



# oceanografie

Deze publikatie kwam tot stand dank zij de medewerking van onderstaande personaliteiten, vermeld in de volgorde waarop hun artikels gepubliceerd werden :

De hr. Eugène LELOUP :

Doctor in de Zoölogische Wetenschappen  
Laboratoriumdirecteur aan het Koninklijk Instituut  
voor Natuurwetenschappen van België  
Directeur van het Zeevaartinstituut van Oostende  
Gewezen Ondervoorzitter van de Internationale Raad  
voor Zeeonderzoek  
Expert bij de Europese Organizatie  
voor Economische Samenwerking (E.O.E.S.)

Markies Jean de HEINZELIN de BRAUCOURT

Doctor in de Wetenschappen  
Professor aan de Universiteit van Gent  
Docent aan de Vrije Universiteit van Brussel

Doctor T.F. GASKELL

Sekretaris van de Geografische Sektie van de  
Koninklijke Maatschappij voor Astronomie van Groot-Brittannië  
Wetenschappelijk raadgever van de British Petroleum Company Ltd  
te Londen

Professor Doctor P. GROEN

Wetenschappelijk medewerker aan het  
Koninklijk Meteorologisch Instituut van Nederland  
Professor aan de Vrije Universiteit van Amsterdam

BP review  
wordt gepubliceerd door BP Belgium n.v.  
Jan van Rijswijcklaan 162, Antwerpen

Alle briefwisseling betreffende "BP review"  
dient gericht aan de Public Relationsdiensten  
van BP Belgium n.v.  
Jan van Rijswijcklaan 162, Antwerpen

Verantwoordelijke uitgever : E. ALLEBE  
Mechelsesteenweg 245, Antwerpen

Hoofdredakteur : Marcel BEAUFAYS

Fotogravure De Schutter

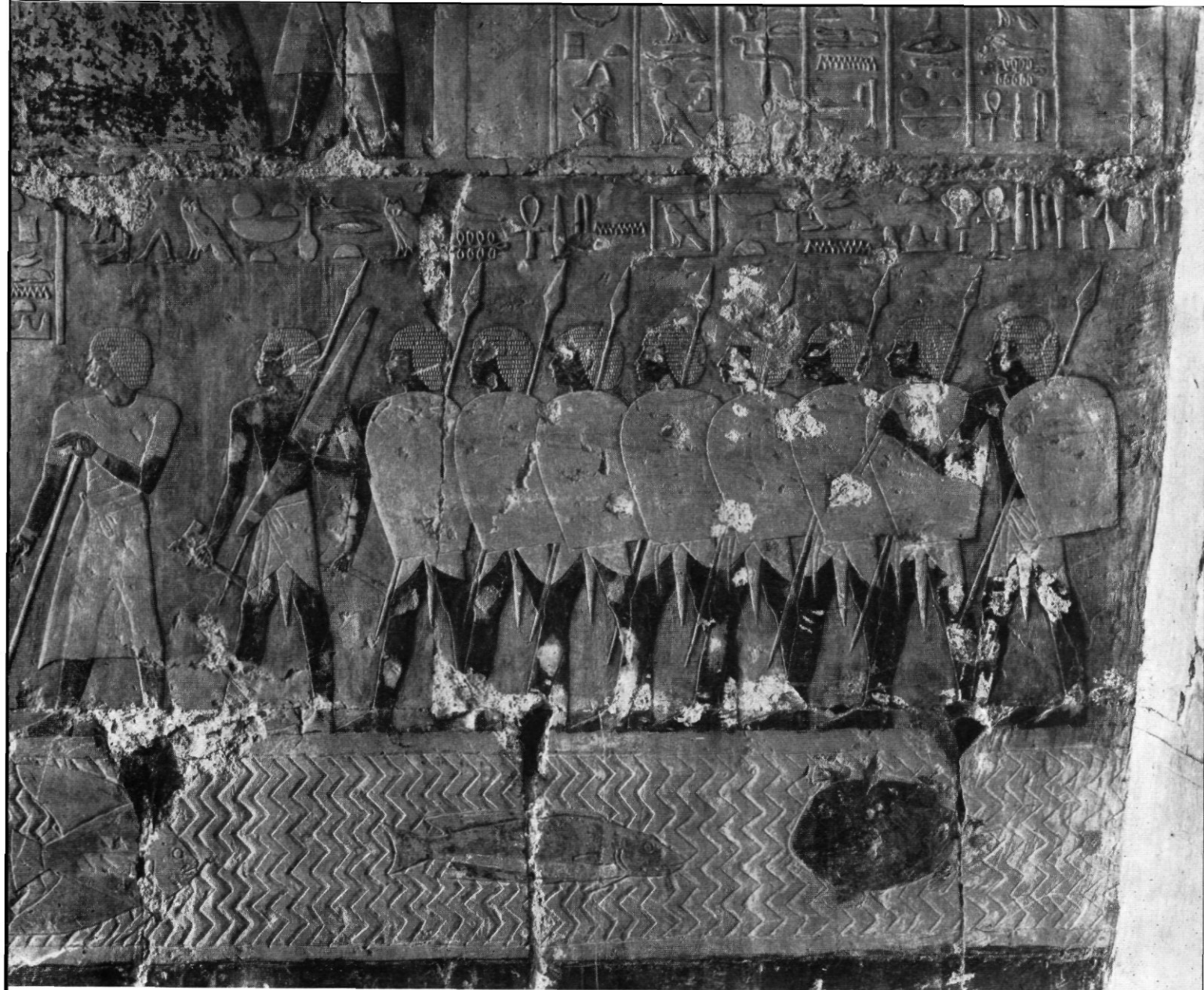
Drukkerij E. Stockmans & C° n.v.

Edition française sur demande

*De eerste bladzijde van het omslag is de reproductie van een onuitgegeven tekening van Piet Serneels, die eveneens de typografische maquette van dit nummer ontworpen heeft.*

*Het thema van de "OCEANOGRAFIE" inspireerde hem tot het tekenen van ingebeelde en niet duidelijk omschreven vormen, welke het weinig gekende landschap van de diepten der zeeën oproepen.*

*In de 15de eeuw vóór Kristus, liet Koningin Horshepsout voor de tempel van Devi-el-Bahari (Thebe) een reeks bas-reliëfs maken, welke de expeditie voorstelden die zij naar het land van Pount (waarschijnlijk de Somalikust) gezonden had. Op bijgaand doek heeft de kunstenaar, doorzichtig in het water, de verschillende soorten vissen en andere dieren, zoals schildpadden, afgebeeld, welke deze zee bevolken (Copyright A.C.L.)*



VLIZ (vzw)  
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE  
FLANDERS MARINE INSTITUTE  
Oostende - Belgium

## *editoriaal*

*door Dr. E. Leloup*

In het raam van de opvoedkundige taak, welke BP review zich gesteld heeft, zal zij in 1964 haar reeks van vier afleveringen aan de "oceanwetenschap" wijden. De meest bevoegde geleerden zijn zo welwillend geweest hun medewerking aan deze realisatie te verlenen. Zij zullen de lezers in kennis stellen van de resultaten der ononderbroken opzoekingen en der verschillende technieken die zonder ophouden in de steeds talrijker wordende gespecialiseerde instituten en laboratoria ontwikkeld worden. Zij zullen het bestek opmaken van de geduldig verworven resultaten op het gebied van de oceanografie.

In de eerste aflevering zal Dokter T.F. Gaskell, wetenschappelijk raadgever bij BP, spreken over de grens der oceanen, de structuur der atollen en der vulkaaneilanden evenals over de aard van de zeebodem.

Professor Dokter P. Groen, van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, zal zijn artikel aan het zee-ijs en de ijsbergen wijden. Markies de Heinzelin de Braucourt, Dr. in de Wetenschappen en professor aan de Universiteit van Gent, zal de oorsprong en het ontstaan der oceanen bestuderen.

De tweede aflevering zal handelen over de dynamika en de fysische- en scheikundige eigenschappen van het zeewater.

In de derde zal gesproken worden over het plantaardig en dierlijk zeeleven, terwijl de vierde ten slotte de mens ten overstaan van de oceanen zal tonen en naar de hulpbronnen verwijzen die zij opleveren om te voldoen aan de steeds maar toenemende behoeften van de mensheid.

In een dynamische, in een bestendige evolutie verkerende, wereld groeit de menselijke bevolking aan in een ritme zonder voorgaande. Elke dag worden er 75.000 kinderen geboren die evenveel bijkomende monden om te voeden zijn. Men schat dat de aarde, rond het jaar 2000, meer dan 6 miljard bewoners zal tellen. Dit verschijnsel maakt de mensen en regeringen, die verantwoordelijk zijn voor de toekomst en het sociaal welzijn, zonder onderscheid van ras of nationaliteit, bezorgd.

Hoe kan men een voldoende voeding voorzien en verzekeren aan alle toekomstige volkeren van de aardbol? Het spook van de honger doemt in een bepaald aantal kleine of grote landen op. Welnu, men kan zich voorstellen dat de huidige uitbating van zoet water en van het oppervlak van het overspoelde land fataal niet meer zal beantwoorden aan de steeds toenemende behoeften van de mensen. Natuurlijk zal men zich dan wenden tot het zout gedeelte van de hydrosfeer der oceanen en zeeën, de levensbronnen. Alhoewel dit geweldig watervolume al de principes bevat van een menselijke voeding en alhoewel het een geweldig reservoir van minerale elementen uitmaakt, heeft haar kennis slechts een geringe inspanning gevergd in vergelijking

met die welke gewijd was aan de kennis bestemd tot het productief maken van de aardse rijkdommen. De belangstelling voor de studie der oceanen heeft na de tweede wereldoorlog een aanzienlijke vlucht genomen. De mens van de 20ste eeuw aarzelt niet te verklaren: Wij kennen de oceanbodems minder goed dan het uitzicht van de Maan. Maar hij heeft er zich rekenschap van gegeven dat het, alvorens technieken uit te denken en te verbeteren, die de hulpbronnen van de zeeën kunnen schatten en productief maken, gepast was niet alleen een inventaris van de produkten op te stellen doch ook de aard na te gaan van de te onderzoeken milieus. De draagwijdte der aan te wenden middelen vereist een oprechte medewerking van alle beschaafde volkeren. De geleerden van alle naties moeten schouder aan schouder staan en de inlichtingen evenals de resultaten van hun opzoeken aan mekaar mededelen. Zij moeten een verspilling van hun inspanningen vermijden en aan een gemeenschappelijke aktie deelnemen die op een bepaald plan gebaseerd is.

Het internationaal karakter van de studie der oceanen werd voor de eerste keer erkend door de oprichting van een organisme dat de verschillende naties van Noord-Europa bundelt: de "Internationale Raad voor Zeeonderzoek", waarvan de zetel zich te Kopenhagen bevindt. De bedrijvigheid van dit instituut strekt zich uit tot de Noordzee en de aangrenzende zeeën, evenals de streken van de Atlantische Oceaan gelegen langs de Europese en Afrikaanse kusten ten noorden van de Evenaar.

Twee grote instellingen, de UNESCO en de FAO, moedigen de opzoeken voor het ontwikkelen van de zee- en visserijwetenschappen in de minder onderzochte streken aan en subsidiëren ze op wereldschaal. Onlangs werden twee internationale organismen opgericht die tot doel hebben de studie van het zout water: het een intergouvernementeel, de "Internationale Oceanografische Commissie", afhankelijk van de

UNESCO, en het ander wetenschappelijk onafhankelijk, het 'Wetenschappelijk Komitee voor Oceanografische Opzoeken', hetwelk de "Internationale Raad der Wetenschappelijke Genootschappen" vertegenwoordigt.

