

Aardgeschiedenis mogelijk sterk beïnvloed door gassen uit wereldruim

David Deming, verbonden aan de *School of Geology and Geophysics* van de Universiteit van Oklahoma (Norman), heeft een theorie gelanceerd waardoor een aantal ogenschijnlijk los van elkaar staande geologische gebeurtenissen mogelijk causaal met elkaar kunnen worden verbonden. Zijn hypothese is gebaseerd op waarnemingen en een aantal aanwijzingen, maar het lijkt voornamelijk zeer moeilijk om de juistheid ervan voldoende accuraat te toetsen.

De essentie van de hypothese is dat de aarde veel materiaal, in sterk fluctuerende hoeveelheden, in de vorm van gassen uit het wereldruim vangt. Volgens Deming is het aannemelijk dat de ingevangen hoeveelheid zo'n 10.000-100.000 keer groter is dan voorheen werd verondersteld, wat een jaarlijkse 'invang' van 10^{11} - 10^{12} kg zou betekenen. Die enorme hoeveelheid gasvormig materiaal zou vooral uit waterstof, zuurstof, koolstof en stikstof bestaan, en uiteindelijk afkomstig zijn van kometen of ander 'primitief' materiaal uit ons zonnestelsel, of mogelijk zelfs van daarbuiten. Een hoeveelheid gelijk aan al het op of nabij het aardoppervlak aanwezige water en aan alle koolstof zou op deze wijze in de loop van de aardgeschiedenis kunnen zijn aangevoerd. Een dergelijke grote invang van gassen zou gevolgen hebben voor het klimaat op aarde, maar de relatie is niet eenvoudig te kwantificeren. Omdat de invang van de gassen gepaard gaat met een temperatuurstijging en de ingevangen hoeveelheden sterk fluctueren, zou de invang een aantal vrij plotselinge impulsen voor temperatuurstijging impliceren. De absorptie op aarde van de aangevoerde processen, die juist een tegengesteld temperatuur-effect heeft, zou daarentegen juist met een betrekkelijk constante snelheid plaatsvinden. Dat zou kunnen verklaren waarom in de laatste honderden miljoenen jaren de temperatuur veelvuldig plotseling sterk is gestegen, terwijl temperatuurdalingen juist veel langzamer plaatsvonden. Het is volgens Deming op basis van variaties in de invang niet alleen goed mogelijk om wereldwijde temperatuurschommelingen te verklaren, maar ook fluctuaties in het zeeniveau. Die fluctuaties in het zeeniveau zouden dus mogelijk niet alleen samenhangen met de temperatuur op aarde en de daarmee samenhangende hoeveelheid water dat in de vorm van een landijskap aan de zee wordt onttrokken. Ook het optreden van ijstijden in het Pleistoceen en een aantal andere relatief korte perioden temidden van veel langer durende episodes in de aardgeschiedenis zonder ijstijden zou zo kunnen worden verklaard.

Zelfs de evolutie van het leven zou door fluctuaties in de invang van materiaal kunnen zijn beïnvloed, waarbij plotselinge verstoringen in de koolstof- en stikstofcyclus mede zouden kunnen hebben bijgedragen aan een aantal opvallende momenten van massaal uitsterven van vele soorten. In de visie van Deming zou het leven op aarde normaliter een nauwgezet evenwicht vertonen tussen enerzijds de kosmische processen die een steeds wisselende hoeveelheid leven-bevorderende stoffen aanvoeren en anderzijds de biologische en tektonische processen die diezelfde stoffen weer uit de atmosfeer verwijderen en 'opbergen' in de aardkorst en aardmantel. Wordt dat evenwicht verstoord door plotselinge veranderingen in de aanvoer van extraterrestrisch materiaal, dan zou dat onmiddellijk zijn weerslag op het ecosysteem hebben.

Deming, D., 1999. On the possible influence of extraterrestrial volatiles on Earth's climate and the origin of the oceans. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 146, p. 33-51.

A.J. van Loon

Temperatuur binnenin de aarde is hoger dan werd aangenomen

De aarde dankt zijn reliëf - en daarmee zijn continenten - aan de warmte die ontstaat bij het natuurlijk verval van radioactieve mineralen. Die zorgen ervoor dat er een continue warmtestroom vanuit het inwendige naar het aardoppervlak bestaat. De temperatuur aan het aardoppervlak is echter niet overal even hoog; noch is de warmtestroom overal gelijk. Dat komt door variaties in de gesteentensamenstelling, door verschillen in de diepte van de aardmantel, en door verschillen in vulkanische activiteit. Toch is de warmtestroom redelijk goed bekend (ca. 5,7 TW = 5700 miljoen kW).

Op basis van die warmtestroom is, uitgaand van hypothesen met betrekking tot de samenstelling van de aardkorst en de aardmantel, al lang geleden berekend welke temperaturen er in het binnenste der aarde moeten bestaan. Vanwege de vele onzekerheden liepen de resultaten van die berekeningen overigens nogal ver uiteen: voor de grens tussen aardmantel en aardkern liggen die voor de meeste berekening in de orde van 500-1000 Kelvin. Er waren overigens nog veel meer problemen: de totale warmte die het aardoppervlak per tijdseenheid passeert wordt door velen beschouwd als aanmerkelijk groter dan de warmteproductie die de aarde zou kunnen leveren.

Aan die onduidelijkheden ligt onder meer de aanname ten grondslag dat de warmtegeleidbaarheid van de ijzeren aardkern zo'n tienmaal hoger is ingeschat dan die van de uit silicaten bestaande aardmantel. Een Amerikaans onderzoekster, A.M. Hofmeister, heeft nu echter een model ontwikkeld waardoor de discrepanties verdwijnen. Daarbij kent zij aan de aardmantel andere eigenschappen toe dan tot nu toe werd gedaan, in het bijzonder aan de warmtegeleiding. Zij onderscheidt daarbij twee processen: een stralingscomponent en een kristalroostercomponent. De eerste component was tot nu toe nooit in veel detail beschouwd, maar Hofmeister toont aan dat die significant aan de warmtegeleiding in de diepere aarde bijdraagt.

Volgens het model van Hofmeister is de warmtegeleidbaarheid in de grenszone tussen kern en mantel (op ca. 2700-2900 km diepte) $4,8 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, wat lager is dan eerder aangenomen ($6,2 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$). Dit maakt de aanname van een hogere temperatuurgradiënt nodig, en dus ook van een hogere temperatuur op grote diepte dan eerder werd aangenomen. Overigens is de warmtegeleidbaarheid aan de basis van de aardmantel volgens Hofmeister aanzienlijk hoger, nl. ca. $6,3 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$, wat juist weer hoger is dan de eerder aangenomen waarde ($4,2 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$). Volgens de onderzoekster is het goed mogelijk dat er een hete, droge zone in de aardmantel bestaat. Op een diepte tussen de 520 en 670 km, waar de warmtegeleidbaarheid relatief hoog is maar niet overal even hoog, zou sprake kunnen zijn van een grenslaag waar de geleidingskarakteristieken sterk veranderen. In die mengzone zou dan de grens tussen de bovenmantel en de ondermantel moeten worden gesitueerd.

Anderson, O.L., 1999. A thermal balancing act. *Science* 283, p. 1652-1653.

Hofmeister, A.M., 1999. Mantle values of thermal conductivity and the geotherm from phonon lifetimes. *Science* 283, p. 1699-1706.

A.J. van Loon