

DE OUDERDOM DER AARDE.

DOOR

HUGO DE VRIES.

Hoe lang heeft het leven op aarde geduurd? Deze vraag heeft sedert het verschijnen van Darwin's boek algemeen belang ingeboezemd, daar men met recht verlangde te weten, of de zoogenoemde geologische tijd wel lang genoeg geweest is, om een zoo langzame ontwikkeling van planten en dieren aan te nemen, als Darwin's theorie vereischte.

Het antwoord op die vraag kan langs verschillende wegen gezocht worden en is afgeleid uit een aantal verschijnselen, die van het leven op aarde min of meer onafhankelijk zijn. Zulke berekeningen hebben uit den aard der zaak iets vaags en bevredigen dus nooit volkomen. Maar toch is het duidelijk, dat het zeer goed mogelijk en tevens van het hoogste belang moet zijn, te weten, of het begin van het leven millioenen, dan wel milliarden van jaren geleden is.

En nu is het een zeer verblijdend verschijnsel, dat, bij al het vage en onzekere der beschouwingen, de antwoorden, die door verschillende onderzoekers op geheel verschillend gebied gegeven zijn, toch een zeer hooge mate van eenstemmigheid vertoonen. Zij wijzen er alle op, dat de duur van het leven op eenige millioenen van jaren, en wel met groote waarschijnlijkheid op tusschen de 20 en 30 millioen jaren, geschat moet worden.

W. J. SOLLAS heeft in September j.l., in zijne openingsrede als voorzitter van de geologische afdeeling van de *British Association*, een overzicht van den stand dezer kwestie gegeven, en het komt mij

voor, dat het onzen lezers niet onwelkom zal zijn daarvan de strekking en de uitkomst te vernemen.

Schattingen van dezen aard zijn mogelijk voor den tijd, waarop de maan van de aarde werd afgescheiden, voor het begin van de vorming van een vaste korst, voor den aanvang van de condensatie van waterdampen tot oceanen, en voor het begin van de afzetting der laagsgewijze gesteenten. Algemeen wordt aangenomen dat deze tijdstippen, geologisch gesproken, vrij snel op elkander gevolgd zijn en de bepalingen leiden dan ook voor hen tot weinig uiteenlopende uitkomsten.

De afscheiding der maan acht G. DARWIN minstens 56 millioen jaren geleden; de vorming der vaste korst begon volgens Lord KELVIN voor 20-40 millioen jaren. De beide andere berekeningen voeren tot iets hooger cijfers, want JOLY schat den ouderdom van den oceaan op 80-90 millioen, als maximum, en GEIKIE acht 100 millioen jaren voor de vorming der aardlagen ruim voldoende.

Bij 20 en 100 millioen jaren liggen dus de uiterste grenzen; maar de beide laatste schattingen zijn maximum-bepalingen, d. w. z. geven alleen aan, dat het volgens die berekeningen niet langer maar wel korter geduurd kan hebben.

SOLLAS heeft nu deze verschillende methoden aan een uitvoerige kritiek onderworpen, die in hoofdzaak tot een bevestiging der uitkomsten en tot een belangrijke inkrimping der mogelijke grenzen voert.

De bepaling van den tijd, verlopen sinds de scheiding van aarde en maan, is geschied door G. DARWIN, den oudsten zoon van den schrijver van de *Origin of species*. Hij berekende dat die scheiding minstens 56 millioen jaren geleden moet zijn, maar wellicht ook veel langer. De ouderdom der vaste schors leidde Lord KELVIN, vele jaren geleden, af uit de wijze, waarop de temperatuur in het binnenste der aarde, d. w. z. in diepe mijnputten, toeneemt. Ongelukkig is die toename in verschillende landen uitermate verschillend. Tegenover de oudere bepalingen van 25—37 of zelfs tot 50 meter per graad CELSIUS staan de nieuwere metingen in de nabijheid der Amerikaansche meren, in een put van 1396 meter diepte met een toename van 1° C. per 122 meter en in Boheme, bij Przibram, met 69 meter per graad. Daar deze beide laatste plaatsen ongetwijfeld verder van toevallige locale warmtebronnen in de aardschors verwijderd zijn dan de putten, waar de vroegere metingen geschiedden, mag men aannemen, dat de aarde reeds belangrijk sterker afgekoeld is dan Lord KELVIN

meende en moet dus zijn cijfer (20—40 millioen) aanzienlijk verhoogd, wellicht verdubbeld worden.

