

OVER DE VERANDERINGEN
IN HET KLIMAAT DES AARDBOLS,

DOOR DE GEOLOGIE AANGEWEZEN.

DOOR

JOHN PHILLIPS.

VERTAALD DOOR

J. VAN DER HOEVEN.

Er is reden om te gelooven, dat gedurende de lange tijdvakken, welke er noodig zijn geweest om de geheele reeks van uit het water bezonken lagen voort te brengen en uit de zee te doen oprijzen, de plaatselijke temperatuur en andere omstandigheden, die op den groei en het leven der planten en dieren zoowel op het land als in de zee invloed uitoefenen, aan merkwaardige veranderingen onderworpen waren. Belangrijk zijn voor deze onderzoekingen de veranderingen, die men in de laatste jaren in wijsgeerige plant- en dierkunde gemaakt heeft. Het zou onmogelijk zijn tot enig zeker besluit omtrent vroeger klimaat te geraken, zonder zekere bepaalde kennis van de afhankelijkheid der bewerkte vormen van den invloed van temperatuur, vochtigheid en andere omstandigheden, zonder eenige duidelijke bewijzen van de geographische beperking van het aanzijn van soorten in eenen natuurlijken en vrijen toestand, in overeenstemming met voorwaarden, die men bepaald omschrijven kan. Om over dit onderwerp met grond te kunnen oordeelen, is het daarenboven noodwendig, dat de fossile bewerkte overblijfsels, waarvan wij bij ons' betoog uitgaan, zeer naauwkeurig met bestaande vormen van levende wezens vergeleken en hunne overeenkomst daarmede of hun verschil daarvan zorgvuldig aangewezen worden. Het is klaarblijkelijk, dat de gevolgtrekkingen, die uit de vergelijking van fossile planten of dieren met die, welke thans in

bepaalde streken van onzen aardbol voorkomen, nopens den aard van vroeger klimaat afgeleid worden, meer of min kracht zullen hebben, naarmate de verkregene overeenstemming door meer of minder naauwkeurige en meer of min talrijke bijzonderheden wordt gestaafd.

In den tegenwoordigen toestand der bewerktuigde schepping worden de vormen talrijker naar den evenaar en verdwijnen geheel naar elk der polen. Zoo telt v. HUMBOLDT slechts 4000 soorten van planten in gematigd en 13,000 in tropisch Amerika; 1500 in gematigd Azië, 4500 in tropisch Azië. Bij sommige natuurlijke planten-groepen, zoo als b. v. varens, bereiken de soorten de meeste grootte in warme gewesten en krimpen tot de kleinste afmetingen in koude streken. Deze voorbeelden toonen de beginselen aan, waarop het onderzoek, hoe de bewerktuigde wezens van de temperatuur afhangen, moet berusten. De uitkomsten, welke langs dien weg verkregen zijn, hebben echter hare volstrekte toepassing alleen tot *geringe diepte in de zee en geringe hoogte op het land*. In de diepten van den oceaan en op hooge bergen komen afwijkingen van de temperatuur voor, waarop men behoort te letten. Zoo vermindert in bergachtige streken de gemiddelde warmte van den dampkring in verhouding van 1° Fahr. voor iedere meerdere hoogte van 100 el, en de flora der berghellingen verschilt in overeenstemming daarmede, zoo dat de planten, die aan den voet der Alpen verzameld worden, op eene nage-noeg standvastige wijze verschillen van die, welke op middelmatige hoogten voorkomen. Op groote hoogten, waar 'eene strenge koude heerscht, gelijken de planten naar die, welke in meer noordelijke gewesten op den vlakken grond, weinig boven het vlak der zee, groeijen.

