

Olivia Judson

Hoe de aarde het leven vormde, en het leven de aarde

Een geschiedenis van onze planeet

Vertaald uit het Engels door Maaïke Post en Arjen Mulder

Uitgeverij Balans

Oorspronkelijke titel *The Co-Creation. How Earth Made Life and Life Made Earth*
Oorspronkelijke uitgever Penguin Press, een imprint van Penguin Random House
Copyright © 2026 Olivia Judson

Copyright Nederlandse vertaling © 2026 Maaïke Post
en Arjen Mulder/Uitgeverij Balans, Amsterdam

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een geautomatiseerd bestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of
op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch of enige andere manier, zonder voor-
afgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Tekst- en datamining van (delen
van) deze uitgave is uitdrukkelijk niet toegestaan.

Omslag Bas Smidt, naar een ontwerp van Elisha Zepeda
Omslagbeeld *Melrose*, Alexander Nasmyth,
copyright © Ackermann Johnson/Bridgeman Images
Auteursfoto Alexandre Courtiol
Boekverzorging Peter Verwey
Druk Wilco

ISBN 978 94 638 2513 9
NUR 680

www.uitgeverijbalans.nl

 [instagram.com/uitgeverijbalans](https://www.instagram.com/uitgeverijbalans)

 [linkedin.com/company/uitgeverij-balans](https://www.linkedin.com/company/uitgeverij-balans)

 uitgeverijbalans.nl/nieuwsbrief

Voor Alex
met heel mijn liefde

*Aanschouw het wonder van het bestaan
en wees blij dat je daartoe in staat bent.*

TED CHIANG, *Exhalation*, 2019¹

*De materie kan op zich niets doen, maken of worden:
het is de energie die dit alles mogelijk maakt.*

D'ARCY WENTWORTH THOMPSON, 1917²

INHOUD

VOORWOORD 13

I WAT LEVEN IS 17

Een verrassend gegeven – Onthullingen van het zand – Dienaars van de energie – Een schets van de gedachtegang

II DE CO-CREATIE 39

GESTEENTE 40

Hoe de aarde is gemaakt – Aanschouw het mysterie – Het barstende natte gesteente – Tegenwerpingen en bedenkingen – Kinderen van het gesteente – De levenskrachten – Een wereld van steeds grotere biospots – De massa van de doden – De planetaire boekhouder

TUSSENSPEL 102

Niet-dienaars: virussen

GESTEENTE – LICHT 106

Het licht in – Een roze, paarse en groene planeet – Daar heb je de grote jongens – In het kantoor van de planetaire boekhouder

TUSSENSPEL 127

Gouden matten

GESTEENTE – LICHT – ZUURSTOF 129

Aan de aerobics! – Veranderingen aan het gesteente, het water en de lucht – Hoe de aarde een sneeuwbal werd – Een planetaire parasol – De kleuren van de hemel – Een monstrueuze versmelting, een monstrueuze kracht – Een pas op de plaats – Op bezoek bij de planetaire boekhouder

TUSSENSPEL 184

Gesteentecycli en levenscycli

GESTEENTE – LICHT – ZUURSTOF – VLEES 190

Steeds meer honger – De kracht van intimiteit – Toen de harten begonnen te kloppen – Roofdieren zijn metadienaars – Dodelijke verschrikkingen – Charles Darwin, biogeoloog – Het binnenleven en het leven na de dood – De tragiek van dieren – De planetaire boekhouder krijgt hoofdpijn

SEGUE 248

Een terrestrische verlichting – De vuurplaneet – Wat vuur is – Twee werelden vol branden – Op een mooie lentedag – De planetaire boekhouder is door het dolle heen

GESTEENTE – LICHT – ZUURSTOF – VLEES – VUUR 281

Het vuurwezen – Een smeltkroes van uitvindingen – Een vurige overschrijding – De grootste dienaars – De kracht van de sterren

III DROMEN VAN ANDERE WERELDEN 329

Op zoek naar bewoonbare planeten – Een groots experiment – De stilte van het universum – Het heelal is geen menu

Dank 353

Appendix 1: De basisregels van bewoonde werelden 357

Appendix 2: Het lot van de planeet aarde 362

Intellectuele steun 363

Literatuur 365

VOORWOORD

Ruim tien jaar geleden las ik iets wat mijn leven heeft veranderd. Het ging om een wetenschappelijk artikel in het tijdschrift *American Mineralogist*, dat zich, zoals de naam al aangeeft, richt op mensen die voor hun werk gesteenten bestuderen.

Ikzelf deed dat niet. Ik onderzocht het leven, de zang- en dansvoorstelling van de natuur in heel haar overdadige pracht en praal. In die tijd was het leven voor mij het leven, en stenen waren stenen. Voor zover gesteenten interessant waren, vormden ze het podium waarop het leven zich afspeelde, de achtergrond ervan. Ze namen zelf zeker geen deel aan de opvoering. Het idee dat er een subtiele dynamiek van stenen bestond die iets te maken kon hebben met het begin van het leven, zou ik absurd hebben gevonden.