De ouderdom der oceanen is door JOLY afgeleid uit hun zoutgehalte. Men kan berekenen hoeveel keukenzout er in alle oceanen opgelost is. Men bezit een aantal bepalingen van de hoeveelheden water, die de groote rivieren jaarlijks in den oceaan uitstorten en van hun zoutgehalte. Men weet dus hoeveel zout jaarlijks aan den voorraad wordt toegevoegd en een eenvoudige deeling wijst dan aan, hoeveel jaren noodig geweest zijn, om dien voorraad bijeen te brengen. De hoeveelheid natrium, in dat zout vervat, die jaarlijks in zee gebracht wordt, schat men op 160 millioen tonnen; maar in de oceanen is 90 millioen maal meer van dit metaal aanwezig. Zoo dus de gegevens juist zijn en de snelheid steeds gemiddeld dezelfde geweest is, zijn de rivieren 90 millioen jaren oud. Doch zoowel op de volledigheid onzer waarnemingen omtrent het water-contingent van alle rivieren, als op de geldigheid van de hypothese, dat de tegenwoordige toestand als gemiddelde voor alle geologische tijden zou gelden, is natuurlijk veel aan te merken. Er zijn goede gronden om aan te nemen, dat de rivieren het land allengs aan keukenzout en aan andere oplosbare zouten uitputten, dat haar werkzaamheid dus in den loop der eeuwen in dit opzicht afneemt. Dit voert natuurlijk tot een lagere schatting en brengt het cijfer van JOLY dus dichter bij dat van Lord KELVIN. SOLLAS meent zelfs dat de ouderdom der rivieren op niet meer dan 55 millioen jaar geschat mag worden.

De ouderdom der aardlagen wordt bepaald uit haar gezamenlijke dikte en de tegenwoordige snelheid van afzetting. Gelijk bekend is, staan vele oudere lagen tegenwoordig schuin of nagenoeg vertikaal en de dikte dier aardlagen, gemeten loodrecht op haar grensvlakken, is dus iets geheel anders dan de dikte dier zelfde gesteenten, in verticale richting gemeten. Terwijl men de laatste gemiddeld op 5000 meter stellen kan, schat SOLLAS de eerste op omstreeks 80 kilometer. Deze laatste schatting vormt dus den grondslag voor de berekening van den voor deze afzettingen vereischten tijd. De waarneming leert, dat de afzettingen tegenwoordig met een gemiddelde snelheid van 30 cM. per eeuw geschieden en deze cijfers leiden dus tot een tijdsverloop van 26 millioen jaren, dat voor de vorming der gezamenlijke lagen noodig zou geweest zijn.

Toen de oceaan voor het eerst ontstond, bevond zich al het water in dampvorm in de atmosfeer. Men schat dat de temperatuur, waarbij

de condensatie aanving, omstreeks 370° C. was: zij liet dus nog op verre na geen leven toe. Maar alles schijnt er op te wijzen, dat van dat oogenblik af de verkoeling snel is gegaan, zoodat de tijd, die tusschen het allereerste ontstaan van zeeën en haar geschiktheid voor het leven zou zijn verlopen, geologisch gesproken, kort zou zijn geweest. Deze overtuiging berust op de algeheele verandering in de wijze van afkoeling, die de vaste aardkorst reeds bij betrekkelijk geringe dikte moet veroorzaakt hebben.

Naast de door SOLLAS behandelde methoden van schatting wensch ik hier nog eene andere te bespreken, die, op geheel nieuwen grondslag, wederom tot dezelfde uitkomst leidt. Zij is door onzen landgenoot EUGÈNE DUBOIS ontworpen en levert eene berekening van den ouderdom der rivieren, uitgaande van haar kalkgehalte, evenals JOLY's berekening van haar zoutgehalte uitging.¹ Zij gaat van den volgenden gedachtengang uit.

In de vaste korst der aarde komt een overmaat van ijzeroxydule-verbindingen voor, die zonder twijfel vóór en in het begin der stolling in ijzeroxyde-verbindingen zouden zijn overgegaan, zoo de atmosfeer toen vrije zuurstof bevat had. In vele gesteenten bedraagt het gehalte aan ijzeroxydule 3 pct. en meer. Dubois concludeert dus, dat er tijdens het eerste ontstaan der vaste korst geen zuurstof in de lucht was. De eenige bron, die thans in de natuur zuurstof in het groot voortbrengt, is het plantenleven en daarin moet dus de oorsprong van alle vrije zuurstof gezocht worden. De planten maken de zuurstof uit koolzuur en dus is, scheikundig gesproken, deze de bron der zuurstof. HÖGBOM heeft aangetoond, dat het koolzuur zelf in hoofdzaak door vulcanische exhalaties en daarmee samenhangende geologische processen in de atmosfeer komt. Men moet dus aannemen dat in den loop der geologische tijden minstens zooveel koolzuur op deze wijze in de atmosfeer gekomen is, of oorspronkelijk daarin aanwezig was, als met de tegenwoordige hoeveelheid der vrije zuurstof overeenkomt.