De verhouding van volume en temperatuur is bij het water van eenen merkwaardigen aard. Op eene temperatuur van een weinig minder dan 40° Fahr. is zoetwater, onder de gewone drukking van den dampkring, het meest verdigt, en daarom dalen de waterdeelen, die deze temperatuur hebben aangenomen, van de oppervlakte naar den bodem, in alle gevallen, waarin zoetwater op de oppervlakte eene lagere temperatuur dan 40° aanneemt. Wanneer die verkoeling voortgaat tot dat de geheele massa van het water de temperatuur van 40° Fahr. heeft aangenomen, kan de oppervlakte

beginnen te bevrozen, 't geen bij de meeste zoetwater-meren het geval is, maar bij sommige door de groote diepte geen plaats heeft. Anders is het gelegen met zeewater, dat steeds in specifiek gewigt toeneemt, naarmate het kouder wordt, tot aan het punt van bevrozing toe, 't geen eenige graden lager is, dan dat van zoetwater. De zee kan als een groot meer beschouwd worden, 't geen nooit bevroest dan in gewesten, waar de koude zoo gestreng is, dat het water op de oppervlakte in ijs verandert en daardoor belet wordt te dalen: want ijs, als soortelijk ligter, drijft op de oppervlakte. Onder alle breedten blijft overigens het warmste zeewater aan de oppervlakte of rijst naar de oppervlakte omhoog.

Het grootste verschil in temperatuur, tusschen zeeën in verschillende breedten, wordt op de oppervlakte waargenomen, de geringste afwijkingen daarentegen bieden de diepere lagen aan. Wij moeten daarom, ten einde den invloed na te gaan van de temperatuur der zee op bewerkte wezens, ons onderzoek rigten op die planten en dieren, welke steeds dicht bij de oppervlakte des waters gevonden worden.

Zeestroomingen hebben eenen grooten invloed om zelfs op de oppervlakte des oceaans de uitersten van temperatuur te beperken. Daardoor is de poolzee warmer, de tropische zee koeler, dan de naastbij gelegen landen zijn. Deze gematigde temperatuur der zee wordt in zekere mate medegedeeld aan de eilanden en de landen nabij de kusten, zoodat daar eene bijzondere soort van klimaat heerscht, een klimaat 't geen minder onderhevig is aan uitersten, zoowel van hitte als van koude, dan het klimaat van het binnenland, terwijl de atmosfeer daarenboven meer gelijkvormig met waterdamp bezwangerd is.

Wij hebben derhalve voor de hoogere en lagere breedten te onderscheiden in diepe pelagische en zeeklimaten, in kustklimaten, continentale en bergklimaten. In verband met hetgeen vroeger is opgemerkt, behoeven wij geen acht te slaan op de dieren en planten van de diepte der zee of op die, welke op hooge bergen van koude streken leven. Werpen wij eenen vlugtigen blik op sommige der kenschetsende organische wezens der verschillende klimaten, met uitzondering van die der diepe zee en der hooge bergen.

Zien wij vooreerst hoe het klimaat op het land door *planten-vormen* gekenschetst wordt. HUMBOLDT en andere geleerde reizigers schetsen ons landschappen der tropische gewesten, waarin statige palmen door bananen, cycadeën, boomachtige varens, cacteën, euphorben en mimosen omgeven zijn. In koude gewesten moeten wij de tropische klimaten door onze broeikassen nabootsen, om ons in het prachtig schouwspel der tropische planten te kunnen verlustigen. In de hoogere streken der tropische landen, welke een klimaat bezitten, dat met dat der noordelijke breedte kan worden vergeleken, komen cypressen, pynboomen en eiken voor. Langs de vochtige kusten en op de kleine eilanden der warme streken van den aardbol groeijen boomachtige varens, cycadeën en equisetaceën in den grootsten overvloed, zoodat zij een groot aandeel, tot zelfs de helft, van den geheelen plantenrijkdom dier gewesten uitmaken. In de drooge binnenlanden van het vaste land vormen daarentegen palmen en cacteën de kenschetsende vegetatie. Wanneer wij veronderstellen, dat planten, van een vroeger tropisch gewest, dat verschil van bodem aanbood, op de eene of andere wijze onder zeebezinksels begraven waren geraakt, en dat door opgevolgde omkeeringen deze veranderde overblijfsels weder droog en voor onderzoek toegankelijk wierden, zoude het karakter der klimaten onder welke en waarin deze planten groeiden, op eene voldoende wijze bepaald kunnen worden, zoo in den tegenwoordigen staat der natuurplanten van overeenkomstige afdeelingen werkelijk aangetroffen werden, als beperkt in hare groeiplaatsen door van het klimaat afhankelijke omstandigheden. Nu is dit juist het geval met de fossile planten, want de meest overvloedige en kenschetsende fossilen van de oude vegetatie zijn varens (sommige van welke boomvarens), lycopodiaceën, equisetaceën, cycadeën en palmen. Met deze of in afzonderlijke lagen komen coniferen en andere gewassen voor, waarschijnlijk koude streken of hooge groeiplaatsen aanwijzende. Alles te zamen genomen, mogen wij het meest waarschijnlijk achten, dat de overvloedige vegetatie van de steenkolenlagen het voortbrengsel was eener warme en vochtige streek, door vlakten, kusten en bergen afgewisseld. De toestand, waarin de planten bewaard zijn, bedekt met bladen en vrij volkomen be-

