

# KORAALVORMING.

DOOR

J. F. NIERMEYER.

Toen JAMES COOK voor de tweede maal om de aarde zeilde (1772—75) vergezelden hem de beide FORSTERS, vader en zoon. De vader, J. R. FORSTER, schijnt de eerste reiziger geweest te zijn, wiens aandacht getrokken werd door het eigenaardig karakter van de talrijke kleine, lage eilanden, waarmede een groot deel van den Stillen Oceaan bezaaid is. Met zijn scherpen blik herkende hij ze dadelijk als den arbeid der koraaldieren. »Het rif,» zegt hij in zijn *Bemerkungen auf einer Reise um die Welt* »wordt door de lithophytenwormen tot op geringen afstand van de »oppervlakte der zee opgebouwd. De golven spoelen langzamerhand »allerlei schelpen, wieren, koraalbrokken enz. op dezen pas opgetrokken »muur, die, door al deze toevoegsels verhoogd, ten slotte boven het »watervlak uitsteekt.» Volgende reizigers, als ADALBERT VON CHAMISSO, deelden nadere bijzonderheden omtrent deze vormingen mede. Zoo kwam men te weten, dat de koralen alleen kunnen leven in water, waarvan de temperatuur in de koudste maand gemiddeld nog 20° C. bedraagt; daardoor is hun gebied beperkt tot de tropische zeeën en wel tot de bovenste lagen daarvan.

De laatste omstandigheid trof den scherpen geest van CHARLES ROBERT DARWIN, toen hij met kapitein FITZROY's *Beagle* zijn reis om de wereld deed. Het getuigt van den genialen blik, die hem steeds als bij ingeving tot de kern der zaak deed doordringen, dat hij in het feit, dat koraaldieren alleen in de bovenste waterlagen leven kunnen (op grooter diepte is de temperatuur van het zeewater te

gering) de groote moeilijkheid zag bij de verklaring van het ontstaan hunner vormingen: immers de koraalriffen vormen, volgens DARWIN, steile, dikwijls loodrechte muren van aanzienlijke hoogte; deze verheffen zich dus uit een diepte, waarin geen enkele koraalsoort leven kan. Dat de koraalvormingen zelve slechts het bovenste deel der muren vormden en deze verder in de diepte uit andere formaties bestonden, kon hij onmogelijk aannemen. Immers waren groote verheffingen met zoo steile hellingen volslagen onbekend, zelfs bij vulkanen. Ergo: de muren moesten tot onderaan uit koraal bestaan en de onderste deelen, beneden de grens van het leven der arbeiders gelegen, moesten zich vroeger in hooger niveau bevonden hebben. Met andere woorden, waar een koraalrif van groote verticale afmeting gevonden wordt, is een bewijs voorhanden, dat het land is gedaald.<sup>1</sup> De koraaldieren vingen aan met bouwen, toen de kust of de zeebodem, die hun fundament vormt, boven hun dieptegrens lag en zetten hun bouw tot de oppervlakte voort. De bodem begon te dalen, maar zeer langzaam en geleidelijk, zoodat de diertjes voortbouwen konden en de muur tot den zeespiegel bleven optrekken. Wanneer op deze wijze een vulkaaneiland in de diepte verzinkt, waarvan de kust met een kringvormig koraalrif is omzoomd, zullen de koralen omhoog blijven groeien; het eiland binnen den kring wordt kleiner naarmate het verder zinkt; tusschen den bergtop en het rif ontstaat dus een ringvormig kanaal, dat breeder en breeder wordt, totdat eindelijk het eiland geheel is weggezonden en het kanaal tot een vijver is geworden.

Op scherpzinnige wijze had DARWIN door deze voorstelling de drie soorten van koraalriffen genetisch verbonden. Er komen er voor, die zich vlak aan het land aansluiten: de kustriffen; andere, die door een kanaal er van gescheiden zijn: de dam- of barrière-riffen; ten derde de ringvormige atollen, waarbij geen land meer te zien is. Volgens DARWIN was elk rif eerst een kustrijf, om vervolgens een barrièrerif te worden,

<sup>1</sup> Of de zee gerezen. De vraag, of de betrekkelijke dalingen van land- en zeeniveau aan een feitelijke plaatsverandering van het eerste dan wel van de laatste moet worden toegeschreven, is nog altijd onbeantwoord. Vandaar dat men zeker het best doet, met Suez de neutrale termen *negative en positieve niveauverschuiving* te gebruiken. De eerste gebruikt hij voor schijnbare rijzing van het land, omdat hij van meening is, dat het feitelijk niet dit, maar de zeespiegel is, die zich beweegt en dus een daling (negatieve beweging) aancemt. Wij hebben in dit opstel zijn termen niet gebruikt, omdat ze moeilijk uit elkaar te houden zijn voor die lezers, welke ze niet dikwijls ontmoet hebben.

wanneer de kust ging dalen. Bij kleinere eilanden, die geheel onder den zeespiegel wegzonken, werd dan het barrièrerif ten slotte een atol. Elk atol is dus de grafkrans van een voormalig eiland.

