



Artikel

Terra Incognita (IV)

Hoe is het gesteld met onze planeet? Een bloemlezing uit *Science & Nature*

Peter Tom Jones

Het uitgangspunt van deze vaste Oikos-rubriek is dat het Ecosysteem Aarde in een non-analogue state verkeert. Zowel de snelheid, de grootte als de ruimtelijke schaal van de menselijk veroorzaakte wijzigingen zijn zonder weerga in de geschiedenis van deze planeet – zodat er dus geen ‘analoog’ geval meer is waarmee men het huidige tijdvak kan vergelijken. We begeven ons op onbekend terrein. Deze rubriek besteedt daarom uitvoerig aandacht aan een aantal relevante milieuwetenschappelijke discussies. Ik beperk me daartoe tot de vaktijdschriften Nature (www.nature.com) en Science (www.sciencemag.org). Allerm minst is het mijn betrachting een exhaustief overzicht te bieden van alle recente ontwikkelingen. Wel is het een poging de aandacht van de lezer te vestigen op enkele markante evoluties. Deze kunnen hopelijk een ander licht laten schijnen op de wetenschappelijke én maatschappelijke onverantwoordelijkheid van ‘onredelijk milieuoptimisme’.¹

48

Uit *Science en Nature*, augustus-oktober 2005

Wanneer men spreekt over het ecologische vraagstuk dan is het goed om voor ogen te houden dat er sterk verschillende types van milieuproblemen zijn. *Vervuiling* of verontreiniging (Engels: *pollution*) behelst de introductie in het milieu van substanties in concentraties die groter zijn dan de natuurlijke achtergrondconcentraties en schade kunnen veroorzaken in mens en natuur. *Vervuiling* kan objectief gemeten worden. *Uitputting* (Engels: *depletion*) impliceert de extractie van natuurlijke bronnen aan zo'n snelheid dat die slechts gedurende een beperkte tijd volgehouden kan worden. Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen hernieuwbare en niet-hernieuwbare

bronnen. Bij hernieuwbare bronnen treedt er uitputting op zodra de snelheid van verbruik de regeneratiecapaciteit overschrijdt. In het geval van fossiele stoffen moet de uitputting relatief bekeken worden ten opzichte van de nog beschikbare hoeveelheden en de bestaande technologieën om de bronnen aan te boren. Het moeilijkst definieerbare type van milieuschade is *aantasting* (Engels: *degradation*). In dit geval betreft het een structurele wijziging in het landschap of het ecosysteem met een vermindering van de diversiteit of kwaliteit van het systeem tot gevolg.²

Een hiermee samenhangend onderscheid dat men in milieuwetenschappelijke kringen wel eens maakt, is het verschil tussen milieuproblemen

van de eerste en die van de tweede generatie. Een typisch eerste generatieprobleem is dat van lokale *milieuverontreiniging* van lucht, bodem en water. In dit geval is armoede vaak de drijvende kracht (e.g. negentiende-eeuwse smog in London). Bij complexere, tweede generatieproblemen zoals *uitputting* van hernieuwbare en niet-hernieuwbare bronnen en *aantasting* van ecosystemen, laten de effecten zich sneller mondiaal voelen terwijl de baten lokaal worden opgesoupeerd. Omdat bij deze problemen rijkdom de drijvende kracht vormt, zijn deze milieuproblemen veel moeilijker op te lossen in vergelijking met de lokale verontreiniging. Een hoger inkomen per capita zal in dit geval het probleem eerder versterken dan het uit de baan ruimen. Gemaskeerd door de globalisering van de economie wordt vaak aangenomen dat de eerste generatieproblemen langzaam verdwijnen, terwijl globale problemen als de klimaatdestabilisatie, het gat in de ozonlaag etc. uitdrukkelijker aan het firmament verschijnen. In het geval van de rijke landen is dit inderdaad voor een deel zo. Dit komt niet alleen omdat men hier schonere technologieën hanteert (in combinatie met *end-of-pipe* methoden), maar evenzeer omdat men in wezen duurzaamheid importeert uit de armere landen. Het verhaal van de ecologische voetafdruk en de ecologische schuld spreekt wat dat betreft boekdelen. Om de (over)consumptiepatronen hier in stand te houden, moet men immers een beroep doen op het 'natuurlijk kapitaal' van andere landen.

Voor de landen in het Zuiden ziet het plaatje er nochtans helemaal anders uit. Enerzijds is het zo dat de eerste slachtoffers van de tweede generatieproblemen (cf. globale opwarming, gat in de ozonlaag) vooral in het Zuiden

