

KLIMAATVERANDERING, HET GROTE PLAATJE MET *HET ECHTE VERHAAL*

In de plannen voor een duurzame toekomst speelt klimaatbeleid een dominante rol. We hebben daarvoor in het nieuwe kabinet zelfs een klimaatminister. Maar wat bedoelt men in het 'groenste kabinet ooit' nu eigenlijk met klimaatbeleid? Uit het regeerakkoord blijkt dat het gaat over een groene ambitie waarin verspilling van grondstoffen (inefficiënt gebruik), vervuiling van het natuurlijke milieu (dumping van afval, emissie van schadelijke stoffen) en verandering van het aardse klimaat (emissie van broeikasgassen) aan elkaar zijn geknoopt. Zo krijgen in het Akkoord drie totaal verschillende thema's het klimaatetiket opgeplakt. Het gevolg is dat we in de komende regeerperiode opgescheept zitten met een uitermate verwarrende klimaatprobleemstelling. Eén van de gênante gevolgen is dat andersdenkenden ('klimaatcritici') beschuldigd worden vóór verspilling en vóór vervuiling te zijn. In de VS wordt door klimaatalarmisten al geroepen



dat andersdenkenden voor de rechter moeten worden gesleept (keren we terug naar de duistere tijden van Galilei?). Maar ook dreigen we in ons land vele miljarden belastinggeld te gaan uitgeven aan talloze dubieuze projecten. Dat is het meest zichtbaar in de energiepolitiek, waar de verhouding tussen kosten en baten volledig uit de hand dreigt te lopen. Voor de klimaatminister zijn nu drie zaken van vitaal belang: (1) maak in het beleid een helder onderscheid

tussen de thema's grondstoffenverspilling, milieuvervuiling en klimaatverandering; (2) zorg dat de aanpak van klimaatverandering veel innovatiever wordt door nieuwe – vooral ook kritische – spelers te laten meedoen; (3) neem sociaaleconomische aspecten mee in de kosten-batenanalyse van klimaatmaatregelen. Immers, welvaart en welzijn ('brede welvaart') zijn een essentieel onderdeel van duurzaamheid.

Tekst: *prof. dr. ir. Guus Berkhout*

Emeritus hoogleraar in de geowetenschappen en directeur van het Centre for Global Socio-Economic Change (CFGSEC)

We zijn wereldwijd ambitieus bezig met het rentmeesterschap over onze planeet. De plannen gaan niet alleen over goede zorg voor onze natuurlijke hulpbronnen en onze natuurlijke omgeving, maar óók over zorgvuldig beheer van het aardse klimaat. Vooral die laatste 'verantwoordelijkheid' krijgt veel aandacht. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat klimaatverandering veroorzaakt wordt door de mens en

daarom ook opgelost moet worden door de mens. Het aardse klimaat wordt dus gezien als maakbaar. Maar is dat wel zo?

De contouren van het toekomstige klimaatbeleid zijn recentelijk geformaliseerd in het Verdrag van Parijs (referentie 1). "The science is settled" zo werd daar euforisch vastgesteld en, gebaseerd op theoretische modeluitkomsten, werden vergaande besluiten genomen om de stijging van de gemiddelde aardse temperatuur beneden

de twee graden Celsius te houden. Die uitzonderlijke afspraken zullen ongekend grote gevolgen hebben voor de wereldeconomie. De armste landen in de wereld – en de laagst betaalden in ons land – zullen voor de historisch hoge kosten gaan opdraaien (referentie 2). Het is daarom opmerkelijk dat tot nu toe economen nauwelijks zichtbaar zijn in de klimaatdiscussie. Dat geldt ook voor ons land, terwijl de kabinetsformatie toch al die maanden grotendeels ging over koopkrachtplaatjes en houdbare welvaart. >>

'HET AARDSE
KLIMAAT WORDT
GEZIEN ALS
MAAKBAAR, IS DAT
WEL ZO?'



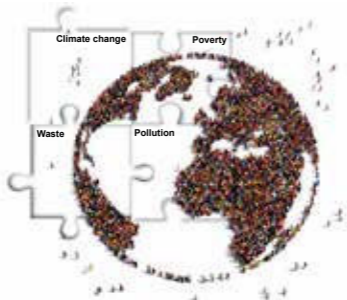
WE HEBBEN ONS IN PARIJS HET GOEDE GEVOEL AANGEPRAAT DAT HET AARDSE KLIMAAT MAAKBAAR IS. MAAR IS DAT GOEDE GEVOEL NIET HET DIRECTE GEVOLG VAN AANNAMES DIE WE ZÉLF HEBBEN BEDACHT EN ZEKERHEDEN DIE WE ZÉLF HEBBEN INGEVOERD?