Deze beschouwingen leeren ons dus het koolzuur kennen als de bron, zoowel van de vrije zuurstof als van het plantenleven. De schatting van den ouderdom der rivieren berust echter op een andere overweging. Want het koolzuur wordt natuurlijk slechts voor een deel door de planten ontleed. Voor een ander deel ontleedt het zelf de oorspronkelijke gesteenten, voornamelijk waar deze kalk of magnesium bevatten. Het vormt dan de koolzure kalk en de koolzure

¹ Vergel.: *Bijblad*, 1900, bldz. 82.

magnesia, waarvan het grootste deel door de rivieren naar zee wordt afgevoerd. In zee worden deze zouten weer vastgelegd, in koralen, schelpbanken, enz., in één woord voornamelijk door het dierlijk leven. Kan men dus bepalen hoeveel koolzure kalk en koolzure magnesia jaarlijks door de rivieren naar zee wordt gevoerd en hoeveel in den loop der geologische tijden is afgezet, dan wijst de verhouding ons natuurlijk het aantal jaren aan, dat voor die afzetting is noodig geweest.

DUBOIS vindt, wanneer hij de berekening alleen voor de kalk uitvoert, 45 millioen jaren en zoo men de magnesia, waarvan de rivieren omstreeks $\frac{1}{6}$ van het kalkgehalte bevatten, er bij rekent, een snelleren toevoer en dus een even veel korteren tijd, nl. 36 millioen jaren. Deze cijfers komen, zooals men ziet, in hoofdzaak met de boven aangehaalde overeen.

Het zou mij te ver voeren, de bijzonderheden dier berekening hier uiteen te zetten. Deze toch is gecompliceerd door de omstandigheid, dat de oude afzettingen thans een groot deel van het vaste land uitmaken en dat dus de meeste kalk, die naar zee gevoerd wordt, geen nieuwe, d. i. uit koolzuur en de kalk der silicaatgesteenten gevormde is, maar oude.

Doch de verhouding tusschen nieuwe en oude kalklagen laat zich uit de uitgestrektheid der laagsgewijze en oorspronkelijke gesteenten afleiden; DUBOIS schat haar op $\frac{1}{30}$ en in de zoeven genoemde berekening is deze zeer belangrijke reductie dus natuurlijk aangebracht. De berekening van de jaarlijksche hoeveelheden rivierwater (27.000 K.M³) is dezelfde, als die voor JOLY'S beschouwingen diende en de bepaling van haar kalkgehalte geschiedde op overeenkomstige wijze.

Ten slotte noem ik nog een geheel andere methode van schatting. HELMHOLTZ en THOMSON hebben berekend hoe lang de zon, naar alle waarschijnlijkheid, met ongeveer dezelfde energie geschenen kan hebben als thans. Zij vonden daarvoor een tijdsverloop van omtrent 20 millioen jaren en deze hoofdvoorwaarde voor het leven op aarde zou dus ongeveer even lang bestaan hebben, als de daartoe vereischte geologische toestanden.

Naast de vraag, hoe lang het leven op aarde kan hebben bestaan, is er een andere, haast even belangrijke. Uit de dikte der aardlagen kan men niet alleen den totalen duur van het leven, maar ook, uit de dikte der lagen in de afzonderlijke perioden, den duur van het leven voor de afzonderlijke groepen van het plantenrijk en het dieren-

rijk bepalen. Ik bedoel b.v. dat men den tijd schatten kan, die er verloopen is van het begin tot aan het optreden van vaatplanten of van gewervelde dieren en dat men dien tijd met de sedert verloopen eeuwen kan vergelijken. M. a. w., men kan gegevens vinden tot eene bespreking der vraag, of de evolutie van de levende wezens in verschillende perioden wellicht met ongelijke snelheid geschied is. En deze vraag is vooral daarom zóó belangrijk, dat alles er op wijst, hoe de vooruitgang in historische tijden slechts een zeer langzame is. Ware het altijd zóó traag gegaan, dan zou men recht hebben, bijna oneindige tijden te eischen, zooals trouwens vele tegenstanders der afstammingsleer gedaan hebben.