vallen. De redenen hiervoor zijn bekend: de gevolgen van globale milieuproblemen doen zich daar niet alleen het meest krachtig voor maar bovendien zijn de armen in die landen wegens hun gebrek aan middelen niet in staat zich te beschermen tegen bijvoorbeeld extreme weersfenomenen. Anderzijds hebben deze landen wel degelijk te kampen met de klassieke eerste generatieproblemen als lokale lucht-, water- en bodemverontreiniging. Dit is vooral het geval voor al die mensen die in de grote steden in de zogenaamde 'ontwikkelingslanden' (over)leven. De VN verwacht dat tegen het jaar 2007 meer dan de helft van de wereldbevolking in verstedelijkte gebieden zal wonen. De hoofdmoot van de snelst groeiende megasteden bevindt zich in het Zuiden. Steden als Mexico City, São Paulo, Mumbai, Delhi, Calcutta, Dhaka, Jakarta, Lagos en Karachi zullen tegen 2015 allen de 'eer' te beurt vallen meer dan 15 miljoen inwoners te herbergen. Ook in de wetenschappelijke vakliteratuur beroert het thema van stedelijke volksgezondheid de gemoederen. De stedelijke armen (*urban poor*) bevinden zich in een weinig benijdenswaardige positie. Wat opvalt, is dat er bijna geen officiële data voorhanden zijn over het effect van stedelijke verontreiniging op de menselijke gezondheid.

In een reportage in *Nature* ging men op pad om te zien hoe de situatie evolueert in Jakarta, de hoofdstad van Indonesië.³ Het beeld dat daarin geschetst wordt, is er één van apocalyptische Mad Max-toestanden: "*In the streets of this city, you can pick your poison. Clouds of black and blue-white smoke billow from the exhaust pipes of buses and motorcycles. Thirteen rivers flow northwards to Jakarta Bay, each a slurry of human waste and garbage. Scavengers pick through the city's rubbish*



looking for recyclable plastic and cardboard. What they can't sell, they burn – batteries, rubber shoes and all. (...) Like post-apocalyptic sherpas, clad in rubber boots and with wicker baskets strapped to their backs, they travel in the wake of bulldozers, plucking recyclables from the stinking heap”.

Jessica Marshall tracht de verschillende pijnpunten op een rijtje te zetten. Een eerste probleem houdt rechtstreeks verband met het almaar toenemende gemotoriseerde verkeer, dat verantwoordelijk is voor meer dan 70% van de stikstofoxiden die in de lucht worden uitgestoten. Deze substanties zijn medeverantwoordelijk voor ademhalingsontstekingen die 12,6% van de sterfgevallen in Jakarta tot gevolg hebben. Daarbij schat men dat roetdeeltjes en andere partikels meer dan een miljoen astma-aanvallen en ettelijke duizenden vroegtijdige overlijdens teweegbrengen. Afgezien van het totale volume aan verkeer, wordt de luchtverontreiniging aanzienlijk verergerd door de slechte brandstofkwaliteit en het gebrek aan katalysatoren in de voertuigen. Naast acute luchtvervuiling, gaat Jakarta gebukt onder ernstige problemen van waterverontreiniging en vast afval. Omdat veel mensen zich de kost van vuilnisomhaling niet kunnen permitteren, dumpen zij hun afval op de meest onmogelijke plaatsen. Dit is een goed voorbeeld van hoe eerste generatieproblemen mede aangedreven worden door armoede. Ondervoede mensen denken in eerste instantie aan het vullen van hun maag, niet aan de milieuproblemen die zij veroorzaken. Met de sanitaire voorzieningen is het niet beter gesteld. Een bezoek aan Jakarta's openbare toiletten kost zo'n 10 dollarcent, een bedrag dat veel te hoog is voor een familie die moet zien rond

te komen met 2,5 dollar per dag. Het gevolg is dat mensen het overal doen, met alle gevolgen van dien. Een soortgelijk probleem stelt zich op het vlak van de watervoorziening. Omdat op vele plaatsen geen leidingwater beschikbaar is (40% van de inwoners), moeten de stedelijke armen hun toevloed zoeken tot straatverkopers die watercontainers van 60 liter aanbieden aan de prijs van 20 dollarcent. Dit is aanzienlijk duurder dan wat de rijke inwoners betalen voor leidingwater in de beter gestelde zones van Jakarta.

Jakarta is uiteraard maar één voorbeeld. Hetzelfde verhaal geldt voor de vele andere megasteden in het Zuiden. Marshall trekt de parallel met Mumbai (India), de stad die recent nog werd getroffen door extreme overstromingen die in hun kielzog vreselijke ziektes achterlieten die meer dan 1000 mensen dodelijk troffen. Sommige van de megasteden ondernemen pogingen om de verontreiniging enigszins in te dijken. Dankzij de introductie van katalysatoren en betere brandstofkwaliteit is bijvoorbeeld Mexico City erin geslaagd om het smogprobleem terug te dringen. New Delhi heeft eveneens kleine stapjes vooruit gezet door het openbaar vervoer te laten rijden op samengedrukt aardgas. Structurele oplossingen vereisen echter een fundamenteel andere visie en een beleid dat de kern van de problemen onderkent. Alleen is dat niet eenvoudig voor landen die nog steeds kreunen onder de loodzware financiële schuldenlast die hen boven het hoofd hangt en hen in vele gevallen verhindert om te investeren in een netwerk van sanitaire voorzieningen, degelijke behuizing, publieke waterbevoorrading, milieuvriendelijk openbaar vervoer etc.