Heel anders is dat bij het bedrijfsleven. CEO's van de grote internationale bedrijven laten zich veelvuldig horen en proberen zich te profileren met hun duurzaamheidsambities. Maar let wel, vele 'klimaatprojecten' in het bedrijfsleven worden aangejaagd door overheidssubsidies en niet door de apocalyptische boodschap van Parijs. Ook Nederlandse pensioenfondsen zijn welwillend om in het vaderlandse klimaatbeleid te investeren, maar zij stellen wél dat er zicht moet zijn op behoorlijke rendementen.

VERSPILLING EN VERVUILING ZIJN ANTROPOGEEN

De zorgen over grondstoffen en milieu zijn terecht groot. Met name de voortgaande bevolkingsexplosie gaat in de komende decennia voor een ongekend grote uitdaging zorgen. Zo zal Afrika bij 'business as usual' in 2100 ongeveer 4 miljard zielen kennen, tegenover 200 miljoen in 1950. Door de alsmaar groeiende mensenmassa zal het steeds moeilijker worden om op een verantwoorde manier aan de wereldwijde vraag naar basisbehoeften als energie, water, voedsel en huis-

vesting te voldoen. Om dat tóch voor elkaar te krijgen, bedreigen we onze planeet met uitputting en lopen we risico onze ecologische kringlopen onomkeerbaar te beschadigen.



Het aardoppervlak bestaat voor 2/3 uit water (hydrosfeer) en voor 1/3 uit continenten ('geosfeer'). Daarmee is de aarde een unieke planeet in ons zonnestelsel. De mens deelt de continenten met de natuur, maar eist een steeds groter deel voor zichzelf op. Dat kan niet zo doorgaan.

Duurzaamheid vraagt bovenal om het stellen van grenzen aan bevolkings-

groei, maar dat is tot nu toe een moeilijk bespreekbaar onderwerp.

Ook in Nederland zien we een toenemende druk op de kwaliteit van onze natuurlijke leefomgeving. Kent u de mega hit nog uit het spotje van de Postbank uit 1996: '15 miljoen mensen, op dat hele kleine stukje aarde'? We zien dat er op dit hele kleine stukje vaderlandse aarde nu al meer dan 17 miljoen mensen wonen, dat de wegen aan het dichtslippen zijn, dat de treinen overvol zitten, dat de woningnood toeneemt, dat onze economie het grote aanbod van laaggeschoolden niet meer kan absorberen, dat onze nog aanwezige natuurgebieden onder grote druk staan, enz.

Is de oplossing nog meer asfalt, steeds maar meer bijbouwen, nog meer opeengepakt zitten in volle bussen en treinen, nog meer natuurgebieden opofferen? Is dat wat we in de toekomst van Nederland willen maken?

Ruimhartig vaderlands immigratiebeleid lijkt zo lankmoedig, maar er wordt

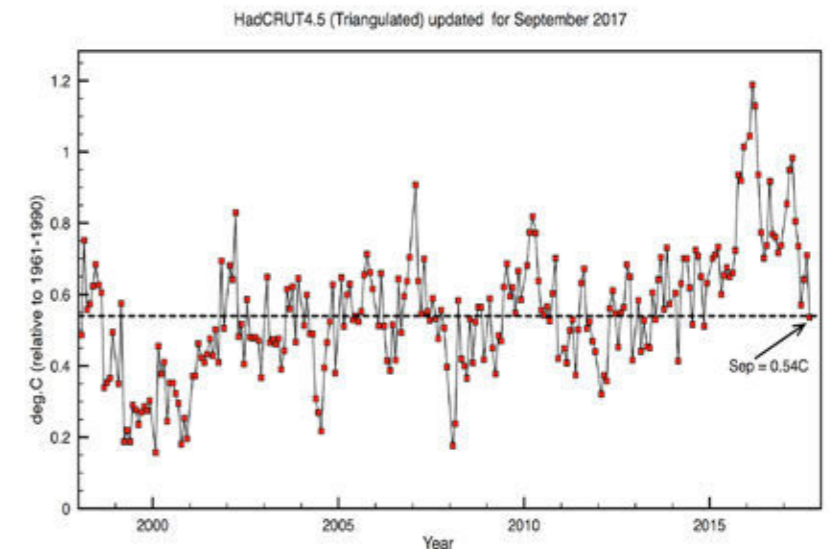
in Afrika helemaal niets mee bereikt en we halen in Nederland het cement uit de samenleving. Het nieuwe kabinet zou zich moeten laten inspireren door het fascinerende boek 'Exodus' van Oxford econoom Paul Collier (referentie 3).