waard, schijnt te bewijzen, dat zij geenzins van eenen grooten afstand zijn aangespoeld, en wanneer dit aangenomen wordt, hadden de plaatsen, waar deze planten begraven werden, dezelfde soort van klimaat als de warme streken van den aardbol in zijnen tegenwoordigen toestand hebben.¹⁾

Wanneer dit besluit gegrond is, kan men nauwelijks zwaarigheid vinden om te gelooven, dat nagenoeg dezelfde warmte van klimaat in hetzelfde tijdvak geheerscht heeft in die streken der aarde, waar thans Nieuw-Holland, Groenland, Noord-Amerika en Europa gelegen zijn; want in alle deze streken liggen planten, die tot dezelfde of zeer gelijkvormige soorten behooren, in beddingen van dezelfde geologische periode, in de groep der steenkolen-formatie. HUMBOLDT heeft reeds voor vele jaren de noodzakelijkheid van deze algemeen heerschende hooge temperatuur uitgesproken, en zich daarover aldus uitgedrukt, dat er in dien toestand der aarde geen onderscheid van klimaat bestond, maar eene algemeene oppervlakkige warmte heerschte, afhangende van den destijds grooteren of sterker werkenden invloed van inwendige warmte.

In den tegenwoordigen toestand schijnt het klimaat van het land ook door de *dieren* op eene merkwaardige wijze gekenmerkt te worden. Maar in de toepassing van deze aanwijzing doet zich eene zwaarigheid op, welke ook in mindere mate in de geographische botanie gevoeld wordt. Dieren worden in hunne verspreiding nog door andere oorzaken omgrensd dan door klimaat; zij zijn ingesloten tusschen zekere bergketenen, zekere uitgestrekte woestijnen en bijzondere zeearmen, somtijds zelfs beperkt tot bijzondere valleijen en eilanden. Hier komt nog eene andere moeilijkheid bij: de overblijfsels van landdieren zijn betrekkelijk schaarsch in de berglagen; en het is misschien alleen door eene vergelijking van de vormen der kruipende dieren, dat eenige welgegronde besluiten kunnen wor-

¹⁾ Wanneer eene rivier eenen zoo uitgestrekten loop heeft als de Mississippi zouden koude en heete streken gelijkelijk hare voortbrengsels tot een bekken kunnen brengen, dat in eene gemiddelde streek ligt. Ook op andere wijzen kunnen de omstandigheden verschillen. Stroomen van den Atlantischen Oceaan brengen hout van de kusten der keerkringslanden naar Ierland en IJsland.

den opgemaakt, betrekkelijk het klimaat van het land in de noordelijke zonen der wereld, gedurende eenig geologisch tijdperk van de vorming der beddingen. Hier zelfs is het besluit niet zeer toepasselijk op het landklimaat, daar de meeste fossile reptilen zeedieren zijn geweest. Terwijl de Ichthyosaurus en Plesiosaurus misschien aan de kusten, de krokodillen waarschijnlijk in de monden der rivieren leefden, kunnen de Megalosaurus en Iguanodon zich aan de oevers van voorwereldlijke meren hebben opgehouden, en uit de geheele reeks dezer reusachtige wezens, vergeleken met de tegenwoordige hagedisachtige en andere kruipende dieren, kunnen wij wel terecht besluiten, dat, daar bijkans alle groote reptilen tot de warme gewesten van den aardbol beperkt zijn, het hoogst waarschijnlijk evenzoo geweest is in den ouderen tijd.