Dit Komitee werd belast een navorsingsprogramma op lange termijn te organiseren en te verwezenlijken in de Indische Oceaan met de medewerking van heel wat landen die over talrijke schepen beschikken. Deze in uitvoering zijnde zware taak is gerechtvaardigd omdat zij de toekomst aanbelangt van een uitgestrekte zone van de aardbol.

De betrekkelijk weinig gekende Indische Oceaan beslaat 14 % van de aardoppervlakte; hij grenst aan tropische en subtropische landen welke bewoond worden door een zeer dichte en zeer vruchtbare bevolking, waarvan het geheel meer dan één vierde van de wereldbevolking uitmaakt. Wanneer men zich een blik op de wereldkaart gunt, komt men onder de indruk van een uitgestrekt blauw oppervlak; het vertegenwoordigt de massa der oceanen en zeeën waaruit de vastelanden en de eilanden opdoemen. Deze vloeibare massa vormt een geheel dat 361 miljoen vierkante kilometer, hetzij 70,8 % van de Aardplaneet, beslaat. Zij heeft een inhoud van 1.370 miljoen kubieke kilometer.

De oceanografen bestuderen systematisch het zeemilieu. Zij trachten er de oorsprong, de grenzen, de geologische structuur en de scheikundige samenstelling van het water, de plantaardige en dierlijke organismen die er leven, van te bepalen.

In werkelijkheid vormt de moderne kennis van de oceaan geen wetenschap; maar zij is de toepassing van alle wetenschappen voor het bestuderen van de zee, zoals door H.U. Sverdrup bepaald. Zij doet beroep op alle disciplines, hoe talrijk en gevarieerd ook: geologie, geofysika, meteorologie, aardrijkskunde, fysika, scheikunde, toegepaste matematika en biologie.

De zee met haar steeds bewegen-

de bovenste lagen wordt op alle diepten doorkruist door dalende of stijgende horizontale en verticale stromingen. Haar golven "tekenen" de kusten waarlangs zij loopt. De schommelingen van haar getijden leveren de mechanische energie, beweging (waterkracht) die omgezet wordt in elektrische energie. Daarbij verlaagt de temperatuur, in de warme zeeën, trapsgewijs van de oppervlakte naar de diepten waar zij rond de  $+4^{\circ}\text{C}$  blijft schommelen. Dit temperatuurverschil heeft het de hhrn. G. Claude en Boucherot mogelijk gemaakt een procédé aan te bevelen dat een beweegkracht uit de zee trekt.

De koude en warme zeestromin-

gen oefenen een belangrijke invloed uit op de temperatuur van de atmosfeer; zij konditioneren de klimaten, de windkracht en -richting, de richting der cyclonen en bijgevolg de economie der verschillende streken van de aardbol.

De mens tracht de ontelbare anorganische en organische hulpbronnen, verspreid over de oceanen, aan te wenden. Deze kunnen ofwel vernieuwd worden zoals de opgeloste zouten en mineralen, de levende organismen, of zijn onvervangbaar zoals de opgehoopte petroleum onder de zeebodem. Het oceaanwater bevat praktisch alle gekende natuurlijke elementen.

Het verrijkt zich ononderbroken door het terug naar boven komen van de in de lagere lagen opgeloste zouten evenals door de atmosferische aanlopen en door de minerale bestanddelen en de organische afval die met het zoet water van stromen en rivieren wordt weggevoerd. Dit verklaart haar toenemende bezoedeling door de thans in hoeveelheid door atoomontploffingen of in zee teruggesmeten radioactieve afval bevrijde elementen.

De uitgestrekte voedselreserves, welke zich in de oceaanmilieus bevinden, zullen rationeel dienen uitgebaat opdat de aangesproken voorwaarden tijdig zouden kunnen aangevuld worden.

De levenscyclus van de zeedieren kan vergeleken worden met die van de aardbewoners. Op het vasteland bestaat hij uit vier stadia. Onder de invloed van het licht leveren de planten de organische materie; zij dienen als voedsel voor de plantenetende dieren, die - op hun beurt - opgegeten worden door de vleeseters en door de mens; ten slotte bacteriën die de uitwerpselen en de krengen van alle levende schepselen doen ontbinden; de gedesintegreerde produkten komen beschikbaar voor de vorming van nieuwe planten.

In het mariene domein is de cyclus meer ingewikkeld. Ontelbare uiterst kleine drijvende planten (fytoplankton) vervangen het gras; zij worden afgegraasd door myriaden kleine

diertjes (zooplankton), waarvan een gedeelte tot voedsel dient voor grotere dieren die ofwel planktonisch zijn, ofwel tussen twee waters zwemmen (nekton), ofwel op de bodem vastzitten (benthos); vervolgens voeden vleeseters van alle grootte (sardienen, kabeljauw, walvissen) zich ten koste van deze verschillende soorten. Maar op hun beurt vormen zij het voedsel voor andere vleeseters (haaien; robben) en de mens; ten slotte desintegreren de bacteriën de afval en de lichamen van alle planten en van alle dieren; aldus worden de eenvoudige elementen opnieuw samengesteld die nodig zijn voor het fytoplankton en het zooplankton.

Het opzoeken, het vangen of de oogst van de zee-organismen verschillen van die van de planten en dieren van het vasteland. Het leven op onze planeet, dat uitsluitend met de lucht in contact komt, evolueert slechts in een strook die zich betrekkelijk laag boven de atmosfeer bevindt, op het oppervlak van de aardkorst en lichtjes eronder en erboven. Daarentegen dringen de wezens, welke in het zeewater leven, in de drie dimensies in zijn geweldig volume binnen, dat wil zeggen over gans zijn oppervlakte en vanaf zijn oppervlak tot in de meest onmetelijke diepten die de 10 kilometer overschrijden.

Met uitzondering voor de ondiepe kuststreken, ziet de mens de bodem niet van het duister gebied waar Poseidon de scepter zwaait. Thans maken geperfectioneerde toestellen het hem mogelijk de organismen te fotograferen in de gebieden waar volstreekte duisternis eeuwig heerst.

Niet lang geleden merkte hij zijn vangsten nog empirisch. Maar op het huidig ogenblik ontwikkelt de mens zijn kennis in dit zo uitgebreid als geheimzinnig domein bij middel van speciale technieken. Aan boord van voortdurend verbeterde schepen of machines doorkruist hij het oppervlak van de oceanen en doorloopt hij de zeediepten die hij vroeger, wegens gebrek aan zuurstof, niet kon onder-



zoeken. Eens op vaste grond wordt de oogst onderzocht, in de kalmte van de laboratoria geanalyseerd waar de konfrontatie der resultaten de uitwerking en koördinatie mogelijk maakt van wetenschappelijke expansieprogramma's op wereldschaal. De geleerden zoeken ononderbroken naar nieuwe technieken met de bedoeling het rendement van de vangsten te verhogen, het maximum aan voedsel te halen uit planten en zeedieren van alle grootte, de somtijds in zuivere toestand aanwezige mineralen uit te baten en te gebruiken, en er zelfs zoet water uit te distilleren voor menselijk gebruik en voor de irrigatie van onvruchtbare zones.

De meeste naties hebben een rechtstreeks contact met de zeeën, wat een onderlinge verbinding vergemakkelijkt. De oceanen konditioneren de economische en sociale ontwikkeling der kustnaties. Door de verplaatsing van mensen en het vervoer van de produkten van hun werkzaamheden mogelijk te maken en te vergemakkelijken, brengen zij de landen en continenten dicht bij mekaar. Is onze beschaving trouwens niet aan de Middellandse Zeekusten ontstaan?

Een steeds toenemende wereldbevolking moet de strijd aانبinden om in leven te blijven. Haar voortbestaan en haar welzijn plaatsen haar leiders voor belangrijke problemen. Derhalve moet men vertrouwen stellen in de grote staatslieden die zich om de toekomst van onze nakomelingen moeten bekommeren en die van nu af aan hun best doen om die te verzekeren. Is het niet hartversterkend hulde te kunnen brengen aan de zin voor verantwoordelijkheid en de grootheid van de opvatting van zijn verplichtingen, die tot uiting kwam bij President J.F. Kennedy?

In de loop van de plechtigheden van de honderdste verjaring van de Nationale Akademie van Wetenschappen van de Verenigde Staten verklaarde hij op 22 oktober 1963, kort vóór zijn dood:

**"I recently sent to Congress a plan for a national attack on the oceans of the world, calling for the expenditure of more than \$ 2 billion over the next ten years".**

**"Our goal is to investigate the world ocean, its boundaries, its properties, its processes.**

**To a surprising extent, the sea has remained a mystery.**

**Ten thousand fleets still sweep over it in vain.**

**We know less of the oceans at our feet, where we came from,**

**than we do of the sky above our heads.**

**It is time to change this,**

**to use to the full our powerful new instruments of oceanic exploration,**

**to drive back the frontiers of the unknown in the waters which encircle our globe".**

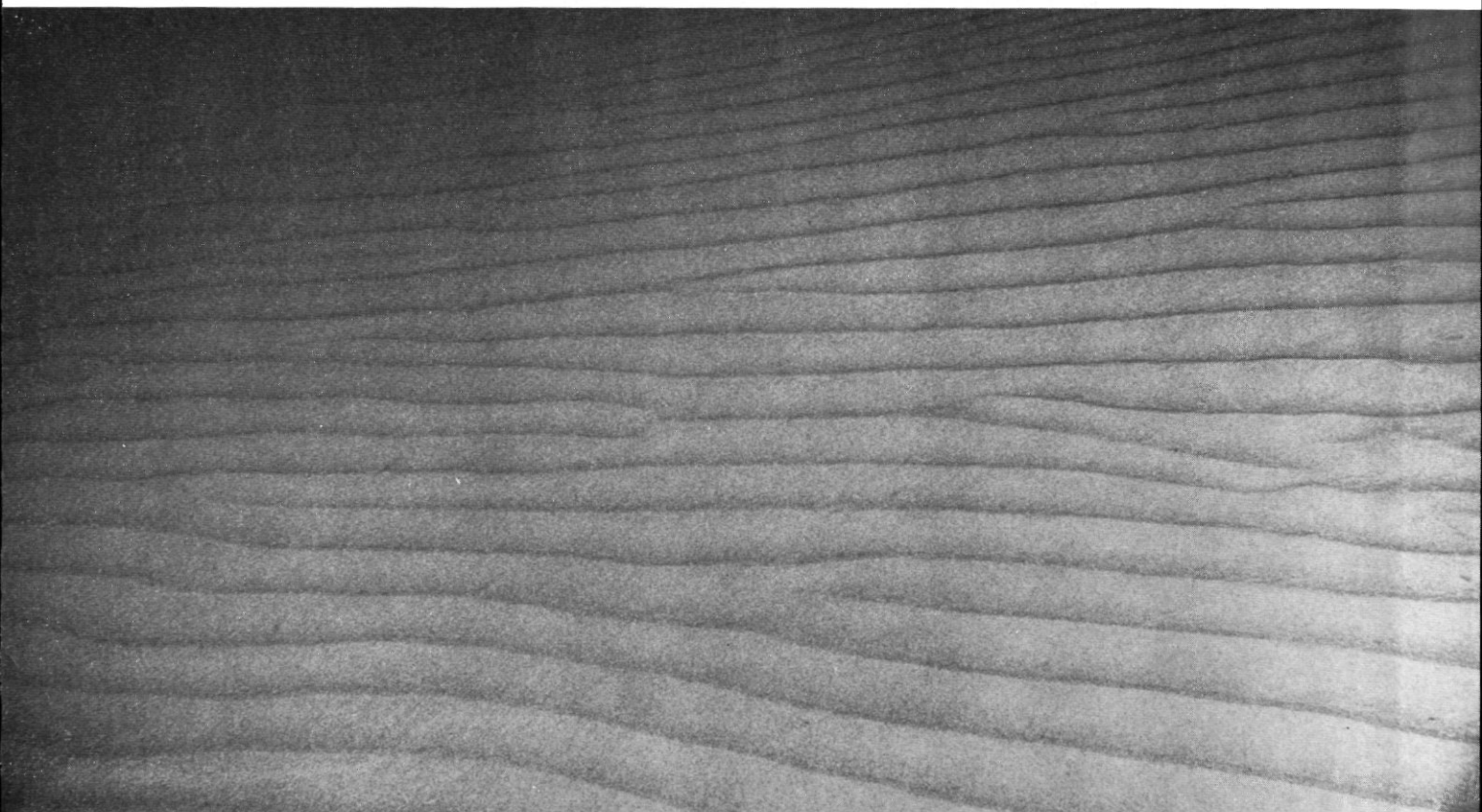
**"It has been estimated for example, that the yield of food from the seas could be increased five or ten times through better knowledge of marine biology, and some day we will seed and weed and harvest the ocean. Here, again, the job can best be done by the nations of the world working together in international institutions".**