Figuur 1 –Geen commentaar (overgenomen van Marshall, *Nature*, 437:314 (2005)).

China's luchtvervuiling

In de vorige aflevering van *Terra Incognita*⁴ besprak ik al een opvallend artikel van Liu en Diamond over de ecologische gevolgen van de pijlsnelle groei van China. Even recapituleren: als gevolg van de immense schaal waarop deze economie plaatsgrijpt, heeft China's groei ook wezenlijke (economische én ecologische) gevolgen voor de andere naties in deze wereld net als voor de toekomstige generaties.

Daarnaast wordt dit land in toenemende mate zelf geconfronteerd met een waslijst aan zowel acute als langdurige milieu- en gezondheidsproblemen. Een recente publicatie in *Nature* bevestigt het immense probleem van (gelokaliseerde) luchtverontreiniging in de Chinese economische mirakelzones. Iedereen die het privilege heeft gehad om recent Beijing te mogen bezoeken, zal kunnen meespreken van de wijze waarop de industrialisering van China een negatieve impact heeft op de



luchtkwaliteit. Nieuwe data suggereren dat het probleem nog erger is dan aanvankelijk gedacht.

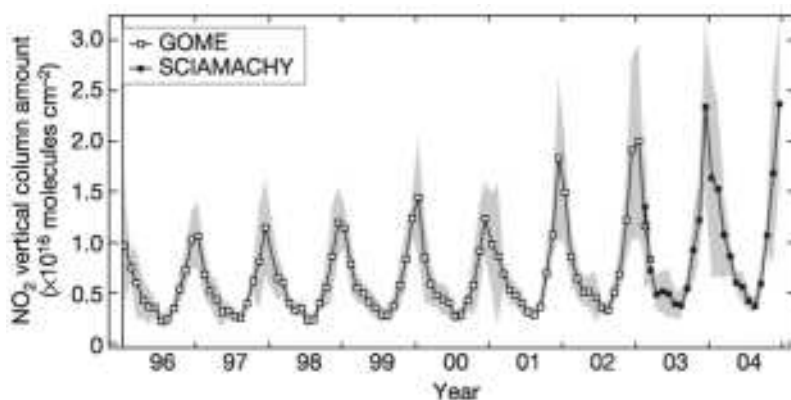
In *Nature* doen onderzoekers het verhaal van de snel stijgende stikstofdioxideconcentraties boven de Oostkust van China. Met behulp van accurate satellietbeelden hebben Richter *et al.*⁵ aangetoond dat één van de centrale pollutanten, NO₂, gedurende de laatste 10 jaar met maar liefst 50% is toegenomen. Bovendien suggereren de data dat de toename zelf ook nog eens aan het versnellen is (zie Fig. 2). NO₂, dat vrijgezet wordt bij verbrandingsprocessen (e.g. biomassa, fossiele brandstoffen), speelt een cruciale rol in de vorming van troposferische ('slechte') ozon die tot gevolg heeft dat fotochemische (zomer)smog kan ontstaan. Daarnaast is er ook een verband tussen NO₂ en zure regen. Terwijl dit gas in toenemende mate in China wordt uitgestoten, stelt men op hetzelfde ogenblik vast dat de NO₂-uitstoot in de VS en Europa is afgenomen. Zo is er in Europa tussen 1996 en 2002 een vermindering vastgesteld van 18%, die wordt toegeschreven aan het gebruik van katalysatoren, de overgang naar schonere brandstoffen en 'wijzigende economische omstandigheden' (zie *infra*). De snelle stijging in China lijkt volgens de auteurs op het eerste gezicht in tegenspraak te zijn met de inventaris die wordt bijgehouden van de rechtstreekse uitstoot (*bottom-up approach*). Nader onderzoek toont evenwel aan dat er een aantal bronnen zijn die nog niet werden opgenomen in deze statistieken. Richter en collega's noemen er twee: de razendsnelle stijging van het aantal voertuigen (van 10,4 miljoen in 1995 naar 20,5 miljoen in 2002), en industriële en residentiële verwarmingsbronnen. Dit verklaart het

verschil tussen de resultaten op basis van directe satellietobservaties en die van de geschatte uitstoot.

Uit deze studie valt een belangrijke les te leren. Hoewel China sinds 1990 'schone steenkooltechnologieën' heeft geïntroduceerd, is de milieuwinst hiervan volledig opgegeten door de volumestijging van de economie (meer wagens bijvoorbeeld). In de politieke ecologie kennen we dit fenomeen al geruime tijd. Tussen economische groei en milieuconsumptie vindt er slechts een *relatieve* maar geen *absolute* ontkoppeling plaats: het absolute niveau van milieugebruik blijft stijgen ondanks procesverbeteringen. De technologische vooruitgang op het vlak van eco-efficiëntie (hogere output met een zelfde inzet van materialen en energie) weegt niet op tegen de sneller toenemende, totale milieuconsumptie. Met dit gegeven in het achterhoofd kunnen we nu ook beter begrijpen waarom de NO₂-uitstoot in Europa lichtjes is afgenomen. Hoewel we er geen voldoende gegevens over hebben, is het zo goed als zeker dat deze afname niet alleen het gevolg is van technologische efficiëntieverbeteringen maar even zeer door 'wijzigende economische omstandigheden'. Met dat laatste begrip verwijst men in wezen naar het feit dat een deel van de belastende industriële (bulk-)productie verschoven is van Europa naar zones als Shanghai (China). In zekere zin kopen wij ecologische duurzaamheid af van andere delen in de wereld.

