderen. Dit is een zeer grote hoeveelheid, maar belangrijker is de vraag: "Is deze hoeveelheid voldoende om de problemen op te lossen?"

Ik werd geïnspireerd omdat ik werkelijk dacht dat ik enige goede ideeën had hoe je kooldioxide uit de lucht kan halen! Echter, toen ik begon te rekenen raakte ik steeds meer ontmoedigd en.... verbijsterd. Door dit rapport te lezen zal dit duidelijk worden.

DE 25 MILJOEN DOLLAR KWESTIE

Kunnen we de wereld redden?

We schrijven nu februari 2007. We horen het steeds vaker en we merken het ook: *ons klimaat verandert*. In de laatste jaren zijn er steeds meer "weerrecords". De warmste zomers, de warmste november van de eeuw, de heetste juli, de natste augustus en dit allemaal in de laatste paar jaren en er zullen er nog wel meer records sneuvelen. De aarde warmt op en we horen steeds meer onheilspellend nieuws over onze aarde. De zeespiegel gaat stijgen, maar ook: de olie raakt op en zal steeds duurder worden. Verschillende grondstoffen worden schaars, de zeeën raken leeggevist, allerlei dieren en planten sterven uit, schoon drinkwater wordt een probleem voor steeds meer mensen, ontbossing en overstromingen treden steeds vaker op, maar ook verwoestijning dreigt, enfin de toekomst ziet er niet best uit.

Er verschijnen rapporten van wetenschappelijke instituten: de opwarming van de aarde is bijna zeker te wijten aan menselijke handelen, vooral door de toegenomen uitstoot van broeikasgassen. Maar onmiddellijk staan er dan andere wetenschappers op die beweren dat dit nog helemaal niet zeker is en dat vooral de toegenomen activiteit van de zon hierin de belangrijkste rol zou spelen. Één ding is wél zeker: het percentage CO₂ (kooldioxide of koolzuurgas) van de atmosfeer is de laatste decennia abnormaal sterk gestegen. Kooldioxide geldt als "broeikasgas" en dit CO₂ zou verantwoordelijk zijn voor de toegenomen opwarming van de aarde.

Kan de mens de wereld nog redden? Deze vraag is eigenlijk verkeerd. De wereld redt zich wel. De zon heeft nog voor miljarden jaren energie. Maar... kan de mēnsheid nog wel gered worden? "De mensheid holt naar een catastrofe." Afgezaagde woorden maar helaas wel waar. Het ziet er behoorlijk somber uit. Niet alleen de opwarming van de aarde en de gevolgen daarvan zijn een probleem. De wereldbevolking stijgt angstwekkend snel. Nieuwe industrielanden, zoals China en India komen op waardoor de vraag naar energie steeds groter wordt en de productie van aardolie de vraag nauwelijks kan bijhouden. .

Oké, steenkool en aardgas is er voorlopig nog genoeg. Maar bepaalde grondstoffen, allerlei metaalerts en zo, beginnen nu ook schaarser en daardoor duurder te worden. Voedsel en water zijn voor steeds grotere groepen eveneens een schaars goed. Er dreigen dus allerlei crisissen: een energiecrisis, een voedselcrisis, een overbevolkingcrisis, een drinkwatercrisis, een grondstoffen crisis en vooral: een klimaatcrisis. Het weer wordt steeds grilliger en extremer, onder andere door het warmere zeewater. Stormen en "hurricanes" worden steeds krachtiger, winters worden extreem streng of juist boterzacht. Zomers worden heter, droogte en verwoestijning dreigt voor steeds meer gebieden. Is er ook nog goed nieuws? Jazeker, de ozonlaag in de hogere sferen, die ons beschermt tegen UV straling, lijkt zich, na het verbod op de CFK's, te herstellen of blijft constant. In Europa lijkt men de zure regen onder de knie te hebben, over "Waldsterben" hoor je niet meer.....

't Klimaat van onze aarde is dus duidelijk aan 't veranderen, voor sommige Noordelijke landen misschien prettig maar voor vele mensen en dieren zeer kwalijk. Deze klimaatverandering, de opwarming van de aarde met als mogelijk gevolg: smelten van het poolijs en stijging van de zeespiegel, wordt thans door de meeste geleerden toegeschreven aan menselijke activiteiten, vooral aan het verbranden van fossiele brandstoffen voor allerlei doeleinden.

De enorme toename van het energieverbruik en de snelle automobilisering van steeds meer mensen, nu ook in de Oosterse wereld, veroorzaken een angstig snel stijgende vraag naar olie en gas. En door het omzetten van deze steeds grotere hoeveelheden (fossiele) brandstof in energie, is vooral de CO₂ uitstoot de laatste jaren sterk toegenomen. Desondanks is het gehalte CO₂ van de ons omringende atmosfeer nog steeds erg laag. Op het eerste gezicht lijkt dit beetje CO₂ in de lucht helemaal niet zo belangrijk, we praten over een paar honderdste procent! Lucht bestaat vooral uit stikstof (78 %) en zuurstof (21 %). De resterende één procent omvat alle andere

gassen, zoals Argon, Neon, Helium, en nog vele andere, waaronder CO₂ en, naar ik later leerde, ook H₂O (waterdamp). Het percentage CO₂ van de lucht bedraagt thans ruim 0,04 %, dus waar praten we over?

Wel, we praten over een “broeikasgas”. De wetenschap zegt dat broeikasgassen er voor zorgen dat de aarde minder warmte uitstraalt en dat dit tot gevolg heeft dat de gemiddelde aardtemperatuur ongeveer + 15 °C bedraagt. Waren er geen broeikasgassen dan zou de gemiddelde temperatuur op aarde veel lager zijn, namelijk ongeveer – 18 °C. We moeten dus eigenlijk blij zijn met de broeikasgassen!

Het belangrijkste broeikasgas is waterdamp, dat voor 62 % (Encarta) oorzaak is van het broeikaseffect. (Enige bronnen, bijvoorbeeld “Wikipedia”, claimen zelfs dat water 90 – 95 % van het broeikaseffect veroorzaakt.) Lucht is vaak vochtig, het waterdampgehalte van de lucht varieert sterk en water komt in alle toestanden in de lucht voor: als ijs, als druppels maar vooral als waterdamp. Deze waterdamp is dus het belangrijkste broeikasgas, maar daarna komt kooldioxide (CO₂), die 22% van de opwarming voor z'n rekening zou nemen (Encarta)! En er zijn er nog meer: methaangas (CH₄), de CFK's, (gassen die in koelkasten en spuitbussen gebruikt worden/werden), stikstofoxiden (“NO_x”) en vele andere die een minder belangrijke rol spelen. Ozon (O₃) dat ons, in de bovenste laag van de atmosfeer, beschermt tegen de gevaarlijke ultraviolette straling, is op aardniveau óók een broeikasgas, dat, onder andere, ontstaat door luchtvervuiling.

Terug naar de CO₂. Uit studies is gebleken dat het CO₂ percentage duizenden jaren geleden veel lager was: 20 duizend jaar geleden bedroeg het zo'n 0,017 %. In 1870 was het 0,028 % en in 1980 al 0.035 %! In de Encarta encyclopedie (versie van 2003 op m'n laptop) wordt het percentage trouwens nog op 0,033 % gesteld. Nu, in 2007 zou het (ruim) 0,04 % zijn. In de laatste paar decennia is de hoeveelheid CO₂ in de lucht dus zo'n 25 % gestegen! CO₂ of koolzuurgas is niet het sterkste broeikasgas, maar toch wordt de enorm gestegen uitstoot ervan door de geleerden verantwoordelijk gehouden voor het toegenomen “broeikaseffect” en de opwarming van de aarde daardoor. Waarom is CO₂ een broeikasgas? Dit heeft volgens de wetenschap te maken met de eigenschap van CO₂ om bepaalde golflengtes van de infrarode straling te kunnen absorberen! De van de zon ontvangen warmte die de aarde later weer terug straalt, wordt door broeikasgassen tegengehouden!

Maar is CO₂ werkelijk zo belangrijk? De geleerden zijn hierover verdeeld! Een ander “broeikasgas” is methaan (CH₄), een gas dat juist door deze aardopwarming steeds meer vrijkomt (vooral uit de smeltende permafrostlaag). Methaan (het is ook het hoofdbestanddeel van ons aardgas) is een gas dat een sterke broeikaswerking heeft, zelfs 20 maal sterker dan CO₂. Het gehalte ervan in de ons omringende lucht is zeer veel (200 maal) lager dan van CO₂, maar zou voor 10 % van het broeikaseffect zorgen. Methaan kan een nog groter probleem worden, want als de permafrostlagen in Siberië en Alaska werkelijk op grote schaal gaan smelten komt er zeer veel methaan vrij!

Ook de stikstofoxiden, vrijkomend bij verbranding van fossiele (en ook van biobrandstoffen) zijn zeer schadelijk, vooral voor de gezondheid, maar het gehalte in de lucht is (nog) laag en heeft, voor zover ik weet, nog weinig invloed op het broeikaseffect.

Is het wel het “broeikaseffect” door CO₂ dat de klimaatverandering en de opwarming van de aarde veroorzaakt? Dat de aarde opwarmt is wel zeker, dat kan zelfs de meest sceptische geleerde niet meer ontkennen. Het Noordpoolijs smelt en de (Noordelijke) ijskap wordt kleiner. Over het Zuidpoolijs hoor je verschillende berichten. Maar we kunnen het niet ontkennen, we zien ook dat gletsjers kleiner worden en zich steeds verder terugtrekken. De zeewatertemperatuur stijgt waardoor het uitzet en het niveau stijgt, tot nu toe nog maar enkele centimeters. Duidelijk merkbaar, de gemiddelde temperatuur van de aarde stijgt. Beschouwen we bijvoorbeeld Nederland: de warmste zomers van de laatste eeuw kwamen in de laatste tien jaar voor. De winter van 2006 / 2007 was de warmste sinds 1706! De gemiddelde temperatuur lag ± 3 graden boven het gemiddelde.

Is het broeikasgas CO₂ of de toegenomen activiteit van de zon de boosdoener, zoals sommige geleerden zeggen? Er zijn ook geleerden die beweren dat dit alles gewoon aan de grilligheid van het weer ligt en min of meer toevallig zou zijn. Volgens sommige zouden er ook gebieden zijn waar het kouder wordt, het Zuidpoolgebied nu al, zegt men. Er is nog een gevaar. Door de stijgende zeewatertemperatuur zou, volgens bepaalde wetenschappers, de warme Golfstroom, die West Europa sterk beïnvloedt, kunnen verdwijnen en dan zou het bij ons niet opwarmen maar zelfs kouder kunnen worden.

Wat we in ieder geval allemaal zien is dat het klimaat verandert. Hier in West Europa hebben we zwaardere stormen, extreem hete zomers, warmere winters, abnormale regenbuien met zeer veel neerslag die overstromingen veroorzaken in gebieden die daar nooit last van hadden. In het Caribische gebied en ook in Azië horen we over extreem krachtige tornado's, die steeds vaker voorkomen. Als dergelijke uitwassen plaats vinden, is men al snel geneigd dit als klimaatverandering te beschouwen, terwijl deze gebeurtenissen van alle tijden zijn. Maar.....het lijkt er wél op, dat deze zaken steeds vaker plaats hebben (misschien door de media?).

De laatste tijd lijkt het er ook op dat er steeds meer zware aardbevingen gebeuren. Maar die hebben niets met het klimaat te maken en worden echt niet door de mens veroorzaakt! (Kleine wel, door de olie- en gaswinning). Wat is er dan wél aan de hand? De oorzaak is de toegenomen wereldbevolking. Als er nu ergens een aardbeving, een tsunami of een stormvloed is, ondervinden daar steeds meer mensen schade van. En extreem weer, overstromingen, aardbevingen, tjá die horen we dan als “nieuws”!

2. Een ongemakkelijke waarheid

Onlangs was Al Gore, voormalige vice-president van de USA, in 't nieuws. Hij bezocht allerlei landen, ook Nederland, om zijn film: "An inconvenient truth", een ongemakkelijke waarheid, te promoten en de mensheid wakker te schudden. Sir Richard Branson, oprichter van Virgin Air en Virgin Records, was blijkbaar zo geschokt door deze film dat hij die 25 miljoen dollar heeft uitgelooft, gesteund door Al Gore en diens vroegere baas Bill Clinton.

Al Gore nam het in 2000 als democratische presidentskandidaat op tegen Bush. "Dzjordzj Dabbeljoe" won toen de verkiezingen, met nauwelijks meer (misschien zelfs wel met iets minder) stemmen en werd president van de VS. Al Gore had het nakijken en ging wat anders doen. Intussen is gebleken dat "winnaar" Bush helemaal niet milieubewust is. Zo weigerde hij indertijd het verdrag van Kyoto over de beperking van de uitstoot van broeikasgassen te ondertekenen. Er werd een vermindering van de CO₂ uitstoot met 8 % afgesproken voor 2010 of ergens in die buurt. Bush zou zich moeten schamen, want de VS is de grootste energievreter en CO₂ uitstoter van de wereld. Ondanks het feit dat zeer vele landen dit protocol ondertekenden, noemde Bush het verdrag ondeugdelijk ("The Kyoto protocol is flawed") en niet in het belang van de Amerikaanse economie. Nee op korte termijn inderdaad niet, maar op langere termijn zal ook de USA wel mee móeten doen. Helemaal onbegrijpelijk voor mij en vele anderen: deze man kreeg bij de stemming voor een tweede termijn als president van de USA wél een duidelijke meerderheid. Omdat hij het zo goed had gedaan? "Die Amerikanen zijn nog dommer dan ik dacht!" zei iemand. Met het klimaatverdrag van Kyoto en ook met latere verdragen over 't klimaat wil Bush nog steeds niets te maken hebben, logisch want dan moet hij zeer onpopulaire maatregelen nemen, maatregelen die de aan energie verslaafde Amerikanen niet zullen accepteren!

Al Gore ging op de milieutoer en maakte de al eerder genoemde film, die overal veel stof deed opwaaien: "An inconvenient truth". Helaas moet ik toegeven dat ik deze film (nog) niet gezien heb, overwinterend in Zuid Spanje heb ik alleen fragmenten op TV gezien. Ik zag beelden over smeltend (Noord)poolijs, ijsberen die 't steeds moeilijker krijgen; de zeespiegel die meters zou gaan stijgen, waardoor allerlei kustgebieden waar veel mensen wonen, onder zouden lopen. De film deed veel stof opwaaien en intussen heeft deze film zelfs een Oscar gekregen.

Bush is blijkbaar toch ook geschrokken, want in zijn laatste "State of the Union" (2007) gaf hij aan dat het benzineverbruik in de VS in de komende 10 jaar met 20 % moet dalen! Ja, dat kan je gemakkelijk zeggen aan het eind van je tweede termijn, maar krijg die Amerikanen maar eens in kleine, zuinige auto's! Dat gebeurt alleen als brandstof onbetaalbaar of echt schaars wordt.

Ook in Europa hebben we een probleem. Terwijl iedereen toch de kranten leest, het nieuws hoort en merkt dat de olie schaarser en duurder wordt, worden er toch steeds meer "SUV's" verkocht. In plaats van een overstap naar kleinere zuinige auto's worden er steeds meer luxe, jeepachtige voertuigen ("PC Hooft trucks") verkocht, zware grote wagens met grote, sterke motoren die natuurlijk flink wat lusten en zeker niet meewerken aan 't verminderen van de uitstoot van schadelijke gassen.

Toch zullen, als de Europese Unie z'n zin krijgt, ook de Europeanen er aan moeten geloven. In 2020 moet er 20% minder CO₂ uitstoot zijn!

3. CO₂, kooldioxide of koolzuurgas

Kooldioxide of koolzuurgas of CO₂ zou de grote boosdoener zijn. Maar hoe zit het nu eigenlijk met dat koolzuurgas? Wat is het precies? Wat doet het? Hoeveel koolzuurgas bevat de wereld? Waar komt kooldioxide vandaan? En..... hoe komen we er vanaf?

Als ik dat zou weten en kunnen, zou ik dus 25 miljoen dollar van Sir Richard kunnen ontvangen. Maar eigenlijk zou het andersom moeten gaan! Als ik 25 miljoen dollar had, zou ik kunnen proberen een methode te ontwikkelen om de CO₂ uit de atmosfeer te verwijderen of in ieder geval een "significant" deel! Maar ja, zo zit de wereld niet in elkaar! Eerst investeren en wat presteren, dan pas incasseren.

Wie ben ik eigenlijk wel om te beweren dat ik het broeikasprobleem zou kunnen oplossen: "Jacob redt de mensheid, met een nieuw procédé". Dat zal wel niet, maar ik mag er toch wel over nadenken en trachten er een oplossing voor te bedenken? Geleerd ben ik niet, wel technisch, ex scheepswerktuigkundige. Verder beschouw ik mezelf als intelligent genoeg om over dit dilemma na te denken. Ik heb wat parate kennis en een ijzeren geheugen, vooral over zaken van "vroeger". Ik spreek nog steeds enkele talen, waarbij ik vooral teer op kennis van vroeger en zal ook met die kennis dit verhaal in 't Engels vertalen! (Intussen gebeurd) Ook reken ik graag, was altijd technisch werkzaam, maar..... ben nu een grijze, gepensioneerde 70 plusser, die overwintert in Spanje. Daardoor heb ik wel veel tijd en kan ik nu vrij en frank over deze onderwerpen filosoferen en nadenken. Vandaar dit verhaal!

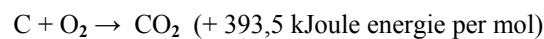
Voor de benodigde gegevens raadpleeg ik de kranten, de Encarta encyclopedie op m'n laptop en soms "Google" in een internetcafé! Over deze "global warming" zou ik ook kunnen denken: "het dient mijn tijd

(waarschijnlijk) wel uit” en “après moi la déluge!”. Maar al die onheilstijdingen van de laatste tijd zitten me toch wel dwars en ik heb ook nog een vrouw die nog wat langer mee wil doen.

4. Chemie

Terug naar de kooldioxide. Waar komt het eigenlijk vandaan, wat is het? Tja, het is verbrande koolstof en het ontstaat dus als koolstofhoudende materialen zich met een overmaat van zuurstof verbinden, verbranden dus. En alle planten, bomen, kolen, olie, gas, ons voedsel, ze bestaan allemaal voor een groot deel uit koolstof. De brandbare vloeistoffen, die uit aardolie, aardgas en steenkolen kolen gemaakt worden, het zijn allemaal “koolwaterstoffen”. Plantaardig voedsel bevat “koolhydraten”, verbindingen van koolstof, waterstof en zuurstof en zijn dus eigenlijk ook “koolwaterstoffen”. Ook eiwitten en vetten bevatten koolstof. Al die plantaardige (en dierlijke) koolwaterstofverbindingen, al dat spul verbrandt, verteert, verrot, vergaat, kortom zal eens oxideren en dan ontstaat niet alleen as, maar vooral koolzuurgas: CO₂ en water: H₂O. Om dit beter te begrijpen even wat scheikunde.