*"Onlangs heb ik bij het Kongres een plan ingediend dat tot doel heeft een diepgaande studie door te voeren van al de oceanen van de wereld op nationaal vlak; het voorziet een uitgave van meer dan 2 miljard dollar in de tien komende jaren".*

*"Ons doel is de wereld van de oceaan te bestuderen met zijn grenzen, zijn eigenschappen, zijn ontwikkelingen. De zee is verrassend mysterieus gebleven. Tientallen duizenden schepen doorkruisen haar zonder resultaat wat de oceanografische kennis betreft. Wij weten minder over de oceaan, van waaruit nochtans het leven is ontstaan, dan over de hemel boven ons. Het wordt tijd dat dit verandert, wij moeten ten volle gebruik maken van de nieuwe en sterke instrumenten voor oceanonderzoek; wij moeten de grenzen van het onbekende verdrijven uit de wateren die onze aardbol omringen".*

*"Zo heeft men bijvoorbeeld geschat dat de voedselproductie, afkomstig uit de zeeën, vijf- tot tienmaal zou kunnen opgevoerd worden door een betere kennis van de zeebiologie. Eens zullen wij in de oceanen kunnen zaaien, wieden en oogsten. Het ware wenselijk dat zulke onderneming verwezenlijkt zou kunnen worden door de landen uit de ganse wereld, welke in de schoot van de internationale instellingen samenwerken.*

Het bed van de zee wordt dikwijls door golvende voren (ripple-marks) doorploegd. Deze onderwaterfoto, genomen op een diepte van 2.450 meter, geeft de oceaانبodem weer over een oppervlakte van drie meter op vier door 05°36'N 61°51'E.  
(National Institute of Oceanography)



Het probleem van de oorsprong der oceanen kan in 't begin gemakkelijk verward worden met dit van de oorsprong van de aarde. In welk tijdsperspektief dient men zich allereerst te plaatsen ?

Wanneer men het siderisch universum, waartoe het zonnestelsel behoort, op een 15 miljard jaar schat, schijnen de planeten zelf nauwelijks meer dan 5 à 7 miljard jaar te tellen. Deze schattingen berusten op overvloedige metingen met betrekking tot verschillende isotopen in het universum.

In welke toestand verkeerde de aarde aanvankelijk ?

Men is thans ver van de simplistische opvatting van een geleidelijk afgekoelde vuurbol, daarna van een diluviaanse regen welke de oceanbekkens vult. Tegenover de theorieën, die "warme" primitieve gasachtige stadia onderstellen, staan de mischien meer aanneembare hypotesen van een samendrukking van afgekoelde stoffen. Aldus zou men onder meer kunnen uitleggen dat enkel de gassen en vloeistoffen, die door scheikundige verbinding aan de metalen of kristallen gehecht zijn, konden ingelijfd worden: water  $H_2O$ , dat in staat is waterstof te verwekken door dissociatie; ammoniak  $NH_3$  en de nitraten, die in staat zijn stikstof te verwekken; kooloxyde en het koolgas  $CO$  en  $CO_2$ ; sulfieten en eenvoudige organische samenstellingen. Het is inderdaad merkwaardig dat de edele gassen, die niet op een scheikundige verwantschap kunnen bogen, aan het aardoppervlak heel wat zeldzamer zijn dan over de ganse wereld (1.000 tot 10.000 maal); hier dient nog aan toegevoegd dat de overvloedigste, argon en helium, een essentieel radioactieve en niet meer primitieve oorsprong hebben. De geleidelijke concentratie van de koude kosmische bestanddelen heeft kunnen leiden tot de vorming van een bol waarvan de elementen reeds gedeeltelijk verspreid waren in functie van hun densiteit. Daar zware metalen elementen naar het midden trekken, ontstaat aldus een kern van grote dichtheid.

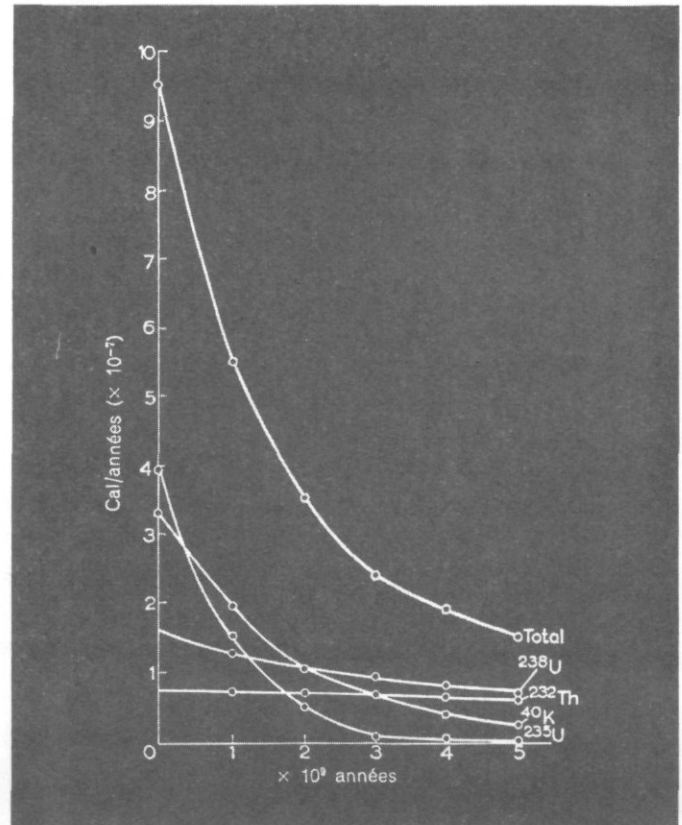
Er konden twee soorten van verschijnselen optreden om de aarde op te warmen. Enerzijds een adiabatische kompressie wegens de zwaartekracht; anderzijds de termische effecten van de radioactiviteit van de rotsen die uranium, thorium en potassium bevatten.

De aldus ontstane fusies hebben de structuur van de aardbol grondig kunnen wijzigen, waardoor het densiteitsgradiënt nogmaals onderlijnd werd: de lichtere granietachtige

# de oorspron

door Prof. Dr. J. de Heinzelin

Aan de Aarde geleverde warmte door de desintegratie van U, Th en  $^{40}K$  en totale warmte van radioactieve oorsprong (in functie van de tijd).



ge rotsen bovenaan (afgekort het SIAL), dan de bazaltachtige rotsen (afgekort SIMA) en ten slotte de diepe "mantel" van dunieten en peridotieten, ferromagnesiumrotsen van gemiddelde samenstelling (Fe, Mg),  $SiO_4$ . Er ontstond een korst onderaan en in de schoot ervan ontloek een zeer actief vulkanisme van gesmolten magma, dat gedurende de latere geologische perioden in veel geringere omvang behouden bleef.

Van toen af werd begonnen met het "ontgassen" van de minerale bestanddelen, terwijl de fusies en de herkristallisaties een steeds verder doorgedreven afscheiding veroorzaken van de vluchtige lichamen. De primitieve atmosfeer, die er uit volgde, verschilde grondig van de huidige. Zij moest rijk zijn aan verdampte lucht, koolgas, ammoniak en metaan, verstoken van zuurstof, dat wil zeggen reducerend. De huidige dampkring is stellig een atmosfeer van later maaksel, voornamelijk onderhouden door het

leven van de planten, die koolgas in zuurstof omzetten door chlorophylwerking en fotosynthese. Het is inderdaad uitgesloten te denken dat de zuurstofmolekulen, met hun grote scheikundige reactiviteit, vrij zouden kunnen blijven bestaan in een wereld, overgeleverd aan louter scheikundige reacties, zonder biologisch geregenereerd te worden.