Is Katrina het gevolg van de globale opwarming?

In de inleiding van dit stuk beschreven we het verschil tussen eerste en tweede generatieproblemen. Zoals we net gezien hebben, is het larie om te stellen dat



Figuur 2 – Maandelijks gemiddelde (troposferische) NO₂ hoeveelheden boven Centraal-Oost-China, gemeten met twee satellieten (GOME en SCIAMACHY) (overgenomen van Richter *et al.*, *Nature*, 437:131 (2005)).

lucht- en waterverontreiniging de wereld zijn uitgeholpen. Laten we nu evenwel de sprong maken naar de globale, tweede generatieproblemen.

In wat volgt willen we de vraag onderzoeken of de hedendaagse klimaatdestabilisatie als gevolg van een verhoogde broeikasgasuitstoot verantwoordelijk kan/mag worden gesteld voor de extreme fenomenen als de orkaan Katrina. Zoals bekend gebeurde op 29 augustus precies datgene waarvoor tal van wetenschappers hadden gewaarschuwd. Katrina beukte in op de Golfkust en creëerde onvoorstelbare schade. Vooral de stad New Orleans, die grotendeels onder de zeespiegel ligt, kreeg het erg te verduren nadat een aantal dijken het begaven en de stad blank werd gezet, met de gekende, schier apocalyptische gevolgen. De catastrofe die werd veroorzaakt in New Orleans staat inmiddels geboekstaafd als de grootste 'natuurramp' in de geschiedenis van de VS.⁶

Kan men echter éénduidig bewijzen dat New Orleans het slachtoffer is geworden van de globale opwarming? Tot recent zouden de meeste wetenschappers deze

vraag ontkennend beantwoord hebben. Nu is dat echter niet langer het geval. De voorbije maanden zijn er twee gewichtige publicaties verschenen (één in *Nature*, één in *Science*) die aanvoeren dat er een verband tevoorschijn aan het treden is tussen warmere oceanen en agressieve tropische orkanen. Op het eerste gezicht zijn globale opwarming en tropische orkanen op natuurlijke wijze aan elkaar gelinkt: orkanen kunnen slechts ontstaan als er voldoende warmte-energie aanwezig is in de oceanen ($T > 26^{\circ}\text{C}$). Wanneer de tropische oceanen warmer worden (zoals nu aan het gebeuren is, zie 'Terra Incognita (3)') dan heeft dit een soortgelijk effect als wanneer men extra hout op een brandend vuur werpt, stelt Richard Kerr⁷ in een begeleidend artikel. En toch is de relatie niet zo eenvoudig. Dit heeft te maken met het feit dat er een heel aantal natuurlijke factoren bestaan die maken dat de intensiteit en frequentie van het aantal orkanen – in afwezigheid van menselijke invloeden – op zich ook zouden kunnen variëren. In milieujargon spreekt men van de natuurlijke variabiliteit.



