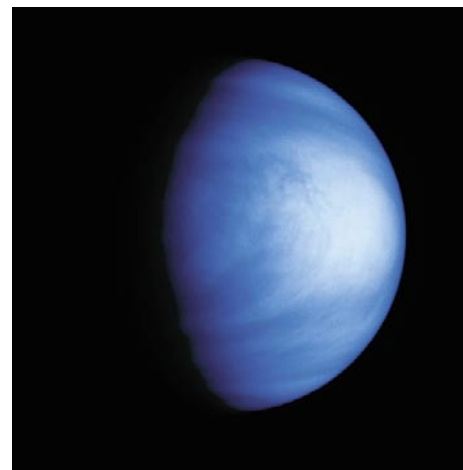


Ging Venus ons voor?

Klimaatverandering is niets nieuws onder de zon - letterlijk. Op onze buur- en zusterplaneet Venus heeft één van de grootste rampscenari's al plaatsgevonden. Daar kunnen we wat van leren. De publieke discussie over klimaatverandering verandert: de snelheid van de veranderingen krijgt steeds meer aandacht, met het oog op mogelijke abrupte en onomkeerbare overgangen in het klimaatsysteem. Astronomen kennen deze meest ingrijpende vorm van klimaatverandering al lang uit de studieboeken: de zogeheten runaway van het klimaat op Venus – in dit artikel meer hierover.



Boven: Het wolkendek van Venus, half beschreven door de zon. Bron NASA (JPL)
Onder: Computerbeelden van het oppervlak van het noordelijk halfrond van Venus. Bron NASA (JPL).

Venus is in veel opzichten het tweelingzusje van de Aarde. Zo verschillen zwaartekracht en afstand tot de zon niet veel; belangrijke parameters voor klimaat en atmosfeer. Volgens de wetenschappelijke inzichten ligt Venus, evenals Mars, dichtbij de 'leefbare zone' van de zon (de Aarde ligt er middenin). De definitie van leefbare zone leunt sterk op de mogelijkheid tot aanwezigheid van water. Op Venus is echter geen water en de dichtheid van waterdamp in de atmosfeer is meer dan duizend keer lager dan die op Aarde. Koolstofdioxide neemt daarentegen 96,5 procent van de atmosfeer voor haar rekening. Op Venus zorgen broeikasgassen voor een temperatuurstijging van circa 505 graden Celsius, tegen 35 graden op Aarde. Wat is er gebeurd?

Ooit was Venus misschien wel op weg om een echte tweede aarde te worden en was er wel degelijk water op de oppervlakte. Evenals nu op aarde het geval is, kan veel van de

CO₂ in oplossing zijn geweest in dat water en opgeslagen in gesteenten. De atmosfeer leek in die tijd wellicht meer op die van de aarde nu, maar het evenwicht is drastisch verstoord. Waarschijnlijk als gevolg van het helderder en heter worden van de jonge zon, begonnen de oceanen te verdampen, waarbij meer en meer CO₂ in de atmosfeer kwam. Dit deed de temperatuur nog meer stijgen.

De extra waterdamp in de atmosfeer zorgde echter niet voor een voldoende toegenomen wolkendek om de zonnestraling te temperen. Dit kwam omdat het water onder invloed van zonlicht hoog in de atmosfeer werd ontbonden en het waterstof aan de atmosfeer ontsnapte. Recombinatie tot water was dus niet meer mogelijk. Het water is zo vrijwel volledig uit het systeem verdwenen terwijl de toenemende CO₂ concentratie bleef zorgen voor steeds hogere temperaturen, zodat zelfs uit het gesteente CO₂ vrij kwam.

Runaway

Dit runaway verschijnsel, waarbij elkaar versterkende effecten voor een niet te stuiten ketting-reactie zorgden en het water vrijwel volledig uit het systeem verdween, had meer gevolgen dan alleen een extreem broeikas-effect. Zonder vloeibaar water is bijvoorbeeld tektonische beweging niet meer mogelijk, omdat de continentale platen niet meer kunnen 'drijven'. De planeet miste hierdoor één van de mechanismen om warmte¹ kwijt te raken en er kwam hoe langer hoe meer druk op de ketel te staan. Zo'n miljard jaar geleden is Venus uitgebarsten, als één enorme vulkaan. Een groot deel van de geschiedenis van Venus werd zo gewist; geologische structuren zoals meteorokraters of oceanbodems zijn verdwenen. Mede daardoor is de precieze reconstructie van de gebeurtenissen zo moeilijk.

Daarna was er lange tijd nauwelijks vulkanisme op Venus, waardoor het albedo -terugkaatsing van zonlicht door bijvoorbeeld wolken of ijsvlakten- van de atmosfeer lager was dan nu het geval is en de temperatuur nog hoger. Op dit moment houdt latent vulkanisme wel een dicht wolkendek in stand. De temperatuur is daardoor gezakt, maar nog steeds is het op Venus heet genoeg om bijvoorbeeld lood te laten smelten.