Nederland krijgt in 2021 de Omgevingswet. Met deze wet worden bouw, milieu en natuur beter op elkaar afgestemd. Technologie is het eenvoudigste onderdeel van de oplossing (aanbodkant). Daar wordt dan ook veel vooruitgang geboekt. Het lastigste stuk ligt bij de mens zelf (vraagkant). Zo beginnen we te begrijpen dat de bevolkingsgroei niet zo kan doorgaan, dat de consumptie van milieubelastende producten zal moeten verminderen en dat verspilling van grondstoffen – met veel aandacht voor energie – zal moeten verdwijnen. Ook beginnen we nu te begrijpen dat overheden en bedrijven anders moeten gaan samenwerken om de economie van lineair naar circulair te transformeren. Bij die transformatie moet de overheid het bedrijfsleven geen oplossingen voorschrijven, maar moet zij aangeven waar die oplossingen aan moeten voldoen!

Politici ter linkerzijde van het politieke spectrum hebben altijd heilig geloofd in een maakbare samenleving. Maar top-down socialistische planeconomieën hebben altijd gefaald. Nu hebben deze politieke groeperingen een nieuw maakbaarheidsideaal gevonden: klimaatverandering. Wie zich erin verdiept ziet dat het aardse klimaat nog ingewikkelder is dan de menselijke samenleving. Het aan de knoppen willen draaien van het aardse klimaat riekt naar een ongekende zelfoverschatting van de mens.

IS KLIMAATVERANDERING OOK ANTROPOGEEN?

Maar wat voor de natuurlijke omgeving glashelder is, is voor het aardse klimaat nog volstrekt onduidelijk. De huidige klimaatmodellen gaan er vanuit dat de menselijke uitstoot van CO₂ – een gevolg van de indus-



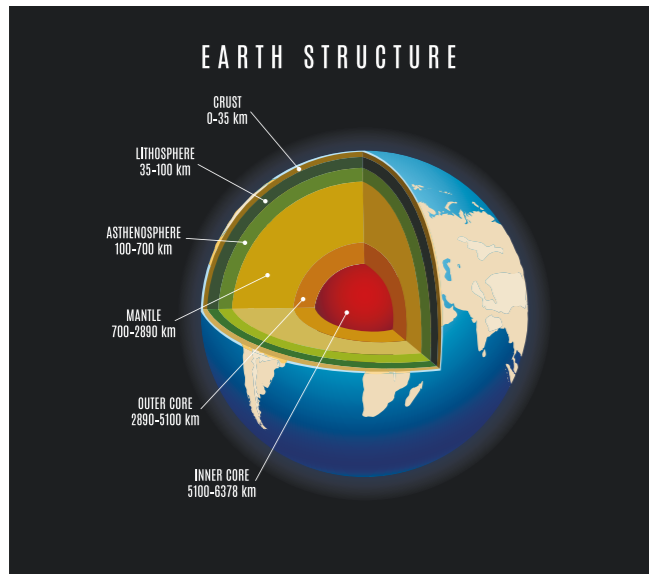
Temperatuurmetingen over de laatste 20 jaar gepubliceerd door HadCRUT. Het gemiddelde is vrij constant met een tijdelijke lage afwijking rond 2000 (La Niña?) en een tijdelijke hoge afwijking rond 2016 (El Niño?). Anderzijds, antropogene CO₂ modellen voorspellen geen afvlakking, maar laten juist een alarmerende temperatuurstijging zien.

triële revolutie – zorgt voor klimaatverandering. Die verandering wordt uitgedrukt in verhoging van de gemiddelde temperatuur op aarde. Maar feiten laten steeds beter zien dat de rekenresultaten van de theoretische klimaatmodellen niet kloppen met wat we in werkelijkheid zien. Modelvoorspellingen zijn stelselmatig niet in overeenstemming met wat er gemeten wordt. Nog belangrijker, klimaatveranderingen bestonden al voordat de mens er was. Dat betekent zeker niet dat CO₂ geen rol speelt, maar er lijkt wel veel meer aan de hand te zijn dan het antropogene CO₂-model ons vertelt.