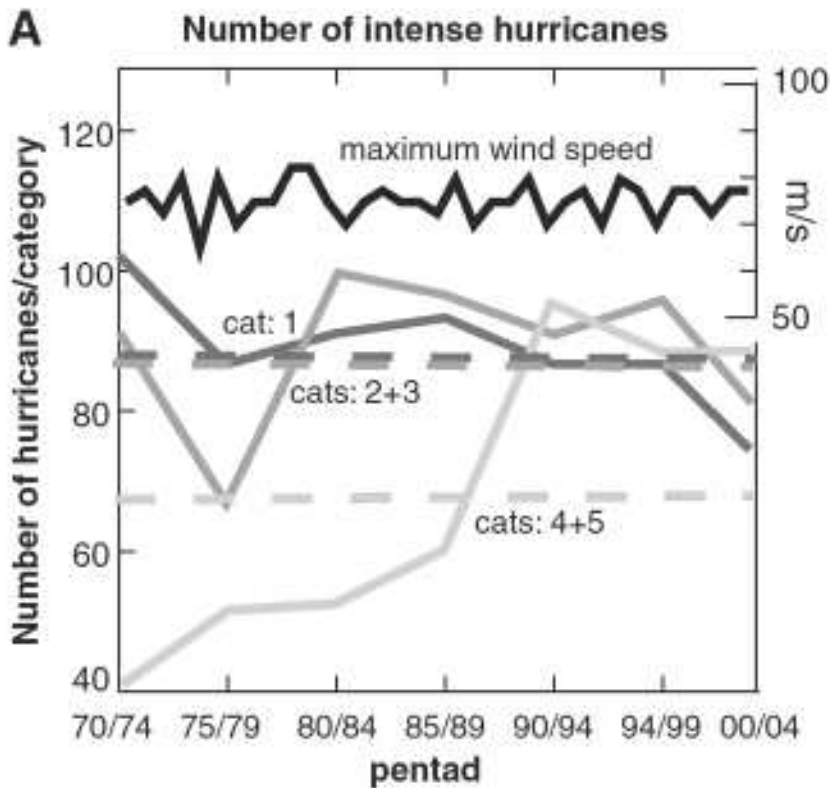
En hier komt het onderzoek van enkele Amerikaanse meteorologen⁸ op de proppen. Voor de verschillende tropische oceaangebieden analyseerden zij hoeveel stormen en orkanen er opgetreden zijn, hoe lang zij duurden en hoe intens zij waren. Hun resultaten zijn genuanceerd. In de eerste plaats stellen zij dat er tot op heden geen globale trend tevoorschijn is gekomen wat het aantal tropische stormen en orkanen betreft. Alleen in de Noord-Atlantische Oceaan is er een duidelijke toename sinds 1995. Wanneer men echter naar de intensiteit van de orkanen kijkt, dan komt er wél een significante tendens naar voren. Sinds de laatste 35 jaar is er een markante mondiale toename (+ 80%) van de meest krachtige tropische orkanen (orkanen van categorie 4 en 5, zie Fig. 3). In dezelfde lijn van deze studie verscheen eerder een publicatie van Kerry Emanuel⁹ in *Nature* waarin de auteur erop wees dat de totale kracht van de geobserveerde orkanen in de Atlantische en Stille Oceaan tijdens de laatste 30 jaar bijna verdubbeld is. Kunnen we uit deze twee publicaties met 100% zekerheid besluiten dat er een causaal verband is tussen de huidige opwarming en meer intense orkanen? Omwille van de natuurlijke variabiliteit is het daarvoor nog net iets te vroeg, al wordt het met de dag waarschijnlijker dat de link er wel degelijk is. Klimaatdeskundige Quirin Shiermeier¹⁰ stelt het als volgt: “...although the new studies are persuasive, they are not definitive.”

Het is natuurlijk nog een ander paar mouwen om de schade van New Orleans rechtstreeks en onverdeeld toe te wijzen aan de huidige opwarming. Daarvoor zijn er volgens specialisten tot op heden te weinig (in kracht vergelijkbare) stormen geweest die

dichtbevolkte kustgebieden hebben getroffen. Men kan op dit moment met andere woorden nog geen statistisch relevante uitspraken doen over de vraag of in intensiteit toenemende stormen de schade aan het verhogen zijn. In dezelfde tijd is de kustbevolking zodanig snel gegroeid dat de toename in schade als gevolg van demografische wijzigingen op dit moment veel groter is dan het signaal van toegenomen schade als gevolg van verhevigde stormen. In statistisch jargon: het signaal dat we wensen te onderscheiden (sterkere stormen à grotere schade) verdrinkt in de ‘ruis’ (meer kustbevolking à meer schade). Kerry Emanuel suggereert dat in de tweede helft van deze eeuw het plaatje er helemaal anders zal uitzien: daarbij verwacht hij een substantiële toename in orkaangerelateerde slachtoffers. We zijn dus gewaarschuwd.

Gevaren vanuit de bodem en de bossen

Hogere broeikasgasconcentraties leiden tot hogere temperaturen, zowel in de atmosfeer als in de oceanen. Voor de oceanen komt daar ook nog eens bij dat zij snel aan het verzuren zijn (CO₂ lost op als koolzuur) met potentieel verstrekende gevolgen voor marine organismen (koraalriffen, plankton).¹¹ Tijdens de komende decennia zal de CO₂-concentratie blijven toenemen, wat een verdere verzuring en opwarming zal teweegbrengen. Zoals ik in een ‘*Terra Incognita* (3)’ uit de doeken heb gedaan, is de te verwachten klimaatrevolutie evenwel veel complexer dan vroeger aangenomen. Het klimaat van de 21^e eeuw zal gebukt gaan onder een drievoudig probleem: een verdere opwarming vanwege de stijgende atmosferische broeikasgasconcentraties,



Figuur 3 – Evolutie van de intensiteit van de orkanen (volgens de categorie 1 tot 5). De figuur is gebaseerd op de gemiddelden van opeenvolgende vijfjarige perioden (om de natuurlijke variabiliteit gedeeltelijk uit te schakelen uit de figuur) (overgenomen van Webster *et al.*, *Science*, 309:1846 (2005)).