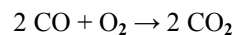
In de chemie wordt een atoom koolstof als “C”, een atoom zuurstof als ”O” en een atoom waterstof als “H” aangegeven. Een atoom koolstof verbrandt (oxideert) als volgt tot een molecule CO₂ (kooldioxide):



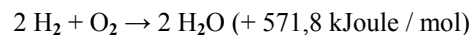
Koolstof kan ook onvolledig verbranden als te weinig zuurstof aanwezig is:



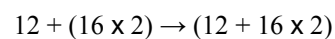
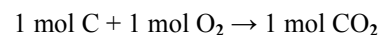
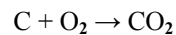
Dit giftige, brandbare gas kan dan als volgt weer verder verbranden, tot CO₂ :



De waterstof in de koolwaterstoffen, verbrandt als volgt tot water(damp):



Uit de koolstof/zuurstof reactie kunnen we ook de gewichtsverhouding van C en O berekenen. We moeten dan de atoomgewichten weten. Koolstof heeft atoomgewicht 12, Zuurstof 16. Hier nogmaals de reactieformule en de berekening:



Uit 12 gram koolstof ontstaat, na verbranding, dus 44 gram CO₂, dat is meer dan 3,5 keer zoveel als de oorspronkelijke koolstof. Wanneer we dus een ton kolen, met een koolstofgehalte van 80 %, verstoken, ontstaat daaruit bijna 3 ton koolzuurgas!

5. Feiten over CO₂.

Wat weten we nog meer over CO₂? Het is een reukloos, niet giftig gas, dat verschillende toepassingen kent. Het wordt in frisdranken gebruikt om er een prikkelende smaak aan te geven. Ook in bier en mousserende wijnen zorgt het voor de bubbels. Als men dit gas sterk samenperst, wordt het vloeibaar. Laat men het dan snel expanderen, dan vormt zich “koolzuursneeuw”. Deze eigenschap wordt toegepast in brandblussers. Koolzuursneeuw is een goed blusmiddel, dat niet giftig is en geen elektriciteit geleidt, belangrijk bij branden in elektrische installaties. Ook richt het middel geen schade aan, in tegenstelling tot vele andere blusmiddelen, zoals poeder en water. Helaas is de bluswerking niet al te groot.

Hoewel CO₂ dus niet giftig is, mag de concentratie in de lucht die wij inademen, toch niet te hoog worden. Algemeen geldt dat het CO₂ gehalte van de lucht om ons heen niet boven de 0,5 % mag komen. Bij 5 % krijg je echt problemen en boven de 10 % kan dood door verstikking optreden. Planten en bomen “ademen” CO₂ in, onttrekken de koolstof uit de CO₂ om te groeien en ademen zuurstof uit. Daarom wordt tegenwoordig de CO₂

van uitlaatgassen van bijvoorbeeld warmtekrachtinstallaties, naar groentekassen geleid om de planten sneller te laten groeien, het is voedsel voor ze. Ook daar: de concentratie mag niet te hoog worden.

Zoals eerder vermeld, er bestaat naast CO₂: kooldioxide ook CO, koolmonoxide. Bij onvolledige verbranding, bijvoorbeeld door een tekort aan zuurstof, kan koolmonoxide ontstaan. Het is een zeer giftig, reukloos, brandbaar gas, dat al veel slachtoffers heeft geëist. Het kan ongemerkt vrijkomen en woonruimtes binnendringen door slecht functionerende branders van verwarmingstoestellen, zoals CV ketels, geisers en zo. Aan deze toestellen en de ventilatie ervan worden daarom strenge eisen gesteld. Ook in benzine- en dieselmotoren worden kleine hoeveelheden CO gevormd. Dit is ongewenst en daarom worden katalysatoren toegepast. Zo'n katalysator zet (onder andere) de CO om in CO₂. Aan de uitlaatgassen van auto's worden eveneens steeds strengere eisen gesteld. Door de maximum toelaatbare hoeveelheid koolmonoxide (en stikstofoxiden) in uitlaatgassen steeds verder te verlagen, worden de autofabrikanten gedwongen "schonere" motoren te ontwikkelen, iets waarin ze trouwens steeds beter slagen. Maar.... "schoon" is nog niet: CO₂ emissievrij! Net zomin als je waterstof kan verbranden zonder dat er water(damp) ontstaat, kan je koolstof verbranden zonder dat er CO₂ (of CO) ontstaat.

Bij vulkaanuitbarstingen komen vaak enorme hoeveelheden CO₂ vrij en volgens sommige geleerden vallen daarbij die menselijke activiteiten: het verbranden van fossiele brandstoffen dus, in het niet. Hebben ze gelijk? Vergeleken bij de enorme uitstoot van de industrie en het verkeer, zijn zelfs de incidenteel vrijkomende, zeer grote hoeveelheden CO₂ door vulkaanuitbarstingen, volgens mij, gering. Maar....als we het over CO₂ uitstoot door menselijk toedoen spreken, over wat voor hoeveelheden hebben we het dan eigenlijk? We gaan op onderzoek.

6. Rekenen aan CO₂

Om meer te weten over de grootte van het CO₂ probleem, hebben we getallen nodig waarmee we kunnen rekenen: Hoeveel CO₂ wordt er uitgestoten? Hoeveel CO₂ zit er eigenlijk in de lucht? In de kranten wordt de laatste tijd veel geschreven over CO₂, niet toevallig natuurlijk! Het extreem warme weer van de laatste jaren is steeds opvallender. En door die film van Al Gore is men waarschijnlijk "wakker" geworden. Hier wat gegevens die ik in de dagbladen tegenkwam:

- De gemiddelde uitstoot van de Europese auto's bedraagt **160 gram CO₂ per kilometer**. Men (de EC) wil de automobielenindustrie dwingen dit getal naar **130 g/km** te brengen (in 2020), iets waar vooral de Duitse industrie nogal moeite mee zegt te hebben (later ook andere autofabrikanten zoals Fiat).
- In advertenties voor (kleinere) auto's wordt tegenwoordig steeds vaker de CO₂ uitstoot per km aangegeven. Ik ben bang dat ze dat alleen doen als de uitstoot lager is dan die 160 gram per km, want ik zie getallen van rond de **100 gram per kilometer!** Grote, sterke auto's hebben ook een grotere CO₂ emissie. De Duitsers zijn eerlijker. Het Duitse autoblad "Autobild" geeft alle waarden, ook de hoge!
- In hetzelfde blad stonden allerlei gegevens, o.a. dat **1 liter diesel** zorgt voor **1,92 kg CO₂** uitstoot. Volgens hetzelfde blad heeft de Japanse hybride auto "Prius" een uitstoot van slechts **26 gram CO₂** (met 4 personen aan boord) **per kilometer**. Een "Smart"diesel geeft **45 gram CO₂ per km** af.
- De totale CO₂ uitstoot, alléén voor Nederland, een land met 16 miljoen inwoners, bedraagt volgens de kranten van begin 2007: **180 miljoen ton per jaar!** Aan de vooravond van de Europese milieueconferentie kwam plotseling **220 miljoen ton CO₂ per jaar** te voorschijn voor Nederland. Dit betekent dat **per Nederlander** bijna **14 ton CO₂ per jaar** uitgestoten wordt!
- Het **verkeer** zou verantwoordelijk zijn voor ongeveer **20 % van deze uitstoot**. Niet duidelijk is of dit alleen de luxe auto's betreft of ook andere vervoermiddelen. Dus niet alleen personenauto's, maar ook vrachtauto's, bussen en treinen? En vliegtuigen en schepen, zitten die erbij?
- De enorme raffinaderij van een grote oliemaatschappij in Rotterdam stoot alleen al **één miljoen ton CO₂ per jaar** uit, maar....ze gaan daar nu wel iets mee doen!

Met deze gegevens kunnen we nu wat gaan berekenen over de CO₂ uitstoot van het verkeer:

Bekijken we eerst de (luxe) auto's in Nederland. Ik stel de autodichtheid één op twee, dat lijkt me realistisch. Bij 16 miljoen inwoners is het aantal personenauto's dan 8 miljoen, waarvan we aannemen dat ze gemiddeld 16.000 kilometer per jaar rijden. We nemen de genoemde 160 g/km als waarde voor de uitstoot. De CO₂ uitstoot is dan:

$$(8.000.000 \times 16000 \times 0,160 = \mathbf{20.480.000 \text{ ton per jaar}}.$$

Dus, in Nederland jagen de luxe auto's de enorme hoeveelheid van rond **20,5 miljoen ton koolzuurgas per jaar** de lucht in. Volgens de laatste gegevens is de totale jaarlijkse uitstoot: 220 miljoen ton CO₂. Het aandeel van de auto's is dus $(20,5 : 220) \times 100 = 9,3 \%$ van de totale CO₂ uitstoot. Het gaat dus echt om zeer grote hoeveelheden, terwijl vrachtwagens, autobussen en zo hier nog niet eens bij zitten. Ook blijkt hieruit dat de CO₂

emissie van de personenauto's: 9,3 %, eigenlijk slechts een relatief klein deel is van het totaal. In het eerder genoemde percentage van 20 % zullen dus wel de vrachtwagens en autobussen zitten. Dit betekent dat de centrales en de industrie de rest uitstoten: ongeveer 80 %. Op wereldschaal blijkt dat de industrie (en de energiecentrales) het leeuwendeel: 50 à 60 % van de CO₂ emissie voor hun rekening nemen, de rest komt door ontbossing en bosbranden!

Opmerking: Die 8 miljoen auto's in Nederland, ja dat klopt niet. De getallen zijn dus niet erg juist en nogal ruw.

Duitsland

Later zag ik weer een staasje in het Duitse "Autobild" (van 30-3-2007). Hoewel ze geen getal gaven voor de totale CO₂ uitstoot, gaven ze wel een duidelijk beeld over wie stoot wat uit. Ook werd het volgende vermeld: Duitsland neemt 4 % van de wereldwijde CO₂ emissie voor z'n rekening, 3 % door menselijke activiteiten, 1 % niet. Dit betekent dat dit ene procent te wijten is aan natuurlijke oorzaken (zoals bosbranden, open haarden en alle CO₂ die Duitse mensen en dieren uitademen). Nog een waarde: de gemiddelde CO₂ uitstoot van **Duitse auto's is: 165 gram CO₂ per kilometer** in 2007. Hierbij de getallen betreffende de CO₂ emissie voor Duitsland alleen, in **2004!**

Luxe wagens	13 %	Centrales	43 %
Vrachtwagens	5 %	Industrie	18 %
Andere	1 %	Huishoudens, kleinbedrijf	20 %

Verkeer, totaal	19 %	De rest	81 %

Hoeveel CO₂ zou heel Duitsland nu jaarlijks uitstoten? Ongeveer vijf maal zoveel als Nederland? Met ongeveer 85 miljoen inwoners lijkt dat een realistische waarde, dus we kunnen de jaarlijkse uitstoot ruwweg stellen op:

$$5 \times 220 \text{ miljoen} = \mathbf{1,1 \text{ gigaton CO}_2 \text{ voor Duitsland}}$$

Hoeveel auto's zouden zij hebben en wat zou het jaarlijkse kilometrage van de Duitse automobilisten gemiddeld zijn? Laten we dat eens uitrekenen, eerst de CO₂ emissie: Jaarlijkse CO₂ emissie van de Duitse auto's: 13 %.

$$0,13 \times 1,1 \text{ miljard ton} = \mathbf{143 \text{ miljoen ton CO}_2 \text{ per jaar}}$$

Stellen we het aantal wagens op "n", de jaarlijkse kilometrage op: "k", dan is de:

Emissie: $n \cdot k \times 165 \text{ gram}$.

$$n \cdot k = (143.000.000 \times 1000.000) : 165 = 0,87 \times 10^{12} = 870.000.000.000$$

Als we de jaarlijkse kilometrage van de Duitse auto's op 16.000 kilometer stellen, krijgen we:

$$870.000.000.000 : 16.000 = \pm 54,5 \text{ miljoen auto's}$$

Dit lijkt allemaal realistisch, dus totdat we meer exacte getallen hebben kunnen we deze getallen voor Duitsland rustig aanhouden. Tot mijn grote vreugde zag ik later dat deze getallen aardig precies kloppen!

Verenigd Koninkrijk

Laten we ook een berekening maken voor de Britse auto's. Een gepensioneerde Engelsman in Spanje vertelde mij dat er 33 miljoen auto's in het Verenigd Koninkrijk zijn! Wat is de gemiddelde CO₂ emissie per auto? We nemen het Europese gemiddelde: 160 gram CO₂ per kilometer. We nemen eveneens aan dat de Britse automobilisten ongeveer 10.000 mijl per jaar rijden. De jaarlijkse CO₂ uitstoot voor de Britse auto's wordt dan:

$$(33.000.000 \times 16.000 \times 160) : 1.000.000 = 84.480.000 \text{ ton, dus:}$$

$$\mathbf{\text{Voor de UK: } 84,5 \text{ miljoen ton CO}_2 \text{ per jaar}}$$

Hoeveel zou de totale uitstoot van CO₂ per jaar van Groot Brittannië zijn? Volgens eerdere gegevens ongeveer 8 à 9 maal zoveel, dus ergens tussen:

(8 x 84,5 miljoen = 675 miljoen en 9 x 84,5 miljoen = 760 miljoen)

Totale emissie ongeveer 700 miljoen ton CO₂ per jaar

United States

Laten we nu eens gaan rekenen aan een groter land, namelijk de VS. In Amerika wonen de grootste energievreters en zij hebben de meeste auto's per inwoner en die Amerikaanse auto's behoren ook nog tot de categorie "gasguzzlers", zijn dus flinke CO₂ uitstoters. Er wonen zo'n 300 miljoen mensen in de States en ik denk dat we hier zeker uit kunnen gaan van één auto per twee inwoners. We stellen dus: 150 miljoen auto's. Het is zelfs meer; volgens de Nederlandse TV zijn er nu ongeveer 200 miljoen auto's in de USA. Laten we aannemen dat deze ongeveer 20.000 km per jaar rijden. Let wel, we praten weer alleen over (luxe) personenauto's. Verder nemen we aan dat deze karren gemiddeld 200 gram CO₂ per kilometer uitstoten, ook dat lijkt me wel reëel, groot land met grote auto's. Zoals ik jaren geleden, toen ik in de VS was, bemerkte, rijden de Amerikanen veel meer dan de Europeanen! De uitstoot (van luxe auto's) komt dan neer op de volgende waarde:

$$(200.000.000 \times 20.000 \times 200) : 1000.000 =$$

800 miljoen ton CO₂ per jaar!

Een enorme hoeveelheid die dus toch nog maar een deel van het totaal is. Nemen we aan dat het hier ook gaat om zo'n 12 % van de totale CO₂ uitstoot, dan zal de totale uitstoot van de VS dus ongeveer:

6,5 miljard ton CO₂ per jaar bedragen!

Dit zijn angstaanjagende getallen. Maar zijn ze ook realistisch? We kunnen ook anders rekenen: we weten dat de VS ongeveer 20 maal zoveel inwoners heeft dan Nederland en wetende dat de Amerikanen de grootste energieverbruikers zijn, dan kunnen we de uitstoot op 30 maal de Nederlandse zette. De totale jaarlijkse CO₂ emissie voor de USA zal dus bedragen:

30 x 220 miljoen = 6,6 miljard ton CO₂

Onlangs kwam ik de volgende data tegen: De Amerikanen emitteren een hoeveelheid van 24 ton CO₂ per persoon per jaar. Ter vergelijking: Nederlanders 14 ton (ik las ook 11 ton) en Chinezen 2,4 ton CO₂ per persoon per jaar! We kunnen nu opnieuw de totale CO₂ emissie uitrekenen:

300 miljoen x 24 = 7,2 miljard ton CO₂

Ik was er niet ver vandaan! Deze getallen geven ons een idee over de gigantische hoeveelheden CO₂ waarover we spreken.

DE WERELD

Ooit las ik dat de VS ongeveer een kwart van de wereldkooldioxide-uitstoot voor z'n rekening neemt. De totale jaarlijkse CO₂ uitstoot (2007) van de wereld (door menselijke acties) zou dan zijn:

$$4 \times 7,2 \times 10^9 = 28,8 \times 10^9 \text{ miljard ton CO}_2 = \pm 29 \text{ miljard ton CO}_2 \text{ per jaar}$$

Dit is een enorme hoeveelheid! Klopt dit getal? Laten we proberen om deze hoeveelheid op een andere manier te berekenen. We nemen de jaarlijkse CO₂ uitstoot van Duitsland: 1,1 miljard ton. Die zou (volgens bepaalde bronnen) 4 % van de totale uitstoot van de wereld zijn.

$$(100 : 4) \times 1,1 = \pm 27,5 \text{ miljard ton CO}_2$$

Niet slecht, tamelijk dichtbij. (Zoals eerder vermeld wordt 1 % van de Duitse uitstoot wordt door natuurlijke processen veroorzaakt.) We kunnen de mondiale uitstoot ook berekenen als we de cijfers van het wereldenergieverbruik zouden weten.

Wereld energieverbruik

Wat is het wereldverbruik van fossiele brandstoffen? Deze cijfers zullen wel ergens beschikbaar zijn, maar niet gemakkelijk te vinden. Hier enige getallen uit verschillende bronnen:

Wereld aardolieverbruik

Vorig jaar, in 2006, las ik in een Nederlandse krant dat het wereldolieverbruik ongeveer 80 miljoen vaten per dag (!) bedraagt. Dit komt neer op $365 \times 80.000.000 = 29.200.000.000$ vaten. Dus ongeveer:

± 30 miljard vaten (van 159 liter) per jaar

Per wereldbewoner bedraagt het (aard)olieverbruik nu ongeveer 2,2 liter per dag. Ter vergelijking (van een internetsite); het dagverbruik van de Westerse mens is als volgt (enige jaren geleden): Een Amerikaan verbruikt 11 liter, een Brit 4,8 liter, een Nederlander 9,1 liter (wij zijn dus ook “gasguzzlers”)! Volgens een andere bron (Nederlandse TV) verbruiken Amerikanen nu (2007) zelfs 17 liter, Chinezen 2 liter, Indiërs 1 liter (ruwe) olie per dag. Dit alles betekent dus dat er grote verschillen zijn en dat zeer veel mensen bijna niets verbruiken. Hoe lang zullen die mensen deze verschillen nog accepteren? (Ze komen al hierheen!)

Het olieverbruik stijgt nog steeds, ongeveer 7 % per jaar. Daarom wordt het steeds moeilijker voor de oliemaatschappijen om aan de vraag te voldoen (en om de juiste reserves te berekenen!).

Nog wat getallen: het wereld aardolieverbruik bedroeg in 1996 nog maar 20 miljard vaten. In 2004 was het jaarverbruik al 25 miljard vaten.

Wereld aardgas verbruik:

Hoeveel aardgas er per jaar nu verbruikt wordt is mij nog onbekend. Door te “googlen” vond ik dat in 2003 het wereld aardgasverbruik 2500 miljard normaal kubieke meter per jaar bedroeg. We kunnen dus een ruwe schatting voor 2007 maken:

Jaarlijks: rond 3000 miljard kubieke meter (nm³)

Wereld steenkoolverbruik.

Het wereld steenkoolverbruik in 2002 was 5800 miljoen ton per jaar. Bij voortzetting van de trend zou dit wereldverbruik in 2025 al zo'n 9070 miljoen ton zal bedragen! Hieruit kunnen we concluderen dat het verbruik thans moet liggen rond de:

6 miljard ton steenkool per jaar (in 2007)!

8. Wereldvoorraad brandstoffen

Na het bekijken van deze getallen, dringt zich direct een volgende vraag op:

“Hoeveel hebben we eigenlijk nog? Hoe groot is de nog in de aarde aanwezige voorraad van deze zogenaamde “fossiele brandstoffen?”

Exact is de grootte van deze voorraden natuurlijk niet bekend, maar er zijn wel bepaalde schattingen. Een overzicht:

- Aardolie.