We zitten anno 2017 dus met twee onopgeloste problemen: (1) in het verleden was er geen antropogene CO₂, maar er kwamen wel regelmatig grote klimaatveranderingen voor en (2) modelvoorspellingen geven resultaten die duidelijk een ander beeld geven dan wat er werkelijk gemeten wordt. Let wel, dat de voorspellingen niet kloppen is geen schande. Het aardse klimaat is immers ongelooflijk ingewikkeld. Die ingewikkeldheid wordt schematisch toegelicht aan de hand van het holistische 'Cyclisch Klimaat Model' dat vier verschillende wetenschapsgebieden ('de grote vier') in een totaalplaatje bij elkaar brengt (CK4 model). In het model

speelt feedback een sleutelrol. Beginnend bij de bovenkant, het zonnestelsel levert door instraling een gigantische hoeveelheid energie aan de aarde: elke seconde ontvangen we zo'n 162.000 TJ (terajoule). Een belangrijk deel van die indrukwekkende energiestroom wordt door de aardse atmosfeer gereflecteerd, opgeslagen en ook weer vrijgegeven. Het geheel is een uitermate complex cyclisch proces dat tegelijkertijd plaats vindt in de waterdampkringloop (H₂O) en in de koolzuurgaskringloop (CO₂) van onze atmosfeer ('dampkring'). Dat zien we weergegeven aan de linker- en rechterzijde van het model. Merk op dat ten opzichte van de zon de maan zich in een gelijke positie bevindt als de aarde, maar dat de maan geen dampkring kent. We weten dat daar de gemiddelde temperatuurvariaties liggen tussen de -170C en +110C. Echter, door de aanwezigheid van onze dampkring liggen die temperatuurvariaties op aarde tussen de -40C en +40C. Dat reflecteren, opslaan en vrijgeven van ingestraalde zonne-energie door de beide kringlopen functioneert als een natuurlijke thermostaat. H₂O en CO₂ zijn dus geen broeikasgassen, maar het zijn thermostaatgassen! Beide zijn cruciaal voor het leven op aarde. Dat laatste geldt vooral voor de H₂O-kringloop. De aarde bestaat immers voor

twee derde uit water ('hydrosfeer') en slechts een derde uit continenten ('geosfeer'). Daar komt bovenop dat H₂O in de natuur ook nog eens in drie fasen voorkomt (gas, vloeistof en vast). Door dat alles is de thermostaatwerking van de H₂O-kringloop vele malen groter dan de CO₂-kringloop (denk bijvoorbeeld aan de invloed van het wolkendek of van een ijslaag op temperatuur en vochtigheid).



Maar er is nog iets belangrijks. H₂O en CO₂ zijn ook onmisbaar voor een bloeiende biosfeer. Beide kringlopen zorgen ervoor dat de aarde groen is en blijft. Te kort aan H₂O en CO₂ leidt tot een minder groene aarde, wat leidt tot een verstoring van de beide kringlopen. Zo is ontbossing een ramp (denk aan de rampzalige houtstookhype). Daarom is het moeilijk te begrijpen dat het 'groene' klimaatbeleid steeds meer verworden is tot een kruistocht tegen CO₂. Immers, CO₂ is de 'zuurstof' voor bomen en planten.

Ten slotte – we zijn nu beland aan de onderkant van het CK4 model – binnen in de aarde (de plastische 'asthenosfeer') heersen temperaturen van vele duizenden graden Celsius die materie- en warmtestromen veroorzaken naar het oppervlak. Bovendien, de stromende vloeibare gesteenten aldaar hebben een dusdanig grote kracht dat ze hele continenten meeslepen ('continental drift'). Daardoor ontstaan niet alleen aardbevingen, maar verandert ook langzaam het land-water beeld op onze planeet. Anderzijds, dicht bij het aardoppervlak (de stijve 'lithosfeer') bevindt zich een rijke schakering aan gesteentelagen die functioneren als het archief van de aardse geschiedenis. Aardwetenschappers kunnen daaruit aflezen wat in het (verre) verleden met de aarde is gebeurd, met name wat betreft het klimaat.