Doch laat ons eerst een overzicht der feiten geven. SOLLAS geeft de volgende tabel voor de dikten der afzonderlijke lagen. Hij voegt er het eerste optreden der hoofdafdeelingen van het dierenrijk aan toe en voor het plantenrijk heb ik deze uit de werken van SAPORTA en andere schrijvers overgenomen, ten einde de tabel ook in dit opzicht gemakkelijker bruikbaar te maken.

Schat men de geheele dikte der lagen op 80 kilometer, dan zijn deze als volgt over de afzonderlijke perioden verdeeld:

	Meters.		
Pleistoceen	1220	Mensch.	—
Pliocceen	1520	Pithecanthropus.	—
Mioceen	2750	—	—
Oligoceen	3650	—	—
Eoceen	3650	—	—
Krijt	4250	—	Dicotylen.
Jura	2450	—	Monocotylen.
Trias	3960	Zoogdieren.	—
Perm	3650	Reptielen.	—
Steenkolen	7300	Amphibiën.	Conifeeren en Cycadeeën.
Devonisch	6700	Visschen.	Wolfsklauwen.
Silurisch	4570	—	Varens.
Ordovicisch	5200	—	—
Cambrisch	4900	Ongewervelde dieren.	Wieren.
Keerveenawan	15240	—	—
Penokee	4250	—	—
Huronisch	5490	—	—

In de onderste drie perioden, samen met 25 kilometer, dus met bijna een derde deel der geheele dikte, vindt men nog geen fossielen. Noch de dierenwereld, noch de plantenwereld heeft het in dien langen tijd van omstreeks 10 millioen jaren, naar wij weten,

zoover kunnen brengen, dat harde deelen in schalen of schelpen, huid of geraamten, hout of andere weefsels, voldoende ontwikkeld waren om in fossielen toestand over te gaan en bewaard te blijven. Maar in het Cambrisch treden de ongewervelde dieren en de wieren met een rijkdom van vormen op, die geen twijfel laat bestaan, of ook in die oudere lagen moet er leven en vooruitgang geweest zijn.

De visschen treden omstreeks het midden van den geologischen tijd op. Nagenoeg 40 kilometer zijn vóór hen en even zoo veel na hun verschijnen afgezet. De helft van den tijd schijnt dus gebruikt te zijn, om van het begin tot de gewervelde dieren te komen en de andere helft om van de eerste Vertebraten tot de tegenwoordig levende soorten te geraken. Ons echter schijnt de afstand tusschen de amoeben en het oudste gewervelde dier veel grooter, dan die van daar tot de hoogste zoogdieren en dit doet het vermoeden ontstaan, dat de evolutie in vroegere tijden sneller is gegaan dan in latere.

Het plantenrijk voert tot een overeenkomstige conclusie. Omstreeks het midden van den geologischen tijd leefden de eerste vaatplanten, de Varens, de Wolfsklauwen en met hen de Calamiten en Sigillariën; d. z. de fossiele paardestaarten en de zegelboomen. De geheele ontwikkeling van de laagste wieren, tot aan de planten met stengel en blad en wortel, met zeef- en houtvaten, met secundairen diktegroei en hout, met een opperhuid met huidmondjes en de geheele weefsel-differentiëring, die in blad en stam en wortel thans bij alle vaatplanten in hoofdzaak dezelfde is, — die geheele ontwikkeling valt dus in de eerste helft van den geologischen tijd. De tweede helft is eigenlijk alleen besteed aan de evolutie der bloemen; in alle andere punten zien wij wel een uiterst groote verscheidenheid van vormen ontstaan, maar geen doorgaanden vooruitgang in één bepaalde richting. Ook hier wijst alles er dus op, dat in den beginne de evolutie een veel snellere was dan thans.

Twee punten zijn er in de geschiedenis der aarde, die ons hiervan een verklaring geven. Ik bedoel de hoogere temperatuur en het meerdere licht.

Voordat ik deze bespreek, volg ik echter SOLLAS nog in zijne verdere beschouwingen omtrent de snelheid der evolutie. In Egypte leefden meer dan 4000 jaren geleden, blijkens de bij de mummieën gevonden overblijfselen, juist dezelfde soorten van planten en dieren als thans. De zeer volledige verzamelingen, die door beroemde reizigers zijn

bijeengebracht, laten geen twijfel over de vraag omtrent de onveranderlijkheid ten minste van die soorten, gedurende zoo langen tijd. Wel is het ras der menschen veranderd; de oude fresken geven ons andere typen te zien dan die van het tegenwoordige Egyptische volk, maar de oorzaak van deze verandering is onbekend.