Volgens één gegeven uit 2002, was de wereldvoorraad aardolie toen 5260 miljard vaten. Intussen is er flink verbruikt. Ook geven oliemaatschappijen wel eens meer reserve op dan ze werkelijk hebben! Onlangs (2007) lichtten de oliemaatschappijen een tipje van de sluier op. Zij zouden met enige moeite nog de volgende hoeveelheid op kunnen pompen:

3600 miljard vaten

Een bemoedigend(?) getal, dit betekent dat we, uitgaande van het huidige verbruik, nog voor 120 jaar olie hebben.

Toen ik dit getal las vroeg ik me af of daar ook het teerzand van Canada bijzitten? Nee dus. Ooit las ik namelijk dat in het Canadese teerzand nog voor honderden jaren olie zou zitten, maar het was toen nog te duur om de olie eruit te halen. Met de gestegen olieprijs begint het lonend te worden en worden nu de eerste installaties gebouwd. Er zijn enorme voorraden van, niet alleen in Canada. Volgens de Encarta encyclopedie zou er zich zelfs 500 maal zoveel koolwaterstoffen als aardolie in “teerzand” en “olieschalie” (oilshale) bevinden. In Brazilië en Estland wordt die “olieschalie” al gebruikt om elektriciteit op te wekken.

Met de olievoorraad van deze wereld zit het dus wel goed, olie zal alleen veel duurder worden. Maar..., als we die enorme hoeveelheden olie zouden verbranden, dan komt er dus ook een gigantische hoeveelheid extra CO₂ in de atmosfeer. Als we de hoeveelheid CO₂ per barrel verstookte aardolie op 300 kg schatten, dan is dat voor die 3600 miljard vaten nog eens **1080 miljard ton CO₂!**

-Aardgas.

Hoeveel aardgas zou er nog in de aarde zitten? Ik vrees dat men daar geen precies idee van heeft. In de Nederlandse aardgasbel, in Slochteren, zat (want de bron begint aardig leeg te raken) ooit 2 duizend miljard kubieke meter aardgas en dit was toen het op één na het grootste veld van de wereld. Later sprak men zelfs over 4 duizend miljard kubieke meter. In de Encarta encyclopedie spreekt men over een wereldvoorraad van 140 duizend miljard nm³ (“normaal kubieke meter”) en een verbruik van ruim 2000 miljard nm³ per jaar in 1992. Intussen is er veel bij gevonden, meer zelfs dan er verbruikt is, zegt men. Ik denk dat we de wereldvoorraad wel kunnen stellen tussen:

150 - 200 duizend miljard n.m³

Aardgas bestaat meestal voor een groot deel uit methaan (CH₄) waarin veel waterstof zit. Bij de verbranding van aardgas komt dus relatief veel water en weinig CO₂ vrij!

-Steenkool.

Jaren geleden las ik dat er nog voor 400 jaar steenkool in de grond zit. Intussen zal dat wel wat minder zijn. Het verbruik is de laatste decennia sterk gestegen en er is intussen zeer veel gedolven. Maar er is ook veel nieuwe steenkool ontdekt. Moeilijk te winnen steenkool (in Duitsland, Engeland, Nederland en andere), laat men nu zelfs maar zitten. Er is voldoende gemakkelijk te winnen steenkool in landen als Australië, Zuid Afrika en nog andere. Dan hebben we ook nog bruinkool en turf. In Duitsland bevinden zich grote hoeveelheden bruinkool (o.a. bij Bergheim) die vlijtig afgegraven worden. Ook hiervoor geldt dat dit spul bij verbranding het CO₂ percentage in de lucht sterk zal verhogen! Uitgaande van een jaarverbruik nu van ± 6 miljard ton, kunnen we de wereldvoorraad stellen:

tussen 1000 en 2000 miljard ton .

-Samenvatting

Wereldvoorraad van fossiele brandstoffen:

Aardolie	:3600 miljard vaten (van 159 liter)
Aardgas	:150 - 200 duizend miljard N.m ³
Steenkool	:1000 - 2000 miljard ton
Teerzand	: X000 miljard vaten
Olieschalie	: X000 miljard vaten.

Als we ook al deze brandstoffen nog zouden verbranden, komt er in de komende decennia nog gigantisch veel CO₂ bij in de atmosfeer. Het huidige CO₂ percentage zal dan sterk verder stijgen!

9. CO₂ UITSTOOT

Nu we meer gegevens hebben over het wereldverbruik van fossiele brandstoffen kunnen we nog eens gaan rekenen aan de wereld CO₂ uitstoot. Via de uitstoot van de VS kwamen we indirect op een werelduitstoot van

27,5 - 29 miljard ton CO₂ per jaar.

Voor een juister getal zullen we nu uitgaan van het wereldverbruik van de verschillende brandstoffen en de CO₂ uitstoot per brandstof. Hopelijk krijgen we dan vergelijkbare getallen.

Eerst moeten we de emissiegetallen voor de diverse brandstoffen weten en ze dan toepassen op het wereldverbruik van deze brandstoffen. Niet zo eenvoudig maar we kunnen een globale berekening maken met de

volgende cijfers: **1 kg dieselolie** produceert **2,62 kg CO₂**, **benzine 2,32 kg CO₂** en **1 nm³ aardgas** emitteert bij verbranding **2,23 kg CO₂** (Autobild maart 2007). En steenkool? Dat hangt voornamelijk af van het koolstofgehalte. Bij 70 % is dit ongeveer **2,5 kg CO₂** per **kilogram steenkool**. Hier komen de getallen voor de uitstoot per brandstof en het brandstofverbruik van de wereld.

CO₂ uitstoot van fossiele brandstoffen:

- 1 vat aardolie produceert bij verbranding: ± 300 kg CO₂.
- 1 m³ aardgas produceert bij verbranding: ± 2,25 kg CO₂.
- 1 ton steenkool produceert bij verbranding: ± 2500 kg CO₂.

Wereld jaarverbruik fossiele brandstoffen:

- Aardolie: 30 miljard vaten per jaar
- Aardgas: 3000 miljard kubieke meter per jaar
- Steenkool: 6 miljard ton per jaar

Hebben we nu alle gegevens? Nee, helaas nog niet. We hebben ook nog de biobrandstoffen, brandstoffen bereid uit biomassa, suikerriet, oliehoudende zaden en zo. Ook hebben we nog turf en bruinkool. Verder ademen mens en dier meer CO₂ uit dan in. En dan hebben we nog bosbranden en vulkaanuitbarstingen!

Maar... daar tegenover staat dat de flora: alle planten, struiken en bomen, CO₂ inademen en zuurstof (O₂) vrijgeven. We kunnen er het beste vanuit gaan dat dit alles “CO₂ neutraal” gebeurt, zeer lang veranderde het CO₂ percentage immers nauwelijks? Aan de andere kant: er zijn nu wel érg veel mensen op de wereld: in 1850 waren er één miljard mensen, in 1950 al twee miljard en nu 2007 staan we op ongeveer 6,5 miljard, en gaan we naar de zeven miljard inwoners.

We gaan er toch maar vanuit dat alleen de fossiele brandstoffen het probleem zijn. Met de gegevens over ‘t jaarverbruik en uitstoot van de fossiele brandstoffen: olie, gas en kolen kunnen we de volgende berekening maken.

Wereld CO₂ uitstoot per jaar door gebruik van fossiele brandstoffen:

Olie:	$3 \times 10^{10} \times 300 \text{ kg} =$	$900 \times 10^{10} \text{ kg} =$	9 miljard ton
Gas:	$3 \times 10^{12} \times 2,25 \text{ kg} =$	$6,75 \times 10^{12} \text{ kg} =$	6,75 miljard ton
Kolen:	$6 \times 10^9 \times 2500 \text{ kg} =$	$1500 \times 10^{10} \text{ kg} =$	15 miljard ton
		----- +	
	Ik houd de totale wereld CO ₂ uitstoot op:		± 30 miljard ton per jaar

Het is wat meer dan de 29 miljard ton die eerder berekend is via USA en Duitsland. De gegevens zijn dus behoorlijk correct. We kunnen dus veilig stellen dat:

De jaarlijkse CO₂ uitstoot door het verbranden van fossiele brandstoffen in deze wereld bedraagt minimaal 30 miljard ton!

Omdat deze hoeveelheid zo ontstellend groot is ben ik verder gaan zoeken en vond op het internet (intussen terug uit Spanje) de volgende ontstellende hoeveelheden:
Op een site van “Planetark” las ik:

CO ₂ emissie in 2003:	25	miljard ton per jaar
CO ₂ emissie in 2030:	43,7	miljard ton per jaar

In Wikipedia vond ik:

CO ₂ emissie in 2006:	26,7	miljard ton per jaar
----------------------------------	-------------	-----------------------------

Meer over CO₂ emissie

Tot dusver hebben we de CO₂ emissie door het verbranden van fossiele brandstoffen bekeken. Volgens bepaalde bronnen is de jaarlijkse CO₂ uitstoot ongeveer als volgt verdeeld:

Transport:	15 – 20 %	(± 5,5 – 7,5 gigaton CO₂ p.j. ?)
Industrie:	55 - 60 %	(± 21 – 23 gigaton CO₂ p.j. ?)
Ontbossing, vulkanen etc.	10 – 20 %	(± 4,5 – 7,5 gigaton CO₂ p.j. ?)
		(Deze hoeveelheden zijn door mij geschat!)

Dus, als dit alles waar is, dan is de emissie door het verbranden van fossiele brandstoffen “slechts” 80 % van het totaal. De rest wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door ontbossing, afbranden en houtkap, inclusief het gebruik van brandhout door de bevolking van de derde wereld (de “alternatieve energiecrisis”). Andere CO₂ bronnen zijn de vulkanen van deze wereld. Als een vulkaan uitbarst worden er enorme hoeveelheden gas, voor een groot deel CO₂, de lucht in geslingerd. Denk aan de eruptie van de Mount St Helen! Ook eten mens en dier voedsel, dat voor een groot deel uit koolstof bestaat, dat uiteindelijk in kooldioxide (CO₂) verandert.

Laten we eens naar de wereldbevolking kijken, er zijn ongeveer 6,2 miljard mensen. Hoeveel zouden zij eten? Het is beter te vragen: “Hoeveel calorieën verbruiken zij per dag?” Om aan de veilige kant te blijven zet ik ze op een dieet van 1000 kcal per dag. Het gemiddelde is hoger, ik schat 2000 kcal, ikzelf eet ook meer dan 1000 kcal per dag, maar baby’s eten weer een stuk minder. (Er zit ook waterstof in koolhydraten, en die produceert, behalve energie, alleen water!)

1000 Kcal levert ongeveer 4000 kilojoule (1 cal = 4,18 joule). Om deze hoeveelheid energie te verkrijgen moet men ongeveer 120 gram koolstof (in de vorm van koolhydraten, eiwitten en zo) eten. We hebben eerder gezien dat, wanneer 1 mol koolstof (12 gram) verbrandt, er 393 kilojoules energie en 44 gram CO₂ geproduceerd wordt.

Nu kunnen we gaan rekenen. De jaarlijkse CO₂ emissie door de mensheid zal dan bedragen:

$$365 \times 6.200.000.000 \times (44 : 12) \times 0,120 \text{ kg} = 6,2 \text{ miljard} \times 160,6 \text{ kg} = \pm 1000 \text{ miljard kg}$$

We spreken dus over een uitstoot van **1 miljard ton CO₂ per jaar**, door de wereldbevolking. Een zelfde berekening van de CO₂ emissie door al de dieren, zou ook gemaakt kunnen worden, als alle parameters bekend zijn. Deze gegevens zijn mij niet bekend, alles dat ik erover kan zeggen is, dat de CO₂ emissie door de dierenwereld meer zal zijn en dan spreek ik ook nog niet over het methaangas (CH₄) dat de dieren (en mensen) “emitteren”.

Uit al deze cijfers kunnen we veilig constateren dat de totale jaarlijkse emissie van deze wereld door het verbranden van fossiele brandstof, minimaal bedraagt:

30 miljard ton CO₂ per jaar

CO₂ in de atmosfeer

Nu de volgende vraag: Hoeveel CO₂ bevat onze atmosfeer eigenlijk? Wat is het gewicht van alle kooldioxide in de atmosfeer? Dat getal zal best bekend zijn, maar een waarde hiervoor kom je eigenlijk nooit tegen. Maar laten we eens kijken of we het zelf kunnen berekenen! Dan moeten we dus zien te weten te komen hoeveel de totale atmosfeer van de aarde weegt, daarvan nemen we dan 0,04 %, en dan hebben we de hoeveelheid CO₂!

Maar...hoe kunnen we nu het gewicht van de atmosfeer te weten komen? Heel eenvoudig! De barometrische druk op aarde bedraagt gemiddeld 1000 millibar en dat is ongeveer 1 kg/cm². Op iedere vierkante centimeter aarde drukt dus een kolom lucht van één kilogram. Als we dus de oppervlakte van de aarde weten, in cm², kunnen we het gewicht bepalen. We moeten dan wel de straal van de aarde weten, maar die volgt uit de omtrek. De omtrek van de aarde is **40.000 km**. De formule voor de omtrek van een cirkel luidt:

Omtrek = $2 \pi r$, waarin “r” de straal is en $\pi = 3,14$, en dus is:

$$r_{\text{aarde}} = 40.000 : (2 \times 3,14) = \pm 6370 \text{ km}$$

Nu kunnen we de oppervlakte van de aarde uitrekenen met de formule:

Oppervlakte van een bol = $4 \cdot \pi \cdot r^2$. De oppervlakte van de aarde is dus:

$$4 \times 3,14 \times (6370)^2 = 509.645.864 \text{ km}^2 = \pm 5,1 \times 10^8 \text{ km}^2 = \pm 5,1 \times 10^{18} \text{ cm}^2$$

Daar op iedere cm² een luchtkolom van 1 kg drukt is het totale gewicht van de aardatmosfeer eveneens:

$$5,1 \times 10^{18} \text{ kg} = \quad \quad \quad \underline{\underline{5,1 \times 10^{15} \text{ ton}}}$$

Hiervan is 0,04 % (400 PPM) dus CO₂. Het gewicht van alle CO₂ in de dampkring is dus (ongeveer) als volgt:

$$\underline{\underline{\text{Totaal in atmosfeer:}}} \quad 0,04 \times 0,01 \times 5 \times 10^{15} = \underline{\underline{2 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2}}$$

We spreken dus over ongeveer **tweeduizend miljard ton kooldioxide** (of **2000 gigaton CO₂**) in onze atmosfeer.

Verificatie

Ik vond later in de Encarta encyclopedie: de massa van onze totale atmosfeer inderdaad bedraagt ongeveer: **5×10^{18} kg**. Dus, hoewel moeilijk te geloven, deze enorme hoeveelheid van **2000 gigaton CO₂** moet wel kloppen. Omdat het zo'n gigantische hoeveelheid is, zocht ik bevestiging op het internet. Zoals ik al verwachtte vond ik verschillende waarden:

Eerst vond ik een site, die een hoeveelheid vermeldde van 750 - 830 gigaton CO₂ in de lucht. Wat is er aan de hand, is mijn berekening fout? Over welk jaar spreekt men? Als er nu 0,04 % CO₂ in de lucht zit, dan moeten mijn berekeningen juist zijn.

Daarna las ik op een (Engelse) Wikipedia site het volgende: men ging van een kleinere aardradius uit en daardoor was het aardoppervlak ineens veel kleiner: $4,41 \times 10^{18}$ cm². Voor het CO₂ gehalte in de lucht las ik het volgende, waardoor ik aan 't denken gezet werd, namelijk dat:

Het percentage CO₂ in volumedelen 0,0383 % en in gewichtsdelen 0,0582 % bedraagt (voor 2007)!

Wat is er aan de hand? Heb ik dan toch verkeerd gerekend? Ik heb de Encarta op m'n laptop geraadpleegd en zij bevestigen dat de straal van de aarde 6370 km en de oppervlakte inderdaad: $5,1 \times 10^8$ km² bedraagt. Laten we uit nieuwsgierigheid toch maar eens gaan rekenen met de Wikipedia waarde van 0,0582 % en hun oppervlakte.

$$0,0582 \times 0,01 \times 4,41 \times 10^{18} \text{ kg} = 2,567 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2 \text{ (of } \mathbf{2567 \text{ gigaton})}$$

De zelfde site noemde echter een totaal van: $2,996 \times 10^{12}$ ton CO₂ (of **2996 gigaton**)

Deze getallen komen niet overeen, laten we daarom het totaal nu eens met "mijn" oppervlakte en met het nieuwe percentage (gewicht) gaan berekenen.

$$0,0582 \times 0,01 \times 5,1 \times 10^{18} \text{ kg} = 2,968 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2 \text{ (of } \mathbf{2968 \text{ gigaton})}$$

Eind april 2007 las ik op een site van "The Royal Society" (UK) dat het CO₂ percentage (30 APRIL 2007): 0,046 % "by weight", in gewicht dus bedraagt. We komen dan op een totaal van:

$$0,046 \times 0,01 \times 5,1 \times 10^{18} \text{ kg} = \mathbf{2,346 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2 \text{ (of } \mathbf{2346 \text{ gigaton})}$$

UIT DEZE CIJFERS BLIJKT WEL DAT HET NIET EENVOUDIG IS OM DE JUISTE GEGEVENS TE VERKRIJGEN!

Gaan we uit van het huidige (gewicht)percentage van 0,04 % (of 400 PPM), dan wordt de waarde:

Een totaal van ongeveer 2000 gigaton CO₂, in de atmosfeer.

Dit getal zou dus onjuist kunnen zijn. Werken we met de andere gegevens dan krijgen we:

Een totaal van ongeveer 3000 gigaton CO₂, in de atmosfeer!

Intussen (eind 2007) is mij gebleken dat de 0.04% een volume percentage is. Daar het soortelijke gewicht van CO₂ gas 1,6 gram per cm³ is, kunnen we dus aannemen dat de totale hoeveelheid CO₂ inderdaad minimaal:

3000 gigaton CO₂

Toekomstig CO₂ percentage

We kunnen ook proberen te berekenen met hoeveel procent het CO₂ thans per jaar stijgt, uitgaande van de eerder berekende jaarlijkse werelduitstoot. Omdat we twee verschillende waarden hebben, gaan we van de minimum en maximum waarde uit! De echte waarde ligt er ergens tussen. We gaan weer rekenen:

30 miljard ton CO₂ emissie per jaar is dan:

$$(3 \times 10^{10} : 3 \times 10^{12}) \times 100 \% = \mathbf{1 \%} \text{ (van 3000 gigaton)}$$

Uitgaande van de huidige 0,04 % CO₂ en deze percentages, zal het CO₂ percentagegetal in de atmosfeer ieder jaar met een getal stijgen dat ligt rond: $(1 : 100) \times 0,04 = \underline{0,00040 \%}$.

Doen we dus niets en gaan we gewoon verder met het verbruiken en verbranden van aardolie, aardgas en steenkolen, dan zal, door menselijke activiteiten, na ongeveer **15 tot 25 jaar** het CO₂ percentage van **0,04 % naar 0,05 %** gestegen zijn. Gezien de snelle stijging van de laatste decennia is dit geen denkbeeldig gevaar! Later las ik, dat men verwacht dat het CO₂ gehalte 550 PPM in 2040 zal bedragen. (550 “parts per million” komt overeen met 0,055 %!)

Verlaging van het CO₂ percentage.