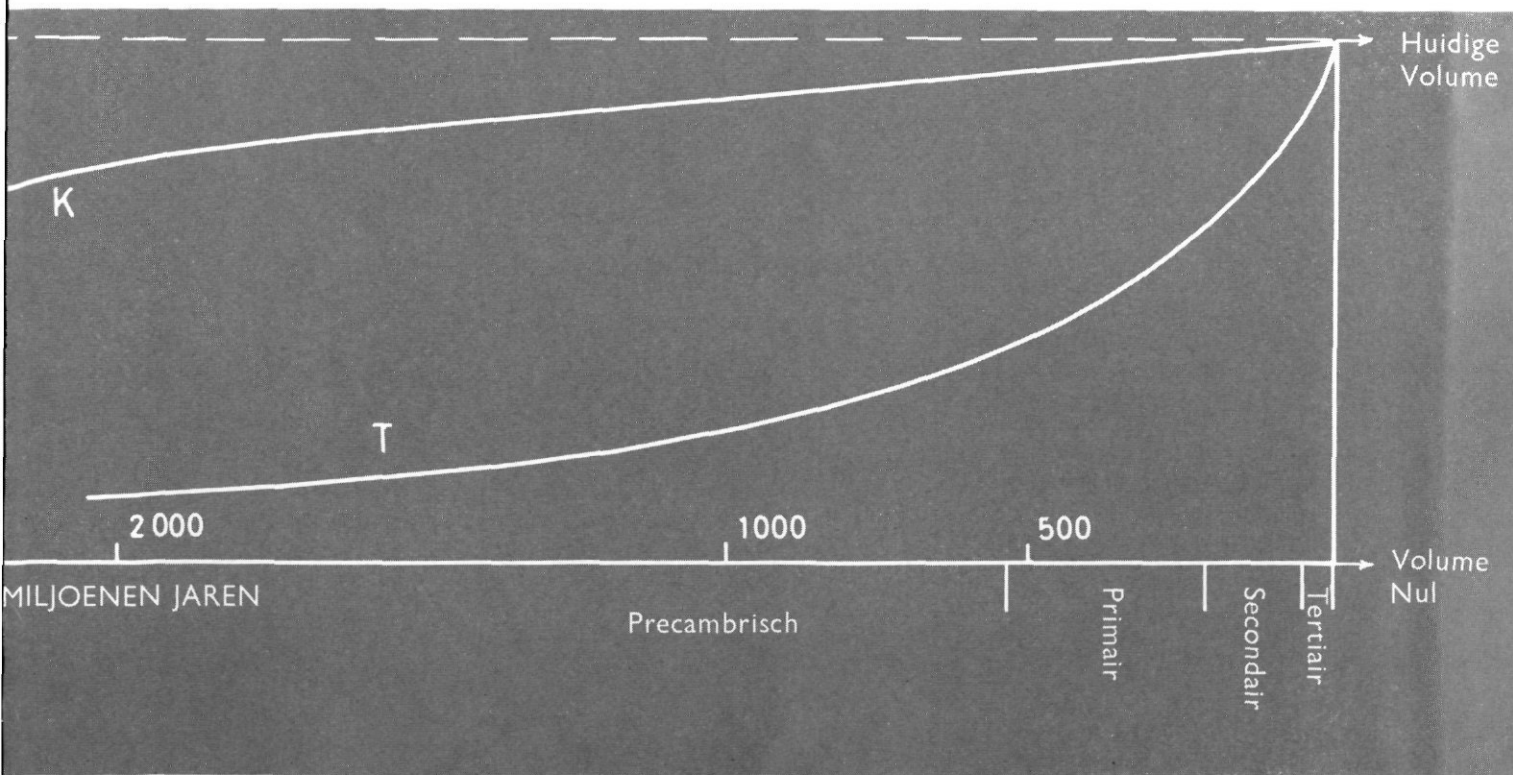
Wanneer drukking en temperatuur van de atmosfeer zich, na een voldoende termische diffusie, aan de kritieke drukking en temperatuur van het water aanpassen, zal dit zich in twee fazen splitsen, de oceanische vloeibare fase en de atmosferische dampfase, sindsdien onderling verbonden door een voortdurende cyclus van verdamping en condensatie.

De vloeibare fase werd vanzelfsprekend het oplosmiddel van de best oplosbare ionen: voornamelijk chloor, bromium, jodium, sodium, potassium, magnesium. Daarom is "de zee zout". De zoutaanvoer van de continentale zoete waters is zeer



# der oceanen

Variaties van de hoeveelheid oceaانwater tijdens geologische perioden, volgens twee auteurs (K = Kuenen; T = Twenhoffel).



verschillend van samenstelling en brengt slechts geringe wijzigingen in de samenstelling der oceanwaters. Bij een gemiddeld zoutgehalte der oceanen van 35%, moet de zoutachtige massa  $50 \cdot 10^{21}$  gr (50 miljoen megaton) bedragen. (1) De zouten, die jaarlijks door de rivieren worden aangevoerd, maken slechts een uiterst klein gedeelte uit van  $5,5 \cdot 10^{-8}$  hetzij 5 honderd miljoenste; waarvan het grootste gedeelte trouwens samengesteld is uit koolzuurzouten, silikaten en calciumsulfaten, die uiteindelijk op de zeebodems terecht komen en er blijven liggen en aldus aan het eigenlijk oceanisch vloeibaar milieu ontsnappen.

Op een gans andere wijze gaan de water- en zoutmassa's van de oceaan gedurende de geologische perioden toenemen: door de aanvoer van waters, die men "jeugdig" noemt of, zo men wil, vulkanische van diepe oorsprong, magmatische, en dit zowel in de schoot van de vastelanden als onder water. Dit is enigermate de vertraagde voortzetting van het "ontgassen" van de gesmolten mineralen, ontstaan door de primitieve atmosfeer.

De schattingen zijn zeer verschillend volgens de auteurs en de aangenomen veronderstellingen: sinds het Cambrium (500 miljoen jaar) zou er volgens de enen 5% van het water der oceanen bijgekomen zijn; 25% sinds het Krijttijdperk volgens de anderen. Ongeacht zijn snelheid kan de realiteit van de aanvoer van jeugdig water niet in twijfel gebracht worden. Men kan er een bewijs van zien in de schikking der onderzee-"guyots", afgeknotte vulkanen die zich op grote diepten onder het zeeoppervlak bevinden, in het bijzonder onder de noordelijke Stille Zuidzee, maar die toch zowat overal onder de andere oceanbekkens worden opgemerkt.

Hun kruin werd afgeschuurd door de golven en er ontstonden stranden en klippen; sommige heeft men tot in het Krijttijdperk kunnen terugbrengen (een 100 miljoen jaar geleden), die zich thans op 1.000 of 1.500 m diepte bevinden en nog op 3.500 m de bodem van de oceanbekkens beheersen.

Wat is er gebeurd? Zijn de vulkanen onder hun eigen gewicht door isostatische herinstelling weggezakt of is het niveau der oceanen geste-

gen? Ongetwijfeld hebben de twee oorzaken gelijktijdig gespeeld. De gemiddelde diepte van de noordelijke Stille Zuidzee bedroeg in het Krijttijdperk zonder twijfel bijna 4.000 m, waarbij nog enkele honderden meters zijn bijgekomen door bodeminzinking en aanvoer van jeugdig water. (2)

Wij hebben hoger de onderlinge afhankelijkheid op de voorgrond gesteld die er heeft moeten bestaan tussen de vorming van de aardkorst, die van de oceanen en de aard van het vulkanisme, in een tijdstip dat misschien een 4 tot 5 miljard jaar achter ons ligt.

Uit die periode is ons geen enkel tastbaar document nagelaten en alleen onrechtstreekse beredeningen hebben tot een zeer waarschijn-

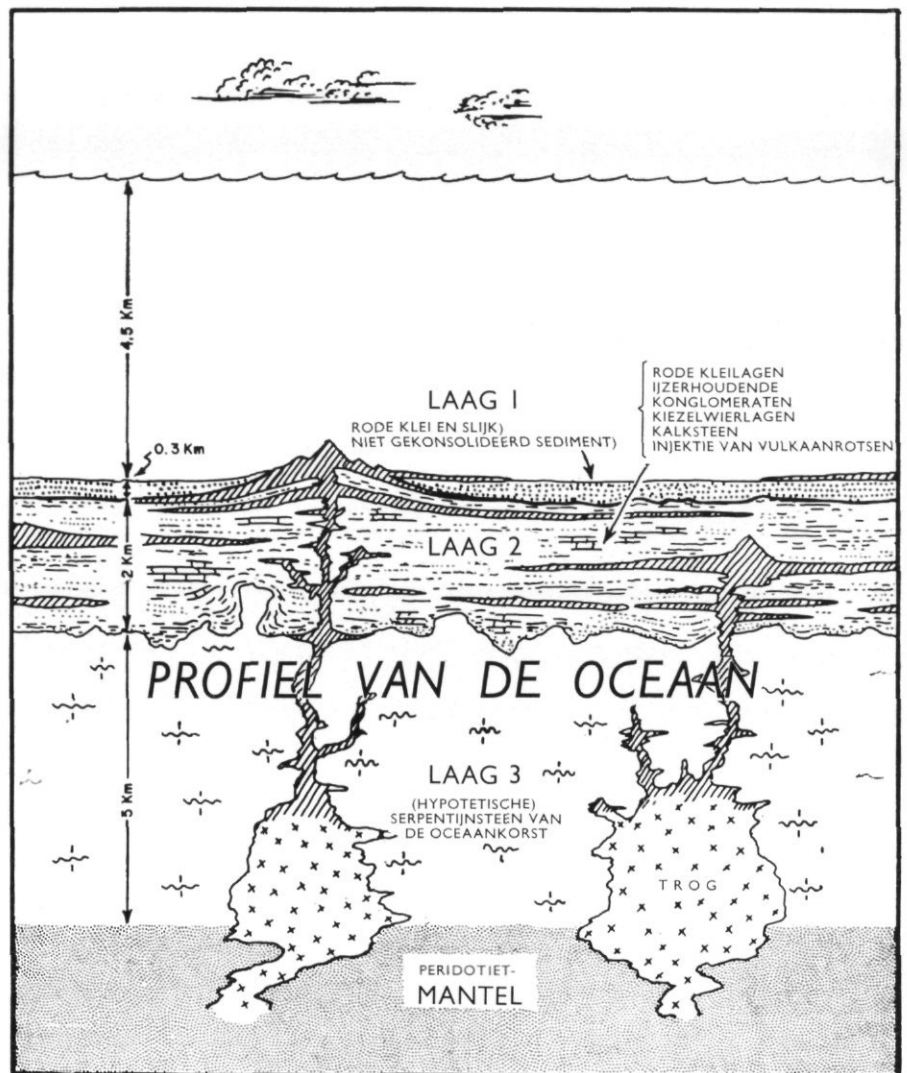
lijke hersamenstelling van de gebeurtenissen kunnen leiden.

De oudst gekende rotsen tellen inderdaad nauwelijks meer dan 3 miljard jaar: dat zijn granieten en uitzonderlijk geplooid vulkanische rotsen, die de kern vormen van de oudste en ook meest stabiele continentale massa's. Later hebben er zich op herhaalde en krampachtige wijze andere geplooid en gekonsolideerde rotspakketten aan toegevoegd die telkens aaneengesloten berg-

(1) De aardmassa bedraagt ongeveer  $6 \cdot 10^{27}$  gr (zes miljoen van miljarden megaton); deze van de oceanen telt  $1,42 \cdot 10^{24}$  gr (1,42 duizend miljard megaton); de oceanische zoutachtige massa telt  $50 \cdot 10^{21}$  gr en vertegenwoordigt 1 honderdduizendste van de aardmassa. Eén megaton is gelijk aan een miljoen ton =  $10^6$  ton.

(2) Gemiddelde diepte van de Atlantische en Indische Oceaan: 3,9 tot 4 km - Gemiddelde diepte van de Stille Zuidzee: 4,3 km.

Naar "De oorsprong van het leven". Teksten gekozen en ingeleid door professor Florin van de Universiteit van Luik (Vonigradov).



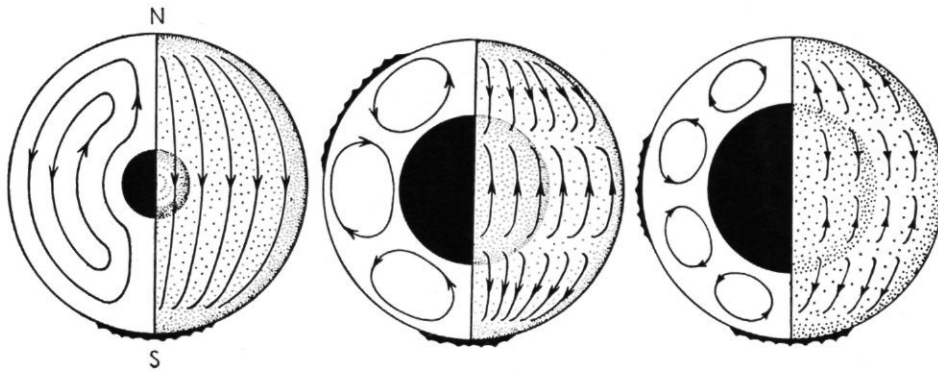
achtige reliëfs vormen. Dank zij talrijke bepalingen van absolute ouderdom door radioactiviteit kan men aantonen dat de voornaamste fazen hun hoogtepunten hadden rond 2 miljard 500, 1 miljard 800, 1 miljard 400, 950 miljoen, 500 en 300 miljoen jaar.