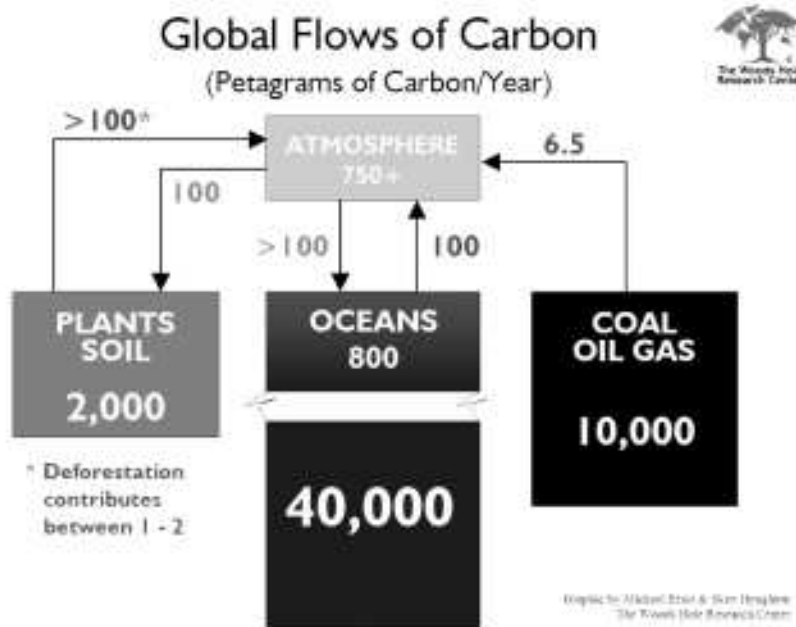
een verminderd koeffect vanwege de dalende aërosoluitstoot én een verhoogde CO₂- en methaanuitstoot als gevolg van een positieve terugkoppeling vanuit de koolstofcyclus bij oplopende temperaturen.

Ik verklaar me nader. De bodems, de vegetatie, de atmosfeer en de oceanen bevatten enorme hoeveelheden koolstof. Via een amalgaam van processen, roteert koolstof op een continue wijze tussen de verschillende koolstofreservoirs. In de atmosfeer is koolstof voornamelijk aanwezig als het broeikasgas CO₂, terwijl op het land

koolstof hoofdzakelijk voorkomt in de vorm van levende organismen en ontbindend organisch materiaal. Ook in de oceanen bevindt zich een enorme hoeveelheid koolstof, hetzij opgelost als koolzuur, hetzij in het plankton. Het grootste reservoir is terug te vinden in de diepere lagen van de oceanen (40000 gigaton, Gt), terwijl het land, de atmosfeer en de bovenste lagen van de oceanen ongeveer 2000, 750 en 800 Gt koolstof bevatten. Daar waar de uitwisseling van koolstof tussen de diepe oceanen en het land, de atmosfeer en de bovenste lagen van de oceanen een zeer traag proces is (honderden

jaren), is de rotatie van koolstof in het land, de atmosfeer en de bovenste delen van de oceanen een relatief snel en dynamisch proces. De oceanen absorberen CO₂ waar/wanneer het koud is, zoals in de regio's ver weg van de tropen. Ter hoogte van de tropen kunnen de oceanen opnieuw CO₂ vrijgeven. Het fotosynthesep proces neemt op zijn beurt CO₂ weg uit de atmosfeer en draagt die over naar de vegetatie, terwijl de ademhaling van de planten opnieuw CO₂ vrijzet. Deze processen worden schematisch voorgesteld in Fig. 4. Hoewel de natuurlijke transfers van koolstof zeker

een factor 20 groter zijn dan diegene die veroorzaakt zijn door menselijke activiteiten (verbranding fossiele brandstoffen, ontbossing etc.), zijn de natuurlijke interacties min of meer in evenwicht: koolstofputten en koolstofbronnen houden elkaar in balans. Dit maakt dat de antropogene verstoringen van deze cyclus een zeer grote invloed kunnen hebben. Het is als gevolg van deze door de mens veroorzaakte koolstofstromen dat de atmosferische CO₂-concentratie tijdens de laatste 150 jaar is gestegen van 280 naar 380 deeltjes per miljoen, met de globale opwarming tot gevolg.



Figuur 4 – De koolstofcyclus schematisch en simplificerend voorgesteld (Bron: Woods Hole Research Centre)

Positieve koolstofterugkoppeling

Klimaatwetenschappers vrezen dat hogere temperaturen en atmosferische CO₂-concentraties de natuurlijke koolstofcyclus zullen verstoren, waardoor er netto extra CO₂ wordt vrijgezet die op zijn beurt voor meer opwarming zorgt. Op die manier krijgt men een zichzelf versterkend proces (dat gelukkig ook getemperd wordt door andere effecten die voor een negatieve (dempende) terugkoppeling zorgen). Tijdens de voorbije maanden zijn er opnieuw een heel pak publicaties verschenen die hun licht laten schijnen op het probleem van de positieve koolstofterugkoppeling. In dit artikel ga ik er summier op in.

Tot nu toe werd aangenomen dat hogere temperaturen en CO₂-concentraties twee effecten ressorteren: een versnelling van het fotosyntheseproses (waardoor meer CO₂ uit de lucht gehaald kan worden ter omvorming tot organische koolstof) én een versnelling van de gasstofwisseling (waardoor koolstof terug omgezet wordt tot CO₂). Daarbij ging men ervan uit dat er ergens een drempelwaarde is boven dewelke de efficiëntie van het fotosyntheseproses verzadigd geraakt terwijl de (bodem)gasstofwisseling gewoon blijft toenemen. Enkele jaren geleden schatten Cox *et al.*¹² dat in een *business as usual*-emissiescenario (IS92A, IPCC-SAR) de aardse biosfeer (vegetatie + bodems) vanaf 2050 een netto bron van CO₂-uitstoot zou worden, met een versnelde globale opwarming tot gevolg. Dit neemt niet weg dat er nog veel wetenschappelijke onzekerheid blijft bestaan over deze evoluties.