We hebben het nu gehad over CO₂ percentages en de stijging ervan. **Maar we willen helemaal niet dat het percentage stijgt, nee, het moet juist dalen!** Maar...hoe ver moet het dalen? Hoe krijgen we ons ouderwetse rustige klimaat terug? Dan zouden we terug moeten naar het “oude” percentage van 0,03 %!

Heel lang steeg het CO₂ percentages nauwelijks. In 1870 was het 0,027 %. Het gehalte schommelde daarna rond de 0,03 % en nam zeer langzaam toe. Pas de laatste paar decennia is het snel naar de 0,04 % gestegen. Het ligt nu iets boven de 0,04 %. Dus als we er wat aan kunnen doen, zouden we 0,03 % als doel moeten nemen.

Willen we werkelijk het CO₂ percentage van de atmosfeer terugbrengen naar het oude niveau van 0,03 %, een daling met een kwart, dan moeten er twee dingen gebeuren:

- 1) De mensheid moet beginnen (en leren) CO₂ neutraal of beter nog CO₂ emissievrij verder te leven.**
- 2) We moeten beginnen met het verwijderen van een enorme hoeveelheid CO₂ uit de atmosfeer.**

De hoeveelheid CO₂ die uit de lucht verwijderd moet worden, om het percentage met een kwart omlaag te brengen is enorm, uitgaande van de waarde van 3000 gigaton wordt dat namelijk:

$$0,25 \times 3 \times 10^{12} \text{ ton CO}_2 = 750 \times 10^9 \text{ ton CO}_2$$

We moeten dus minimaal 750 miljard ton CO₂ uit de atmosfeer halen.

Hoe we dit moeten en kunnen doen is dus de “25 miljoen dollarvraag” van Sir Richard Branson! Het moet nu duidelijk zijn dat de gewenste verwijdering van één miljard (“giga”) ton per jaar absoluut onvoldoende is om het CO₂ percentage significant te laten dalen.

Een nog belangrijkere eis om het CO₂ te laten dalen is, dat de mensheid van nu af aan “CO₂ neutraal”, maar nog liever CO₂ emissievrij, verder moet leven, iets waar men nu heel voorzichtig mee begonnen is. “CO₂ neutraal” houdt in dat wij voortaan met z’n allen net zoveel CO₂ uitstoten als absorberen.

Zou dat mogelijk zijn in deze aan energie verslaafde wereld? Het zal in ieder geval ernstige “afkickverschijnselen” geven! Maar... doen we dat niet, dan moet er dus nog veel meer CO₂ verwijderd worden uit de lucht!

Europa wil nu (maart 2007) beginnen met een 20 % afname van de CO₂ uitstoot en het opwekken van 20 % “schone” energie! Dit moet in 2020 gerealiseerd zijn. Europa neemt (volgens een bron) ongeveer 10 % van de werelduitstoot van CO₂ voor z’n rekening.

Het spijt me, maar **we kunnen deze reductie dus nog niet eens als bemoedigend bestempelen**, hoogstens als een druppeltje op een zeer grote hete plaat! Het percentage CO₂ zal hierdoor in ieder geval niet dalen, hoogstens iets minder snel stijgen!

Hoewel de consequenties van de te nemen Europese maatregelen enorm ingrijpend zullen zijn, zal het CO₂ gehalte van de atmosfeer door deze overeenkomst in ’t geheel niet dalen! Op z’n best zal het percentage iets minder snel stijgen!

13. Verlaging CO₂ gehalte van de atmosfeer

De VN wil één miljard bomen gaan planten, Het planten van bomen, is dat werkelijk een oplossing? We zullen zien! Om de “global warming” tegen te gaan moeten we niet alleen de CO₂ emissie verminderen, we moeten de concentratie van kooldioxide in de lucht terugbrengen. Maar...is er voor de verlaging van het CO₂ percentage eigenlijk wel een echt goede oplossing? Kunnen we het CO₂ gehalte van de lucht werkelijk flink verlagen? Er zijn een aantal manieren:

- 1) **De koolstof (C) verwijderen uit de CO₂, zodat de zuurstof (O₂) overblijft**
- 2) **De CO₂ binden aan andere stoffen en op die manier onschadelijk maken.**
- 3) **De CO₂ verzamelen en ondergronds opslaan.**
- 4) **De CO₂ verzamelen en oplossen in zeewater.**

Methode 1.

De methode om de C uit de CO₂ te verwijderen is bij de planten, struiken en bomen van deze aarde al heel lang bekend: de “**fotosynthese**”. Fotosynthese houdt in dat CO₂ met behulp van (zon)licht omgezet wordt in koolstof (C) en zuurstof (O). Eigenlijk moeten we dit anders formuleren:

“Fotosynthese is een proces waarbij onder invloed van (zon)licht CO₂ wordt omgezet in celmateriaal. Door deze fotosynthese worden, direct of indirect, voedingsstoffen voor alle levensvormen geproduceerd.”

Het is een zeer ingewikkeld procédé waar de wetenschap helaas nog lang niet alles van weet, maar...., zelfs de eenvoudigste planten en algen beheersen het en ook al zeer lang! Uitleggen van deze fotosynthese is geen eenvoudige zaak. In 't kort komt het hier op neer:

De bladeren van planten en bomen bestaan uit een groene stof, bladgroen of “chlorofyl”, bedekt met een blad huid. Hierin bevinden zich bladgroenkorrels, de “chloroplasten”. Deze passen de fotosynthese toe. In de blad huid bevinden zich de bladmondjes, de “stomata”, waardoor de bladeren lucht “ademen”. Van de ingeademde lucht wordt dan de CO₂ door de bladgroenkorrels in een groot aantal stappen, met behulp water, enige andere stoffen en licht als energie, omgezet in bepaalde suikers, “koolhydraten” genaamd. Deze koolhydraten vormen het celmateriaal voor de opbouw van de plant. Er zijn meerdere manieren waarop planten dit doen. Naar gelang het type fotosynthese die planten toepassen, heeft men de planten geklasseerd: C 3 en C 4, en CAM. (C1 en C2 planten bestaan blijkbaar niet!) Vooral de tropische planten van de C4 klasse zetten CO₂ efficiënt om in celmateriaal. De C3 planten, die in de koudere streken voorkomen, doen dit minder efficiënt. Daar vele C3 planten erg belangrijk zijn als voedsel, wordt getracht hun efficiëntie te verbeteren door kruising met C4 planten. Er zijn ook CAM of “*crassulacean acid metabolism*” planten. Deze planten hebben dikke bladeren, groeien in droge gebieden en zijn nog minder effectief. De mensheid maakt dus al heel lang gebruik van de fotosynthese door allerlei planten te verbouwen, die als voedsel voor mens en vee gebruikt worden.

Methode 2.

Bij deze methode wordt de CO₂ aan silicium houdend materiaal gebonden. CO₂ kan goed gebonden worden aan bepaalde steenachtige materialen, die veel voorkomen op deze aarde. Zo kan rond ± 350 kg CO₂ aan één kg van dit materiaal gebonden worden. We verkrijgen dan dus ook een paar honderd kg steenachtig materiaal, maar dat kan als bouw materiaal of vulmateriaal gebruikt worden. Een paar honderd miljard ton CO₂ omzetten in zeer veel siliciumcarbonaten is misschien mogelijk, maar dat kost veel energie, die.....? Juist! Die energie moet CO₂ emissievrij opgewekt worden!

Methode 3.

Er is ooit gesuggereerd om de CO₂ ondergronds op te slaan, bijvoorbeeld in lege aardgasbronnen. De laatste tijd horen we er veel over. We zouden daar zeer grote hoeveelheden in op kunnen slaan, maar honderden miljarden tonnen? Dan moeten we wel “even” de CO₂ verzamelen, samenpersen en in die lege bronnen (bestaande uit poreus gesteente) injecteren. En dan moeten we ook nog zorgen dat het CO₂ gas niet weer kan ontsnappen en daar voor altijd in blijft!

Methode 4.

Misschien wel de eenvoudigste manier om CO₂ op te slaan is: oplossen in zeewater. Wetenschappers zeggen dat dit zeer wel mogelijk is. Maar om dit te doen moeten we de CO₂ eerst wel afscheiden en verzamelen. Maar als het dan in zeewater is opgelost, wie garandeert dat het daar zal blijven? (Misschien kunnen de algen ons daarbij helpen?) En...wat gebeurt er als de zeewatertemperatuur stijgt? “De oplosbaarheid van een gas in water neemt met toenemende temperatuur af!” De zeewatertemperatuur is al aan het stijgen. Wat zal er gebeuren als een deel van de CO₂ weer ontsnapt als de zeewatertemperatuur blijft stijgen? Er heeft al een enorme uitwisseling van CO₂ tussen atmosfeer en zeewater plaats, maar het is niet duidelijk wat voor hoeveelheden CO₂ geabsorbeerd worden of juist vrijkomen uit de oceanen. Sommige geleerden stellen zelfs dat deze variërende uitwisseling (van CO₂) de hoofdoorzaak van het gestegen CO₂ percentage is, hoofdzakelijk door de gestegen zeewatertemperatuur dus.

Zouden we de CO₂ met een van deze vier methodes (of een combinatie ervan) uit de lucht kunnen halen? Methode 1 is grootschalig mogelijk, methode 2, 3 en 4 zijn interessant als alternatief of parallel oplossing, maar of we deze als hoofdoplossing kunnen zien is onzeker! We bekijken de vier methodes nog eens wat nader!

De fotosynthese.

De methode van de natuur: fotosynthese, is dat werkelijk een optie? Kunnen we de genoemde **750 miljard ton CO₂** werkelijk uit de atmosfeer verwijderen en omzetten in koolhydraten (of beter nog: in koolstof en zuurstof) door middel van fotosynthese? Kan dat dan met “natuurlijke” of moet het met een, nog te ontwikkelen, “kunstmatige” fotosynthese gerealiseerd worden? De grote vraag is niet alleen hoe en waar, maar ook: hoe snel? In hoeveel tijd kunnen we deze enorme hoeveelheid CO₂ omzetten in C en O met behulp van fotosynthese (of andere methodes)?

Het heeft de wereld honderden miljoenen jaren gekost om de fossiele brandstoffen te vormen. Deze brandstoffen zijn wij in steeds sneller tempo aan het verbranden. Wij doen dit om energie te verkrijgen. Wanneer koolwaterstoffen verbranden (oxideren) komt er warmte vrij, namelijk:

- Bij verbranding van 1 kg **waterstof** tot H₂O komt: 143 kilojoule (34,2 Kcal) vrij.
- Bij verbranding van 1 kg **koolstof** tot CO₂ komt: 32,8 kilojoule (7,845 Kcal) vrij.

Hieruit blijkt dat vooral het waterstofaandeel van brandstoffen zeker belangrijk is voor de energieopwekking. Het voordeel van waterstof is dat het verandert in onschadelijke waterdamp. Aardgas, dat hoofdzakelijk uit methaan (CH₄) bestaat, bezit veel waterstof en dat maakt aardgas zo populair en relatief “schoon”!

Een vraag

Wanneer waterstof verbrandt wordt er water gevormd, in de vorm van waterdamp! Omdat er zoveel fossiele brandstof in energie omgezet wordt, komt er niet alleen zeer veel CO₂ vrij, maar ook heel veel extra water(damp). Zou die waterdamp het broeikas effect en de aardopwarming versterken? Waterdamp is een sterk broeikasgas! Is die extra waterdamp werkelijk onschadelijk? Ik heb er nooit wat over gelezen, dus alles wat ik kan doen is: rekenen! Over welke hoeveelheden water spreken we?

We gaan uit van het gegeven dat 1 kg waterstof (H) ongeveer 9 kg water (H₂O) produceert en passen de eerdere cijfers over het jaarverbruik van fossiele brandstoffen toe.

AARDOLIE: 30 miljard vaten = 4,500 x 10 ¹² kg olie: 20 % H = 9 x 10 ¹¹ kg H.	
Dit geeft: 9 x 9 x 10 ¹¹ kg water =	8,1 x 10¹² ton water
AARDGAS: 3000 miljard m ³ ; Ongeveer 0,136 kg H/m ³ : 400 x 10 ⁹ kg H.	
Dit geeft: 9 x 400 x 10 ⁹ kg water =	3,6 x 10⁹ ton water
STEENKOOL: 6 miljard ton; 10 % H = 0,6 x 10 ⁹ ton H.	
Dit geeft: 0,6 x 9 x 10 ⁹ ton =	5,4 x 10⁹ ton water
----- +	
Totale jaarlijkse uitstoot	17,1 x 10⁹ ton water

Dus we spreken over een emissie van **17 miljard ton waterdamp** per jaar.

Ik vond de volgende getallen over de hoeveelheid water op aarde en in de atmosfeer:

Totaal water op aarde: 1,386 x 10⁹ km³ = 1,386 x 10¹⁸ ton

Totaal water in lucht: 1,29 x 10⁴ km³ = 1,29 x 10¹³ ton (± 0,001% van het totaal)

Één km³ water = 1 x 10⁹ ton water, soortelijk gewicht = 1.

De totale emissie door fossiele brandstof is: 17,1 x 10⁹ ton water per jaar

Dit alles betekent dat de jaarlijkse uitstoot van water door het verbranden van fossiele brandstof slechts: (17,1 : 1,29) x 10⁻⁴ x 100 % = **0,1325 % per jaar** toevoegt aan de totale hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer!

De invloed van deze extra hoeveelheid waterdamp (0,13 % per jaar) geeft zeer waarschijnlijk geen extra versterking van het broeikas effect!

Fotosynthese en energie

Terug naar het CO₂ probleem. Het werkelijke probleem is niet alleen de gigantische hoeveelheid CO₂ in de lucht, maar ook de energie nodig voor de omzetting ervan!

Willen we de CO₂ omzetten in koolstof C en zuurstof O, dan zullen wij die door het verbranden van fossiele brandstof vrijgekomen energie er weer in moeten steken!

En er is intussen ontzettend veel energie door het verstoken van fossiele brandstof opgewekt en verbruikt! Hoe kunnen we deze enorme hoeveelheid energie weer opwekken, maar nu op een “schone” manier?

Fotosynthese gebruikt zonlicht als energie, en daar ligt dus de oplossing, maar ook het probleem! Wanneer we fotosynthese op grote schaal toe willen passen, zal dit met zonne-energie moeten gebeuren. Maar... hoewel onze aarde iedere dag gigantisch veel energie van de zon ontvangt, is de hoeveelheid zonne-energie, die op een m² valt (als de zon schijnt), relatief klein.

Bekijken we die energie in Nederland (geldt ook voor de UK en Duitsland), dan blijken wij gemiddeld 110 watt/m² en maximaal 1000 watt/m² energie van de zon te ontvangen (1 watt = 1 Joule/sec). In zuidelijke landen zal deze energiehoeveelheid nog wel wat hoger liggen. Gezien de enorme hoeveelheid CO₂ die we uit de lucht moeten halen, betekent dit dat we niet alleen grote oppervlakten met veel zon nodig zullen hebben, maar ook..... geduld! Kan grootschalige fotosynthese een oplossing zijn voor het CO₂ probleem? Dan moeten we eerst weer gaan rekenen:

Natuurlijke fotosynthese

Om vast te stellen of we (natuurlijke) fotosynthese op grote schaal kunnen toepassen als oplossing voor het CO₂ probleem, moeten we eerst de volgende vraag beantwoorden.

Hoeveel CO₂ kunnen we per jaar en per vierkante kilometer met zonlicht omzetten in koolstof (of koolstof houdend materiaal) en zuurstof met behulp van (natuurlijke) fotosynthese?

Om deze vraag te beantwoorden hebben we gegevens nodig. Ik heb de volgende informatie gevonden:

- Er zijn nu firma's (in Nederland) die aanbieden om vakantievluchten te compenseren door het planten van bomen, tegen betaling uiteraard, het milieu is ook business! Ze bieden aan om een CO₂ emissie van 20 kg te compenseren door het planten van één boom!
- Een bepaalde internetsite geeft aan: “Een boom zet 0,059 kg CO₂ per dag om in koolstof en zuurstof.” Dit betekent $365 \times 0,059 = 21,5$ kg CO₂ per jaar.
- De zelfde site vermeldt een getal van 425 bomen per hectare (10.000 m²). Dus, één boom neemt een oppervlakte in van: $10.000 : 425 = 23,5$ m².

Wat niet genoemd wordt: voor welke bomen zijn deze cijfers geldig? Zijn het jonge of oude bomen, groot of klein, eiken, dennenbomen enzovoort? Passen deze bomen de fotosynthese effectief toe? De ene boom zal het zeker effectiever doen dan de andere. Maar als we 750 miljard ton CO₂ (een kwart) in, zeg in tien jaar, met bomen uit de lucht te willen halen, kunnen we nu al concluderen dat we enorme oppervlaktes nodig hebben! Laten we eens gaan rekenen!

Uit de eerder genoemde getallen: 21,5 kg CO₂ per 23,5 m², kunnen we concluderen dat bomen ongeveer 1 kg CO₂ per m² absorberen, gemakkelijk voor berekening! (Intussen vond ik ook een getal van 7,1 ton CO₂ per hectare, maar laten we maar bij 1 kg CO₂ per m² per jaar blijven). Met dit getal kunnen we berekenen dat een woud van één vierkante kilometer (1000 bij 1000 meter) een hoeveelheid van 1 miljoen kg = 1000 ton CO₂ per jaar kan absorberen.

Voor de **1 miljard ton CO₂** van Sir Richard hebben we dus een ruimte nodig van:

$$(1 \times 10^9) : (1 \times 10^3) = \pm 1 \times 10^6 \text{ km}^2 = \quad \quad \quad \mathbf{1 \text{ miljoen km}^2}$$

Maar...om het CO₂ probleem echt op te lossen, moeten we **750 miljard ton CO₂** omzetten. We hebben we een oppervlakte nodig van:

$$\pm 750 \times 10^6 \text{ km}^2 = \quad \quad \quad \mathbf{750 \text{ miljoen km}^2}$$

Het zal onmiddellijk duidelijk zijn dat dit onmogelijk grote ruimtes zijn. Om de situatie te verbeteren, zouden we kunnen zoeken naar veel effectievere bomen of planten die, laten we zeggen tien maal meer CO₂ omzetten: 10 kg /m². We krijgen dan:

$$\mathbf{\text{Voor 1 miljard ton CO}_2 : \quad \quad \quad \mathbf{100.000 \text{ km}^2}}$$

Laten we die 750 miljard ton in tien jaar doen met deze superbomen, zelfs dan hebben we nodig:

$$\mathbf{\text{Voor 750 miljard ton CO}_2 \text{ in 10 jaar:} \quad \quad \quad \mathbf{7,5 \text{ miljoen km}^2}}$$

Deze getallen laten ons zien dat natuurlijke fotosynthese ons op deze wijze eigenlijk niet kan helpen, de benodigde ruimte is te groot! De Verenigde Naties deelden onlangs mee dat ze nog dit jaar (2007) **één miljard bomen** willen planten. We zagen dat de gemiddelde boom ongeveer 20 kg CO₂ per jaar omzet. Dat betekent dus: 20 miljard kg = **20 miljoen ton CO₂ per jaar**. Het spijt me, maar dit noem ik “peanuts”!

Eigenlijk is de situatie zelfs nog slechter. De bomen die nu geplant worden leven niet eeuwig! Een groot deel van de CO₂ zal later weer terugkeren in de atmosfeer, tenzij zo’n woud er altijd blijft, zoals een tropisch regenwoud.

Maar er is hoop! Volgens de Encarta encyclopedie zet de totale vegetatie van deze wereld jaarlijks de volgende hoeveelheden CO₂ om in koolstof.