Geen wonder, dat deze vernuftige en toch zoo eenvoudige theorie luiden bijval verwierf. Onderzoekers van den eersten rang sloten zich bij haar aan. In alle leerboeken vond zij ingang. Vooral werd ze met vreugde begroet door die geologen en geografen, die zich bezighielden met de studie van de werkelijke of schijnbare bewegingen der aardkorst: alle kustlanden der continenten, die door barrièreriffen omgeven waren, konden nu tot de dalende kusten gerekend worden. Elk atol was een bewijs van een daling van den zeebodem. Dat het midden van den Stillen Oceaan eenmaal werd ingenomen door een groot vasteland, gold velen als een uitgemaakte zaak. De tallooze koraaleilanden van Polynesië waren hen even zooveel bewijsgronden. Vele ethnografen namen dit voormalig continent bij de verklaring van de verspreiding der menschenrassen te hulp. Hier bevond men zich reeds op een gevaarlijken weg. Want gevaarlijk is het steeds op de eene hypothese de andere te bouwen, ook al schijnen de grondslagen der eerste nog zoo hecht.

Al schijnen zij hecht. Want, helaas! — het woord is niet misplaatst, waar opnieuw blijkt, dat zelfs de grootste geesten der menschheid toch altijd feilbaar zijn — de theorie van DARWIN over den oorsprong der koraalriffen is niet bestand geweest tegen den toets van nieuwer onderzoek. Met aarzeling schrijft men een dergelijke uitspraak neer; immers waar een hypothese eerst algemeen werd aangenomen en later wordt verworpen, mag daar die verwerping worden uitgesproken op denzelfden apodictischen toon, waarop vroeger haar juistheid werd verkondigd? Moet de eerste dwaling niet doen vreezen voor een tweede? Moet niet de gedachte opkomen, dat elke menschelijke voorstelling onvolkomen schijnt te zijn en dat over zeker aantal jaren wellicht een terugkeer tot DARWIN's theorie gezien zal worden — zooals de wetenschap zoo dikwijls een cirkelgang gaat? Ondanks deze overwegingen hebben we gemeend het »niet bestand geweest'' te moeten neerschrijven. De lezer oordeele zelf, of daartoe grond bestaat.

Boven werd uiteengezet, dat de praemisse van DARWIN's rede-  
neering is: de koraalriffen vormen zeer hooge, steile muren. Blijkt dit onjuist, dan vervalt daarmee de noodzakelijkheid, een daling van den zeebodem aan te nemen, en wordt de genetische verbinding der

drie soorten van riffen een zuivere conjectuur; en inderdaad is het ten eerste niet zeker, dat er bij de meerderheid der riffen zulke hooge muren gevonden worden; en ten tweede: als zij er zijn, kan het onderste deel ervan zeer goed uit andere vormingen bestaan. Omtrent het laatste werd boven opgemerkt, dat in DARWIN'S tijd alleen van koraalvormingen zoo steile hellingen bekend waren als bij de buitenmuren der riffen voorkomen. Thans is dat anders; ook bij vulkanische eilanden heeft men ze opgemerkt. Zoo loodde de *Gazelle* (de Duitse *Challenger*) reeds op een afstand van 254 M. van den eilandvulkaan Nieuw-Amsterdam 1485 M. diepte, wat een hellingshoek van tachtig graden geeft.

Bovendien heeft MURRAY uit loodingen der *Challenger* aangetoond, dat de steile rifwanden dikwijls uit dood koraal bestaan. Hij heeft proeven genomen, waaruit hem bleek, dat deze losse koraalstukken door hun onregelmatige oppervlakte bijna loodrechte muren kunnen vormen, wanneer zij op elkander vallen; en zulke muren zullen in de kalme, diepere waterlagen niet worden aangetast, maar rustig blijven staan. Zijn er dus zeer hooge en steile muren, dan behoeven ze nog niet tot den bodem uit levend koraal gevormd te zijn; maar — zooals gezegd is — het is ook mogelijk, dat ze er niet zijn. Misschien is deze of gene verwonderd te hooren, dat deze basis van DARWIN'S theorie zelfs niet vaststaat. Hij wete dan, dat de voorstelling van die hooge koraalmuren niet berust op waarneming, maar op berekening. Diepzeelodingen als die van de *Gazelle* waren er weinig gedaan. DARWIN grondde zijn voorstelling op de onderstelling, dat de kust, waartegen een rif zich opbouwt, dezelfde helling onder den zeespiegel heeft als daar boven. De hypothetische hellingslijn onder water vormde dan in een profiel, dwars op de kust gedacht, de hypotenuse van een rechthoekigen driehoek, waarvan de lange rechthoekszijde gevormd werd door den afstand langs den waterspiegel van de kust tot den buitenmuur van het rif, de korte door den buitenmuur zelve. Waren de lange rechthoekszijde en de helling (m. a. w. een schuine hoek van den driehoek) bekend, dan viel de korte rechthoekszijde te berekenen. Bij een driehoek bv., waarvan de eerste een engelsche mijl (1609 M.) lang is en de tweede  $8^\circ$  bedraagt, heeft de laatste een lengte van 226 M. En daar men toch voor korten tijd aannam, dat koralen niet dieper dan hoogstens 380 M. onder zeeniveau leven kunnen, moest in dit geval een daling van het land (of een rijzing van den zeespiegel) van minstens 146 M. hebben

plaats gevonden. Een contrôle van deze berekening kan alleen geleverd worden door grondboringen, die de dikte van het rif rechtstreeks bepalen. In DARWIN'S tijd waren die niet verricht, ja ze ontbraken tot op heden. Eerst voor enkele maanden werd het resultaat van boringen gepubliceerd, die over het punt in kwestie licht verspreiden. En uit die boringen blijkt, dat DARWIN'S onderstelling, dat een steile kust zich met gelijkmatige helling onder zee zou voortzetten, onjuist is. Daarmee vervalt een der beide elementen, waaruit de derde, de korte rechthoekszijde van den driehoek, moest berekend worden: de hoek mag niet langer uit de helling boven water worden afgeleid.