Het aanwezen van zoöphyten is op eene zeer stellige wijze aan den invloed van warmte op geringe diepten in den oceaan onderworpen, en daarom kunnen deze bewerktuigde wezens de meeste aanwijzing geven omtrent de *temperatuur der vroegere zee*. Wanneer wij op de koraaldieren letten, dan zien wij dat de madreporen, milleporen enz. over 't geheel tot de warme zeeën behooren, zoo als die van West- en Oost-Indiën, de Stille Zuidzee, de Roode Zee enz. en nagenoeg nergens overvloedig voorkomen buiten den 33^{sten} parallel van N. en Z. breedte, behalve langs de zuidoost-kust van Australië. De oudere kalkaardige berglagen zijn zoo vol van overblijfsels van steenachtige polypenhuizen, dat zij door de meeste geologen voor koraal-riffen gehouden worden, welke in ondiepe plaatsen der zeeën aangroeijen tot eene gemengde massa van koralen, schelpen en kalkachtig slijk, 't geen uit de verbrijzeling dezer stoffen door de werking der zeegolven ontstaat.

Het zou weinig vrucht opleveren dit onderzoek uit te strekken tot de weekdieren, schaaldieren of visschen, die in de zee leven, omdat deze dieren zich op onderscheidene diepten in het water ophouden, somtijds periodiek tot de kusten komen, en er hier, ten einde voldoende gevolgtrekkingen ten opzichte van het klimaat te kunnen vormen, eene voor ons oogmerk te zeer in bijzonderheden afdalende uiteenzetting der familiën vereischt zoude worden.

Onze beschouwingen tot zulke organische wezens beperkende, die in groote groepen voor het klimaat in den tegenwoordigen toestand onzer planeet kenschetsende zijn, en die daarenboven in groote menigte in fossilen toestand voorkomen, hebben wij duidelijke bewijzen gevonden, dat het oude klimaat op het land over een groot gedeelte des aardbols zoodanig was, als tot voortbrenging van tropische vormen geschikt is, en dat het water van den oceaan in dezelfde streken op geringe diepte, zulk eene temperatuur had, dat het den groei van koraal-riffen en het aanzijn van groote reptielen begunstigde. En daar deze gevolgtrekkingen geene verklaring vinden in astronomische oorzaken, welke of waarschijnlijk niet plaats grepen, zoo als eene verplaatsing van de as der aarde, of welke niet voldoende zijn, zoo als eene verandering van den afstand der planeet van de zon, hebben wij slechts tusschen twee veronderstellingen te kiezen of beiden als gemeenschappelijk aanwezige werkingen aan te nemen. Wij moeten of veronderstellen, dat de locale voorwaarden van klimaatverschil zoodanige verandering ondergaan hebben, dat tropische vormen in poolstreken konden leven, ¹⁾ of toegeven, dat de oppervlakkige warmte der aarde in eene groote mate afhankelijk was van eene mededeeling van hitte uit het binnenste van den aardbol. Nemen wij het laatste aan, dan moeten wij den aardbol beschouwen als thans op de oppervlakte afgekoeld, welke verkoeling moet worden toegeschreven aan de ophooping van vaste rotslagen over eene gesmolten kern, terwijl thans hare temperatuur van eenen uitwendig werkenden invloed, van de werking der zon afhankelijk is.

Maar de geologie moet nog op een ander verschijnsel hare aandacht vestigen, voor dat zij de beschouwing van het oude klimaat van onzen aardbol besluit. Er is grond om te vermoeden, dat gedurende zeer late geologische, maar echter voorhistorische tijdperken dezelfde noordelijke gewesten, die in vroeger tijden planten en dieren hadden voortgebracht, welke aan die der tropische gewesten gelijkvormig waren, door eene algemeene oorzaak verkoeld zijn geworden, zoodat de bergachtige streken van Engeland, Schotland en

¹⁾ Zie de aanmerking op bl. 346.