De runaway op Venus verliep zonder tussenkomst van de mens. Dit betekent niet dat we er niets van kunnen leren, er kan

een aantal interessante conclusies worden getrokken uit de geschiedenis van deze buurvrouw:

1. Toenemend albedo door (water)wolkenvorming heeft in de evolutie van Venus klimaatverandering niet kunnen tegenhouden. Wellicht moeten we daar op aarde dus ook niet teveel van verwachten.
2. De temperatuur op Venus zou door toenemend vulkanisme (en verhoogd albedo) weer lager kunnen worden, maar het oppervlaktewater komt niet meer terug. Herstellen van dergelijke schade is onmogelijk.
3. Een in zeer vele opzichten op de Aarde lijkende planeet heeft op geheel natuurlijke wijze een onomkeerbare klimaatstelselverandering ondergaan die door geen enkel organisme overleefd zou kunnen worden.

Dit laatste punt raakt aan een zeer belangrijk verschil tussen Venus en de Aarde: de aanwezigheid van leven. Hoewel zeker niet uit te sluiten valt dat op Venus ooit beginnend leven is geweest, zal er niet genoeg tijd geweest zijn voor het ontstaan van grote biodiversiteit. Op Aarde is veel CO₂ vastgelegd in levende organismen. De conversie van CO₂ naar biomassa vormt op dit moment waarschijnlijk een sterke remmende terugkoppeling op toenemend broeikas-effect. Over de effectiviteit van deze terugkoppeling

onze eigen geschiedenis suggereert op z'n minst dat de effectiviteit zeer groot zou kunnen zijn: grote prehistorische klimaatveranderingen zijn mogelijk wel gepaard gegaan met enorme afname van de biodiversiteit, maar tot een totale runaway is het duidelijk nooit gekomen. Zou de aanwezigheid van leven daar iets mee te maken hebben?

Dus....

Wetenschappelijk gezien is het belangrijk om meer inzicht te krijgen in de overeenkomsten én verschillen tussen Venus en de Aarde en tussen de verschillende systeemverschuivingen in het klimaat die Venus en de Aarde hebben gekend. In hun toekomstvisie voor de ruimtevaart geven NASA en de National Research Council van de VS dan ook onder andere de volgende twee vragen een centrale plaats :

- Why did the terrestrial planets² differ so dramatically in their evolution?
- What do the diverse climates of the inner planets reveal about the vulnerability of Earth's environment?

De eerstvolgende missie naar Venus is echter voor de ESA (European Space Agency), namelijk de Venus Express, die in oktober dit jaar op pad gaat. Ze zal in een baan rond Venus worden gebracht en daar 500 dagen metingen doen die moeten helpen bij het onderzoek naar de samenstelling van de atmosfeer van Venus en de verschillen met de Aarde.

Beleidsmakers kunnen beter niet wachten tot de resultaten van deze missies zijn geanalyseerd en gepubliceerd. Abrupte en runaway klimaatverandering behoeven nu een andere discussie dan geleidelijke klimaatverandering³. In de discussie over geleidelijke klimaatverandering is er een plek voor adaptatie, bij runaway klimaat-



Overeenkomsten en verschillen tussen Aarde en Venus			
	Aarde	Venus	
Grootheid			
Oppervlakte zwaartekracht	1	0,9	
Diameter	12756	12104	km
Afstand zon	1	0,7	aardbaan
Oppervlakte temperatuur	15	~0,04	°C
Broeikas-effect	35	505	°C
CO₂	~0,04	96,5	%
Waterdamp	1000 - 40000	10 - 90	ppm
Oppervlakte druk	1	92	bar

verandering is dit uitgesloten. De vraag is niet meer alleen of we nú investeren in reductie of stráks in adaptatie, maar of we nú het risico aanvaarden dat het stráks uit de hand loopt. Hoe groot dit risico is, is voornog onbekend; er lijkt dus een hoofdrol weggelegd voor het voorzorgprincipe. Het recente rapport *Meeting the Climate Challenge* geeft een start van de discussie door abrupte en runaway klimaatverandering expliciet te noemen. Ook in Nederland zou deze discussie moeten worden opgepakt en verder gevoerd – op korte termijn.

NOTEN

1. Vergelijk met geothermische energie op aarde
2. Venus, Aarde, Mars
3. verandering van gemiddelden en spreiding, maar zonder systeemovergangen

LITERATUUR

New Frontiers in the Solar System, National Research Council, Washington, 2003
The recent evolution of Climate on Venus, M. Bullock and D. Grinspoon, Icarus 150, p.19, 2001
Meeting the Climate Challenge, International Climate Change Taskforce, 2005
Global Climate Change on Venus, M. Bullock and D. Grinspoon, Scientific American 1999

Dr. M. N. Sevenster is sterrenkundige en heeft na haar promotie nog enkele jaren op dit gebied wetenschappelijk onderzoek gedaan. Inmiddels werkt zij als milieu-onderzoeker en -adviseur bij CE (Delft)
Email: sevenster@ce.nl
Tel: 015 2150 150