De verdienste, dit te hebben aangetoond, komt toe aan dr. C. P. H. SLUITER te Batavia. Voor weinige maanden verscheen in het *Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië* (deel 39, 1889) een artikel van zijne hand, getiteld: »Einiges über die Entstehung der Korallenriffe in der Javasee und Brantweinsbaai, und über neue Korallenbildungen bei Krakatau.» — De Brandewijnsbaai op de Westkust van Sumatra, niet ver van Padang, wordt door een strandrif omzoomd. Over dit rif heen moest een havendam (pier) gebouwd worden. Men had gehoopt en gemeend, overeenkomstig de gewone voorstelling (die van DARWIN en DANA, den bekenden Amerikaanschen geoloog, die DARWIN'S beschouwingen heeft aangevuld), dat de koralen direct zouden zijn beginnen te bouwen op de andesietrotsen, die de kust vormen, zoodat men de helling daarvan slechts onder water had te verlengen om de benedengrens van het rif te vinden. Om met zekerheid te weten te komen, of deze voorstelling al dan niet juist was, werden vijftien boringen verricht, in een rechte lijn dwars over het rif, drie op het strand, negen op het rif zelve — over een lengte van 330 M. — en drie er buiten. En wat bleek daaruit? Dat de genoemde voorstelling in dit geval — het eenige, waarin zij aan de waarneming getoetst is — volkomen onjuist is, dat het rif niet rustte op de vaste andesietrots, in welk geval het aan den buitenrand een groote dikte zou gehad hebben, maar op een bodem van modder, hier met zand, daar met klei vermengd. Het was dan ook aan den buitenrand niet het dikst, maar verreweg het dunst, nl.  $2\frac{1}{2}$  à 3 M. De grootste dikte had het in 't midden, waar ze 10 M. bedroeg. Dr. SLUITER acht dit dunne rif van nog vrij jeugdigen leeftijd. Hij houdt de Brandewijnsbaai voor een tijdens het tertiaire tijdperk ingestorten krater; want uit een onderzoek van dr. R. D. M. VERBEEK bleek, dat de modder onder het rif uit uiterst fijn verdeeld en gedeeltelijk ver-

weerd gruis van de andesietrotsen der kust bestaat; het zand waarmede het vermengd is, is grootendeels uit andesietveldspaath ontstaan. Met dit vulkanisch puin werd tijdens de instorting de zeebodem bedekt.

Zoo is dus op het eenige strandrif, dat door boringen nader is onderzocht, DARWIN's theorie, die het noodzakelijk maakt een daling van den bodem aan te nemen, niet van toepassing. En het begin van een rifvorming op een modderbodern bij Krakatau — waarover straks nader — klopt volkomen met dr. SLUTER's voorstelling van het rif der Brandewijnsbaai; hetzelfde schijnt met eenige riffen langs Bawean en de Karimon-Djawa-eilanden het geval te zijn.

Evenwel zou nu nog de vraag gesteld kunnen worden, of DARWIN's theorie, al is ze dan voor de strandriffen niet door de boringen bevestigd, niet de eenige hypothese is, die het ontstaan van barrièreriffen, door een kanaal van de kust gescheiden, en van atollen op ongedwongen wijze verklaart door een daling van den zeebodem, zooals in het begin van dit opstel is uiteengezet. Het antwoord moet ontkennend luiden. Nieuwere onderzoekers hebben reeds sinds langen tijd aangetoond, dat noch voor de eene, noch voor de andere vorming, zulk een daling behoeft aangenomen te worden, dat alle soorten van riffen zich bij gelijkblijvend niveau kunnen vormen. Zoo is dus DARWIN's theorie niet alleen geheel onbewezen en pleiten de eenige waarnemingen, die van dr. SLUTER, tegen haar, maar zij is ook volstrekt overbodig. Gaan we in 't kort na, hoe dan de andere onderzoekers zich de vorming der lagunen bij de barrièreriffen en atollen voorstellen.

Reeds in 1869 schreef SEMPER, die de Palau-eilanden onderzocht, het ontstaan der lagunen toe aan de erosie van zeestroomingen. Tegen die meening wordt echter door DANA ingebracht, dat o. a. de mond van het kanaal bij het groote Palau-eiland veel ondieper is dan het overige gedeelte, wat niet met SEMPER's verklaring strookt. DANA beweert zelfs, dat de meeste atol-lagunen ingangen van minder dan 2 M. diepte hebben. Was erosie door zeestroomingen de oorzaak van hun ontstaan, dan zouden de mondingen minstens even diep, zoo niet dieper moeten zijn dan de lagunen zelf.