Samenvattend, bij klimaatverandering zijn meerdere fundamentele fenomenen in het spel – we laten in het CK4 model de 'grote vier' zien – maar in de klimaatdiscussie vinden we dat niet terug. Onderlinge interacties en onderlinge grootteorden vinden we al helemaal niet terug. We discussiëren verwoed over details, maar de grote lij-

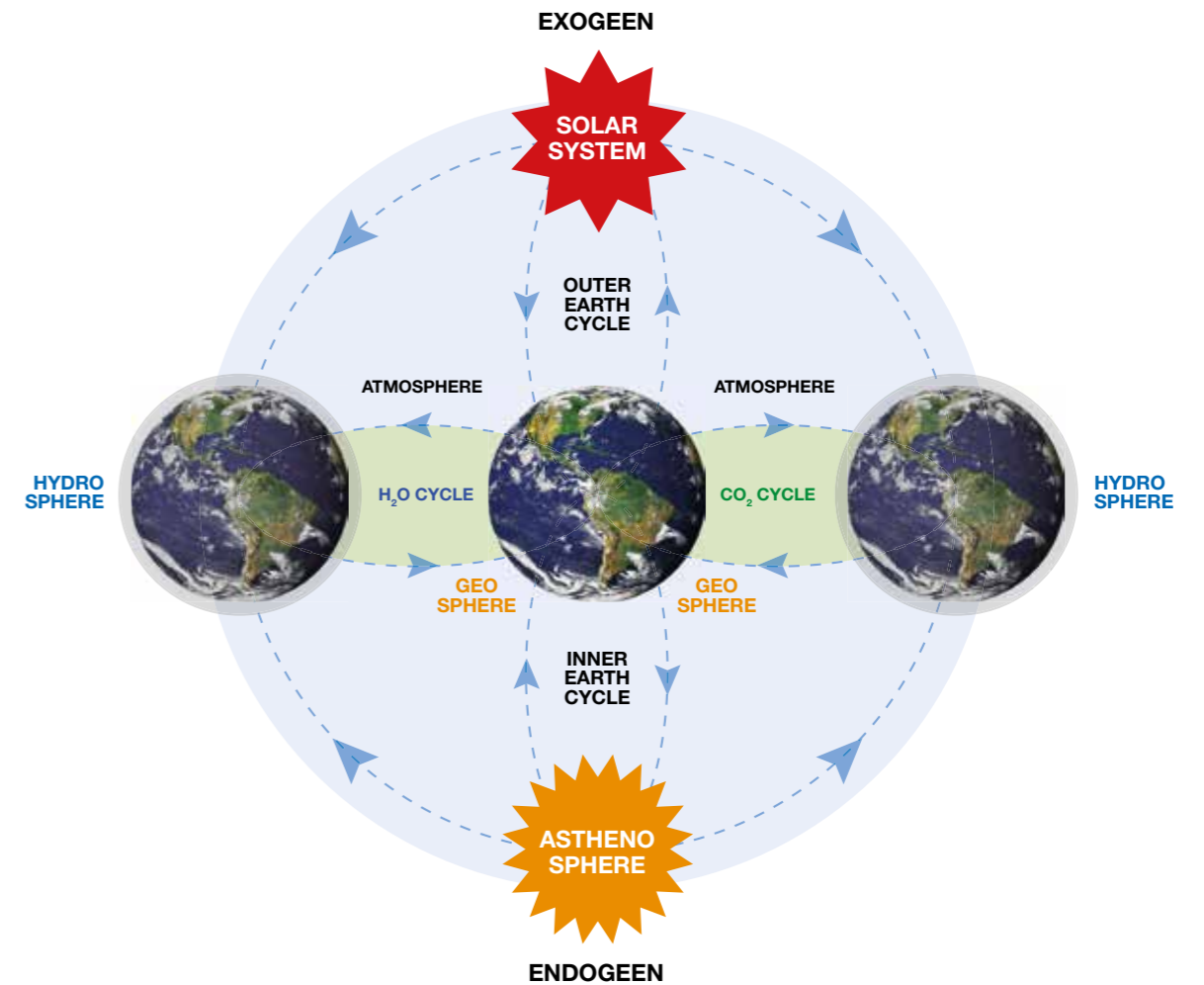
nen zijn daarbij uit het zicht geraakt. Er moet dus niet alleen nog heel veel onderzoek plaatsvinden, het moet ook heel anders worden aangepakt: "The science is not settled at all. Het holistische CK4 model maakt duidelijk dat het antropogene CO₂-model door een sleutelgat naar het klimaat kijkt en veel te nauw van opzet is om geloofwaardige uitspraken te kunnen doen over de toekomst van het aardse klimaat. De werkelijkheid is veel omvattender. Klimaatwetenschappers moeten deuren en ramen breed open gooien.