Met de oudst gekende rotsen komen - een zeer verrassend feit - de oudste levensuitingen tot ons: meer dan 2 en half miljard jaar geleden bestonden er reeds blauwe wieren en andere ééncellige organismen, beslist ook bacteriën. Het is dus zeker dat op dit ogenblik de voorwaarden van temperatuur en van het chimisme van de oceaansedimenten niet sterk verschillen met de huidige.

Tegenover deze continentale structuur van de aardkorst staat de oceaansedimenten, waarvan geen gemiddeld schema te maken is door het boven elkaar plaatsen van volgende omhulsels: 4 tot 5 km water, 300 m zachte sedimenten die niet gekonsolideerd zijn ("laag 1"), 2 km van een raadselachtig mengsel van verharde rotsen met zeer onregelmatig oppervlak ("laag 2", verharde sedimenten en vulkanische rotsen?), nog 5 km tot aan de diskontinuiteit van Mohorovicic ("laag 3", bovenste gedeelte van de mantel of spiraal, silikaat van hydraatmagnesium?) en ten slotte de eigenlijke mantel. Hieruit volgt dat de diskontinuiteit van Mohorovi-

diepte meet. Zijn samenstelling beantwoordt waarschijnlijk aan de formule  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2 \text{SiO}_4$ . Volgens berekeningen van de verschillende auteurs bereikt zijn temperatuur 1.000 tot verscheidene duizenden graden centigraden; de inwendige druk is geweldig en brengt een mechanische werking en fazenevenwichten met zich die heel wat verschillen met die van de oppervlakte.

Men stelt zich thans voor dat het onderste gedeelte, ongeveer onder de 70 km, enigermate plastisch is en zeer langzame bewegingen van thermische konvektie ondergaat, die analoog zijn aan die van een vloeistof in een langs onder verwarmd



Verschillende konvektiemogelijkheden in de mantel van de aardbol (Naar "Continental Drift" 1963 door Runcorn).

## Een praktisch bestendig net van spleten loopt door de aardkorst heen

De continenten, waarvan de geschiedenis, zoals wij gezien hebben, zo lang en zo complex is, lijken ons thans een mozaïek van bundels, waarin graniëtachtige, sedimentaire, vulkanische en metamorfische rotsen zijn doorgedrongen welke een gemiddelde dikte hebben van 35 km, gaande tot 60 km. Zij hebben een geringere densiteit dan de rotsen van grote diepte en rusten op de "mantel" van bazaltachtige rotsen, nabij de kruin waarop de "diskontinuiteit van Mohorovicic" gelegen is, welke de seismische golven ontdekt en een structuurverandering der rotsen waarneemt. De mantel loopt door tot op 2.900 km diepte, zetel van een belangrijke diskontinuiteit met de "kern".

Heel wat dicht bij het oppervlak onder de oceanen ligt (gemiddeld 11,5 km) dan onder de continenten (35 km gemiddeld en tot 60 km).

De schijnbare ouderdom van de gekende oceaansedimenten is een tweede tegenstelling met de continenten: alle zijn betrekkelijk jong, zowel de vulkanische (bazaltachtige) als de sedimentaire. Bij het gemiddeld ritme van de oceaansedimentatie zou laag 1 nauwelijks meer dan 75 miljoen jaar kunnen tellen (Boven-Krijttijdperk, einde van het Sekondaire). Misschien vertegenwoordigt laag 2 een bepaald gedeelte van de vorige geologische tijdvakken, maar men is nog ver verwijderd van de miljarden jaren, die voor de continenten gekend zijn.

Hoe kan men deze tegenstrijdige gegevens verzoenen? Hiertoe dient men de theorieën een eindje verderop te duwen ten einde te verklaren hoe de bestendige aangroei van de continenten is geschied.

Keren we terug naar de mantel, het dik omhulsel van zware basische rotsen, dat van 11,5 tot 2.900 km

vat. Aldus zullen er stijgende en dalende kolommen ontstaan tussen een net van konvektiecellen. De materie, die zich van een stijgende kolom naar een dalende begeeft en onvermijdelijk een horizontale weg moet kruisen, kan een gedeelte van de bovenste mantel schaven en verwijderen door wrijving en dit zou de motor zijn van de vervormingen, plooiën en scheuren van de aardkorst. Naargelang het geval zou men de continenten en oceanen zien splitsen of samenvoegen. Zoals bijvoorbeeld de samenvoeging van de bodem van de Stille Zuidzee tegen de Amerikaanse Rots- en Andescordilleras. Zoals ook de samenvoeging van de oude continenten die de ketting Alpen-Himalaya volgen.

Ingevolge talrijke campagnes van echopeiling in diepe oceanen is het duidelijk geworden dat een praktisch bestendig net van spleten de aardkorst doorloopt. Deze spleten snijden "dorsale" delen uit in de verhoogde oevers die voornamelijk oceanisch zijn, doch die soms ook

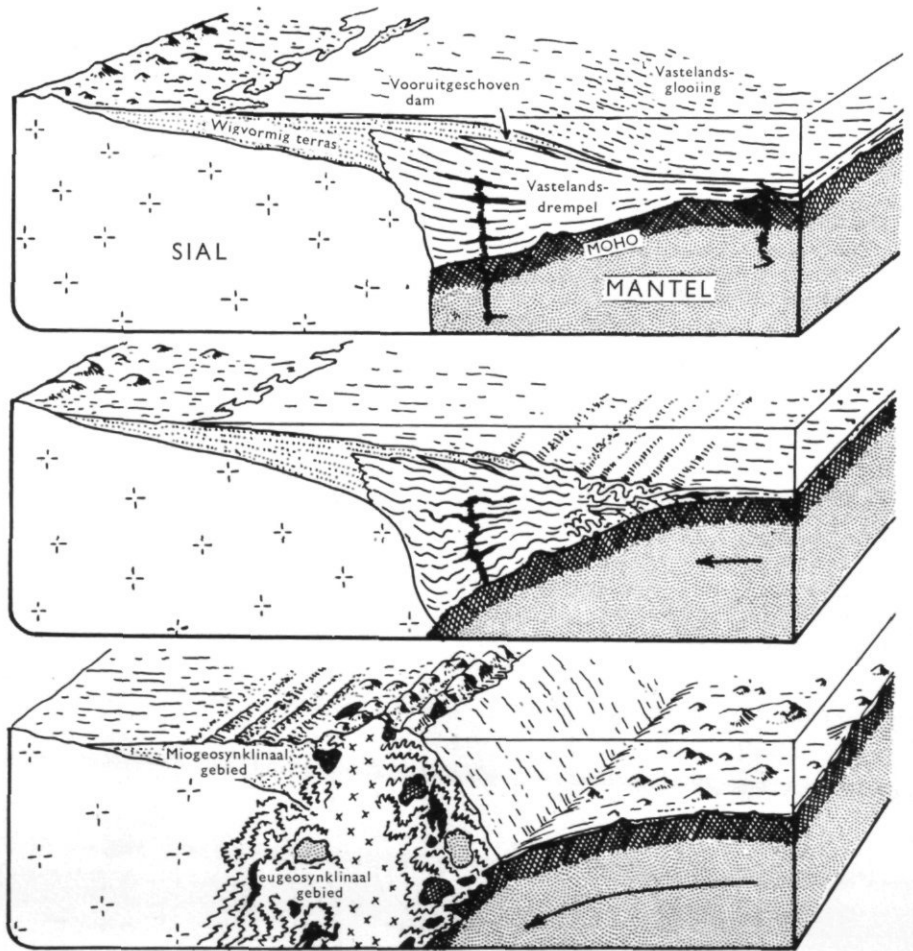
midden door eilanden of continenten lopen. Aldus verdeelt het dorsale Atlantisch centrum IJsland en verdelen de grote Afrikaanse kuilen het Nyassa-Afrika van Tanganyika om de Rode Zee te vervoeegen langs Ethiopië. Onlangs kwam aan het licht dat de oceanische dorsalen de zetel zijn van een aanzienlijke termische vloed, 5 tot 6 maal groter dan de normale termische vloed van de continenten en oceaانبekens, wat voldoende de tussenkomst bewijst van warme en diepe magma's. De gespleten dorsalen zouden dus de zetel onthullen van de stijgende kolommen der konvektiestromen in de mantel.

Wanneer wij de hypotese nog wat verder doordrijven, kan men zich inbeelden dat de oceaانبodems zich langzaam "afrollen", te beginnen van de grote spleten en zich op deze wijze zijdelings uitstrekken. In contact met de continenten kunnen zij er ofwel onder wegzinken, volgens reusachtige spleetvlakken waarop zich jonge gebergten oprichten, ofwel geleidelijk de continentale massa's verwijderen. Het eerste geval zou dit van het contact tussen de Stille Zuidzee en het Andesfront zijn. Het tweede zou dit van Zuid-Amerika en Afrika zijn, het Atlantisch centrumdorsaal dat dienst doet als voedsellijn van de oceaانبodem.

Men kan trouwens bewijzen dat onder meer bij belangrijke gedeelten van de bodem van de Stille Zuidzee het ene vergeleken met het andere zeer aanzienlijke zijdelingse verplaatsingen heeft ondergaan.

Tussen Hawaiï en de Noord-Amerikaanse kust bestaat er een reeks parallelle spleten volgens dewelke zich grote caissons van de korst met betrekkelijk verschillende snelheden verplaatst hebben.

Biezonder delicate magnetische metingen hebben de structuur in overeenstemming kunnen brengen van de diepe vulkaanrotsen, die door de sedimenten uit grote diepten bedekt zijn en uit de analyse der kaarten blijkt dat deze structuren in bepaalde gevallen verplaatsingen hebben ondergaan van 1.420 km (zogezegde spleten van Mendocino en Pionner). De verplaatsingsbewegingen, die wij hier aanhalen, brengen de goedgekende theorie in herinnering van de 'drijvende continenten' (Wegener 1912) met dit verschil dat men thans



Theoretische ontwikkeling van een cordillera bij contact met een continent en een oceanografische bodem. (Naar "The Geological Society of America". Bulletin van juli 1963)

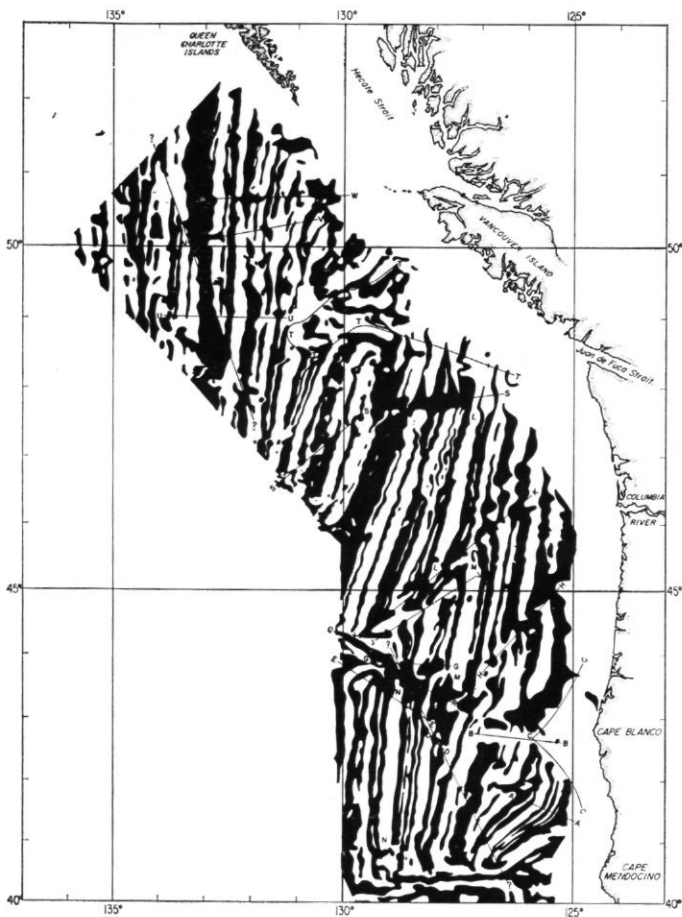
de zetel van de betrokken krachten heel wat dieper situeert en dat men zich de solide korst veel dikker voorstelt, minstens 70 km. Het is inderdaad onmogelijk in de geest het beeld te bewaren van betrekkelijk dunne continenten welke als vloten op de zachte en plastische oceaانبodems zouden drijven. Deze hypotese, die destijds geniaal leek, is mechanisch onverdedigbaar, maar zij beïnvloedde grotelijks de geschiedenis van de geologie door voor de eerste maal een beweeglijkheid naar voren te brengen.