Ierland met blijvende sneeuw overdekt, de oneffene dalen met afhellende gletschers opgevuld, de zeeën aan haren voet met drijvende ijsbergen werden bedekt, waarop rotsklompen, van de bergen afgescheurd, waren opeengetast. In de latere en meer oppervlakkige beddingen, die gedeelten van de zeebedding en overblijfsels van vroegere stranden zijn, worden meer dan honderd soorten gevonden, die in de Britsche en meer noordelijke zeeën leven, terwijl er een veel grooter aantal van de schelpdiersoorten, welke nu leven in de zee, die Brittanje omspoelt, en wier verwante soorten in zuidelijke streken voorkomen, in de bedoelde beddingen geheel en al ontbreekt. Sommige aan de kusten levende soorten, zoo als *Littorina expansa*, waarvan men de overblijfsels in die beddingen aantreft, zijn thans niet meer in de Britsche zeeën bekend, maar leven nog in de Pool-zee.

Wat het land betreft, dat in dat tijdperk met ijs bedekt was, wij vinden in de bergachtige streken van Groot Brittanje duidelijke sporen van het glijden der gletschers langs de hellingen van vele dalen, parallelle streepen, gladde oppervlakten, die effen geslepen zijn door lang aanhoudende, gelijkmatige wrijving, ophooping van steenbrokken even als die, welke aan den voet der gletschers van de Alpen liggen. Zelfs de beweging van de ijsbergen, welke aan den zeekant van deze gletschers afbraken, kan door de rotsblokken aangewezen worden, welke bij het smelten dezer ijsbergen op het bed der zee nedervielen. Zoo zijn van Shapfell in Westmoreland de blokken op ijs voortgedreven en door stroomen medegesleept over de heuvels van IJorkshire en de vlakten van Lancashire; van de porphierachtige toppen bij Bala Lake zijn de massa's voortgedreven tot de hooge vlakten der kalkheuvelrijen in Flintshire.

Men zou misschien kunnen veronderstellen, dat de grootere mate van koude, welke op de bergen van Europa (wij konden er bijvoegen van Azië en Amerika) heerschte, verklaard kan worden uit eene toenmalige grootere hoogte van de geheele streek. Maar de reeds aangehaalde wel gestaafde feiten, zoo als de overbrenging van erratische blokken op ijsbergen en de verspreiding van zeeschelpen, in verband met de sporen van ijsbeweging, zijn met zulk een' toestand

niet vereenigbaar. Zij vorderen inderdaad veeleer, dat wij juist het tegengestelde aannemen, en zij toonen, dat de IJs-zee van dat tijdperk omstreeks 1500 voet hooger stond dan de zee van den tegenwoordigen tijd, of, om juister te spreken, dat het Britsche land 1500 voet lager was.

Deze opmerking, welke in den eersten opslag de moeijelijkheid om de bijzonderheden en veranderingen van vroeger klimaat te verklaren, slechts schijnt te vermeerderen, baant ons inderdaad den weg om ons van de *grootere koude* der noordelijke gewesten reenschap te geven. Wij worden gedrongen om aan te nemen, dat de koude door eene groote onderaardsche beweging — eene verandering van land in zee werd voorafgegaan. Wanneer in den tegenwoordigen tijd eene zoodanige verandering plaats had, waardoor de toevoer van warm water uit de equatoriale gewesten, door de vloedgolven en den golfstroom van het noordwestelijk gedeelte van Europa was afgesneden, zoude de gemiddelde temperatuur van onze gewesten, nu tien of twintig graden hooger dan die van gelijke breedten in het oosten van Noord-Amerika, dat voordeel verliezen, en wij zouden wederom ongesmolten sneeuw op den Ben Nevis en Helvellyn zien rusten, en drijvende ijsschotsen in onze zee aantreffen. De Britsche eilanden en de westkust van Noorwegen, die nu zoo warm zijn in vergelijking van andere gewesten op dezelfde breedte, konden bij eene verandering der omstandigheden op de oppervlakte der aarde, welke geheel binnen de voorstelling der geologen ligt, toch de koudste gewesten worden. Maar door geene verandering van een tegenovergestelden aard zouden de streken, die nu in de warmte bevoordeeld zijn, nog tien of twintig graden hooger warmte kunnen verkrijgen; nog minder zoude zulk eene groote toevoeging van warmte aan een groot gedeelte der noordelijke luchtstreek gelijktijdig kunnen worden medegedeeld en door lange geologische perioden blijven voortduren.