Een andere verklaring geldt alleen voor de vijfervormige lagunen der atollen, niet voor de kanaalvormige der barrièreriffen. Volgens haar — CHAMISSE en in den jongsten tijd MURRAY namen haar aan — zouden de atollen op de kraterranden van onderzeesche vulkanen ge-

bouwd zijn. Op den kraterbodem kon wegens de te groote diepte geen koraalvorming plaats hebben; zoo vormde zich alleen een koraalmuur op den rand en daarbinnen ontstond het meer. Ook deze verklaring is een zuivere hypothese, waartegen bovendien is in te brengen, dat ze niet alleen onbewezen, maar ook onvoldoende is. Immers is het thans een uitgemaakte zaak, dat de riffen, die op den effenen bodem van ondiepe zeeën ontstaan, ook den atol-vorm vertoonen kunnen. Het blijft dus nog uit te maken, hoe bij deze, en bij de barrièreriffen de lagune ontstaat. De meeningen der nieuwere onderzoekers zijn hierover verdeeld. MURRAY, die zijn kraterrand-hypothese heeft laten varen, schrijft bij de vorming der lagunen een krachtige werking toe aan de oplossende kracht van het zeewater; daarbij erkent echter ook hij, dat de koralen in 't midden van het rif, vooral bij groote riffen, minder krachtig groeien dan aan de randen, omdat ze minder voedsel ontvangen. Ten slotte zijn de randen tot aan de oppervlakte van het water opgegroeid, en nu worden de dieren in het midden zoozeer van voedsel verstoken, dat ze afsterven. Men zou kunnen meenen, dat dit laatste reeds voldoende is om het ontstaan der riffen te verklaren, althans dat der atollen, maar wellicht niet de soms zeer wijde kanalen, die de barrièreriffen van de kusten scheiden. Vandaar dat MURRAY bovendien de oplossende kracht van het zeewater te baat neemt, die de lagunen, zoo zij ze niet ontstaan doet, althans zeer vergroot. »Grootere hoeveelheden kalk», zegt hij, »worden in opgelosten toestand, als bicarbonaat, uit de lagune weggespoeld, dan worden afgescheiden door de koraaldieren, die er zijn in 't leven gebleven; zoo wordt de lagune verwijd en uitgediept.» Door dezen factor in te voeren, acht MURRAY, na zijn onderzoekingen bij Tahiti, ook de breede lagunen der barrièreriffen verklaard. Hij beweert, evenals DARWIN, dat die riffen eerst kust-riffen zijn geweest, zich dus toen vlak aan 't strand aansloten. Maar om te verklaren, hoe ze daarvan zijn verwijderd geworden, neemt hij geen daling van het land aan, maar de oplossing der kalk in het water, dat bij elken vloed over het rif geworpen werd. Daarmee heeft hij evenwel niet veel meer gedaan dan voor de eene hypothese een andere, evenmin door waarneming gestaafde, in de plaats te stellen, die tot heden toe slechts dit negatieve voordeel heeft, dat er nog geen afdoende argumenten tegen zijn aangevoerd, terwijl tegen die van DARWIN pleit, dat op sommige plaatsen, waar DARWIN een daling noodig heeft, een rijzing van het land geconstateerd is. Sommige

nieuwe onderzoekers, als WHARTON en BOURNE, nemen met dezen ruil van theorieën geen genoegen. Zij zijn van meening, dat het ontstaan der atollagunen voldoende daaruit verklaard kan worden, dat de aan den buitenkant eener onderzeesche bank levende koralen meer voedsel krijgen en dus sneller groeien, zoodat zich rondom de bank een richel vormt, die tot een muur opgroeit en het middendeel der bank ten slotte geheel van het voedsel, dat de zeestroomingen aanbrengen, berooft.

En wat de breede kanalen der barrièreriffen betreft, wijst WHARTON er op, dat de barrièrerif niet eerst een kustrif behoeft geweest te zijn — wat MURRAY ook zelf reeds had opgemerkt — maar kan ontstaan zijn op den rand van een bank, die de onderzeesche voortzetting van een kustland vormt, op dezelfde wijze dus als de riffen der atollen hun lagune verkrijgen.

Het sterkst pleit wel tegen DARWIN's theorie, dat sommige kusten met barrièreriffen en deelen van den zeebodem met atollen duidelijke sporen van recente verheffing in plaats van daling vertoonen. Ook voor den bodem der Javazee wordt dit door dr. SLUITER waarschijnlijk geacht. Daarbij komt verder, dat op verschillende plaatsen de drie soorten van riffen dicht naast elkaar voorkomen, ja zelfs, als in de Palau-, Salomons-, Fidschi- en Tonga-groepen, dat opgeheven koraaleilanden zich naast atollen bevinden; dus, zooals SUPAN zich uitdrukt, »een onmiddellijke nabuurschap van stellige bewijzen eener recente negatieve en zoogenaamde teekenen eener recente positieve niveauverandering» (de atollen en barrièreriffen). DARWIN zag de moeilijkheid in om het naast elkaar voorkomen van levende atollen, barrièreriffen, kustriffen en oude opgeheven riffen met zijn theorie in overeenstemming te brengen. Toenmaals was dat nog alleen van de Palaugroep bekend; maar met zijn overbekende loyautéit schrijft hij in 1879 aan SEMPER, dat zulke gevallen, als bij deze groep, als ze talrijk waren, de waarde van zijn theorie zeer gering maakten. »Toekomstige waarnemers,» ging hij voort, »moeten tusschen ons beslissen.» We zagen dat intusschen reeds bij een drietal andere groepen hetzelfde gebleken is.