Tot nog toe hebben wij in onze discussie impliciet aanvaard dat de vorm en het volume van de aarde in hun geheel sinds onheuglijke tijden praktisch konstant zijn gebleven. Dit schijnt zo vanzelfsprekend dat men er in de verhandelingen over geologie nooit bevestiging noch ontkenning over vindt. Maar zo wij thans in onze vermetelheid zouden

aanvaarden dat de aarde een bestendige verwijding ondergaat? Deze idee is juist het tegendeel van de vroegere, volgens dewelke de aarde afkoelt, zich samentrekt en "ineenschrompelt als een appel", maar zij kan toch bogen op enkele fysische rechtvaardigingen.

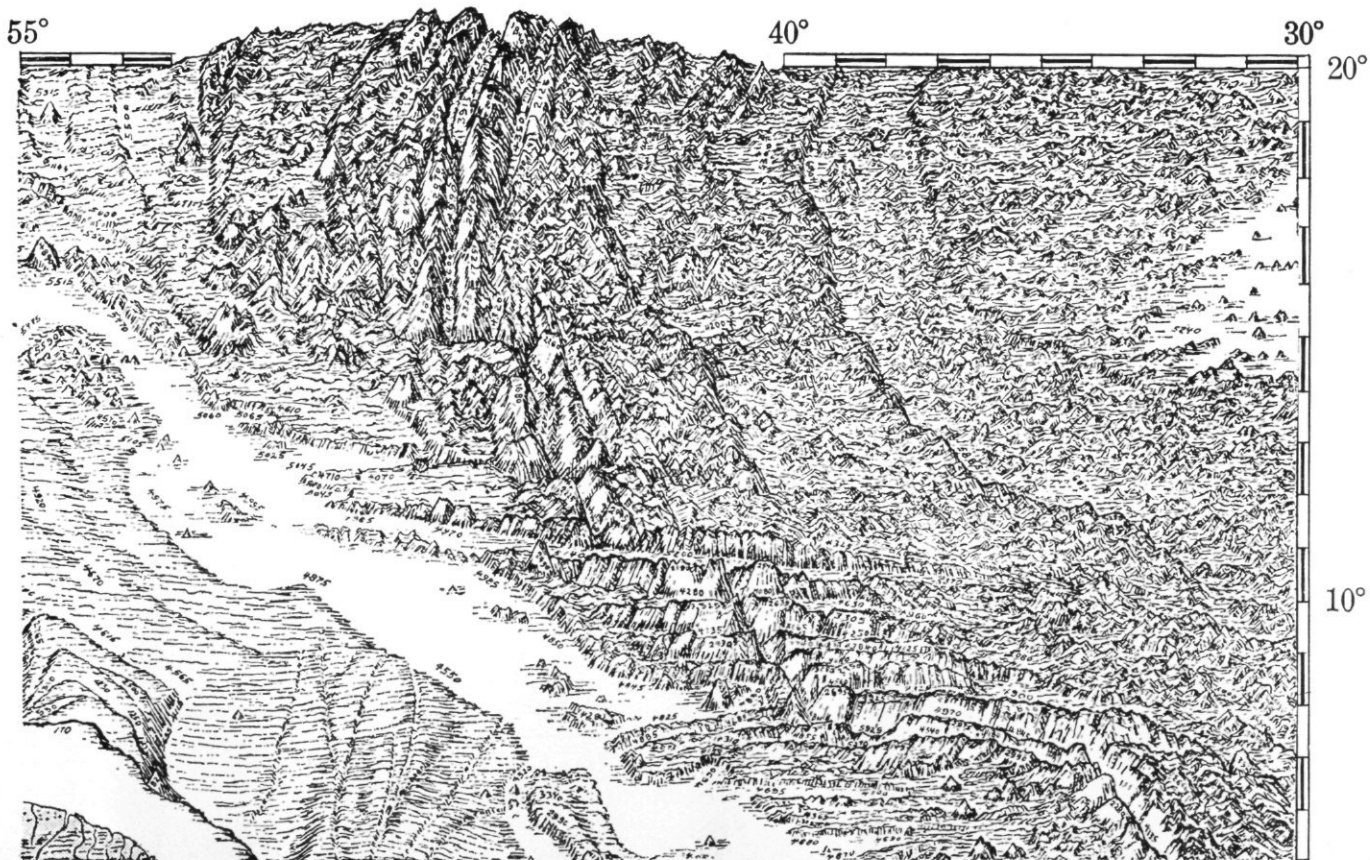
Het is inderdaad mogelijk dat de gravitatieconstante evolueert in omgekeerde verhouding tot de ouderdom van het universum en dat de sterrenlichamen aldus langzaam kunnen uitzetten.

Indien dit zich werkelijk aldus voordoet zou het dilemma, waarover wij spraken, gemakkelijk opgelost zijn: hoe is het mogelijk dat al die oude continenten zich maar hebben kunnen uitbreiden terwijl de betrekkelijk jonge oceanen zich langs hen neerzetten? Men blijft het antwoord nog schuldig, maar op dit gebied kan het fantastische van vandaag de banaliteit van morgen worden.



Positieve magnetische anomalieën van een gedeelte van de bodem van de Stille Zuidzee. (Naar "The Geological Society of America" Bulletin van augustus 1961 - Raff and Mason)

Schematisch zicht van het reliëf van de Atlantische Oceaan onder de Evenaar, welk de spleten toont die de Oceancordillera verplaatsen. (Naar Bruce C. Heezen and Marie Tharp)



Enkele specimens van de *Octocorallarius* (Alcyonaceas), die zich op een diepte van één meter, ter hoogte van het eiland der grote meeuwen (Nieuw-Caledonië), bevinden. (Bron : U.S.I.S.)



# de grens der oceanen en de vorming der atollen en der vulkaaneilanden

door Dr. T. F. Gaskell

Of men nu de theorie onderschrijft van Professor Challenger, volgens dewelke het binnenste van de aarde een beweeglijke brij is, of dat men de voorkeur geeft aan de opvatting van Jules Verne over de bewoonde holle ruimten, de komende jaren zullen ons ongetwijfeld nieuwe ideeën en feiten betreffende onze planeet brengen.

Het Mohole-plan, dat een boring voorziet dwars door de aardkorst, werd in de Verenigde Staten definitief aanvaard en een gelijkaardige poging van diepteboring zal ongetwijfeld de goedkeuring van de Sovjetrussische regering wegdragen. Cynische geesten zullen niet nalaten op te merken dat deze dringende behoefte om te ontdekken wat er zich steeds onder ons heeft bevonden, nog toegespitst wordt door het feit dat men erg verveeld zou zijn indien de structuur van de maan het eerst ontdekt mocht worden.

De belangstelling die men thans koestert voor het binnenste van de aarde vloeit in feite klaarblijkelijk voort uit de aanzienlijke opleving die de fysische oceanografie als wetenschap de laatste twintig jaar kenmerkt. Seismische metingen, die op grote schaal werden uitgevoerd, hebben aangetoond dat de aardkorst onder de oceanen betrekkelijk dun is: met de normale boortechneken voor petroleum zou men er kunnen doordringen. Te meer daar de petroleumnijverheid veel geleerd heeft tijdens haar zeeboringen en de vereiste ervaring heeft verworven. Sinds professor Mohovicic, ongeveer vijftig jaar geleden, het als eerste vaststelde, hebben de seismo-

logen bevestigd dat er een zeer duidelijke gaping in de rotsen onder ons bestaat. Deze onderbreking - de Moho - bevindt zich op circa 35 kilometer diepte onder de continenten en op ongeveer 6 kilometer onder de oceaانبodem. Men veronderstelt dat de Moho in feite de scheidsgrens vormt tussen de rotsen die de korst vormen en die welke het binnenste omhulsel uitmaken. Wat men over de Moho en dit omhulsel weet, werd grotendeels afgeleid uit de gedragingen van de seismische golven en het is normaal dat de geologen en de geofysici op een meer rechtstreekse wijze informatie wensen te bekomen betreffende de betekenis van de seismische veranderingen.

Seismische metingen in de oceanen, uitgevoerd aan boord van schepen, hebben aangetoond dat de geologie van de aardkorst er heel wat minder ingewikkeld is dan op het vasteland. Het oceaangebod bestaat uit een dikke leemachtige laag van enkele honderden meters; het zijn juist deze bezinksels die ons op zekere dag veel zullen leren over de geschiedenis van de Aarde en haar verleden.

De seismische metingen tonen aan dat het binnenste gedeelte van deze bezinksels uit een soort middelmatig harde rots, over 't algemeen "Laag 2" genaamd, bestaat. De werkelijk harde rots van de primitieve bodem van de oceaan bevindt zich onder de bezinksels en onder "Laag 2". Het meest treffende resultaat van al de seismische waarnemingen is zonder enige twijfel het aantonen van het universele bestaan van deze rots-

achtige laag waarin de snelheid van het geluid 6,7 kilometer per seconde bereikt. Men ontmoet diezelfde snelheid evengoed in de Atlantische en Indische als in de Stille Oceaan en dit getal wordt door meer dan honderd over gans de wereld uitgevoerde metingen ten volle bevestigd. Het kan niet betwijfeld worden dat deze rotsachtige laag is samengesteld uit een dergelijk materiaal in al de verschillende plaatsen waar zij onderzocht werd; zij vormt dus één der primaire bestanddelen van de aardkorst. Wanneer gelijkaardige waarnemingen worden uitgevoerd op de continentale gebieden van de Aarde bemerkt men dat er eveneens een verandering van de sedimentaire rotsen in een bazaltlaag van harde rots geschiedt. Deze heeft echter niet de normale dikte van enkele honderden meters die men in de oceanen wel aantreft, doch zij schommelt tussen duizenden meters tot nul - daar waar de bazaltrots als een effen laag aan de oppervlakte verschijnt. De snelheid van de klank in de bazaltrotsen van het vasteland is trouwens heel wat meer veranderlijk dan die welke men in de oceanen aantreft.