Klimaatmodellen moeten in de eerste plaats het verleden goed kunnen verklaren. Eerst nadat we het verleden kennen en begrijpen, kunnen we het heden in de juiste context bestuderen en pas dan is het verantwoord om iets zinvols over de toekomst te gaan zeggen. Gezien de ongelooflijke complexiteit van het aardse klimaat, staan we nog maar aan het begin van de ontwikkeling van voorspellende klimaatmodellen. Willen we hierin sneller voortgang boeken, moet in ieder geval de aanpak aanzienlijk verbreed worden. Nieuwe spelers in het klimaatonderzoek zijn hard nodig. Dat is geen verrassing: in wetenschappelijke kringen begint men in toenemende mate de noodzaak in te zien dat bij complexe vraagstukken de hoge hekken tussen wetenschapsgebieden moeten worden afgebroken.

Onze internationale luchthaven Schiphol kent door de sterke groei een groot milieuprobleem, met name op het gebied van geluid. Schiphol is een schoolvoorbeeld om te laten zien hoe het helemaal mis kan gaan als je bij een uitermate complex probleem beleid louter gaat baseren op theoretische rekenmodellen. Net als nu gebeurt in het klimaatbeleid, werd toen door beleidsmakers meer waarde gehecht aan modeluitkomsten dan aan meetresultaten. Wij hebben als Schipholcommissie het toenmalige kabinet Kok II nadrukkelijk geadviseerd te investeren in een hoogkwalitatief meetnetwerk om te achterhalen wat er werkelijk aan lawaai wordt gemaakt om vervolgens daarop het beleid te baseren. Dat is niet gebeurd; men prefereerde het om aan de knoppen van het model te blijven draaien. We hebben na 15 jaar nog steeds geen inzicht in wat er nu werkelijk aan lawaai wordt geproduceerd rondom Schiphol. Dat drama is zich nu aan het herhalen rondom Lelystad.

BIJDRAGE VAN AARDWETENSCHAPPERS

Aardwetenschappers gaan een sleutelrol spelen in de data-gedreven onthullingen van het aardse klimaatmysterie. Zij laten overtuigend zien dat klimaatverandering al bestond voordat de mens er was. Aardwetenschappers zijn 'geologische detectives' die het verleden reconstrueren aan de hand van het rijke geologische archief van onze planeet (referentie 4). Dat verleden – een afwisseling van grote en kleine ijstijden met grote en kleine warmte perioden – zit verborgen in de geologische lagen van de lithosfeer en wordt op een indrukwekkende manier door aardwetenschappers in kaart gebracht, met heldere inzichten over oorzaak en gevolg. De aardwetenschappers vertellen ons ook dat er geen enkele aanwijzing is dat de grote natuurkrachten, die al miljoenen jaren verantwoordelijk zijn geweest



Het holistische CK4 model laat zien dat het klimaat op aarde wordt bepaald door een complexe interactie tussen vier cyclische fenomenen ('big picture') :

1. **instraling van zonne-energie**
2. **hoeveelheid water (H₂O) in de atmosfeer**
3. **hoeveelheid koolstofdioxide (CO₂) in de atmosfeer**
4. **dynamiek in de aardkorst**

Hiermee worden vier wetenschapsgebieden bij elkaar gebracht.

voor dramatische klimaatveranderingen op aarde, vanaf de industriële revolutie niet meer actief zouden zijn (referentie 5).

Belangwekkend is ook dat aardwetenschappers het geologisch archief gebruiken om de zeespiegel in het verleden te reconstrueren. Bij het ontstaan van elke ijstijd zien we een indrukwekkende daling van de zeespiegel (meer dan 100 m), die daarna weer werd gevolgd door een zeespiegelstijging van dezelfde grootteorde in de daarop volgende warmteperiode. We zien uit het archief opeenvolgende cycli van deze op- en neerwaartse bewegingen. De zeespiegelstijging is nu heel stabiel. We meten al millennia lang een minieme verhoging van ongeveer 18cm per eeuw. Let wel, in vele delta's is de 'man-made' bodemdaling vele malen groter (Jakarta daalt met 20 cm per jaar).

Zoals we bij de beschrijving van 'de grote vier' al zagen, aardwetenschappers kijken ook onder de lithosfeer (de asthenosfeer). Daar worden ontzagwekkende krachten ontwikkeld die hele continenten kunnen verplaatsen. Als mens word je daar heel bescheiden van. Door die oerkrachten ontstaan ook aardbevingen en onderzeese vulkanische uitbarstingen. Zijn deze krachten ook (mede)oorzaak van regelmatig terugkerende fenomenen als La Niña en El Niño?