Met dat alles is natuurlijk niet gezegd, dat bij sommige riffen niet inderdaad een daling heeft plaats gevonden; alleen dat deze, evenals een opheffing, de vorming der riffen slechts eenigszins kan wijzigen, dat alle soorten zich ook bij gelijkblijvend niveau kunnen vormen. De vraag is nu echter: waarop kunnen de niet langs kusten gelegen riffen, de atollen, zich vormen? Het antwoord luidt: op de talrijke op



zichzelf staande onderzeesche verheffingen van organischen, vulkanischen of anderen oorsprong, die omhoog reiken tot de dieptegrens van het koraalleven en die nog voortdurend ontstaan of aangroeien en het volstrekt overbodig maken een onderzeesch voormalig continent aan te nemen. DARWIN bracht bij voorbaat tegen deze meening in »dat het zeer onwaarschijnlijk is dat er zooveel van die submarine verheffingen in den open oceaan bestonden, dat de talrijke atollen daarop gevormd konden zijn." Evenwel is door de talrijke diepzeeloodingen der laatste jaren het tegendeel aangetoond. Zoo vond men bijv. bij de loodingen voor het leggen van den telegraafkabel van Lissabon naar Teneriffe zeven verheffingen van den zeebodem van 22 tot 900 M. diepte, die aan de onderzoekingen van de Challenger-expeditie ontsnapt waren. MURRAY stelt het aantal dier vulkanische kegels, tot nu toe door loodingen bekend of aangeduid, op drie honderd; de hoogere worden geëffend door de golven, de diepere verhoogd door den regen van schelpen van afgestorven zeedieren, die voortdurend in den oceaan plaats heeft. Was de aanwezigheid van deze talrijke banken aan DARWIN bekend geweest, hij had de overbodigheid van zijn dalings-theorie ter verklaring van den kringvorm der atollen ingezien. Dat bewijzen zijne door WHARTON geciteerde woorden: »Op een bank op de vereischte diepte beneden de oppervlakte der zee zou een rif ontstaan, dat niet kon onderscheiden worden van een tijdens daling ontstaan atol." Dat inderdaad deze sedimentbanken den onderlaag van riffen vormen, is door CUPPY's onderzoekingen aan de omhoog geheven riffen der Salomons-eilanden bewezen.

Wij mogen niet verzwijgen, dat dr. SLUYTER de in de aangehaalde woorden van DARWIN vervatte en door MURRAY, WHARTON, BOURNE e. a. bevestigde meening (dat de rand van een rif, reeds als het nog eenige vademen onder zeeniveau ligt, in gunstiger omstandigheden is dan het middeldeel en dus het meest in de hoogte zal groeien en een atol zal vormen) niet voor algemeen geldend houdt. Althans op de Javazee-riffen is zij niet van toepassing. Deze vormen van den beginne af vrij groote vlakten, namelijk van ongeveer 600 M. doorsnede, van de gemiddelde zeediepte gelijkmatig tot dicht bij den waterspiegel opgroeïend, zonder den atolvorm aan te nemen. Eerst nadat het rif de oppervlakte tot minder dan één voet genaderd is, beginnen de door MURRAY genoemde invloeden te werken, en in de meeste gevallen worden dan koraaleilanden met barrièreriffen, soms ook, maar

zelden, atollen gevormd. Waarschijnlijk hangt dit samen met de geringe beweging in het water der Javazee, waardoor de zeewaterfauna, die de koraaldieren voedt, zich gemakkelijker over het geheele rif kan verdeelen. De rijkdom aan pelagische dieren op het midden van het rif is niet geringer dan aan den rand. GUPPY, die SLUITER's onderzoekingen in *Nature* bespreekt, merkt op dat zulke kleine lagunen ook volgens MURRAY of in 't geheel geen, of slechts een zeer ondiepe lagune zouden bezitten. Daarbij is echter in 't oog te houden, dat MURRAY de verklaring daarin zocht, dat bij kleine lagunen, bij welke de omtrek groot is in verhouding tot het oppervlak, in verhouding veel meer dood koraal in de lagune wordt geworpen dan bij groote, zoodat zij of geheel of grootendeels wordt opgevuld, zoodat de koraalgroei in 't midden toch geringer is dan aan den rand. Dit verschil met de waarneming van dr. SLUITER blijft dus toch bestaan. Zeer waarschijnlijk heeft deze er de juiste verklaring van gegeven: waar de groei in 't midden geringer is, is dit de oorzaak, dat de stroomingen daar minder voedsel aanvoeren; zij stuiten tegen den rand der banken, en de koralen groeien 't weelderigst aan de buitenzijde der riffen; in water zonder veel stroom zal het voedsel daarentegen gelijkmatig verdeeld worden.

Ook voor eenige door hem onderzochte kust- en barrièreriffen, nl. die van de Brandewijnsbaai en bij Bawean en eer nader te bespreken jong strandrif bij Krakatau, neemt dr. SLUITER aan, dat ze zich gelijkmatig opbouwen van den bodem eener baai. Dicht bij de oppervlakte kunnen ze dan een barrièrerif worden. Ze behoeven zich dus niet altijd van het strand uit te vormen.

Zooeven deelden we reeds mede, dat oudere, maar nog in het tegenwoordig geologisch tijdperk gevormde riffen dikwijls boven het zeevlak omhooggeheven en zoo geheel zichtbaar geworden zijn. Tegen aanneming van een groote dikte der jongste, niet omhooggeheven riffen — zooals wij zagen de basis van DARWIN's theorie — pleit nu ook nog, dat de dikte bij die opgeheven riffen nergens grooter is, dan de afstand der dieptegrens van het koraalleven tot het zeeniveau; in de Salomon-groep bv. bedroeg de grootste dikte der opgeheven riffen 60 M.; bij hen is het dus evenmin noodig een daling van den bodem tijdens hun ontstaan aan te nemen.