Ik weet niet meer waarom ik een tijdschrift inkeek dat zo ver van mijn gebruikelijke interesse afstond. Wat ik me wel herinner zijn deze woorden: 'Het grootste deel van de diversiteit aan mineralen op aarde is vermoedelijk voortgebracht, direct of indirect, door de biosfeer.'¹ Dat wil zeggen, voortgebracht door levende wezens. Voor het eerst drong het tot me door dat biologie en geologie diepgaand met elkaar verbonden waren als deel van dezelfde geschiedenis. Dat was een openbaring.

Natuurlijk had ik wel een vaag vermoeden dat het leven de niet-levende wereld op kleine schaal kon beïnvloeden. Maar nu begon het tot me door te dringen dat het leven als geologische kracht sterker is dan vulkanen, en minstens zoveel invloed heeft op hoe de wereld eruitziet als de grote bewegingen van de tektonische platen die zich een weg schrapen en trillen rond de aardbol, waarbij de continenten verschuiven, grote

bergketens omhoog worden geperst en oceanen open- of dichtschiiven. Ik begon in te zien dat levende wezens tot hoog in de atmosfeer effecten veroorzaken en de kleur van de hemel veranderen, en dat ze ook diep in de grond invloed hebben op de samenstelling van de aardmantel, de hete, stromende laag gesteente onder de aardkorst. In feite is het leven zo diep verankerd in de geschiedenis en samenstelling van onze planeet dat je je nauwelijks kunt voorstellen hoe het er nu uit zou hebben gezien als er nooit leven was ontstaan.

Voor alle duidelijkheid: bedenk eens wat je allemaal moet doen om een 'levenloze aarde' te creëren² – een aarde waar meer dan 4,5 miljard jaar na haar vorming nog nooit een levend wezen heeft geademd, gezwommen, gegraven of gevlogen.

Op het eerste gezicht lijkt het een eenvoudige opgave: schrap alle levende wezens. Verwijder de bomen, het gras, de struiken, schraap het mos en de korstmossen van de rotsen. Laat de dieren verdwijnen, vernietig de paddenstoelen en wis de microben. Leg het zwijgen op aan de vogels, kikkers, cicaden; ontdoe de oceanen van vissen, kwallen en inktvissen, walvissen, krabben; room het slijk en de smurrie af van vijvers en meren. En als je alle levende wezens kwijt bent, dan ben je klaar, toch?

Wacht even. Alle levende wezens verwijderen is nog maar de eerste stap. Om een aarde te scheppen waarop nooit leven heeft bestaan, moet je ook al het afval van het leven weghalen: uiteraard alles wat mensen hebben gemaakt, maar ook de afgefallen bladeren, de parels, de spinnenwebben. Je moet de pollen uit de wind filteren en de grond ontdoen van sporen en zaden. Je moet de guano afgraven uit de grotten waar vleermuizen roesten en van de eilanden waar zeevogels nestelen. Je moet de kuiltjes vullen waarin mussen een zandbad nemen en de gaten in de zeebodem herstellen die walvissen graven om voedsel te zoeken. Je moet de molscholen, mierenhopen en termietenheuvels platslaan en de dammen van bevers afbreken.

Na al het leven van nu te hebben aangepakt, moet je je blik op het verleden richten. Je moet de fossielen verwijderen – de verbazingwekkende hopen botten en schelpen die de planeet bevuilen, de enorme versteende bossen, de oeroude riffen. Je moet de voetstappen van de dinosauriërs

wegpoetsen, de graafgangen van al lang uitgestorven wormen vullen en de afdruk van afgevallen bloemen wissen. Je moet de amber opruimen, de olie wegpompen en grote bergen steenkool de wereld uit bulldozeren.

En nog ben je dan niet klaar. Je moet ook de transformaties ongedaan maken die door het leven zijn veroorzaakt maar er op het eerste gezicht niets mee te maken hebben. Je moet alle kalk wegwerken, het meeste marmer, sommige diamanten. Veel soorten mineralen – meer dan de helft – zouden ook moeten verdwijnen. Je moet de zuurstof uit de lucht pompen en de ozonlaag verwijderen. Je moet de branden neerslaan, de houtskool opruimen en het roet van de rotsen schrobben. Je moet de teelaarde van de grond vegen, de randen van de bergen scherper maken en de slingerende bochten in de rivieren rechte trekken.

Als de planeet voorgoed vrij van leven was gebleven, zou ze een totaal andere koers hebben gevolgd. De hemel boven die aarde zou vermoedelijk niet blauw zijn. De maan van die aarde zou verder weg kunnen staan en de duur van een dag was waarschijnlijk anders. Het klimaat zou warmer en droger zijn, de continenten vermoedelijk kleiner. Die planeet zou minder soorten gesteenten kennen dan op dit moment.