Land: $1,6 \times 10^{10}$ ton koolstof

Zee: $1,2 \times 10^{10}$ ton koolstof

Van deze hoeveelheden keert, volgens wetenschappers, 90 % terug als CO₂ naar de atmosfeer!

Dit gebeurt hoofdzakelijk door micro-organismen, die er voor zorgen dat planten (hout, fruit, bladeren enz.) zullen verrotten, vergisten en verteren. Ook spelen bosbranden, natuurlijk of aangestoken, een rol. De overgebleven 10 % zal dus door de natuur zelf opgeslagen worden. Hoe? Ik neem aan dat dit begint als humus, dan als veen, turf en uiteindelijk als “fossiele brandstof”, als we lang genoeg wachten. Ook zal een deel van de koolhydraten omgezet worden in “carbonaten”, stenige materialen waarin de koolstof dusdanig gebonden is dat het niet gemakkelijk loslaat als CO₂.

Een oplossing?

Tijd hebben we niet, maar...zoals een beroemde Nederlandse voetballer ooit zei: “Ieder nadeel heb z’n voordeel!”. Al deze koolstof, gebonden in de vegetatie van de wereld kan een oplossing betekenen, want wanneer de natuur 10 % van deze koolstof permanent opbergt, is dit een hoeveelheid van:

$$0,10 \times (1,6 + 1,2) \times 10^{10} = 2,8 \times 10^9 = \mathbf{2,8 \text{ miljard ton koolstof per jaar!}}$$

Dit betekent dat de gehele vegetatie van onze aarde per jaar de volgende hoeveelheid CO₂ uit de lucht absorbeert en dit permanent opslaat:

$$(44 : 12) \times 2,8 \times 10^9 = \mathbf{\pm 10 \text{ miljard ton CO}_2 \text{ per jaar!}}$$

Zouden we van nu af aan “CO₂ vrij” verder leven, dan zal het nóg 75 jaar duren om het CO₂ percentage terug te brengen van 0,04 % naar 0,03 %! (Eliminatie van 750 miljard ton CO₂)

Deze gegevens, van Encarta, dateren van enige jaren geleden. Intussen is de ontbossing en grootschalige houtkap met een angstwekkend tempo doorgegaan. De jaarlijkse CO₂ afname met 10 miljard ton zou intussen wel eens een stuk minder kunnen zijn.

Het is duidelijk dat de ontbossing en houtkap zo spoedig mogelijk beëindigd moet worden en dat de tropische regenwouden en oerbossen veel fanatieker bewaakt moeten worden dan nu het geval is!

Zo zou bijvoorbeeld het gebruik van tropisch hardhout en misschien wel van nog veel meer hout, voor wat voor doel dan ook, meubels, de bouw en zo, sterk verminderd of geheel verboden moet worden! Het afbranden van bossen is eigenlijk een misdaad van de eerste orde!

Wij hebben de bomen levend nodig om ons te redden, niet dood om ons te dienen!

Efficiënte fotosynthese?

Wij hebben gezien dat natuurlijke fotosynthese ons misschien kan helpen met het CO₂ probleem, maar slechts op een zeer beperkte en langzame wijze. Het rendement van natuurlijke fotosynthese is veel te laag.

Laten we nu eens berekenen hoeveel CO₂ we theoretisch kunnen omzetten in “C” en “O”, per jaar en per vierkante kilometer. Volgens Encarta is de hoeveelheid zonne-energie die Nederland ontvangt, gelijk aan gemiddeld 1000 kilowattuur per vierkante meter per jaar. Dit is gelijk aan 3.600 megajoules (1kilowattuur = 3.600 kilojoules = 3,6 megajoules) per vierkante meter. Eerder hebben we gezien dat het verbranden van één

kilogram koolstof 32,8 megajoules (en 3,62 kg CO₂) oplevert. Om 3,62 kg weer om te zetten in 1 kg koolstof (en 2,62 kg zuurstof) kost dit dezelfde hoeveelheid energie! Dus nu kunnen we beginnen met de volgende vraag:

Als we zonne-energie toepassen, hoeveel CO₂ kunnen we dan theoretisch omzetten, per vierkante kilometer en per jaar, in koolstof en zuurstof?

$$(3600 : 32,8) \times 3,62 \text{ kg} = 397,3 \text{ kg}$$

Dus, ongeveer **400 kg CO₂ per m² per jaar** kan theoretisch omgezet worden in C en O door zonne-energie (bij 100 % rendement). Dit is dus veel beter dan de prestatie van de genoemde bomen: **1 kg/m²**.

Per vierkante kilometer (1000 x 1000 m²) wordt dit (bij 400 kg/m²) dus:
 $400.000.000 \text{ kg} = 4 \times 10^8 \text{ kg}$

In 1 jaar is dit: $\pm 4 \times 10^5 \text{ ton} = 400 \text{ duizend ton CO}_2$ per vierkante kilometer

In 10 jaar is dit: $\pm 4 \times 10^6 \text{ ton} = 4 \text{ miljoen ton CO}_2$ per vierkante kilometer

Om 750 miljard ton CO₂ ($7,5 \times 10^{11}$ ton) in 10 jaar om te zetten, hebben we een theoretische ruimte nodig van:

$$(7,5 \times 10^{11}) : (4 \times 10^6) = \pm 1,875 \times 10^5 \text{ km}^2 = \text{+/- } 190 \text{ duizend km}^2$$

Dat is een gebied van 475 bij 400 kilometer, ook een groot gebied, ongeveer 5 maal Nederland! Kunnen we zo'n groot gebied vinden? Als we naar zuidelijke regionen met veel zonneschijn gaan, kan de oppervlakte nog wat kleiner worden, maar het blijft een groot gebied! Is de Sahara een optie? Fotosynthese heeft ook (o.a.) veel water nodig!

We zien dat zelfs theoretische fotosynthese (met 100 % rendement) zeer grote gebieden nodig heeft!

Het lage rendement van natuurlijke fotosynthese kan ons niet goed helpen, maar zelfs een efficiënte (kunstmatige?) fotosynthese is ook niet de oplossing waar we naar zoeken. Wat zou de oorzaak zijn van het lage rendement van natuurlijke fotosynthese? Misschien is dat het lichtspectrum van de zon. De zon straalt energie uit in de vorm van elektromagnetische straling (hoofdzakelijk licht). De gevaarlijke maar veel energierijkere straling zoals gamma-, x-, en ultraviolette straling is veel minder intens en wordt tegengehouden door de buitenste dampkringlagen. Alleen de minder energierijkere straling: zichtbaar licht, IR licht (warmtestraling) en een klein deel van de UV straling kunnen de dampkring doorboren en de aarde bereiken. Ook het relatief zeer lage percentage CO₂ van de atmosfeer speelt natuurlijk een rol.

Toch blijft het vreemd dat de bomen bijvoorbeeld maar een klein deel (1/400) van die straling gebruiken als energie voor de natuurlijke fotosynthese. Maar als het rendement 100 % zou zijn, zouden we in een zeer vreemde wereld leven, met bomen en planten die zeer snel groeien en alle zonne-energie absorberen. Het zou erg koud zijn onder de bomen!

Maar...er is toch goed nieuws! Vrij recent (11 april 2007) luisterde ik naar een interview met een Nederlandse landbouwkundige ('s nachts op de Nederlandse radio). Deze man vertelde, onder andere, dat suikerbieten CO₂ **100 maal** efficiënter omzetten in celmateriaal (koolhydraten) dan bomen! Is dit waar? Dat is haast ongelooflijk! Dat zou een rendement van 25 % betekenen. Maar als we suikerbieten zouden gebruiken om het CO₂ probleem op te lossen, rijst onmiddellijk de vraag: "Waar bergen we die suikerbieten, voor altijd, permanent op? Zijn suikerbieten de oplossing? Een regenwoud kan eeuwig blijven bestaan, een suikerbietenveld niet! Iemand wist ook nog dat suikerbieten kunstmest nodig hebben en de fabricage daarvan kost ook energie!

Dan hebben we ook nog de algen, in zoet en zout water; kunnen zij het werk doen? Alleen voldoende efficiënte algen zouden een rol kunnen spelen in het onttrekken van CO₂ uit de lucht. Het voordeel van algen is wel dat ruimte geen probleem is, er is veel meer zeeoppervlak dan land!

Kunstmatige fotosynthese

Natuurlijke fotosynthese wordt door de mens al heel lang toegepast voor de productie van plantaardig voedsel. Al ons plantaardige voedsel bevat koolhydraten en plantaardige eiwitten (soja) en olie, die door fotosynthese zijn gevormd uit CO₂. Eigenlijk is het vreemd dat de wetenschap nooit(?) heeft geprobeerd om fotosynthese te imiteren. Zover ik weet heeft men nog geen kans gezien om kunstmatige fotosynthese te ontwikkelen. Maar, als we meer over dit proces zouden weten, zouden we de efficiëntie misschien kunnen verbeteren en kunstmatige fotosynthese voor veel meer doeleinden kunnen gebruiken, waaronder de onttrekking

en omzetting van CO₂ uit de atmosfeer. Kunstmatige fotosynthese zou betere koolhydraten, nieuwe voedingsstoffen en niet afbreekbare koolstofhoudende materialen, geschikt voor opslag of als grondstof voor bijvoorbeeld plastic, kunnen produceren.

Hoe zou kunstmatige fotosynthese plaats kunnen vinden? De natuur doet het met “bladeren”. We zouden dus kunnen denken aan een folieachtig materiaal, waarin “chloroplast”, die de CO₂ omzet met behulp van (zon)licht, water en chemicaliën, hopelijk met een hoog rendement. We zouden op deze wijze misschien pure koolstof (in plaats van koolhydraten) kunnen verkrijgen, het volume zou dan twee derde kleiner zijn, gemakkelijker op te slaan of als grondstof voor koolstofvezels en plastic kunnen dienen. Al vele jaren kan men koolhydraten omzetten in **afbreekbaar** synthetisch materiaal; misschien zou men ook **niet afbreekbaar** synthetisch materiaal kunnen produceren,

Maar de grote vraag blijft natuurlijk: “Is kunstmatige fotosynthese überhaupt mogelijk? Kunnen we zo’n proces binnen afzienbare tijd ontwikkelen en toepassen?” Er is werk aan de winkel voor de wetenschap!

Consequenties van fotosynthese

Stel dat wij, hopelijk in de nabije toekomst, fotosynthese effectief kunnen toepassen om het CO₂ probleem op te lossen. Er zijn verschillende nadelen aan verbonden: de beperkte hoeveelheid zonne-energie per vierkante meter, rendementsproblemen, de benodigde ruimte, de beschikbaarheid van zoet water en de problemen met de grootschalige opslag van de gevormde koolstofhoudende materialen.

Geschikte gebieden moeten zon en water hebben. Is de Sahara (of een andere woestijn) een mogelijkheid? Dan hebben we een nieuw probleem! Voor fotosynthese is behalve zon ook veel (zoet) water nodig. Zeewater is er wél, tamelijk dichtbij, maar omzetting in zoet water kost energie, veel energie! We moeten dan dus ook nog “even” een methode ontwikkelen om met zonnewarmte zout zeewater in zoet water om te zetten. Kleinschalig bestaat zo’n methode wel. Er zijn glazen apparaten voor reddingboten, die men in zee laat drijven en die dan kleine hoeveelheden zoet water verzamelen. Deze apparaten gebruiken de zonnewarmte voor verdamping en de koelte van zeewater voor condensatie! Dit zou ook op grotere schaal moeten kunnen!

De moderne wetenschap moet de mogelijkheid krijgen om meer kennis te verkrijgen over fotosynthese. Maar zelfs als een succesvolle beheersing van de fotosynthese en grootschalige toepassing ervan, een oplossing zou kunnen zijn voor het CO₂ probleem, de toepassing ervan zal grote consequenties hebben!

- Met de natuurlijke fotosynthese van CO₂ worden suikers (koolhydraten) verkregen. Als deze koolhydraten als voedsel of als brandstof gebruikt worden, zal het CO₂ percentage van de atmosfeer niet verminderen: “CO₂ neutraal”. Alleen als deze koolhydraten (of koolstof) niet als voedsel of brandstof gebruikt, maar opgeslagen worden, zal het CO₂ gehalte werkelijk dalen.
- Er kan dus pas een significante verlaging van het CO₂ gehalte in de atmosfeer plaats vinden wanneer CO₂ omgezet wordt in koolstofhoudend materiaal, dat voor altijd (hermetisch) opgeslagen kan worden. Gebruik als grondstof voor kunststoffen zou ook een goede optie zijn. Onderzoek zal uit moeten wijzen of CO₂ met fotosynthese in pure koolstof (en zuurstof) omgezet kan worden. Pure koolstof kan waarschijnlijk eenvoudiger opgeslagen of als grondstof gebruikt worden. Nu al worden koolstofvezels, in plaats van metaal, op grote schaal toegepast.
- Voor een merkbare daling van het CO₂ gehalte van de atmosfeer zal zeer veel CO₂ omgezet moet worden. Er zullen dan geweldige hoeveelheden koolhydraat (of koolstof) vrijkomen. Om te weten hoeveel, moeten we weten hoeveel gram koolhydraat één gram CO₂ oplevert. We stellen het getal voorlopig even gelijk: 1 gram CO₂ levert 1 gram koolhydraat op. Wordt CO₂ in koolstof (en zuurstof) omgezet dan levert 1 gram CO₂ slechts 0,3 gram koolstof op en hoeven we dus veel minder materiaal op te slaan.
- Opslag van koolhydraten is problematisch omdat ze niet houdbaar zijn en kunnen bederven. En bij dat proces komen gassen, *waaronder CO₂ en CH₄ (methaan)* vrij. Van de regen in de drup dus. Willen we deze koolhydraten toch blijvend opslaan dan zullen ze bewerkt moeten worden, voordat ze opgeslagen kunnen worden. Bewerking, bijvoorbeeld dehydratie (ontwatering) of omzetting in koolstof, kost echter energie. Een probleem dus.
- Een andere methode, die al eerder genoemd is, is omzetting in plastic (kunststof). Dit is nu al mogelijk, maar ook deze omzetting kost energie! En tot nu toe kan men er alleen “biopolymeren” van maken, “afbreekbare” kunststoffen. En bij deze afbraak komt dan weer broeikasgas vrij! Het zou niet alleen gunstig maar ook noodzakelijk zijn, dat de wetenschap een methode kan ontwikkelen om ook niet-afbreekbare kunststoffen uit koolhydraten te maken. Die kunststoffen zouden dan bijvoorbeeld allerlei bouwmaterialen, zoals hout, voor een deel kunnen vervangen. Ook vele voorwerpen die nu nog van (steeds schaarser wordend) metaal gemaakt worden, zouden dan van deze kunststoffen gefabriceerd kunnen worden.

Opslag van CO₂

1) Opslag van celmateriaal

Laten we er vanuit gaan dat het werkelijk mogelijk wordt om de CO₂ uit de lucht grootschalig om te zetten in houdbare koolstofverbindingen. Dan moeten we grote hoeveelheden (omgezette CO₂) opslaan. Waar moet eventuele grootschalige opslag van (houdbare) koolhydraten plaats vinden? Fossiele brandstoffen zijn ook koolstofverbindingen en ook deze zijn honderden miljoenen jaren ondergronds “opgeslagen”. Het moet dus mogelijk zijn om een geschikte opslagmethode te ontwikkelen.

Over wat voor volumes spreken we eigenlijk? Wat is het soortelijk gewicht van die stoffen? Stellen we het soortelijke gewicht op 3, dan spreken we over **250 miljard kubieke meter** (750 miljard : 3)! Dat is een zéér groot volume, maar... is het wel zo groot?

Stel we nemen een “veldkuil” van 10 bij 10 kilometer, 100 meter diep. Het volume is dan:

$$10.000 \times 10.000 \times 100 \text{ m}^3 = \mathbf{10 \text{ miljard m}^3}$$

Wel nu, tien tot vijftig van deze “veldkuilen” moeten er wel te vinden zijn. Een goede oplossing zou zijn om uitgeputte mijnkuilen, waar gigantische hoeveelheden steenkool worden afgegraven, te gebruiken. Op diverse locaties in deze wereld worden grote hoeveelheden steen- en bruinkool afgegraven, waarbij enorme putten worden achtergelaten. Deze gebieden worden dan voorgoed onbewoonbaar, maar kunnen misschien dienen voor grootschalige opslag van koolstofhoudend materiaal.

Maar...dit alles staat of valt met de mogelijkheid van de wetenschap om fotosynthese grootschalig onder de knie te krijgen.

2) Binding van CO₂ aan silicaten

Deze methode wordt overwogen door een grote raffinaderij in Rotterdam. Bij deze raffinaderij komt per jaar 1 miljoen ton CO₂ vrij en men overweegt om dit CO₂ om te zetten in bouw materiaal. Die methode kost echter wel energie en materiaal. Maar... één kilogram “calciumsilicaat” kan gebonden worden met 380 kg CO₂, dat klinkt toch wel veelbelovend.

Er ontstaat dan een zandachtig materiaal, waarvan men bijvoorbeeld bakstenen zou kunnen maken. En de benodigde energie zou CO₂ neutraal/vrij opgewekt kunnen worden.

Er ontstaat dan dus een nieuw product dat eveneens steenachtig is. Het verkregen product kan zonder meer als bouw materiaal of vulmateriaal (wegen, dijken) gebruikt worden. Een groot voordeel van deze methode is dat de benodigde siliciumhoudende materialen ruim voorradig zijn op deze wereld en dat deze gesteenten grote hoeveelheden CO₂ kan binden, die anders in de atmosfeer terecht komen.

Maar de vraag is of er op deze wijze jaarlijks **miljarden tonnen CO₂** uit de atmosfeer gehaald kunnen worden? Zelfs als we het kunnen hebben we miljoenen tonnen silicaten (en olivijnen) nodig en we verkrijgen dan enorme hoeveelheden materiaal. We kunnen daarvan bijvoorbeeld bakstenen maken. Stel dat we 1 miljard ton van deze “carbonaten” verkrijgen. Laten we daarmee eens rekenen.

Soortelijk gewicht van het materiaal:	± 2,5
Volume van 1 miljard ton:	400 miljoen m ³ = 4 x 10 ⁸ m ³
Baksteen: 20 x 10 x 5 cm =	1000 cm ³ = 0,001 m ³

We kunnen dus 1000 bakstenen maken van één kubieke meter materiaal. Voor een flink huis hebben we 50 tot 100 duizend bakstenen (50 – 100 m³) nodig. Laten we genereus zijn: 100.000 bakstenen per huis. Van 1 miljard ton gebonden CO₂ kunnen we bakstenen maken voor:

$$(4 \times 10^8) : 100 = \mathbf{4 \text{ miljoen huizen!}}$$

Interessant maar vergeet niet, we moeten **750 miljard ton CO₂** aan de atmosfeer onttrekken....

3) ondergrondse opslag.

In maart 2007 besloten de Europese ministers dat elektriciteit opgewekt zal worden door “schone” kolencentrales. Alleen Frankrijk wilde ook kerncentrales een kans geven. De ministers besloten dat kernenergie niet gezien kan worden als “schoon”!