»Het is nu tijd», zegt SUPAN, »door boringen op atollen na te gaan, of de resultaten der onderzoekingen op opgeheven riffen ook van toepassing zijn op de tegenwoordige», m. a. w. of de in den jongsten

tijd gevormde riffen niet dikker zijn dan de opgehevene. De door dr. SLUITER vermelde boringen op een barrièrerif beantwoordden die vraag ontkennend. Wat de atollen betreft, werden tot heden alleen boringen verricht op Honolulu. Daar vond men inderdaad koralen op grooter diepte dan ze waarschijnlijk leven kunnen. Men moest aannemen, dat hier een daling van den bodem had plaats gehad van ongeveer 200 M., wanneer althans die koralen onder dezelfde omstandigheden, o. a. in zeewater van dezelfde temperatuur, gevormd zijn als de tegenwoordige. Maar nu is dit juist volstrekt niet uitgemaakt: er heeft bij de boringen geen paleontologisch onderzoek plaats gehad; de diepliggende deelen van het rif kunnen zeer goed gevormd zijn in een vroeger geologisch tijdperk, toen de toestanden misschien geheel anders waren. Hun aanwezigheid is dus volstrekt geen bewijs, dat in dit geval DARWIN's dalingstheorie een steun vond. Dat is ook erkend door DANA, den Amerikaanschen geoloog, die deze theorie in den jongsten tijd heeft trachten te verdedigen, maar die er terecht van heeft afgezien, daarbij deze boringen als argument te gebruiken.

Ondanks dit alles, blijft de mogelijkheid bestaan, dat te eeniger tijd boringen verricht worden, waaruit blijkt dat sommige riffen tot een diepte reiken, waarin koraaldieren bij de tegenwoordige temperatuur van het zeewater onmogelijk leven kunnen. Dan zal voor die riffen een daling ten opzichte van het zeewater moeten worden aangenomen. Maar daarmee zal DARWIN's theorie niet weer hersteld zijn; zij wilde de verschillende vormen der riffen door daling verklaren — de nieuwere onderzoekers hebben althans *dit* voldingend bewezen, dat voor die verklaring een daling volstrekt niet behoeft te hulp geroepen worden. Wij willen hierbij nog de woorden aanhalen, waarin dr. SLUITER dit punt formuleert: »Die onderzoekers, welke in de tropen de koraalriffen nauwkeurig hebben beschouwd, moeten wel geleidelijk tot de overtuiging komen, dat, hoe geniaal, eenvoudig en interessant de oudere theorie, die van DARWIN, ook zij, zij eenerzijds in veel gevallen in 't geheel niet in overeenstemming te brengen is met de waargenomen factoren, en anderzijds ook het aannemen van groote dalingen, zooals DARWIN's theorie ze veronderstelt, tot verklaring van den eigenaardigen vorm der riffen zeer wel ontbeerd kan worden».

Over de vraag: tot welke diepte koralen tegenwoordig kunnen leven en riffen vormen, is veel gestreden. Vroeger werd de dieptegrens meest op veertig à vijftig meter geplaatst. Daarna werden op grootere diepten afzonderlijke koraalstukken aangetroffen, waarmee echter niet

bewezen was, dat op die diepte de groei aanzienlijk genoeg is om er geheele riffen te vormen. Maar in 1888 werd door MOORE en BASSETT SMITH een rif onderzocht, dat 142 verschillende soorten koraaldieren bevatte, waarvan er niet minder dan 40 tot op 90 M. diepte voorkwamen. Ook dit is echter een punt, dat nader onderzoek vereischt. Dr. SLUITER's onderzoekingen, in de ondiepe westelijke zeeën van den Archipel verricht, hebben daartoe natuurlijk niet kunnen medewerken. Te wenschen is het dat ook de grootere riffen en atollen in de diepe oostelijke wateren die over de plaats der dieptegrens veel licht zouden kunnen verspreiden, hunnen onderzoeker vinden.

Wij stappen af van de bespreking van DARWIN's theorie. Dr. SLUITER's onderzoekingen hebben nog andere belangrijke resultaten gehad. Ze betroffen niet alleen het rif van de Brandewijnsbaai, maar ook de koraaleilandjes der Javazee, met name van de golf van Batavia, en de koraalvorming bij Krakatau. Volgen wij hem eerst naar de zee benoorden Batavia. Hij herinnert ons, hoe vooral in het westen van den Archipel de koraalriffen nog zeer weinig onderzocht zijn, zoodat DANA in zijn bekend werk *Corals and Coral Islands* (1872) de riffen van Batavia, althans die der noordkust, voor veel onbeduidender aanziet dan ze zijn. Wel hebben ze niet de afmetingen van de riffen en atollen in den Grooten en Indischen Oceaan, maar aan kleinere koraalriffen en eilanden is de Javazee rijk.

Een nieuwe bijdrage dus tot de kennis van de geographische verspreiding der koraalvormingen, die nog altijd een opgelost raadsel vormt. Onverklaard is immers, waardoor de Groote Oceaan zoo rijk daaraan is, terwijl de Atlantische Oceaan geen barrièreriffen en maar een enkel atol, de Bermuda's, bezit. Hangt dit samen met de configuratie van den zeebodem of met de snelle verticale toeneming der temperatuur in den Atlantischen Oceaan; of is daar gebrek aan voldoende voedsel, of leven er talrijker vijanden van de metselaars onder de dieren? <sup>1</sup> Het antwoord op deze vragen kan nog niet gegeven worden.