Doch wat is deze periode van onveranderlijkheid, in vergelijking met die van sommige vormen, die sinds oude geologische tijden bijna zonder wijziging tot ons zijn gekomen. Hoe weinig verschillen de tegenwoordige Diatomeeën van hun fossiele verwanten. Hoe vele geslachten zijn er, hier en daar in het systeem, zoowel van planten als van dieren, die sedert oude geologische tijden dezelfde gebleven zijn. Onder de brachiopode schelpdieren vormt de kleine *Lingula* een type, dat veel langer dan de helft van den geologischen tijd, immers van het Cambrische tijdvak af tot nu toe, nagenoeg onveranderd is gebleven.

Het feit, dat de eene soort gedurende eeuwen en millioenen van jaren niet verandert, leert ons dus niets omtrent de snelheid, waarmee in andere takken van den stamboom de vooruitgang kan plaats grijpen. ROZA toonde onlangs in een uitvoerig geschrift aan, dat voortdurende en zeer veelvuldige verandering een van de belangrijkste voorwaarden is van het voortbestaan der grootere groepen van planten en dieren door de geologische perioden heen. Een lang leven gaat voor zulke groepen met een groote verscheidenheid gepaard, maar de gevallen, waarin geïsoleerde typen als de *Lingula* door alle tijden heen den strijd volhouden, zijn als hooge uitzonderingen te beschouwen.

Doch keeren wij terug tot de hoogere temperatuur en het meerdere licht, die ik zoeven als verklaring van de snellere evolutie in lang vervlogen tijden noemde. Wij komen hier op het gebied der geologische klimaten, dat door DUBOIS in een reeks van geschriften uitvoerig behandeld is.

LORD KELVIN heeft berekend, dat de vorming der aardkorst een zeer belangrijke verandering in den warmtetoestand, en wel in betrekkelijk korten tijd, moet teweeggebracht hebben. De warmte van de gloeiende kern zou reeds na 100 jaren de temperatuur aan de oppervlakte slechts met 8° C., na honderd eeuwen slechts met 0.8° C. verhoogd hebben. Sedert dien tijd werd dus de temperatuur op de oppervlakte zoo goed als uitsluitend door de zonnearmte bepaald. Maar de zon was toen natuurlijk warmer dan thans, daar zij, in den loop der tijden, door hare uitstraling allengs afkoelt. Zij straalde dus vroeger ook meer uit, gaf meer warmte en meer licht aan de aarde.

Vóór de steenkolenperiode, die kort na het midden van den geologischen tijd begon, berekent men, dat de stralingsenergie der zon $2\frac{1}{2}$ -maal meer bedroeg dan thans. De planten ontvingen dus meer licht en meer warmte, de zon, die ons thans goudgeel toeschijnt, moet toen blauw geschenen hebben en de temperatuur moet minstens een tropische geweest zijn. Trouwens de fossiele flora's, die op onze breedten en zelfs die in Groenland gevonden zijn, wijzen zonder eenigen twijfel op een zoodanig klimaat.

In nog oudere tijden moeten de levensvoorwaarden dus nog gunstiger geweest zijn, in het allereerste begin zóó gunstig, dat zij verschijnselen toelieten, die thans niet meer plaats vinden, zooals het allereerste ontstaan van het leven zelf.

Ook hier weer vinden wij dus een voldoende harmonie tusschen de gevolgtrekkingen, die langs geheel verschillende wegen verkregen werden. En deze harmonie leert ons dus dat de levensomstandigheden in den loop der geologische tijden allengs ongunstiger zijn geworden en dat, in samenhang daarmede, de aanvankelijk snelle vooruitgang allengs trager werd. Maar in die millioenen jaren, die sedert het begin van het leven vervlogen zijn, hebben de telkens bereikte resultaten zich allengs opgehoopt en zodoende die hooge organisatie, en dien grooten vormenrijkdom der levende natuur doen ontstaan, die overal onze bewondering afdwingt.

Eenige tientallen millioenen jaren is dus het leven op onze aarde oud. Krachtig en snelgroeiend in zijn jeugd, heeft het thans zeker reeds de periode der volste ontwikkeling bereikt en gaat het nog maar langzaam vooruit, in vergelijking met vroegere tijden. Wil men een meer bepaald cijfer, zoo kieze men 24 millioen jaren, het gemiddelde, dat lord KELVIN in 1897 uit al de toenmaals bekende gegevens als het meest waarschijnlijke afleidde.