Maar kolen stoken produceert veel CO₂. “Geen probleem, de CO₂ zal uit de rookgassen gefilterd en ondergronds opgeslagen worden!” Er zullen 12 “schone” kolencentrales in Europa gebouwd worden om aan de

stijgende vraag naar elektriciteit te voldoen. De Nederlandse TV bracht het nieuws en kondigde aan dat in Nederland de eerste écht schone kolencentrale gebouwd zal worden, waarbij de CO₂ uit de rookgassen wordt verwijderd en ondergronds wordt opgeslagen. (Er worden hier eerst nog wel vier “vuile” kolencentrales gebouwd!) Deze plannen zijn concreet. Men geeft toe dat er nog veel onderzoek verricht moet worden, maar men zegt ook dat het technisch allemaal mogelijk is. Men wil de kolen eerst vergassen, het gas reinigen en daarmee gasturbines aandrijven, die een redelijk rendement hebben. De CO₂ zal dan uit de uitlaatgassen afgevangen en ondergronds opgeborgen worden. Daar men al vergevorderde plannen in deze richting heeft zal het probleem van ondergrondse opslag van CO₂ dus al snel gaan spelen.

Er is al zoveel aardgas verbruikt dat er zeer veel ruimte aanwezig moet zijn, waar grote hoeveelheden CO₂ blijvend in opgeslagen kan worden. Er zijn wel problemen. Aardgas is meestal opgeslagen in poreus gesteente. Wordt het gas eruit gehaald, dan zakt het gesteente in en daalt de bodem. Pompen we er CO₂ in, gaat dan de bodem weer omhoog? Nee dus en evenmin zullen de scheuren in de muren van de huizen daar verdwijnen.. Enfin, deze mogelijkheid moet zeker benut worden. We moeten dan nog wel even een goede, energiezuinige methode hebben om CO₂ uit de rookgassen en de lucht, in grote hoeveelheden, af te scheiden!

4) Opslag in zeewater

Gas kan opgelost worden in water, dus CO₂ kan ook goed opgelost worden in zeewater. Opslag door oplossing van CO₂ in zeewater, dat zou een geweldige oplossing zijn. Door de CO₂ op te lossen in zeewater zouden we geweldige hoeveelheden CO₂ kwijt kunnen raken: zeewater genoeg. Maar... er is al zeer veel CO₂ opgelost in zeewater. Ik heb zelfs gelezen (Green University site) dat er **vijftig maal zoveel CO₂ gas in zeewater is opgelost als er aanwezig is in de atmosfeer! Dat is {50 x 3000 (of 150000) miljard ton!}** De vraag is dan ook: “Kunnen we zeker zijn dat, als er nog meer CO₂ gas in zeewater opgeslagen wordt, dit er ook permanent in blijft?” De oplosbaarheid van een gas neemt af met het stijgen van de temperatuur. Precies dat gebeurt er nu: de zeewatertemperatuur stijgt! Sommige geleerden zeggen zelfs dat het CO₂ percentage (gedeeltelijk) daardoor zo gestegen is. Kunnen algen ons misschien helpen? Opslag van kooldioxide in de oceanen zou een pracht oplossing zijn, maar meer onderzoek is noodzakelijk!

CO₂ neutraal

Het ziet er naar uit dat de wereld zich voorlopig alleen concentreert op vermindering van de CO₂ uitstoot en zoveel mogelijk CO₂ neutraal, nauwelijks CO₂ emissievrij, verdergaat.

Dat betekent dat het CO₂ gehalte van de lucht niet zal dalen, het percentage zal nog steeds stijgen, op z'n best wat minder snel.

Op 't ogenblik wordt steeds meer gesproken over “CO₂ neutraal” leven, reizen, produceren enzovoort. Handelingen waarbij CO₂ vrijkomt worden dan bijvoorbeeld gecompenseerd door het planten van bomen. Maar heeft dat wel zin? Maakt men een vliegreis dan wordt fossiele brandstof (kerosine bijvoorbeeld) blijvend omgezet in CO₂ en water(damp). De bomen die men ter compensatie plant zullen tijdelijk CO₂ onttrekken. Maar 90 % van deze CO₂ zal, bij het afsterven van de bomen, weer terug in de atmosfeer komen. Dat geldt dus ook voor de 1 miljard bomen die de VN nog dit jaar wil planten. Toch vindt men zelfs een tijdelijke verlaging beter dan niets! Het creëren van nieuwe regenwouden zou zeer nuttig zijn, maar “CO₂ neutraal” alleen is geen oplossing voor de problemen van deze wereld: klimaatverandering en opwarming van de aarde!

Ontbossing: houtkap en afbranden

Een enorm probleem op deze aarde is: de grootschalige houtkap en het afbranden van bossen. Op diverse plaatsen van de wereld zijn en worden enorme gebieden ontbost. Het verontrustende is dat de eenmaal gekapte bomen daar niet meer terugkomen. De ontboste gebieden veranderen uiteindelijk in onvruchtbare gronden, veroorzaken overstromingen, landverschuivingen, verwoestijning en het uitsterven van zeldzame planten en dieren. Behalve dat bomen gekapt worden voor het hout zelf of om ruimte te krijgen voor landbouw, veeteelt en het verkrijgen van leefruimte, wordt er in arme landen gekapt voor brandhout, de “alternatieve energiecrisis”. Steeds meer mensen hebben hout nodig voor verwarming en om te koken.

Het CO₂ probleem zal hierdoor verder toenemen, want de gekapte bomen absorberen geen CO₂ meer en bij de verbranding komt extra CO₂ vrij. Deze activiteiten zijn zo toegenomen dat ze verantwoordelijk zijn voor 20 à 30 % van de CO₂ uitstoot. Deze grootschalige houtkap heeft allerlei oorzaken:

- de stijgende vraag naar tropisch hout
- hout is nodig voor papier, textiel, meubels, de bouw enz.
- ontsluiting van bosgebieden voor landbouw, veeteelt, woningbouw en industrie

- bevolkingstoename
- “alternatieve energiecrisis”: brandhout voor verwarming en eten koken (o.a. Afrika).

Het afbranden van bos heeft plaats:

- als gevolg van droogte (Australië)
- natuurlijk proces (Afrika)
- vraag naar landbouwgrond
- ontsluiting van oerwoudgebieden (Amazone)

Opwekking van elektriciteit

Uit het voorgaande moet duidelijk geworden zijn dat verwijdering van CO₂ uit de lucht door grootschalige fotosynthese (of andere methodes) alléén, niet het antwoord is. Er zal veel meer moeten veranderen, veel meer zaken moeten worden bestudeerd en ontwikkeld.

Willen we werkelijk de hoeveelheid CO₂ in de lucht verminderen, zodat de opwarming van de aarde stopt en de (gemiddelde) temperatuur naar vroegere waarden terugkeert?

Dan moet er van alles veranderen. Bekijken we eerst eens de opwekking van elektriciteit. De mensheid vraagt steeds meer energie in de vorm van elektriciteit. Maar de wijze waarop thans de meeste elektriciteit opgewekt wordt, is onhoudbaar, wanneer we verdere opwarming van de aarde willen voorkomen!

Enige jaren geleden bezocht ik een kolencentrale, waar men ook af en toe biomassa en afvalhout verstoekt. Er wordt en is van alles gedaan om schoon te werken. De rookgassen worden er op de modernste wijze gereinigd: de zwavel wordt uit de rookgassen afgescheiden en omgezet in gips. De vliegias wordt uit de rookgassen gewassen, opgevangen en verzameld. Beide afvalproducten worden regelmatig opgehaald door firma's die er bouwmaterialen van maken. Tot mijn verbazing betalen zij niet voor deze materialen, sterker nog: zij willen deze producten alleen tegen betaling weghalen en krijgen dus geld mee!

Deze centrale geldt als “schoon”, maar stoot wel reusachtige hoeveelheden CO₂ uit. Het verbruik van deze centrale is ± 1500 ton kolen per dag. Nu varieert het koolstofgehalte van steenkool nogal: 65 – 90 %, maar we kunnen wel stellen dat 1 kilo steenkool bij verbranding minimaal 2 kilo CO₂ produceert. Voor deze centrale betekent dat een uitstoot van minimaal **een miljoen ton CO₂ per jaar**. De centrales die olie en vooral aardgas verstoken hebben een relatief lagere CO₂ uitstoot, maar zijn evenmin “schoon”.

Toch is er nu goed nieuws! Europa heeft besloten 12 echt schone kolencentrales te gaan bouwen. In Nederland zijn er al vergevorderde plannen voor zo'n nieuwe “schone” kolencentrale, vooral omdat kolen uit “politiek stabiele” regio's komen. Bij deze echt “schone” kolencentrales gaat men proberen om de CO₂ **uit de rookgassen af te vangen en ondergronds op te slaan!** Dit is echter nog nooit op grote schaal geprobeerd. Laten we hopen dat het snel lukt. (Intussen is men als proef begonnen CO₂ op kleine schaal “af te vangen”).

Kernenergie

Echt schoon zijn eigenlijk alleen de centrales die waterkracht, zonnewarmte, “geostoom” en... **kernenergie** toepassen: CO₂ uitstoot nul. Vooral kerncentrales zijn bij het volk en de milieubeweging niet erg populair, onder andere door het gevaar voor ongelukken, waarbij radioactiviteit vrij kan komen, en vanwege het radioactieve afval waar men eigenlijk geen raad mee weet en dus maar opslaat. Men vergeet dat het over verhoudingsgewijs zeer kleine hoeveelheden afval gaat, zeker vergeleken bij de enorme uitstoot van CO₂ en andere broeikasgassen door conventionele centrales. Vergelijk de uitstoot van de genoemde kolencentrale (die bedraagt 1 miljoen ton CO₂) met het radioactieve afval van een kerncentrale: enkele kubieke meters! Denk bij “gevaar” ook aan de honderden mijnwerkers die jaarlijks door ongelukken in kolenmijnen sterven! Helaas, behalve Frankrijk heeft Europa zich tegen kernenergie verklaard. Men zal kernenergie alleen verder “bestuderen”. Een onbegrijpelijke houding! Er zijn trouwens nog allerlei mogelijkheden voor het kernafvalprobleem, maar dan moet men wel aan de slag! Volgens sommigen zou er niet genoeg Uranium zijn. Dit is volgens andere bronnen niet waar, er is overal uranium, alleen moeilijker te winnen. En er zijn ook “kweekreactoren” mogelijk. Helaas, afgeblazen door de politiek!

Alternatieven

De laatste jaren nemen alternatieve methodes om energie op te wekken steeds meer toe: windenergie, zonnecellen, biobrandstoffen. Kunnen we daarmee de problemen oplossen? Biobrandstof werkt hoogstens CO₂ neutraal. Wind- en zonne-energie hebben geen uitstoot van schadelijke gassen maar leveren dure energie door de hoge investering die er voor nodig zijn. Vooral de energiepductie van windturbines is duur, onberekenbaar en teveel afhankelijk van de grillen van de natuur: Geen wind of teveel wind? Geen stroom. Zonnecellen zijn interessanter. Als er zonlicht is, is er stroom. Veel zon veel stroom, weinig zon minder stroom, 's nachts niets!

Maar licht is er elke dag! Ooit las ik dat de fabricage van een zonnecel meer energie kost dan deze ooit zal leveren. Intussen is dit niet meer zo, verzekert men mij. Kan de alternatieve energie de huidige centrales vervangen?

Een belangrijke handicap bij de alternatieve opwekking van elektriciteit is: het nog steeds ontbreken van een goede, grootschalige opslagmethode voor elektrische energie. Alternatieve energie zou veel belangrijker kunnen worden als het opslaan van werkelijk grote hoeveelheden stroom mogelijk zou zijn. Helaas, zo'n methode is er nog steeds niet. Er is dringend behoefte aan een echt goede accu, klein van afmeting, maar met een grote capaciteit. Hoewel er steeds betere accu's op de markt komen, is een echte doorbraak op dit terrein tot nog toe uitgebleven. Auto's doen het nog steeds met de ouderwetse loodaccu!

Zoals de stand van zaken nu (2007) is kan alternatieve en "schone" opwekking van elektriciteit de conventionele centrales absoluut niet vervangen, hoogstens voor een (klein) deel. Schone (kern)energie is echter in aantocht. In Zuid Frankrijk, bij Marseille, wordt aan een kernfusiereactor gewerkt: het project "ITER". Hoewel men al tientallen jaren kernfusie bestudeert, is ook hier een doorbraak tot nu toe uitgebleven. Men denkt dat het pas over 30 à 40 jaar mogelijk zal zijn, om met kernfusie elektriciteit op te wekken. Dan pas hebben we volop schone, emissievrije energie zonder gevaarlijk afval.

Voor de huishoudens van nu is er een steeds sterkere tendens naar zuinig energieverbruik. Huizen worden steeds beter geïsoleerd. Spaarlampen die 4 tot 6 maal minder energie verbruiken komen worden steeds meer toegepast. Duitsland zegt **6,5 miljoen ton CO₂ per jaar** minder uit te stoten door spaarlampen verplicht te stellen. Voor verwarming maakt men steeds meer gebruik van warmtepompen en geothermische energie. Verder komen er warmtekrachtcentrales voor huisgebruik op de markt. Deze units, die op aardgas werken, leveren én warmte én stroom en zorgen voor een veel efficiënter energieverbruik. Verder zien we steeds meer zonnepanelen en zonnecollectoren op de daken. Aan de andere kant komen er steeds meer elektrische apparaten, computers en robots in de huishoudens, met als gevolg dat het elektriciteitsverbruik eerder toe- dan afneemt.

Hoe nu verder ?

Willen we werkelijk CO₂ neutraal, of nog beter: CO₂ emissievrij verder met de opwekking van elektriciteit, dan zullen we de centrales die kolen, olie en aardgas verbranden en CO₂ uitstoten, eigenlijk moeten opgeven.

Voor grootschalige opwekking van elektriciteit blijft dan over:

- Kernenergie als CO₂ vrije "brandstof".
Nu nog door kernsplitsing van Uranium (235) en Plutonium, later (wanneer?) door kernfusie van waterstofisotopen (Deuterium en Tritium).
- Conventionele centrales die alle CO₂ opvangen en permanent opslaan!

Op middelgrote schaal kan opwekking van elektriciteit plaats vinden door:

- Biomassa en biobrandstof als CO₂ neutrale brandstof.
- Windenergie, CO₂ vrij.
- In bepaalde landen met behulp van zonlicht centrales.
- Waterkrachtcentrales waar mogelijk

Voor kleinschalige opwekking van stroom voor huishoudens:

- Zonnecellen die eveneens CO₂ vrij werken.
- Warmtekrachtcentrales als overgangsopties

Technische maatregelen

Wat voor technische maatregelen zouden er genomen kunnen worden?

- Zonne-energie moet veel belangrijker worden. Het moet nu toch al mogelijk zijn de daken van zoveel mogelijk huizen te voorzien van zonnecellen. Al vele jaren geleden bestonden er dakpannen met ingebouwde zonnecellen (Zoetermeer). Met de huidige stand van de techniek moet het zeker mogelijk zijn om op grote schaal betaalbare, koppelbare dakpannen en dakbedekking met zonnecellen te fabriceren en toe te passen. Kan zonne-energie wel een substantieel deel van de elektriciteit leveren, die een huisgezin nodig heeft? Een directeur van een grote oliemaatschappij zei onlangs van niet! Als alle huizen een zonnepaneel van 4 m² zouden hebben, zou dat toch slechts een zeer klein deel (2 %) van de jaarlijks benodigde stroom opwekken. Wel, dan is het simpel: je hebt dan meer oppervlakte nodig met zonnecellen: 200 vierkante meter! Volgens Encarta bedraagt de "solar energy": 1000 watt per vierkante meter. Als een cel een rendement heeft van 10 % (er zijn al betere van 15 % te koop en op laboratoriumschaal 40%), kan 1 m² zonnecellen 100 kilowattuur per jaar genereren. Een gemiddeld huishouden heeft ongeveer 3000 kilowattuur per jaar nodig. We komen dan dus op 30 m² "fotovoltaïsche" cellen. Wie heeft er gelijk? Één kilowattuur per m² op een zonnige dag is al mogelijk! Alles wat we nog nodig

hebben is een flinke set goede oplaadbare accu's. Wij moeten er mee doorgaan, maar dan met veel meer oppervlak en betere zonnecellen! Één kilowattuur per dag per m² op zonnige dagen is al mogelijk!

- Los hiervan, maar zijdelings toch belangrijk, is het waterprobleem. De opvang van regenwater en de verwarming van dit water met zonnewarmte (d.m.v. zonnecollectoren) zou nu al in zeer veel landen op veel grotere schaal toegepast kunnen worden.

- Geothermische energie moet ook belangrijker worden. We hebben geen geostoom zoals IJsland en Nieuw Zeeland. Maar ook hier, hoe dieper je komt, hoe warmer het wordt! Nieuw te bouwen huizen zouden een "geopot" moeten hebben. Zelfs airconditioning is mogelijk! Een diepe put voor verwarming, een ondiepe put voor koeling. De technologie is er al. Maar... laten we het verantwoord doen, dus niet grondwater op- en terugpompen, maar indirect, warmte-uitwisseling door een tussenmedium!. Met zo'n geopot kunnen huizen 40 - 60 jaar verwarmd worden!

- Isolatie. Aan isolatie van huizen kan nog steeds veel verbeterd worden, vooral bij oudere woningen. Driedubbel glas is een optie! Dakisolatie en muurisolatie ontbreken nog te vaak. Isolatie-eisen voor nieuwe woningen zijn te vrijblijvend, ze (de eisen) zouden strenger en verplicht moeten worden, zodat in ieder geval de nieuwe woningen veel minder energie nodig hebben.

- Warmtekracht. De genoemde warmtekrachtunits voor warmte én elektriciteitsopwekking kunnen als overgangsooplossing zeker een rol spelen, voor huishoudens maar ook voor kleine bedrijven. Veel tuinbouwbedrijven in Nederland passen ze nu al toe: niet geheel CO₂ neutraal maar wel efficiënt. De grotere bedrijven zullen afhankelijk blijven van grootschalige elektriciteitsopwekking en daarvoor is kern(splitsings)energie tot nu toe de minst slechte optie. We moeten hopen dat men de kernfusie-energie sneller onder de knie krijgt.

- "Witte steenkool". In landen als Zwitserland, Oostenrijk en andere speelt de waterkracht al een grote rol: schone, emissievrije energie. In vlakke "lage"landen, zoals Nederland, speelt water nauwelijks een rol in de opwekking van elektriciteit, maar dat moet veranderen. Er zijn zeker mogelijkheden: er zijn grote rivieren, de zee is dichtbij en we kunnen eb en vloed gebruiken. Waterkrachtcentrales zijn minder dominant dan windturbines. Verbruikspieken zijn een groot probleem voor elektriciteitcentrales, we kunnen elektriciteit nog steeds niet opslaan. Maar oude mijnschachten kunnen als buffer, als grootschalige accu, fungeren. Één reservoir boven en één diep onder de grond, met waterturbine en pomp. De waterturbine met generator kan stroom leveren (om pieken in verbruik op te vangen) door het bovenste reservoir door de turbine leeg te laten lopen in het onderste reservoir. In dalperiodes kan dit water dan weer teruggepompt worden.

Landen met minder hoge bergen kunnen de kracht van het water toch wel degelijk toepassen. In rivieren kunnen (kleinschalige) centrales gebouwd worden. In landen met een kust, kunnen golfslag- en getijdencentrales gebouwd worden: duur, maar geen CO₂ uitstoot! En... getij is er iedere dag!