BIJDRAGE VAN ASTRONOMEN

De zon heeft een dramatische invloed op de aarde. Dat ervaart iedereen, elke dag weer, in het dagelijkse leven:

1. De aarde is een planeet die draait om zijn as, hetgeen resulteert in het dag en nacht ritme. De verschillen in instraling van zonne-energie zorgen ervoor dat dag- en nachttemperaturen al snel 10 graden of, bij een onbewolkte hemel, zelfs meer kunnen variëren. Denk bijvoorbeeld aan het woestijnklimaat.
2. De aarde draait om de zon en de aardas staat scheef ('tilt') op zijn omloopbaan, hetgeen resulteert in de seizoenen. De verschillen in instraling van zonne-energie zorgen er nu voor dat zomer- en wintertemperaturen variaties kunnen laten zien van vele tientallen graden. Dat gebeurt elk jaar weer.



TRANS FORMATIE

'HET IS DE GROOTSTE WETENSCHAPPELIJKE, SOCIAALECONOMISCHE EN BESTUURLIJKE UITDAGING WAAR DE MENS OOI T VOOR HEEFT GESTAAN'



3. De omloopbaan van de aarde heeft de vorm van een ellips. Maar de vorm van die ellips varieert in de tijd. Dat gebeurt in cycli van 100.000 jaar (Milankovic cycli). Omdat de invloed van de zonne-instraling op de aarde zo ingrijpend is, is het geen verrassing dat die kleine baanveranderingen een grote invloed hebben op de aardse temperaturen. Het geologisch archief laat glashelder zien dat de grote ijstijden ('glacialen') en de grote warmteperiodes ('interglacialen') op aarde precies overeenkomen met de Milankovic cycli (zie referenties 6 en 7). Wat in de astronomie werd voorspeld, wordt nu door aardwetenschappers bevestigd. Een prachtige illustratie hoe totaal verschillende wetenschapsgebieden elkaar kunnen versterken. In de afgelopen miljoen jaar zijn tien Milankovic cycli in het geologische archief gevonden. Extreme koude- en warmteperiodes zijn dus niet zo maar een eenmalige gebeurtenis, ze blijven zich met grote regelmaat herhalen. Er is geen enkele aanwijzing dat dit zich niet in de toekomst zal voortzetten.

Maar de werkelijkheid is nog spectaculairder. Omdat ook de scheefheid van de aardas varieert ('tilt dynamiek') en de aardas ook nog eens als een tol beweegt ('precessie'), voorspelde Melankovic ook nog twee kleinere warmte-koude cycli met een periode van 43.000 en 21.000 jaar. Ook die zijn duidelijk terug te vinden in het geologisch archief. Met behulp van geavanceerde data-analyse ('spectraalanalyse') kunnen we ook nog eens grootteorden uit die archiefdata bepalen. De grootste bijdrage aan de aardse klimaatverandering wordt veroorzaakt door de baanvariatie (cycli van 100.000 jaar), daarna volgen de variaties in de tilt van de aardas (cycli van 43.000 jaar) en de tolbeweging van de aardas (cycli van 21.000 jaar). Variaties in de CO₂-kringloop ten gevolge van antropogene CO₂ zitten waarschijnlijk ergens in de gemeten 'ruis'. Daar zouden CO₂-onderzoekers zich op moeten gaan richten.

BIJDRAGE VAN ECONOMEN

Economen weten dat je bij grote onzekerheden moet gaan werken met scenario's en vervolgens binnen elk scenario met één of meer modellen. Die modellen moeten dan stuk voor stuk wetenschappe-

lijk kritisch worden getoetst ('model falsification'). Zo worden stap voor stap op 'Popperiaanse wijze' valse opties geëlimineerd. Nu werkt de klimaatwereld met slechts één scenario (de mens is de veroorzaker van klimaatverandering) en één model (antropogene CO₂ zorgt voor wereldwijde opwarming). In feite stellen klimatologen dus dat hun scenariozekerheid 100 procent is. En ze stellen ook nog eens dat hun modelzekerheid 100 procent is. Zo'n stellingname is onhoudbaar.