Wel heeft dr. SLUITER tot de kennis van de voorwaarden der verspreiding een nieuwe bijdrage geleverd. Hij heeft aangetoond, dat een voorwaarde, die vroeger voor de mogelijkheid van koraalgroei gesteld werd, niet altijd aanwezig behoeft te zijn. Tot dusver verkeerde men

<sup>1</sup> Vergelijk het voortreffelijke handboek van A. SUPAN, *Grundzüge der physischen Erdkunde*, waaraan meer in dit opstel ontleend is.

namelijk steeds in de meening, dat koraalriffen alleen gevormd kunnen worden op den vasten grond. Maar de bodem van de baai van Batavia bestaat uit zeer fijne modder, afkomstig van de rivieren, die er in uitmonden.<sup>1</sup> Hoe konden zich daarop midden in zee, geheel vrij van de kust, de talrijke kleine riffen opbouwen? Het antwoord is verrassend: de jonge koralen hebben zich gevestigd op schelpen en steenen, vooral op stukken puinsteen, die geen vaste banken vormen, maar tusschen den modder verspreid liggen. De laatste waren meest afkomstig van de uitbarsting der Krakatau. »De kans, dat zulke koloniën van koralen in 't leven blijven en zich verder ontwikkelen, is zeer gering, maar het is toch denkbaar, dat soms verscheidene van zulke met koralen begroeide steenen, naast elkaar gelegen, onder gunstige omstandigheden den grondslag van een rif kunnen vormen.» Dat dit inderdaad het geval is, toont dr. SLUITER voor verschillende riffen aan. Ze hebben doorsneden van 20 tot 200 M., en zeer verschillende hoogte; men vindt ze er namelijk in alle mogelijke stadiën, van de eerste grondslagen, die zich nog in 't geheel niet boven den aangrenzenden zeebodem verheffen, tot de dichtbegroeide, met barrièreriffen omzoomde koraaleilanden. Dr. SLUITER neemt aan, dat op dezelfde wijze ook de grootere eilanden, zoowel in de baai van Batavia als in de Javazee ontstaan.

Ook zij hebben zich oorspronkelijk gevestigd op den modderbodem, op de gemiddelde diepte der omgeving van 6 tot 20 vadem! »Maar» — en met deze woorden wijst dr. SLUITER op een tot heden onbekende, zeer merkwaardige bijzonderheid —, »hoewel deze eilanden zich van de gemiddelde zeediepte uit hebben opgebouwd, zijn ze toch in den loop des tijds door het groote gewicht der verder groeiende koralen langzamerhand in den meer of minder weeken modderbodem ingezonken; ze hebben, om een vergelijking met havenbouwwerken te maken, hun eigen fundament gevormd!»

De juistheid van deze opmerking bleek uit het resultaat van een artesische putboring op het eiland *Onrust*; de dikte der koraallaag bedroeg hier 20 M., van 2 M. boven tot 18 M. beneden zeeniveau, en daar de diepte der zee om dit eiland  $\pm$  11 M. bedraagt, moet de koraal massa ongeveer 7 M. in den weeken modderbodem zijn ingezonken.

<sup>1</sup> Vandaar dat de mijn-ingenieur Mansfeldt meende te moeten aannemen, dat de koraalriffen waren opgebouwd op trachietmassa's, die door de jongste lagen zouden zijn heengebroken.

Deze waarneming werd bevestigd door de boven besproken boringen in het rif der Brandewijnsbaai. Hier is de ondergrond niet overal van dezelfde gesteldheid; en nu bleek dat in zachte modder het rif bijna driemaal zoo diep was ingezonken als in vaste klei of in klei met zand vermengd.

Bij al deze riffen vond men, dat op een bodem van modder of vulkanisch materiaal eerst de lossere soorten (Madreporen, Poriten enz.) zich vestigen, terwijl eerst later de meer massieve (Astreën enz.) op hen verder bouwen.

Heeft dr. SLUITER onze voorstelling van een der voorwaarden tot koraalvorming gewijzigd, een andere heeft hij bevestigd, nl. dat zij alleen kan plaats hebben in onvermengd zoutwater.

Terwijl de westelijke helft der baai van Batavia, bewesten den meridiaan van Tandjong Priok, een dertigtal koraaleilanden en riffen telt, bevinden zich slechts twee kleine, jonge koraalklippen vrij dicht beoosten die haven en komt verder in de oosthelft der baai in 't geheel geen koraalvorming voor. De reden daarvan is, dat de Tji-Taroem, die veel grooter is dan alle andere rivieren der baai, aan den N.O. hoek daarin uitmondt. En toch bevat ook deze rivier alleen in den regenmoesson water genoeg om het zoutgehalte van 't zeewater zoo te verminderen, dat koraalvorming onmogelijk wordt. Maar in dien moesson is ze dan ook geheel onmogelijk (en koralen moeten geregeld kunnen doorgroeien): de sterke N.W. wind stuwt dan het brakke water in de oosthelft der baai.

In de derde plaats zijn ook de riffen bij Krakatau door dr. SLUITER onderzocht en voor zoover ons bekend is, is dit de eerste maal, dat op een zoo groot terrein, geheel zonder dierlijk leven, als door de uitbarsting van Krakatau (Augustus 1883) geschapen werd, de beginselen der rifvorming zijn nagegaan.