- Windenergie. Over windenergie ben ik niet al te positief. Door de hoge kosten aan investering en onderhoud is de opgewekte energie zeer duur en volstrekt onbetrouwbaar: geen wind, geen stroom, teveel wind, ook geen stroom! De bouw van grootschalige windparken kost veel land en geld, de molens zijn horizonvervuilend, lawaaiig en kosten niet alleen veel plaats maar ook..... vogelleven, ook in zee. Maar toch, de opmars is niet meer te stuiten en hoewel de opgewerkte energie onberekenbaar is, ze is wel schoon, geen CO₂ uitstoot! Nog één opmerking: Als we heel Nederland volbouwen met windmolens, zou de totaal opgewekte energie gelijk zijn aan die van één moderne kerncentrale! De vogels zouden blij zijn met een kerncentrale...

- Verlichting. Verlichting kost veel energie. We verspillen ontzettend veel energie aan licht: reclameverlichting, straatverlichting, autowegverlichting. Hier kan enorm veel op bespaard worden. Voor veel verlichting geldt dat we best zonder kunnen, maar zelfs als we echt niet willen dat deze (eigenlijk onnodige) verlichting verdwijnt, zijn er diverse mogelijkheden. De eenvoudigste manier is: vervang Tungstenlampen door energie besparende lampen en LED verlichting. Dit is precies wat regeringen nu stimuleren, te beginnen in Australië. Maar dat is slechts een begin, er moet veel meer gedaan worden en we weten allemaal welke lichten uit kunnen! Maar willen we dat? Een wild idee: plaats bestuurbare spiegels in de ruimte! Ook mogelijk en al verkrijgbaar: lampen met zonnecellen én een accu. Deze kunnen een hoop licht geven zonder centrales te belasten.

Transport en verkeer

Ongeveer 20 % van de totale CO₂ uitstoot in de wereld wordt veroorzaakt door het verkeer en deze uitstoot neemt nog steeds toe. Personenauto's emitteren naar schatting tussen de 11 en 13 % van het totaal. Vliegtuigen en schepen, naast vrachtauto's en treinen nemen de rest voor hun rekening. Verontrustend is dat niets er opwijst dat de totale CO₂ uitstoot door voer- en vaartuigen minder zal worden. Ondanks zuinigere motoren, hybride aandrijvingen en schonere brandstoffen neemt de totale CO₂ uitstoot door het verkeer nog steeds toe. De verwende westerlingen kopen steeds meer en steeds grotere auto's, vooral brandstofslurpende "SUV's" zijn erg populair. Een andere oorzaak is het angstig snel groeiende wagenpark van landen als China, India en andere opkomende landen. Wat kan of liever wat móet hieraan gedaan worden? Laten we eerst de verschillende "aandrijf" mogelijkheden voor de transportmiddelen bekijken.

- De zuigermotor.

Ondanks alles nog steeds de meest populaire aandrijving voor personenauto's, vrachtauto's en schepen. (Voor vliegtuigen bijna geheel vervangen door straalmotoren). De zuigermotor is eigenlijk een "geperfectioneerd onding". We drijven een zuiger in een cilinder aan en net als hij op snelheid is moet hij (de zuiger) weer afremmen en omkeren. Toch zet deze zuigermotor brandstof tamelijk efficiënt om in een draaiende beweging, het rendement kan tot wel ruim 40 % oplopen. Maar dat houdt wel in dat een kleine 60 % van de energie verloren gaat en in de vorm van warmte aan de buitenlucht wordt afgegeven. Er zijn zuigermotoren voor verschillende brandstoffen. De zuinigste motor is de Dieselmotor die op dieselolie of (verhitte) stookolie loopt. Een stuk onzuiniger is de benzine- of "Otto" motor, die als brandstof benzine of LPG (liquified petrolgas) nodig heeft. Deze beide motoren worden thans het meest toegepast. Andere motoren, zoals de "Stirling" of hete luchtmotor en de "Wankel" motor met z'n draaizuiger, zijn nooit echt populair geworden.

Hoewel de Dieselmotor veruit de zuinigste motor van alle motoren is, wordt deze motor door veel regeringen (bijvoorbeeld in Nederland) als ongewenst beschouwd en onevenredig zwaar belast.

De uitstoot van iets meer NO_x (stikstofoxiden) en roet (fijn stof) weegt blijkbaar zwaarder dan de veel lagere uitstoot van CO₂. Ik heb nieuws voor ze: aan de uitstoot van NO_x en roet kan wat gedaan worden (katalysator en roetfilter), aan de uitstoot van CO₂ niet en die is voor dieselmotoren een stuk lager! De zwavel is al grotendeels uit de dieselolie verdwenen. Maak katalysatoren en roetfilters verplicht! (Tegen gehouden door de EC!)

Het voortrekken van benzinemotoren ten faveure van dieselmotoren is dus, zeker met het oog op de CO₂ uitstoot, volstrekt onterecht. De dieselmotor wordt, ondanks tegenwerking van regeringen, tóch steeds populairder en vrachtwagens en schepen worden tegenwoordig bijna uitsluitend door dieselmotoren aangedreven.

- Hybride aandrijving.

Als moderne, zuinige aandrijving begint de hybride aandrijving voor (personen)auto's aan populariteit te winnen. Er zijn al productiemodellen beschikbaar van Toyota (Prius en Lexus) en Honda, en in Californië zouden al zeer veel hybride auto's rondrijden. Een auto met hybride aandrijving heeft een zuigermotor én een elektromotor. Verder een flinke set accu's, die in de stad de elektromotor voedt (uitstoot nul) en op de snelweg opgeladen wordt door de zuigermotor, die dan een generator en de auto aandrijft. Deze hybride auto's zijn relatief erg zuinig en hebben een lage uitstoot van schadelijke stoffen, maar zijn toch niet zo "schoon" als men denkt (o.a. door de accu's).

- Elektrische aandrijving.

Nog niet erg algemeen maar er wordt gewerkt aan (en er bestaan thans al) auto's met alleen een elektromotor als aandrijving. Voeding geschiedt door accu's die dus regelmatig opgeladen moeten worden. De CO₂ uitstoot is nul, die is verschoven naar de centrale die de oplaadstroom levert. Een andere mogelijkheid voor de elektrische auto, is de brandstofcel. Deze wordt gevoed met brandstof en lucht die direct omgezet worden in elektriciteit. Hoewel elektrische aandrijving in combinatie met een brandstofcel zeer effectief en dus zeer zuinig is, is deze aandrijving nog steeds niet commercieel beschikbaar.

- Gas als brandstof.

In plaats van vloeibare brandstof is gas ook geschikt. Zuigermotoren lopen goed op gas, wel met een paar aanpassingen. Diverse gassen zijn geschikt als brandstof voor voertuigen. Wisselend populair, door steeds veranderende regeringsmaatregelen, is het eerder genoemde LPG. Hoewel één van de schoonste brandstoffen met lage CO₂ uitstoot door het hoge waterstofgehalte, is deze brandstof helemaal niet populair bij de Nederlandse regering. Jammer want dat gas wordt dan maar "afgefakkeld" als afvalgas, kijk maar naar de "eeuwige vlammen" bij raffinaderijen! Moeilijker is aardgas maar de eerste auto's zijn al op de weg.

Waterstof is eveneens mogelijk, zowel voor de zuigermotor als voor de brandstofcel, maar is slecht verkrijgbaar. Beide brandstoffen hebben voordelen: lage (aardgas) tot nul (waterstof) CO₂ emissie. Helaas is de productie van waterstof zonder CO₂ uitstoot een probleem. Hoewel een waterstofauto slechts waterdamp uitstoot en dus echt “schoon” is, zijn waterstofauto’s nog steeds in het experimentele stadium.

Ook geprobeerd zijn gasturbines. Al lang grootschalig toegepast als aandrijving van schepen, generatoren, vliegtuigpropellers en dergelijke, worden ze nog steeds niet als aandrijving, maar alleen als aanjager, in auto’s toegepast! Voordeel: weinig onderhoud, nadeel: slecht rendement! Met kleine gasturbines wil het maar niet lukken! Jammer.

- **Biobrandstoffen.**

De laatste tijd wordt steeds meer aangedrongen op het toepassen van biobrandstoffen, als vervanging van fossiele brandstoffen. Wat bedoelen we met “biobrandstof”? Het zijn brandstoffen gemaakt van plantaardig materiaal. We hebben “ethanol” (alcohol) die van allerlei planten gemaakt kan worden maar hoofdzakelijk gefabriceerd wordt van suikerriet en maïs. Plantaardige olie, gemaakt van allerlei oliehoudende zaden en vruchten, is een andere biobrandstof. Ze kunnen allebei met enige aanpassingen als brandstof voor automotoren toegepast worden. Maar biobrandstof is zeker niet ideaal! Ze zijn agressiever, ethanol bevat water en de katalysatoren moeten aangepast worden. In bepaalde landen, zoals Brazilië wordt ethanol al lang op grote schaal toegepast: voor alcoholauto’s en bijgemengd in de benzine. Dieselolie is daar gereserveerd voor vrachtwagens. De Braziliaanse regering doet dat om minder afhankelijk te zijn van geïmporteerde aardolie. Het resultaat is te zien. Als je door de Braziliaanse dreven rijdt, zie je links en rechts, vaak tientallen kilometers lang, niets anders dan wuivende suikerrietvelden. Maar... er wordt ook zeer veel rietloof verbrand, niet erg milieuvriendelijk, om het zacht uit te drukken!

In enkele Europese landen denkt men nu ook aan bijmengen: toevoeging van ethanol aan benzine en plantaardige oliën aan dieselolie. Wat zijn de voordelen? Men rijdt (gedeeltelijk) CO₂ neutraal en men is minder afhankelijk van aardolie. Maar er zijn ook belangrijke nadelen. Zeer veel landbouwgronden die nu voor voedselproductie gebruikt worden, moeten dan voor de biobrandstoffen gebruikt worden. Hierdoor zijn bijvoorbeeld de prijzen van maïs al sterk gestegen, een kwalijke zaak want maïs is in vele arme landen hoofdvoedsel! (De “tortillacrisis”!)

Biobrandstoffen zijn dus hoogstens geschikt als “overgangsbrandstof” maar zeker niet als dé oplossing voor het CO₂ probleem. Ook de uitstoot van schadelijke stoffen, andere dan CO₂, is bij biobrandstoffen veel ongunstiger dan bij de “normale” brandstoffen.

- **Waterstof.**

Waterstof is een prachtige brandstof, met grote voordelen, helaas ook met een aantal nadelen. Als we het verbranden om energie te verkrijgen wordt alleen water(damp) geëmitteerd. Ook is de energiewaarde hoog. Maar waterstof is gevaarlijk, opslag en distributie zijn problematisch. Echt interessant wordt waterstof alleen als we het CO₂ emissievrij kunnen produceren! Hoe zou dat moeten? Waterstof kan door middel van elektrolyse geproduceerd worden, maar dan wel met “schone” stroom. Wanneer zonnecellen op grote schaal en goedkoop beschikbaar zouden zijn, kan men denken aan installaties in (daar is hij weer) de Sahara, volop ruimte en zon en zeewater vlakbij, die (zee)water door elektrolyse omzetten in waterstof en zuurstof. De waterstof moet dan getransporteerd worden en dat is niet zo eenvoudig, maar ook nu al wordt aardgas in grote LNG (Liquid Natural Gas) tankers vanuit Noord Afrika naar Europa getransporteerd. Deze zouden ook waterstof kunnen transporteren.

Wat kan er nog meer gedaan worden om het verkeer CO₂ emissievrij te maken? Ik ga hier niet in op allerlei maatregelen die door regeringen genomen zouden kunnen worden, maatregelen om het verkeer terug te dringen. Die zullen er zeker komen en de ene regering weet nog beter hoe dit te doen dan de andere! Er gebeurt nu nog weinig, maar er zijn overal maatregelen in voorbereiding en hopelijk zullen die op termijn enig resultaat opleveren. Iedereen zal toch langzamerhand wel voelen dat het zó als nu niet door kan gaan: een toestand waarbij iedereen vrij is te rijden waarheen en waarin hij wil. (En in Duitsland zelfs hoe snel je wilt!)

Maar...willen we de aardopwarming werkelijk stoppen en...zijn we zeker dat de CO₂ emissie de hoofdoorzaak is?

Dan zijn hier enige oplossingen.

- **Personenvervoer.**

Auto’s, bussen, treinen, alles zal elektrisch moeten worden en de benodigde elektriciteit moet dan CO₂emissievrij of CO₂neutraal opgewekt worden. Eerder is al aangegeven hoe dat zou moeten: met kernenergie, zonne-energie, waterkracht en (liever niet) windenergie. Vliegtuigen en schepen, tja dat wordt

een ander verhaal. Het is niet eenvoudig, maar er zijn mogelijkheden: wind voor schepen, waterstof voor vliegtuigen? Het is allemaal mogelijk! Vliegtuigen zijn extreem vervuilend. Vergelijk een trip van Londen naar Parijs: het vliegtuig emitteert **122 kg CO₂** per passagier, de HSL trein doet het met slechts **11 kg CO₂** per passagier.

- Goederenvervoer.

Ook dat is problematisch. Vrachtwagens zouden op den duur elektrisch aangedreven kunnen worden. Een moedige oplossing, die in Nederland al bestaat voor bussen, maar nog steeds niet ingevoerd is, is een “elektrowiel”. Dit wiel bestaat uit een luchtband op een velg met ingebouwde elektromotor. Voordeel hiervan is het hoge rendement, waarmee elektriciteit in wielaandrijving wordt omgezet. Zodra accu’s met grotere capaciteit beschikbaar zijn wordt dit interessant voor vrachtwagens. Voor bussen is dit wiel al beschikbaar (in Nederland!) maar niemand is geïnteresseerd....

- Vliegverkeer.

Voor (vracht)vliegtuigen zie ik geen andere oplossing dan straalmotoren die waterstof in plaats van kerosine verstoppen. Straalvliegtuigen op waterstof? Dat zal nog wel enige tijd duren!

- Scheepvaart.

Schepen verbruiken enorme hoeveelheden (fossiele) brandstof. Grote tankers hebben een bunkercapaciteit van zo’n 10 % van hun ladingcapaciteit en op een lange reis, laten we zeggen van de Perzische Golf rond de Kaap naar West Europa, hebben ze dat grotendeels nodig. Kunnen schepen elektrisch worden aangedreven? Elektrische aandrijving voor schepen bestaat al wel. Al in de tweede wereldoorlog werd olie op grote schaal door turbo-elektrische “T2 tankers” vervoerd, die in de VS gebouwd waren. De scheepsschroef wordt dan aangedreven door een enorme elektromotor. De elektriciteit hiervoor wordt geleverd door een generator die door een stoomturbine wordt aangedreven. En de stoom? Opgewekt in ketels met behulp van fossiele brandstof. Om dat CO₂ vrij te doen, dát zal nog wel even duren! In onderzeeërs gebeurt dat trouwens wél, met kernenergie... Jaren geleden was er een koopvaardijship met kernaandrijving, de “Savannah”. Men is er maar mee gestopt, het schip mocht nergens de haven binnen lopen... Is er een andere oplossing? Eeuwenlang was de enige manier: wind en zeilen. Japan probeerde het ooit, zij ontwierpen een schip met computergestuurde zeilen. Of het ooit gebouwd is weet ik niet, ik heb er nooit meer over gehoord. Maar nu is er een nieuwe veelbelovende oplossing: een reusachtige vlieger! Bij gunstige wind zou in open zee een reusachtige vlieger opgelaten kunnen worden die het schip voortsleept. Voor olietankers zou dat al op korte termijn mogelijk moeten zijn. Blijft natuurlijk het probleem: ongunstige of geen wind, waarmee schepen eeuwenlang te kampen hadden, er moet dan weer teruggevallen worden op de bekende (vervuilende) aandrijfmogelijkheden, maar het is een stap in de goede richting!

De industrie

Misschien wel de grootste vervuiler en veroorzaker van het gestegen CO₂ percentage is: **de industrie**. De industrie zorgt ervoor dat wij gebruiksvoorwerpen, auto’s, meubels, lectuur, kleding, verpakking, brandstoffen, kunstmest, medicijnen, reinigingsproducten, elektronica, bouwmaterialen, gereedschap en nog veel meer hebben. Met hulp van de agrarische sector speelt zij ook een grote rol in de fabricage van ons voedsel, een rol die steeds verwerpelijker wordt, maar wat we er ook van denken, er moeten nu eenmaal steeds meer mensen gevoed worden.

Het CO₂ vrij of neutraal maken van de industrie is misschien wel de grootste uitdaging voor de wereld, een uitdaging die de industrie alleen zelf kan aangaan. Is het dan zo erg? Denk aan de enorme hoeveelheden energie die bijvoorbeeld staalfabrieken en aluminiumsmelterijen verbruiken. Raffinaderijen (die eigenlijk geheel moeten verdwijnen!) zullen aardolie zonder CO₂ uitstoot moeten verwerken. Fabrieken waar allerlei producten worden gemaakt, glas, voedingsmiddelen, kunststoffen, textiel, papier, hout, meubels, de metaal verwerkende industrie, de petrochemische industrie en nog veel meer, hoe zullen we die echt “schoon” kunnen maken? Hoe kunnen schepen milieuvriendelijk gesloopt worden in plaats van ze met snijbranders te slopen op een strand in India? Enorme hoeveelheden acetylene gas worden hiervoor verbruikt, waarbij zeer veel ongewenste verbrandingsgassen ontstaan.

We zouden de industrie kunnen helpen door ze, om te beginnen, CO₂ vrij geproduceerde stroom te leveren. Verder is “recycling” het toverwoord. Recycling staat nog in de kinderschoenen. Hieraan zal nog veel verbeterd moeten worden, dat vraagt om zeer ingrijpende maatregelen. Neem papier, zeer veel papier wordt gerecycled, in Westerse landen zoals Nederland, wordt al 50 % gerecycled, maar is het echt nodig dat we zoveel papier (in de bus) krijgen en verbruiken? Papier waar enorm veel bomen voor gekapt moeten worden! Een groot deel van dit papier gaat ongelezen de papierbak in! Glas, gebruikt glas wordt eveneens steeds meer ingezameld, zelfs op kleur gescheiden, maar moet dan wel opnieuw gesmolten worden (kost energie) terwijl veel glas (na

reiniging) direct weer bruikbaar zou zijn. Zeer veel afval wordt verbrand, maar dit veroorzaakt uitstoot van CO₂ en andere schadelijke gassen, op den duur een onhoudbare situatie, tenzij men die CO₂ opvangt.

Het CO₂ vrij maken van de industrie is misschien wel de moeilijkste taak van allemaal en zal van de industrie zélf moeten komen, gedwongen door steeds strengere normen die voor iedereen moeten gelden. Een haast onmogelijke opgave, zolang de Verenigde Naties zo weinig macht hebben.

Er zijn wel goede berichten. Die grote raffinaderij in Rotterdam doet er van alles aan om de vrijkomende CO₂ nuttig te gebruiken. Het wordt aan de kassen van het in de buurt liggende “Westland” geleverd, om de groei van groentes te bevorderen. Verder heeft men succes met het produceren van bouwstoffen door de CO₂ aan, onder andere “calciumsilicaat” te binden. Er ontstaat dan een materiaal, waarvan men bakstenen zou kunnen maken. Een voorbeeld voor andere raffinaderijen?

Ons voedsel.

De agrarische sector, alle sectoren die voedsel produceren die voor de mensheid zeer belangrijk zijn, werkt nog lang niet emissievrij. Niet alleen CO₂, ook methaan en ammoniak worden uitgestoten. Toch gaat het langzaam beter. Er komen steeds meer biologische bedrijven die hun best doen op milieuvriendelijke wijze voedsel te produceren. De grootschalige landbouw zal nog niet snel zonder kunstmest kunnen. Vleesproductie zonder uitstoot van methaan en ammoniak is niet mogelijk. We hebben ook nog een mestprobleem! Vegetariër worden? Er zal veel moeten veranderen.