Wij kunnen daarom de vooronderstelling niet ontberen, welke duidelijk door de verschijnsels schijnt te worden aangewezen, dat de inwendige hitte, welke nog bespeurd wordt op betrekkelijk geringe diepten onder de oppervlakte, vroeger veel meer bemerkbaar was, en

werkelijk de temperatuur der nu verkoelde landen en zeeën van het noorden verhoogde.

AANMERKING OVER DE PLAATSELIJKE VOORWAARDEN, DIE VERSCHIL VAN KLIMAAT KUNNEN DOEN ONTSTAAN.

Hetgeen boven (bl. 343) door PHILLIPS gezegd is, omtrent locale voorwaarden, die verschil van klimaat kunnen doen ontstaan en waarop in het slot dezer opmerkingen door de woorden "*de voorstelling der geologen*" wordt bedoeld, behoeft misschien eenige toelichting. Het is blijkbaar voor elk, die met de geschriften van den beroemden Engelschen geoloog LYELL bekend is, dat PHILLIPS hier het oog heeft op diens pogingen om de geologische feiten, die een verschil van klimaat in vroegere perioden van onze planeet aanwijzen, uit eene veranderde betrekking tusschen de ligging van het vaste land en van den oceaen te verklaren. (LYELL's *Principles of Geology*, 8th edit. London 1850 p. 102 en verv.) Voor hen, die met deze meening van LYELL onbekend zijn, willen wij kortelijk opgeven, dat deze schrijver uitgaat van de bekende daadzaak, dat in Europa onder dezelfde breedte eene hoogere gemiddelde temperatuur heerscht dan in Amerika. Men verklaart de grootere koude van Amerika uit de breede uitgestrektheid van land, 't geen in het noorden van dit werelddeel tot aan de poolstreken reikt, en gedeeltelijk eenige duizend voet hoog is; terwijl Europa ten noorden door de zee omspoeld wordt, en zich slechts met een gedeelte van geringe breedte tot in de poolstreken uitstrekt. De oceaen heeft eene neiging om overal eene gemiddelde temperatuur te behouden en de uitersten van hitte en koude te matigen. Het land daarentegen in hooge breedten wordt, wanneer het bergachtig is, een middel van verkoeling voor nabij gelegene deelen van den aardbol. In de nabijheid der keerkringen zal het land wederom door uitstraling meer hitte mededeelen aan den dampkring. Van hier ontleent ook de westelijke helft van de oude wereld warmte van Afrika, dat, als een onmetelijk fornuis, hitte over Arabië en Aziatisch Turkije en over Europa uitdeelt. Van deze opmerkingen uitgaande

neemt LYELL de mogelijkheid eener veranderde plaatsing van vast land en oceaan te baat, om de geologische verschijnsels van veranderingen in de temperatuur te verklaren. De betrekkelijke verhouding tusschen de uitgestrektheid van zee en land blijve overigens dezelfde, zoo zal er b. v., als al het vaste land aan de Noord- en Zuid-pool bijeen geplaatst was en de zee van de linie zich tot 30° N. en Z. uitstreckte, een uiterste grens van koude op onzen aardbol waargenomen worden, en lag daartegen al het vaste land tusschen den 30° N. en Z. breedte, dan zou de grootste hitte heerschen. Beide die uitersten heeft hij door eene kaart (bl. 111) verzinnelijkt. Wij willen niets te kort doen aan LYELL's verdiensten, maar meenen echter, dat hij te ver gaat, en op deze hypothese te veel gewigt legt, wanneer hij de stelling, dat de aarde eenmaal door hitte vloeibaar was en later, afgekoeld zijnde, eene vaste schors bekwam, voor willekeurig verklaart, en wanneer hij de daarop berustende beschouwingen *als spelingen der verbeelding omtrent de onderstelde veranderingen der inwendige temperatuur van eene embryonische planeet* brandmerkt (p. 94). Na deze opheldering zullen de woorden van PHILIPS duidelijk zijn, en de lezer zal, zoo ik meen, tevens bespeuren, dat deze schrijver, zonder LYELL te noemen, over de hypothese van dezen zijnen landgenoot omtrent eveneens oordeelt, als ik het gewaagd heb te doen.

J. v. D. H.