Op dit moment fungeren de grote vegetatiegebieden in de gematigde klimaatzones als aanzienlijke koolstof-

magazijnen. Zonder deze *sinks* zou de atmosferische CO₂-concentratie nog veel hoger zijn dan wat ze nu is. Anderzijds weet men dat vooral in de tropische gebieden (ontbossing, bosbranden *etc.*) én in de koudere luchtstreken (ontdooien permafrost) het gevaar op extra vrijgave van CO₂ (en/of methaan) groot is. In die zin is de vraag hoe de bossen zullen reageren op hogere temperaturen en CO₂-concentraties van enorm gewichtig belang. Zullen zij blijven dienst doen als *sinks* en daardoor ergere klimaatwijziging dempen? Tot nu toe heeft men vooral via veldproeven proberen na te gaan hoe vegetatie (en/of koolstofhoudende bodems) reageren op kunstmatig hoge CO₂-concentraties.¹³ Daarbij moet men zich echter de vraag stellen in hoeverre die resultaten van toepassing zijn op de echte wereld.

De hittegolf van 2003: *too hot to handle*

Interessanter wordt het wanneer men grootschalige 'natuurlijke experimenten' kan bestuderen. De verzengende hittegolf die Europa in 2003 langdurig teisterde, vormt een uitermate geschikt voorbeeld om de validiteit van de wetenschappelijke kennis terzake te onderzoeken. Gedurende deze periode was de gemiddelde temperatuur 6°C hoger dan het gemiddelde op basis van directe metingen sinds 1851, terwijl de hoeveelheid regen met 50% terugviel. Een groep klimaatwetenschappers¹⁴ ging op zoek naar de manier waarop Europa's ecosystemen reageerden op dit extreme, 'plotse' voorval. Hun metingen toonden vreemd genoeg aan dat de hittegolf zowel de fotosynthese als de gasstofwisseling terugdrong. Dit gebeurde evenwel niet in gelijke mate: de fotosynthese vertraagde verhou-



dingsgewijs meer dan de gasstofwisseling waardoor er, netto gezien en voor Europa in zijn totaliteit, zo'n $0,5 * 10^{15}$ g koolstof vrijkwam.¹⁵ Uit deze studies kunnen we afleiden dat extreme voorvallen rampzalige gevolgen hebben voor ecosystemen die niet aangepast zijn om aan deze gebeurtenissen het hoofd te bieden (of over onvoldoende veerkracht beschikken). In een begeleidend artikel in *Nature* beschrijft Dennis Baldocchi¹⁶ het verschil tussen de reactie op graduele wijzigingen en acute voorvallen. Indien een gemiddelde temperatuurstijging op een langzame manier optreedt (verspreid over decennia), dan is de kans groot dat de vegetatie zich tot op zekere hoogte kan aanpassen aan de wijzigende omstandigheden. In het geval van hogere temperaturen kan bijvoorbeeld het fotosynthesep proces vroeger op het jaar van start gaan, waardoor er op jaarbasis extra CO₂ opgenomen kan worden. Dit compenseert dan de nadelige gevolgen. Wanneer echter de wijziging abrupt optreedt (zoals in het geval van een plotse toename in de frequentie aan hittegolven), dan is het effect zonder meer negatief omdat het ecosysteem nog niet is aangepast.

Een gelijkaardige verrassing viel ook Pat Bellamy *et al.*¹⁷ te beurt bij hun studie naar het opslagpotentieel van koolstof in de bodems in Engeland en Wales. Daar waar zij aanvankelijk verwachtten dat de organische koolstof die opgeslagen is in de bodems een vrij stabiel koolstofmagazijn zou vormen, kwamen zij tot de conclusie dat er gedurende de voorbije 25 jaar een massaal verlies aan koolstof is opgetreden. In *Nature* schatten zij dit op een jaarlijkse stroom van $13 * 10^{12}$ g koolstof van de bodem (grotendeels) naar de atmosfeer als CO₂. De auteurs suggereren een verband met de globale

opwarming. De grootte van dit verlies komt overeen met 8% van de CO₂-uitstoot van het Verenigd Koninkrijk in 1990, het referentiejaar voor het Kyoto-Protocol. Dit plaats meteen de vooruitgang die men via technologie heeft gemaakt (jaarlijkse reductie in CO₂-uitstoot van $12,7 * 10^{12}$ g C tussen 1990 en 2002) in een ander perspectief, zoals ook Schulze en Freibauer¹⁸ in *Nature* aangeven.