De visserij, met steeds sterkere en grotere vissers- en fabrieksschepen werkt zeker niet CO₂ vrij, maar hiervoor gloort een oplossing, zij het geen vrolijke. Steeds meer vissoorten sterven uit en visserij zal hierdoor en door stijgende brandstofprijzen steeds minder lonend worden. Vissersschepen zullen evenals de vis vanzelf uitsterven. Geen vis? Geen visserij! Door veel te voorzichtige maatregelen en het koppig jarenlang in de wind slaan van adviezen van biologen, raken de zeeën steeds leger. Veel vis die nog niet zo lang geleden zeer algemeen was, dreigt nu uit te sterven. Wat nu loont is het kweken van deze uitstervende vissoorten, zoals zalm, tonijn, kabeljauw en aal, waarvoor dan weer speciaal (CO₂ vrij?) voer nodig is. Ik wacht op de dag dat men eindelijk in gaat zien dat het leegvissen van de zeeën niet loont en de uitstervende vissoorten, kabeljauw, tong, schol en andere vissen weer een kans krijgen zich te herstellen. Dan maar een paar jaar zonder vis! Zal men ooit wijs worden?

Overbevolking

De echt belangrijkste oorzaak van het zo snel toegenomen CO₂ percentage in de lucht is: de overbevolking. Had de mensheid er een half miljoen jaar voor nodig om van 0 naar 1 miljard mensen te gaan, van 1 miljard naar 6 miljard duurde slechts 150 jaar! Iedereen ziet het, iedereen bemerkt het: er zijn teveel mensen op de wereld. Toch wordt er nauwelijks iets aan gedaan, sterker nog: in vele landen wordt het krijgen van kinderen gesubsidieerd en gestimuleerd. En in vele arme landen is het hebben van veel kinderen een noodzaak voor je oude dag.

In veel westerse landen, bijvoorbeeld Duitsland, groeit de bevolking nauwelijks en neemt ook de vergrijzing sterk toe. In plaats van blij te zijn met deze ontwikkeling, maken de regeringen zich grote zorgen en nemen maatregelen om de bevolkingsgroei te stimuleren! Fout! We moeten terug in inwonertal!

Nu de wereld geconfronteerd wordt met een angstig sterk toenemende vraag en een afnemend aanbod van allerlei zaken: grondstoffen, olie, gas, voedsel, ruimte, zal men toch in moeten inzien dat het zo niet eeuwig verder kan gaan? De steeds meer toenemende problemen van deze wereld: honger, drinkwatertekort, epidemische toename van allerlei ziektes, menselijk leed door natuurrampen, verkeersinfarct in steeds meer landen, overstromingen en waterberging, afvalproblemen, het uitsterven van steeds meer planten, dieren en vissen, grootschalige “ruiming” van dieren door ziektes, oorlogen, toenemende criminaliteit, ontbossing door illegale houtkap en afbranden, luchtverontreiniging, klimaatverandering en opwarming van de aarde: **ze zijn uiteindelijk allemaal het gevolg van overbevolking!**

Niet waar? Ja, dat zeggen er vele. Het onderwerp is eigenlijk taboe. “Er kunnen er nog zat bij! Er is nog ruimte genoeg!” De toekomst zal het uitwijzen. Zolang regeringen geen maatregelen (durven te) nemen, ziet het er somber uit. Helaas, in deze wereld neemt men pas maatregelen als het te laat is! Wordt er niets aan de overbevolking gedaan, dan hebben de alle maatregelen ter beteugeling van de CO₂ uitstoot eigenlijk totaal geen zin. Er zullen problemen ontstaan waarbij de opwarming van de aarde in het niet zullen vallen. Er móet wat aan de overbevolking gedaan worden! Zouden regeringen ooit tot inzicht komen?

Europese maatregelen

In maart 2007 maakten de landen van de Europese Unie een bindende afspraak:

- In 2020 moet de CO₂ uitstoot met 20 % verminderd zijn.
- In 2020 moet 20 % van de energie CO₂ vrij/neutral opgewekt worden.
- In 2020 moet 20 % energie bespaard zijn.
- In 2020 moet 10 % van de benzine en diesel vervangen zijn door biobrandstof.
Engeland gaat zelfs nog verder en heeft hierna het volgende aangekondigd:
- In 2050 moet de CO₂ uitstoot in de UK zelfs met 60 % verminderd zijn.

Uit deze afspraken blijkt dat men de CO₂ uitstoot wil verminderen door energiebesparing, toepassing van biobrandstoffen en energieopwekking door alternatieve energiebronnen, zon, wind en water dus. Kolencentrales waarbij de CO₂ afgevangen en opgeslagen wordt ziet men ook als mogelijkheid. (Intussen zijn in Nederland vier kolencentrales gepland zonder CO₂ afvang!) Maar... **kernenergie wordt niet als “schone” energiebron gezien**, ondanks sterk aandringen van Frankrijk. Als één van de belangrijkste maatregelen om energie te besparen werden spaarlampen genoemd, eventueel verplicht! Wat meer visie zou gewenst zijn!

Wat moeten we denken van deze maatregelen? 13 Jaar is niet lang. Zal men deze doelstellingen kunnen halen? Nog belangrijker: zal hiermee de “global warming” tegenhouden worden en de klimaatverandering stoppen? Het antwoord op deze vragen is, dat is nu wel gebleken, een duidelijk “NEEN”.

Een paar opmerkingen:

- De totale CO₂ uitstoot van Europa bedraagt 10% van de werelduitstoot. 20 % reductie van de CO₂ uitstoot van Europa is dus slechts 2 % reductie op wereldschaal. Dit zal volledig teniet gedaan worden door een enorme toename van de CO₂ uitstoot door de rest van de wereld.
- De CO₂ uitstoot naar de atmosfeer zal dus niet verminderen, maar ernstiger: het CO₂ gehalte van de atmosfeer zélf zal dus in 't geheel niet verminderen, in tegendeel, dit zal hoogstwaarschijnlijk steeds sneller stijgen, daar de rest van de wereld niets of zeer weinig doet. In landen als China en India is de vraag naar brandstof en energie zeer sterk aan 't stijgen en dit zal alleen maar meer worden.
- In de komende decennia zal de wereldbevolking sterk toenemen. De 20 % vermindering in energieverbruik (ten opzichte van de toestand in 2007?) door Europa, zal ruim overtroffen worden door de toename van de vraag naar energie door de groeiende wereldindustrie en de wereldhandel in de komende jaren. Geen enkele menselijke macht, sanctie, afspraak, contract enzovoort zal daar een einde aan kunnen maken.
- De bindende afspraken die Europa nu gemaakt heeft, zullen zoveel kosten, dat vele landen af zullen moeten haken! De industrie die eigenlijk alleen maar vooruit kan, vooruit moet, zal moeten inkrimpen en dat zal niet gebeuren. Zij zullen stoppen of Europa verlaten! Recessie dreigt voor Europa, de industrie heeft toch al hogere energie en transportkosten dan Amerika en Azië.
- Om (in Europa) aan deze doelstellingen te voldoen zal onder andere het verkeer zeer drastisch moeten veranderen. Mensen zullen hun auto's uit moeten, hun vakanties en verre vliegtrips op moeten geven, het met minder verlichting en verwarming moeten doen enzovoort. Zeer pijnlijke veranderingen zal men in de volgende 13 jaar door moeten voeren. Zal dat lukken? Duitsland, de initiatiefnemer, begon direct met de botte weigering om een maximum snelheid in te voeren!
- Het is ongelofelijk dat de regeringen de immense consequenties van deze maatregelen niet inzien. Van de Kyoto doelstelling, 8% minder CO₂-uitstoot in 2008(?) is immers nog maar één procent uitgekomen zegt men (zelfs daarover heb ik trouwens m'n twijfels!).
- Worden biobrandstoffen op grote schaal toegepast dan is zeer veel landbouwgrond nodig. Dit gaat ten koste van andere gewassen en vele gewassen zullen verdrongen worden. De prijzen van voedingsgewassen (en de honger) zullen daardoor sterk stijgen!
- Het meest teleurstellende en verontrustende is dat al deze doelstellingen, zelfs als CO₂ werkelijk de boosdoener is, **geen enkel effect** zullen hebben op de klimaatverandering en de opwarming van de aarde!

Moeten we dan maar niets doen? Ja of nee, beide antwoorden hebben zo hun nadelen.

-Beter **iets** gedaan dan niets!, dus “**Ja**”, we moeten iets doen”. Maar dan zal er grote onrust onder de bevolking ontstaan door de maatregelen die genomen moeten worden. Maatregelen die werkeloosheid, ingrijpende verandering in de levensstijl en zelfs armoede tot gevolg zullen hebben.

-Beter **niets** gedaan, omdat de maatregelen geen effect op de “global warming” zullen hebben, maar wel ernstige gevolgen voor de bevolking. Dus “**Nee**, we moeten niets doen”.

We moeten wachten tot we zeker weten dat CO₂ werkelijk het probleem is en als dat zo is: wachten tot we een echte technische oplossing (kunstmatige fotosynthese, chemische binding, opslag?) gevonden hebben!

Conclusie

Wat ik in dit rapport getracht heb duidelijk te maken is dat de verwijdering van één miljard ton CO₂ per jaar (of meerdere miljarden tonnen) uit de atmosfeer volstrekt onvoldoende is en de aardopwarming niet zal stoppen. Het was niet eenvoudig om aan gegevens te komen waarmee gerekend kon worden, niet in het minst omdat de getallen (en de geleerden) elkaar nogal eens tegenspreken. Hoewel de berekende waarden niet zeer accuraat zullen zijn (ik ben geen geleerde, slechts een geïnteresseerde toeschouwer) zijn de getallen globaal juist en de getrokken conclusies wel degelijk geldig.

We weten dat onze atmosfeer nu, in 2007, ongeveer 0,04 % CO₂ bevat. Dit komt neer op 3000 miljard ton CO₂! Ook laten de berekeningen zien dat de CO₂ emissie van deze wereld nu ongeveer 30 miljard ton (per jaar) bedraagt! Deze jaarlijkse emissie stijgt met 1 á 1,5 % per jaar.

Uit deze getallen blijkt dat de verwijdering van 1 miljard ton CO₂ per jaar volstrekt onvoldoende is om de “global warming” om te keren.

Terug naar ons gezamenlijke doel:

Laten we de klimaatverandering en de aardopwarming een halt toeroepen!

Als we de trend om willen keren, zullen we het CO₂ percentage terug moeten brengen van 0,04 % naar 0,03 %, het niveau van 50 jaar geleden.

Kunnen, maar vooral, **willen** we de opwarming van de aarde stoppen? Wil de mens de CO₂ uitstoot verminderen en het CO₂ gehalte van de atmosfeer echt verminderen?

Vermindering van het CO₂ percentage in de atmosfeer vraagt zulke drastische maatregelen dat we eerst voor honderd procent zeker moeten zijn dat CO₂ werkelijk de oorzaak van de “global warming” is.

Zoals eerder vermeld, is het volgens een aantal geleerden helemaal niet zeker dat CO₂ de hoofdschuldige is! Zelfs de meest overtuigde wetenschappers moeten het toegeven: zelfs als CO₂ werkelijk als een broeikasgas fungeert, dan is het slechts gedeeltelijk verantwoordelijk voor de aardopwarming (men geeft een aandeel aan tussen 5 % en 40 %). Wat zeer duidelijk is: het broeikasgas met het sterkste effect is waterdamp, verantwoordelijk voor 60 % (Encarta) – 95 % (Wikipedia en andere bronnen) van de opwarming. Het andere gevaar is: methaan (CH₄). Men stelt dat methaan een 20 maal sterker broeikasgas is dan CO₂! De concentratie is (nog) zeer laag, 1/200 van de CO₂ concentratie, maar zou snel kunnen stijgen door het smelten van de permafrostlaag in Siberië en Alaska! Volgens andere geleerden is het niet de CO₂ uitstoot die de aardopwarming veroorzaakt maar de toegenomen activiteit van de zon (sinds de zestiger jaren).

Laten we dit alles nu even vergeten en er van uitgaan dat de wetenschap er voor 100 % zeker van is dat omlaag brengen van het CO₂ percentage van de lucht de oplossing is en de aardopwarming kan stoppen of terugbrengen. Hoe kunnen wij dat doen?

ALS CO₂ WERKELIJK HET PROBLEEM IS, DAN ZOU DEN WE DE VOLGENDE MAATREGELEN MOETEN NEMEN OM HET CO₂ GEHALTE TE VERLAGEN:

- Ontbossing en grootschalige houtkap

De gigantische ontbossing van deze aarde moet stoppen, hoe moeilijk dat ook is. Het gebruik van hout moet beperkt worden, vooral tropisch hardhout (uit regenwouden) zou in de ban gedaan moeten worden. De regenwouden en oerbossen van deze wereld zijn veel belangrijker dan ooit gedacht. Als nu de ontbossing zou worden gestopt en herbebossing gestart, zal het toch nog minimaal 50 jaar duren om terug te gaan naar de situatie van vroeger, maar dan moet de wereld van nu af aan ook CO₂ emissievrij verder gaan. Daar dit wel enige tijd zal duren, zal de recuperatietijd veel langer duren dan vijftig jaar! Deze tijd kan korter worden als we tegelijkertijd ook CO₂ in grote hoeveelheden uit de lucht kunnen halen.

- Opslag van CO₂

De wetenschap zegt dat het mogelijk is: als we grote hoeveelheden CO₂ uit de lucht kunnen afscheiden, kan dit opgeslagen worden, ondergronds of in zeewater. Maar dan moeten we wel de methodes ontwikkelen om CO₂ gas effectief uit de lucht te halen.

- Binding van CO₂

CO₂ kan min of meer permanent gebonden worden aan diverse silicaten. We zouden dit materiaal dan voor allerlei doeleinden kunnen gebruiken, als bouw materiaal voor huizen, als vulmateriaal voor wegebouw, dijken e.d.

- Fotosynthese

De natuurlijke wijze om CO₂ te absorberen is fotosynthese. Hoewel natuurlijke fotosynthese te langzaam en te ineffectief is om CO₂ grootschalig om te zetten, zou de wetenschap dit proces moeten bestuderen. Met een verbeterde fotosynthese (natuurlijk of kunstmatig) kunnen dan methodes ontwikkeld worden om de CO₂ sneller en effectiever te absorberen.

- Behandeling en opslag van koolhydraten

Fotosynthese zet CO₂ om in celmateriaal (koolhydraten e.d.). Dit materiaal wordt nu gebruikt als voedsel, grondstof, hout, papier, textiel en brandstof. Als fotosynthese grootschalig toegepast wordt om CO₂ uit de lucht te verwijderen moeten we nieuwe manieren vinden om te voorkomen dat deze koolhydraten (bijv, suikerbieten, hout) weer terugveranderen in CO₂ (zoals nu met 90 % het geval is).

- Kernenergie

Kernenergie moet weer serieus genomen worden. Het is de enig werkelijk CO₂ emissievrije manier om grootschalig elektriciteit op te wekken. De bouw van een kernfusiecentrale moet versneld worden. Kernfusie zou al onze energieproblemen kunnen oplossen. Intussen moeten we zeker de kernsplittingsenergie niet vergeten als tussenoplossing. (In het hypocriete Nederland importeren we toch al volop “kernstroom”).

- Zonne-energie

De industrie moet gestimuleerd worden om goedkopere en effectievere zonnecellen te produceren. Het gebruik van zonnecellen voor de productie van kleinschalige elektrische energie voor verlichting, huishoudens en zo, zou erg belangrijk kunnen worden. “Solar energy” zou ook veel meer dan nu voor verwarmingsdoeleinden toegepast moeten worden.

- CO₂ emissie door transport

Alle middelen van transport moeten CO₂ emissievrij worden. Het gebruik van fossiele brandstof voor transportdoeleinden zou alleen toegestaan moeten worden als er absoluut geen andere mogelijkheden beschikbaar zijn (scheepvaart, luchtvaart).

- Overbevolking

De wereld zou eindelijk wat moeten doen aan de overbevolking. Overbevolking is de hoofdoorzaak van al onze problemen. Regeringen zien de vergrijzing van de bevolking als een bedreiging. Een afnemende bevolking, zoals deze nu plaats vindt in enkele Westerse landen, wordt gezien als een ramp. De regeringen zouden dit moeten zien als een zegening. Ze zouden dit moeten stimuleren en zich aan moeten passen aan deze nieuwe situatie.

#####

**ER WORDEN VELE CO₂ UITSTOOT BEPERKENDE MAATREGELEN GEPLAND.
UITSTOOTBEPERKING VAN CO₂ ALLÉEN, HEEFT ECHTER GEEN INVLOED OP HET
KLIMAAT EN..... IS CO₂ EIGENLIJK WEL DE OORZAAK VAN DE AARDOPWARMING?**

WE MOETEN ER ZEKER VAN ZIJN DAT CO₂ DE HOOFDORZAAK VAN DE
KLIMAATVERANDERING EN DE AARDOPWARMING IS, VOORDAT WE WILDE BESLISSINGEN
NEMEN WAARUIT ONNODIGE ACTIES VOLGEN!

JACOB HUISMAN 2007

ADDENDUM (2007)

Wereld:

Omtrek:	40.000 km	
Radius:	6370 km	
Wereld oppervlakte:	$5,1 \times 10^8 \text{ km}^2$	$= 5,1 \times 10^{18} \text{ cm}^2$
Totaal gewicht van de atmosfeer	$5,1 \times 10^{18} \text{ kg}$	$= 5,1 \times 10^{15} \text{ ton}$

Broeikasgassen:

Percentage CO ₂ in de atmosfeer	$\pm 0,04 \%$	$= \pm 400 \text{ PPM}$
Totaal gewicht CO ₂ „	3000 miljard ton	$= 3000 \text{ Gigaton}$
Percentage CH ₄ „	$\pm 0,0002 \%$	$= \pm 2 \text{ PPM}$ (gewicht?)
Totaal gewicht CH ₄ „	± 10 miljard ton	$= \pm 10 \text{ Gigaton}$
Percentage H ₂ O	0,13 %	
Totaal gewicht H ₂ O „	$1,29 \times 10^4 \text{ km}^3$	
Totaal gewicht H ₂ O op de wereld	$1,386 \times 10^{18} \text{ km}^3$	

Jaarlijkse fossiele brandstof consumptie van de wereld:

Ruwe olie	30 miljard vaten	$= \pm 430$ miljard kg
Aardgas	3000 miljard n.m ³ per jaar	
Steenkool	6 miljard ton	

Jaarlijkse wereld CO₂ emissie door fossiele brandstof

Door olie	9 miljard ton	
Door aardgas	6 miljard ton	
Door steenkool	15 miljard ton	
Totaal	30 miljard ton CO ₂ emissie (80 % van het totaal ?)	

Jaarlijkse wereld H₂O emissie door fossiele brandstof

Door olie	8,1 miljard ton	
Door aardgas	3,6 miljard ton	
Door steenkool	5,4 miljard ton	
Totaal	17,1 miljard ton H ₂ O emissie	

Wereld reserves aan fossiele brandstof

Ruwe olie	3600 miljard vaten	
Aardgas	150 – 200 duizend miljard N.m ³	
Steenkool	1000 – 2000 miljard ton	
Teerzand and olieschalie	X000 miljard ton (500 x de ruwe olie)	