Onder de laag van 6,7 kilometer per seconde bevindt zich het omhulsel van de aarde met de Moho als scheidingslijn tussen de twee. Het diagram toont aan hoe de verbinding tot stand komt tussen de rotsachtige structuren van de oceaan en die van het vasteland. De laag van 6,7 kilometer per seconde, universeel kenmerk van de geologie van de oceaانبodding, werd eveneens als een doorlopende rotsachtige laag

getekend, die oceaan met vasteland verbindt, alhoewel over haar bestaan onder de grond niet zoveel zekerheid bestaat als over dit onder de oceaan. Er bestaat trouwens geen twijfel wat de samenhang van de laag van 8,1 kilometer per seconde betreft. In het verleden wekten de seismische diepzeeproeven sensatie toen deze laag op de betrekkelijk geringe diepte van 10 à 12 kilometer onder het oppervlak van de oceaan werd ontdekt.

Thans is uitgemaakt dat de dikte van de kloof van Moho onder de oceanen slechts één derde vertegenwoordigt van die welke onder de continenten opgemerkt werd. De aardkorst onder de oceanen is in feite dun en wordt dikker waar de bodem zich uit de zee verheft. Om die reden zijn de aardmassa's van nature uit verschillend van die van de oceanen, alhoewel zij kunnen stijgen en dalen, tijdelijk op geringe diepten

onder water door lopen of in plooiën vallen tot zij diepe geulen vormen, daar waar de sedimentaire rotsen uit depots bestaan. De bedding der grote oceanen wordt nooit zo effen als de grond, maar zij blijft steeds door een waterzuil bedekt welke verscheidene kilometers diepte bereikt.

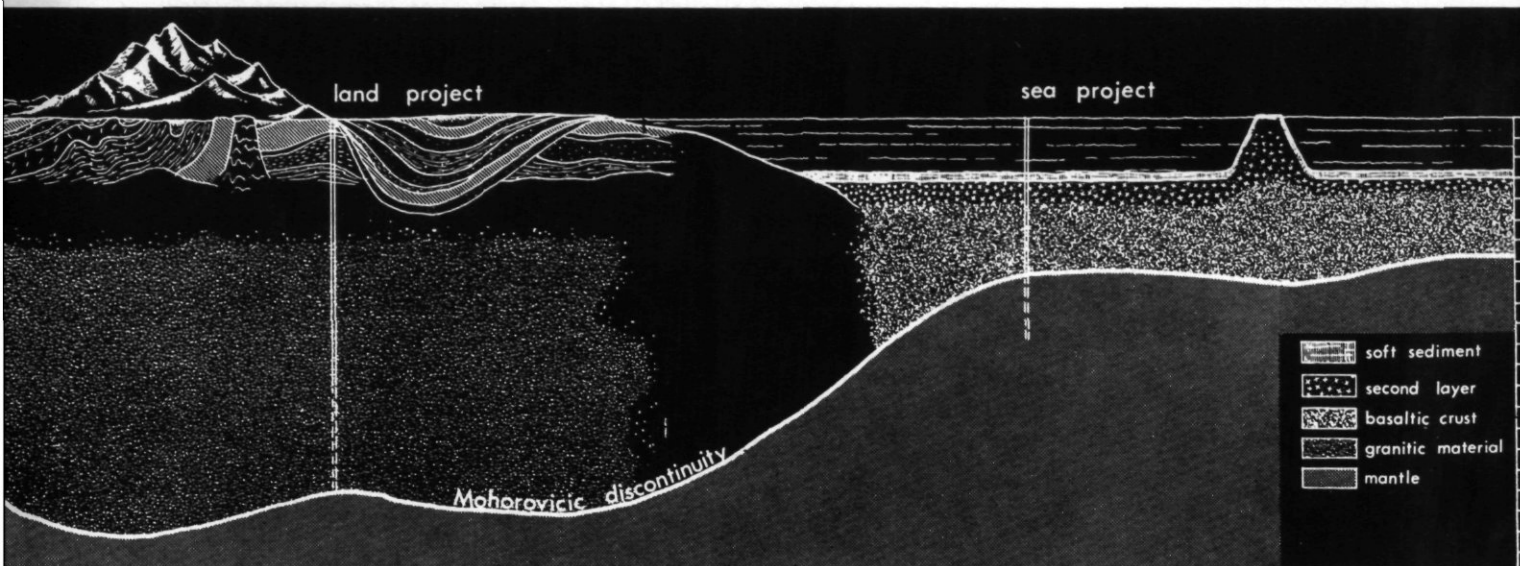
Vermits de aarde voor meer dan twee derden door de zee bespoeld wordt, dient men het eenvoudige type van de geologische structuur van de oceaan te beschouwen als de regel en de rotsvormingen der continenten, die ons beter bekend zijn, als de uitzondering. In feite is de moderne methode om de geologie van de aarde te benaderen, die van een waarnemer die zich op de bodem van de oceaan zou bevinden. Mocht men de 5 kilometer water, waarmee het grootste gedeelte van de oceaانبodem bedekt is, doen afwateren dan zou onze waarnemer

van 30 tot 40 kilometer uitstrekken en hier en daar gekenmerkt worden door steile kusten, diepe ravijnen en canons, uitgesneden in de helling van de hoogvlakte. Op de top van de hoogvlakte, die zich in Europa op enkele honderden kilometer ten westen van Engeland bevindt, vormen de laatste vijftig meter van de helling weer een zachte glooiing totdat de kustlijn wordt bereikt.

Uit het gezichtspunt van de mens die op de bodem van de oceaan waarnaemt, bevat de vastelandshoogvlakte de weinig diepe kustzeeën of de continentale drempel rond de aarde. In Noord-Europa maakt het geheel van de Noordzee deel uit van het vasteland en de werkelijke rand van het gebied wordt aangegeven door het bathymetrisch profiel van de 500 meter.

Vermits de continentale blokken samengesteld zijn uit rotsen die minder dichte korsten vormen dan

Land project = Projekt van aardpeiling  
Sea project = Projekt van zeepeiling



Mohorovicic discontinuity = Diskontinuiteit van Mohorovicic

Soft sediment = Zacht sediment  
Second layer = Laag 2  
Basaltic crust = Bazaltkorst

Granitic material = Granietmateriaal  
Mantle = Mantel

*De samenstelling der lagen onder het aardoppervlak, meer in 't bijzonder die van "Laag 2", maakt steeds het onderwerp van disputen uit. De peilprojekten, die hoger vermeld werden, zouden misschien heel wat problemen kunnen oplossen. (Archieven BP)*

zich bevinden in het midden van een uitgestrekte vlakte. Wanneer hij zich naar het vasteland zou begeven, dan zou hij ze door een hoogvlakte van 5 kilometer beheerst zien. Bij de eerste honderd kilometer zou de weg naar de hoogvlakte een zeer zachte helling volgen, maar de laatste twee kilometer van de helling zouden zich over een horizontale afstand

die van de onderkorst en vermits de aardkorst onder het vasteland heel wat dikker is dan onder de grote oceanen, mogen de continenten beschouwd worden als ontzaglijke vloten die op het aardoppervlak rondrijven. Deze vloten werden in de loop van het bestaan van onze planeet miljarden malen opgericht of vervormd. Maar nooit zakten zij



**De aardkorst  
is dun  
onder de oceanen  
en wordt dikker  
daar  
waar het land  
uit de zee  
opduikt**

5 kilometer tot zij integraal deel uitmaakten van de oceanen. Gedurende de perioden van de schommelbewegingen werden de bezinksels, afkomstig van de erosie der gronden door de rivieren en gletsjers, in de minder diepe zeeën afgezet om er nieuwe rotsachtige lagen te vormen. Op plaatsen zoals de Perzische Golf kwamen grote, nieuwe rotsblokken in een geul terecht, die ontstaan was onder de druk van zijdelingse krachten, die een deel van het continentale blok indrukten. De minder diepe zeeën, die wij heden ten dage kennen, zullen in de komende miljoenen jaren de aarde vormen wanneer de continentale blokken zich zullen aanpassen aan de voortdurende drukkingen, waarvan de oorsprong in het binnenste van de aarde gelegen is.

De meeste continenten werden herhaaldelijk opgelicht en ingedrukt. De sedimentaire rotslagen van allerlei soort tonen aan dat er een tijd geweest is toen het huidige vasteland deel uitmaakte van een ondiepe zee. Geologisch vormen deze uitgestrekte wateroppervlakken, zoals de Noordzee, één geheel met de aangrenzende gronden. Daarom ook zoeken wij in het continentale plat naar petroleum.

Alhoewel de continenten slechts enkele honderden meters opgelicht of neergedrukt werden - uitgezonderd op enkele bepaalde plaatsen waar de geleidelijke deformatie van de aardkorst zeer dikke sedimentlagen heeft veroorzaakt -, hebben zij zich waarschijnlijk horizontaal over honderden kilometers verplaatst. De theorie van de drijvende continenten wil nu eenmaal dat oorspronkelijk alle vastelanden deel uitmaakten van één enkele aardmassa welke één derde van het aardoppervlak bedekte. En dit continent splitste zich later in de verschillende delen welke wij thans kennen. Onvermijdelijk komt men onder de indruk van de treffende gelijkenis der kustlijn tussen de westkust van Afrika en die van Zuid-Amerika. Wanneer wij trachten ze zeer nauwgezet in mekaar te doen passen en wij hiertoe het profiel van de 500 meter en niet de huidige kustlijn nemen, dan bemerken wij een merkwaardige analogie. Men veronderstelt dat de Atlantische Oceaan ontstaan is uit een zijdelingse afvloeiing van zijn oostelijke en weste-

lijke grenzen welke ongeveer 120 miljoen jaar geleden zou plaatsgehad hebben. Als andere verschuivingen noteren wij de scheiding tussen de zuidpool, Australië, Indië en Afrika.

Een blik op de kaart van Afrika zal veel valleien tonen die zich naar het noorden en het zuiden uitstrekken en doen denken aan de kloven in eikeschors. Men veronderstelt dat de granietachtige eilanden, welke de Seychellen-groep vormen, een stuk vasteland zijn, achtergelaten toen zuidelijk Indië van Madagaskar en Zuid-Afrika afscheurde. Recente proefnemingen, uitgevoerd door oceanografen in de omgeving van de Seychellen, tonen aan dat de aardkorst er even dik is als onder de continenten, maar verschilt met de karakteristieke dunne laag van de oceanen en het merendeel van de oceaaneilanden.

Indien de stelling van de drijvende continenten juist is, dan moeten er geringe verschillen bestaan tussen de oceanen. Zij, die zoals de Atlantische Oceaan, gevormd werden door de zijdelingse deling der continentale blokken, moeten heel wat jonger zijn dan die welke, zoals de Stille Oceaan en voor zover wij het kunnen weten, steeds oceanen zijn geweest. De bezinksels, die de oceaانبodem bedekken, zijn aanzienlijk dunner dan die welke zich in de ondiepe wateren rond de continenten opstapelen, vermits zij slechts het teveel van de neerslag, gevolg van de continentale erosie, ontvangen. In plaats van de opeengestapelde lagen, welke tot tientallen kilometers bezinsel in ondiep water bereiken, zoals men er op het vasteland aantreft, heeft de sedimentaire laag in de oceaan slechts een dikte van ongeveer 1 kilometer. Indien wij deze bezinksels in de oceaanbedding konden onderzoeken, zouden wij op een wordingsgeschiedenis stuiten die sterk verschilt met die van de Atlantische, respectievelijk Stille Oceaan - indien natuurlijk de hypothese der drijvende continenten juist is. Wij zouden er ons aan mogen verwachten eveneens op de bodem van de zee, onder het bezinsel, enkele verschillen aan te treffen. Indien de continentale blokken zijdelings wegglijden, moet dit verschijnsel inderdaad inwerken op de rotsen, welke zij achter zich laten om de nieuwe bodem van de zee te

vormen. Welnu, er zijn bewijzen dat de bodem van de Atlantische Oceaan fysisch steviger is dan die van de Stille Oceaan. Alhoewel het koraal in de Atlantische Oceaan groeit, vindt men er geen enkel van die atolkoralen, die voor de Stille Oceaan zo typisch zijn. Maar, zoals wij nog zullen zien, worden de meeste karakteristieke atolkoralen gevormd door een verlengstuk van eilanden die in de oceaانبodding doordringen, wat zou kunnen verklaren waarom de aardkorst in de Stille Oceaan dunner is dan in de Atlantische.