De levenloze aarde zou niet de aarde van nu zijn minus het groen. Ze zou compleet anders zijn: een onbekende planeet. Elk mens of ander dier dat erop zou worden getoverd zou onmiddellijk sterven als gevolg van de verstikkende atmosfeer en letale stralingsniveaus.

Die planeet zou niet alleen levenloos zijn, maar zelfs dodelijk.

Dit boek gaat over de geschiedenis van het leven en de aarde. Het is ook een beschouwing over de patronen in die geschiedenis en een poging te begrijpen hoe en waarom het leven zo'n sterke geologische kracht is geworden. Tegelijk probeer ik vragen van alle tijden te beantwoorden: waar komen we vandaan? Wie *zijn* we – wat betekent het in diepste wezen om in leven te zijn? Wat is onze plek in de kosmos?

Om me verder in deze kwesties te verdiepen heb ik alle zeven continenten bezocht en ben ik in meerdere zeeën gedoken – verbazingwekkende avonturen die mij steeds meer inzicht gaven in de aarde en haar talloze bewoners. Ik heb ook in de tijd gereisd en mezelf onderwezen

in de geschiedenis van de planeet in een poging te snappen hoe het er hier twee of drie miljard jaar geleden uitzag. Ik heb in mijn hoofd reizen naar andere werelden gemaakt: de maan, Venus, Mars, de grote asteroïde Ceres. Ik heb stenencollecties in natuurhistorische musea opgezocht, de vormen en kleuren van tientallen mineralen bestudeerd en zitten piekeren over het verband daarvan met het leven. Ik heb stapels boeken en duizenden artikelen gelezen over het werk van wetenschappers uit zulke uiteenlopende vakken als astronomie en microbiologie, antropologie en geochemie, en ik heb geprobeerd hun ontdekkingen te versmelten tot een samenhangend geheel.

Wat ik te weten kwam verplichtte me om veel van wat ik meende te weten nogmaals te overdenken. Zoals de meeste biologiestudenten heb ik geleerd om over het leven te denken in termen van de overdracht van informatie: de replicatie en erfelijkheid van genen. Genen zijn gecodeerd in een molecuul genaamd DNA. Met z'n spiralende dubbele helix is dit vermoedelijk het meest iconische molecuul op aarde.

In het huidige, van informatie verzadigde computertijdperk is het heel verleidelijk om een relaas te schrijven waarin alles om informatie draait. En begrijp me niet verkeerd: de analyse van de informatie die in genen ligt vervat heeft tot grote en belangrijke inzichten geleid. Maar toen ik een inventaris maakte van de effecten van het leven op de aarde en probeerde vast te stellen wat de onderliggende patronen in de geschiedenis van de planeet zijn, begon ik te begrijpen dat genen en DNA slechts een deel van een veel groter geheel vormen. Een op informatie gebaseerde visie zegt maar weinig over het soort ecosystemen die er waarschijnlijk zullen ontstaan, en op welk moment, en biedt op zichzelf geen verklaring voor de ontwikkeling van onze rijke en complexe biosfeer. Een op informatie gebaseerde zienswijze laat de levende wereld buiten beschouwing en negeert de omstandigheden waarin levende wezens verkeren. Het negeert de dynamische feedback tussen levende wezens en het planeetaire weefsel. Je kunt er niet mee uitleggen hoe het leven is ontstaan en evenmin een verklaring geven voor de meest omvattende patronen in de geschiedenis van de aarde. Daarvoor moet je in termen van een ander verschijnsel denken. Energie.

I

WAT LEVEN IS

*We hebben vanaf de materie teruggeredeneerd
naar de energie in plaats van vooruit,
vanaf de energie naar de materie en de vorm daarvan.*

HENRY FAIRFIELD OSBORN, 1917¹

EEN VERRASSEND GEGEVEN

*Iedereen die weleens een serieuze poging heeft ondernomen om
het woord 'leven' te definiëren weet hoe moeilijk het is er een
precieze betekenis aan te geven.*

ALFRED J. LOTKA, 1925¹

Er bestaat geen consensus over wat leven is. Vreemd genoeg kent de biologie, de wetenschap van het leven, geen algemeen aanvaarde definitie van haar eigen onderwerp. Niet dat men het niet geprobeerd heeft. Er zijn vele definities voorgesteld, maar niet één ervan weet precies de vinger te leggen op de aard van het leven, of het definitieve onderscheid te maken tussen wat leeft en wat niet leeft.²

Meestal maakt het niet uit dat er geen definitie is. Het menselijk brein lijkt vuistregels te hebben ontwikkeld om wat leeft en wat niet leeft uit elkaar te houden, en daar valt prima mee te werken in voor de hand liggende gevallen – zoals onderscheid maken tussen een antilope en een steen, of tussen een levend wezen en een lijk van drie dagen oud.³ Toch valt zonder een werkbaar begrip van het leven lastig te begrijpen hoe en waarom levende wezens verschillen van andere soorten structuren, of waarom ze hun omgeving kunnen veranderen tot op de schaal van een