Reeds in 1880 had dr. SLUITER Krakatau bezocht en er verschillende fraaie, hoewel vrij smalle kustriffen gevonden. Natuurlijk is daarvan na de catastrophie niets overgebleven: immers zoowel aan de noordkust, waar de grootste helft van het eiland instortte, als aan de andere kanten van 't eiland, waar een groote menigte puimsteen omhoog viel, werd een nieuwe kustlijn gevormd. De vroegere kustriffen en de geheele zeebodem in den omtrek werd met een laag puimsteen van 10 tot meer dan 20 M. bedekt.

Bij een tweede bezoek in 1888 bleek dat aan de noordkust reeds het begin van een nieuw rif was gevormd op de in zee gevallen

basaltstukken; het was 1 M. breed en gemiddeld 2 dM. dik. Bij het derde bezoek, in 1889, was het helaas grootendeels weer verwoest door nieuwe, van den bijna loodrechten wand der basaltrots afgevallen steenen. Terwijl in 1888, in het overige deel der kleine, 7 tot 27 M. diepe baai, aan welks oostkant zich dit rif bevond, nog zeer weinig koralen gevonden werden, doordat de golven nog voortdurend groote massa's asch en puimsteen van het strand afsloegen, waren in het volgend jaar alle stukken puimsteen, die de dreg omhoog bracht, al rijkelijk met koralen begroeid.

Vooral merkwaardig is de snelle aangroei van het genoemde jonge kustrif: 2 dM. dikte na hoogstens 5 jaar of 4 cM. per jaar! Wel is waar moet daarbij in aanmerking genomen worden, dat men hier te doen heeft met de lossere, rijk vertakte koraalsoorten, die ook bij Krakatau de onderste lagen der riffen zullen vormen; de meer massieve, die er later bovenop groeien, kwamen hier bijna nog niet voor. Die vertakte soorten breken na het afsterven licht af en vormen dan de in vele riffen voorkomende, uit kleine stukjes koraal bestaande lagen, die natuurlijk een veel geringere dikte hebben dan tijdens het leven dezer soorten. Maar ondanks deze overweging blijft de door dr. SLUITER gevonden waarde voor de snelheid van aangroeiing der riffen buitengewoon groot, wanneer men ze met de schattingen van GUPPY vergelijkt. Volgens hem bedraagt de aanwas van het Keeling-atol in de zuidelijke lagune, die langzamerhand wordt opgevuld, gemiddeld 30 cM. per eeuw! Zodoende schat hij den ouderdom van dit rif op 20000 jaar. Even groot als het gemiddelde (dus ook 30 cM. per eeuw) was het bedrag van den aangroei der Madreporen, waaruit ook het jonge Krakataurif hoofdzakelijk bestond. Hoewel GUPPY een geringer waarde moest verkrijgen dan SLUITER, omdat hij de factoren, die den groei der koralen tegenwerken, in rekening kon brengen, blijft het verschil te groot, om het hieruit te verklaren.

Men zal toegeven, dat een nader onderzoek naar dit belangrijke punt zeer gewenscht is. De resultaten van een derden waarnemer, LEHNERT, komen veel meer met die van SLUITER dan met die van GUPPY overeen. Hij heeft voor het groote Boem-Boem-rif aan de noordkust van Borneo een aangroei gevonden van waarschijnlijk gemiddeld 2 dM. per jaar.

Dr. SLUITER maakt ten slotte nog eenige korte opmerkingen over andere riffen in de Javazee. Bij de Karimon-Djawa-eilanden en bij Bawean zijn de riffen, voor zoover uit de nieuwere zeekaarten blijkt,

deels onmiddellijk op den vulkanischen klei- en modderbodem ontstaan, evenals in de Brandewijnsbaai, deels op vulkanische, omlaag gevallen stukken steen, zooals het kleine rif aan de noordkust van Krakatau.

Van de uitgestrekte groep der Duizend-eilanden zijn de zuidelijke ter loops door dr. SLUITER onderzocht. Zij zijn op dezelfde wijze ontstaan als de eilanden in de baai van Batavia, en dr. SLUITER acht dit, naar de zeekaarten, ook voor de andere eilanden in 't N.W. der Javazee waarschijnlijk. Ook in 't N. van dezelfde groep zijn de koralen zonder twijfel op den modderbodem gaan bouwen, op een diepte van 16 tot 20 vaam. In 't zuidelijk deel zijn al verschillende grootere oudere riffen, die reeds den atolvorm aangenomen hebben. Bij een paar der groote atolgroepen, de Agnieten en Hoorn-eilanden, is de toestand misschien eenigszins anders dan bij de overige; de zeebodem daalt er plotseling tot meer dan 50 vadem af. Misschien is hier een onderzeesche kraterrand, waarop de riffen zich hebben opgebouwd.

Er is omtrent de koraalvorming in onzen Archipel nog zoo weinig onderzocht, de resultaten van het eerste, eenigszins omvangrijk onderzoek van den laatsten tijd zijn zoo belangrijk, dat wij ten zeerste hopen, dat de bekwame zoöloog zich daaraan nog verder zal kunnen en willen wijden. Volgens GURRY, den onderzoeker van verschillende koraalgroepen, die ook met Insulinde niet geheel onbekend is, is vooral een nader onderzoek van de Duizend-eilanden gewenscht. Wij weten niet beter te doen, dan met dezen zijnen wensch ons opstel te besluiten:

» Wij hopen, dat dr. SLUITER een nauwkeurig onderzoek zal ondernemen van de Duizend-eilanden, daar de verschillende en ongewone voorwaarden van hun groei ze bijzonder belangrijk maken als een terrein, waarop het vraagstuk grondig kan bestudeerd worden».