Economen zijn ook nodig omdat ze ingewikkelde kostenbaten analyses kunnen maken die onmisbaar zijn in het stellen van prioriteiten en het welvaartsvast maken van de duurzaamheidstransitie. Nederlandse huishoudens staan opnieuw voor hogere lasten in de toekomst, denk hierbij aan de oplopende kosten in de sectoren energie, zorg en veiligheid. Als hier ook nog eens aanzienlijke kosten bijkomen om de vele miljarden aan slecht gefundeerde klimaatmaatregelen te financieren, zullen vooral de huishoudens met een laag besteedbaar inkomen de meeste pijn gaan lijden. Sociaaleconomisch is dat een slechte duurzaamheidspositie (referentie 8).

NIEUWE WEG INSLAAN

Goed inzicht in duurzaamheid vereist dat er een duidelijk verschil wordt gemaakt tussen fenomenen die worden veroorzaakt door de grote natuurkrachten en fenomenen die worden veroorzaakt door dominant menselijk handelen. De grote natuurkrachten vinden hun oorsprong ver boven ('outer earth') en ver onder ('inner earth') het aardse oppervlak. Veranderingen in die krachten zijn direct verantwoordelijk voor de grote klimaatcycli (grote en kleine ijstijden, grote en kleine warmteperiodes) die de aarde al miljoenen jaren kent. We moeten die cycli niet als een Don Quichotte bestrijden, maar we moeten er mee leren leven en er zelfs ons voordeel mee doen (denk aan de nieuwe Nederlandse aanpak van de strijd tegen water). Anderzijds, de mens is wél schuldig aan slecht rentmeesterschap van onze planeet: we verspillen de schaarse grondstoffen en we vervuilen het natuurlijke milieu. Daar kunnen en moeten we met z'n allen veel harder aan werken. Het moet de basis worden voor een nieuwe productie- en consumptiemaatschappij.

In het wereldwijde klimaatonderzoek moeten we een nieuwe

weg inslaan. Klimaatwetenschappers moeten uit hun ivoren toren stappen en bereid zijn te gaan samenwerken met andere wetenschapsgebieden. Opereren met samenwerkende groepen van kleine interdisciplinaire teams is het geheim van innovatie. In meer concrete termen, 'Climate analytics' moet een belangrijke rol gaan spelen in het versterken van de meetnetwerken en het analyseren van de metingen, dwars door wetenschapsgebieden heen (benutting van big data). Onderzoekteams moeten uitgebreid worden met aardwetenschappers, astronomen en economen. Aardwetenschappers laten zien wat er in al die miljoenen jaren met de aarde en met ons klimaat is gebeurd; astronomen leren ons welk aandeel het buitenaardse op die veranderingen heeft gehad in die miljoenen jaren. Zo ontstaat een breed en samenhangend verhaal over ons klimaatverleden. Vervolgens kan een overkoepelend team van klimaatwetenschappers, aardwetenschappers en astronomen hun kennis inzetten om gezamenlijk met een grotere zekerheid de oorzaken van al die aardse klimaatveranderingen vast te stellen. Pas dán is het verantwoord om de uitdaging aan te gaan het toekomstige gedrag van ons klimaatstelsel te voorspellen. Met al die kennis zijn we in staat welvaartsvast te investeren in de toekomst. Het is de grootste wetenschappelijke, sociaaleconomische en bestuurlijke uitdaging waar de mens ooit voor heeft gestaan.

De H₂O- en CO₂-kringlopen worden aangestuurd door zonne-energie. Ze zorgen beide voor een groene aarde. H₂O en CO₂ zijn geen broeikasgassen, maar het zijn thermostaatgassen. Zon-

MEER INFORMATIE

1. Klimaatconferentie van Parijs 2015: 174 landen spraken af de uitstoot van broeikasgassen aan banden te leggen met als doel om de klimaatopwarming beperkt te houden tot 2 graden Celsius ten opzichte van vóór de industriële revolutie ('Verdrag van Parijs'). Voor details zoek naar 'Paris Agreements'.
2. Rupert Darwall, 2017, World Bank's energy policy abandons the poor, Annual World Bank Meeting, Washington DC
3. Paul Collier, 2015, Exodus: How Migration is Changing Our World, Oxford University Press
4. Salomon Kroonenberg, 2006, De Menselijke Maat, Atlas Uitgeverij
5. Climate Change, 2017, Institute of Public Affairs, Melbourne
6. Hays, Imbrie and Shackleton, 1976, Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages. In: Science 194, 1121-1132.
7. Ruddiman, W.F., 2001, Earth's Climate: Past and Future, Freeman & Co, New York.
8. Guus Berkhout and Evgueni Poliakov, 2016, First World Prosperity Outlook, Center for Global Socio-Economic Change, The Hague.