Greens can be good for you

Er blijft dus nog veel werk aan de winkel. Radicale trendbreuken op het vlak van een andere visie op (sociale én ecologische) economie¹⁹ en (milieuvriendelijke) technologie dringen zich op. Om met een positieve noot te eindigen, wil ik in dit kader nog even de aandacht vestigen op een merkwaardig editoriaal dat in het *Nature*-nummer van 25 augustus 2005 verscheen en dat de groene jongens en meisjes misschien enige hoop kan bieden in deze soms wat troosteloze tijden. Het artikel werd geschreven naar aanleiding van de Duitse verkiezingen. Vanuit onverdachte hoek – namelijk hét wetenschappelijke vakblad – steekt men de Groenen een pluim op de hoed inzake hun specifieke rol op het vlak van technologie en wetenschap. Ik citeer:

“By and large, and with some notable exceptions, the Greens have helped sustain and develop Germany's science base. Public science budgets have increased during the past seven years, which they hadn't under the previous government. In areas where the Green's core interests reside, research opportunities have flourished. Encompassing such essential disciplines as alternative and renewable energies, clean environment technologies, biodiversity, coastal protection and marine sciences, this

is welcome progress. (...) The German experiment has shown that, such myopias aside [men verwijst o.a. naar het verzet tegen kernenergie en GGO's], the Green party has been open-minded, versatile and science friendly than most had believed it capable of. A right-liberal government (or a grand coalition) has yet to prove that it can do better for science and for society's resources".²⁰

[Noten]

- ¹ Zie bijvoorbeeld Jones, P.T., Jacobs, R., 'Pleidooi tegen onredelijk milieuoptimisme', *Oikos*, (29), 2004, 15-33.
- ² Paredis, E., *et al.*, 'Elaboration of the concept of ecological debt', VLIR-BVO project 2003, Gent, 2004.
- ³ Marshall, J., 'Megacity, mega mess...', *Nature*, 437, 2005, 312-314.
- ⁴ Jones, P.T., 'Terra Incognita (3): Hoe is het gesteld met onze planeet?', *Oikos*, (34), 2005, 37-50.
- ⁵ Richter, A., *et al.*, 'Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space', *Nature*, 437, 2005, 129-132.
- ⁶ Travis, J., 'Scientists' Fears Come True as Hurricane Floods New Orleans', *Science*, 309, 2005, 1656-1659.
- ⁷ Kerr, R., 'Is Katrina a Harbinger of Still More Powerful Hurricanes', *Science*, 309, 2005, 1807.
- ⁸ Webster, P.J., *et al.*, 'Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment', *Science*, 309, 2005, 1844-1846.
- ⁹ Emanuel, K., 'Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years', *Nature*, 436, 2005, 686-688.
- ¹⁰ Schiermeier, Q., 'Hurricane link to climate change is hazy', *Nature*, 437, 2005, 461.
- ¹¹ Orr, J.C., *et al.*, 'Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms', *Nature*, 437, 2005, 681-686.
- ¹² Cox, P.M., *et al.*, 'Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model', *Nature*, 408, 2000, 184-187.
- ¹³ Zie bijvoorbeeld Körner, C., *et al.*, 'Carbon Flux and Growth in Mature Deciduous Forest Trees Exposed to Elevated CO₂', *Science*, 309, 2005, 1360-1362; Heath, J., *et al.*, 'Rising Atmospheric CO₂ Reduces Sequestration of Root-Derived Soil Carbon', *Science*, 309, 2005, 1711-1713.
- ¹⁴ Ciais, Ph., *et al.*, 'Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003', *Nature*, 437, 2005, 529-533.
- ¹⁵ Dit komt overeen met een daling van 30% van de bruto Primaire Productiviteit in Europa.
- ¹⁶ Baldocchi, D., 'The carbon cycle under stress', *Nature*, 437, 2005, 483-484.
- ¹⁷ Bellamy, P.H., *et al.*, 'Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003', *Nature*, 437, 2005, 245-248.
- ¹⁸ Schulze, E.D., Freibauer, A., 'Carbon unlocked from soils', *Nature*, 437, 2005, 205-206.
- ¹⁹ Zie ook mijn artikels samen met Roger Jacobs in het *Vlaams Marxistisch Tijdschrift* hierover. ('Pleidooi voor een ecologische economie (Deel I)', *VMT*, 39 (2), 2005, 71-81 en (Deel II), *VMT*, 39 (3), 2005, 63-73)
- ²⁰ 'Greens can be good for you', *Nature*, 436, 2005, 1065.

[Erratum]

In 'Terra Incognita (3)' is er een fout opgetreden in Fig. 2a (*Oikos* 34, p.42). De scenario's B1 en B2 (rechts onderaan) werden daar verkeerdelijk omgewisseld.

[Bio]

Peter Tom Jones is Burgerlijk Ingenieur Milieukunde en Doctor in de Materiaalkunde. Hij is post-doctoraal onderzoeker aan de KULeuven, coauteur van *Ya Basta!* (2002) en coredacteur van *Esperanza! Praktische theorie voor sociale bewegingen* (2003). Hij werkt met Roger Jacobs aan een boek over de sociaalecologische crisis. Cf. www.yabasta.be.