Een vraag waarop moeilijk kan geantwoord worden: waarom heeft het materiaal van de continenten zich op één derde van het aardoppervlak kunnen concentreren? Indien dit materiaal, dat de aardkorst vormt, als schuim met geringe dichtheid aan het oppervlak van een eertijds in fusie verkerende aarde dreef, dan was het te verwachten dat het alom een dunne en gelijkmatig verdeelde laag vormde. Er bestaat een manier om deze moeilijkheid te ontwijken: als een feit aanvaarden dat de maan ontstaan is uit hetgeen thans de Stille Oceaan vormt en wel door de aantrekkingskracht van de zon. Deze hypotese kan de verdwijning van de twee derden van de continentale aardkorst verklaren. Het is echter onmogelijk aan de Aarde een massa zo groot als de maan te onttrekken en ze op haar baan te plaatsen. Het is ook mogelijk dat Mars de aarde in het begin van haar bestaan verlaten heeft en dat de maan zich er van losmaakte als een fragment dat dan opgevangen werd door de aantrekkingskracht der aarde. Indien deze veronderstelling juist is, dan is de Stille Oceaan de enige oorspronkelijke oceaan, uitzondering gemaakt voor enkele oostelijke delen van de Indische Oceaan. De Atlantische Oceaan en de Middellandse Zee, en zelfs bepaalde gedeelten van de Stille Oceaan, hebben waarschijnlijk de verplaatsing ondergaan van aardmassa's boven hen.

Sinds hun ontdekking boeiden de atolkoralen de geografen en geologen. Daar ze in tropische wateren liggen, genieten zij van het klimaat der eilanden in de zuidelijke zeeën. Hun structuur is vrij vreemd: een

(Lees vervolg van de tekst op blz. 25)

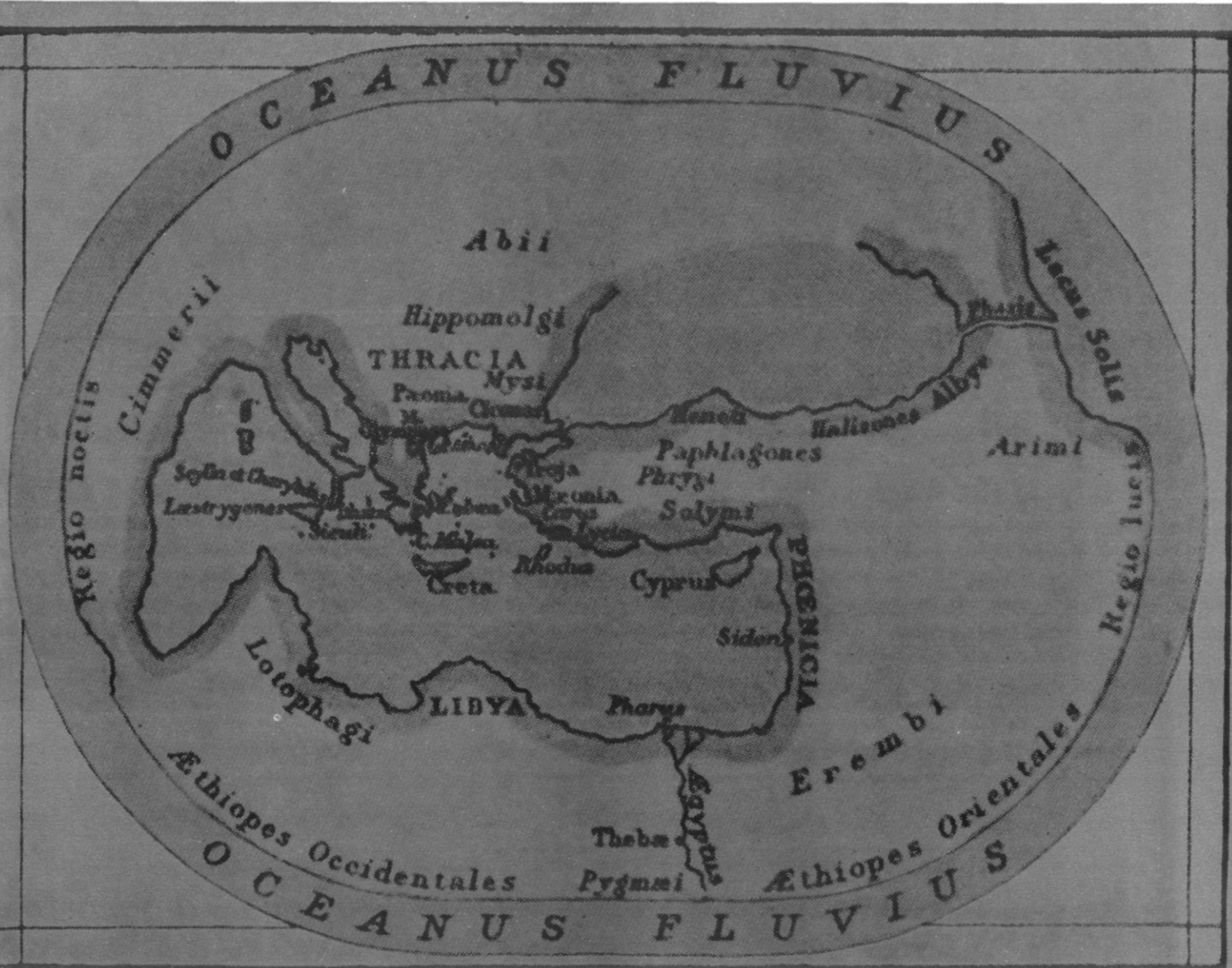
## **De continenten : geweldig grote vloten die aan het aardoppervlak drijven ?**



*In 1912 stelde Wegener voor de verplaatsingsbewegingen van de gronden te verklaren door de welgekende theorie van het "afdrijven der continenten". Zie hier een kaart welke deze theorie illustreert en aantoont hoe de continenten eertijds "in elkaar pasten". (Archieven BP)*

Door alle tijden heen heeft de mens deze Aarde, die hij bewoont, willen leren kennen. De idee die hij zich van de wereld maakte was echter afhankelijk van zijn navorsingsmiddelen, welke eertijds uiterst primitief waren: de praatjes en de legenden vermengden zich met de verhalen der reizigers. Dit verklaart de onjuistheden en zelfs tegenstrijdigheden die men ontwaart bij het bestuderen van deze oude kaarten, waarvan wij U hier de meest typische en de meest beroemde tonen. Zij behouden nochtans een grote historische waarde, vermits zij aan de basis liggen van de kartografie. Een Vlaams mathematicus, Gerard Kremer, MERCATOR genaamd en afkomstig van Rupelmonde, smeedde de gegevens overhoop toen hij de moderne mathematische aardrijkskunde in het leven riep dank zij het projektiesysteem dat door hem werd uitgevonden.

De Wereld volgens Homeros (1.000 J. v. Kr.). (Bron: "The Seas". blz. 15. Pl. 4. F.S. Russell en C.M. Jonge. Uitg. Frederick Warne & Co Ltd. 1928)

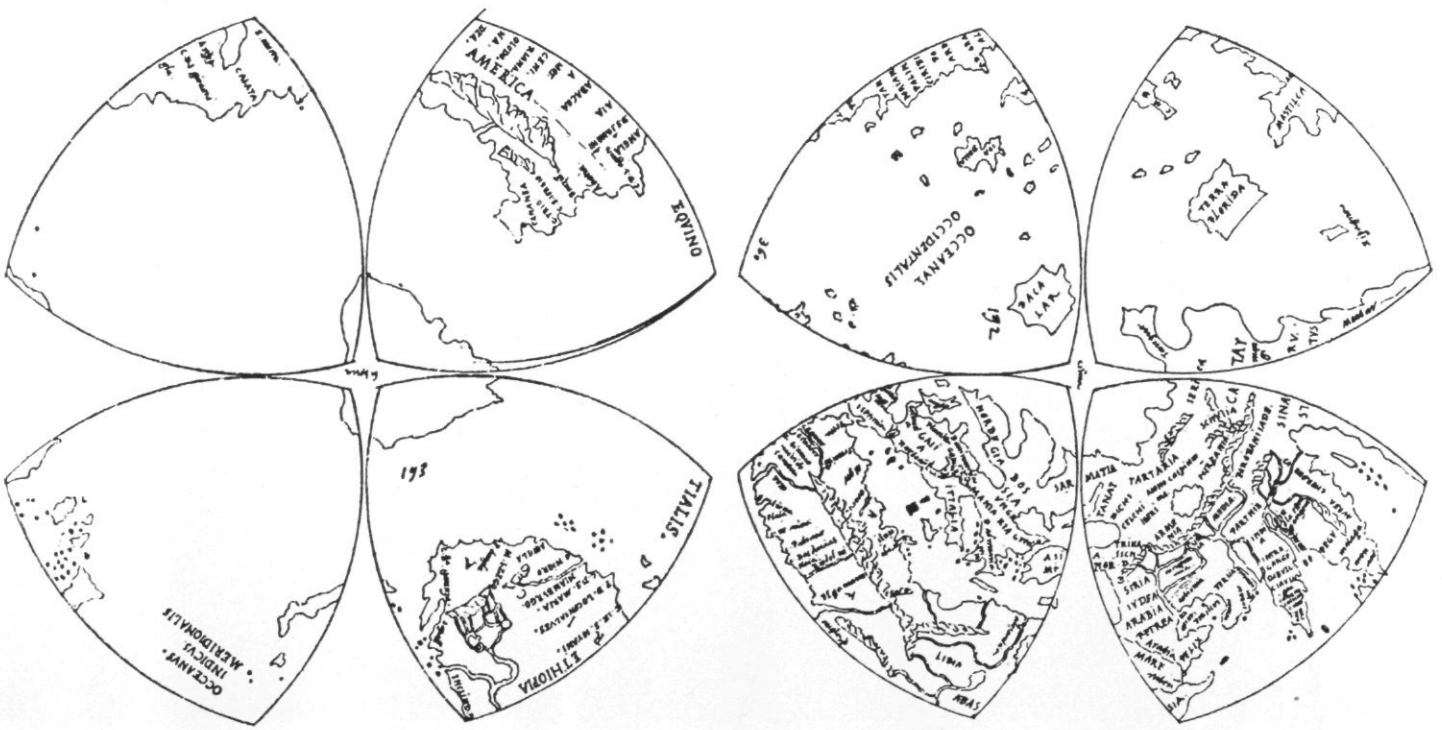
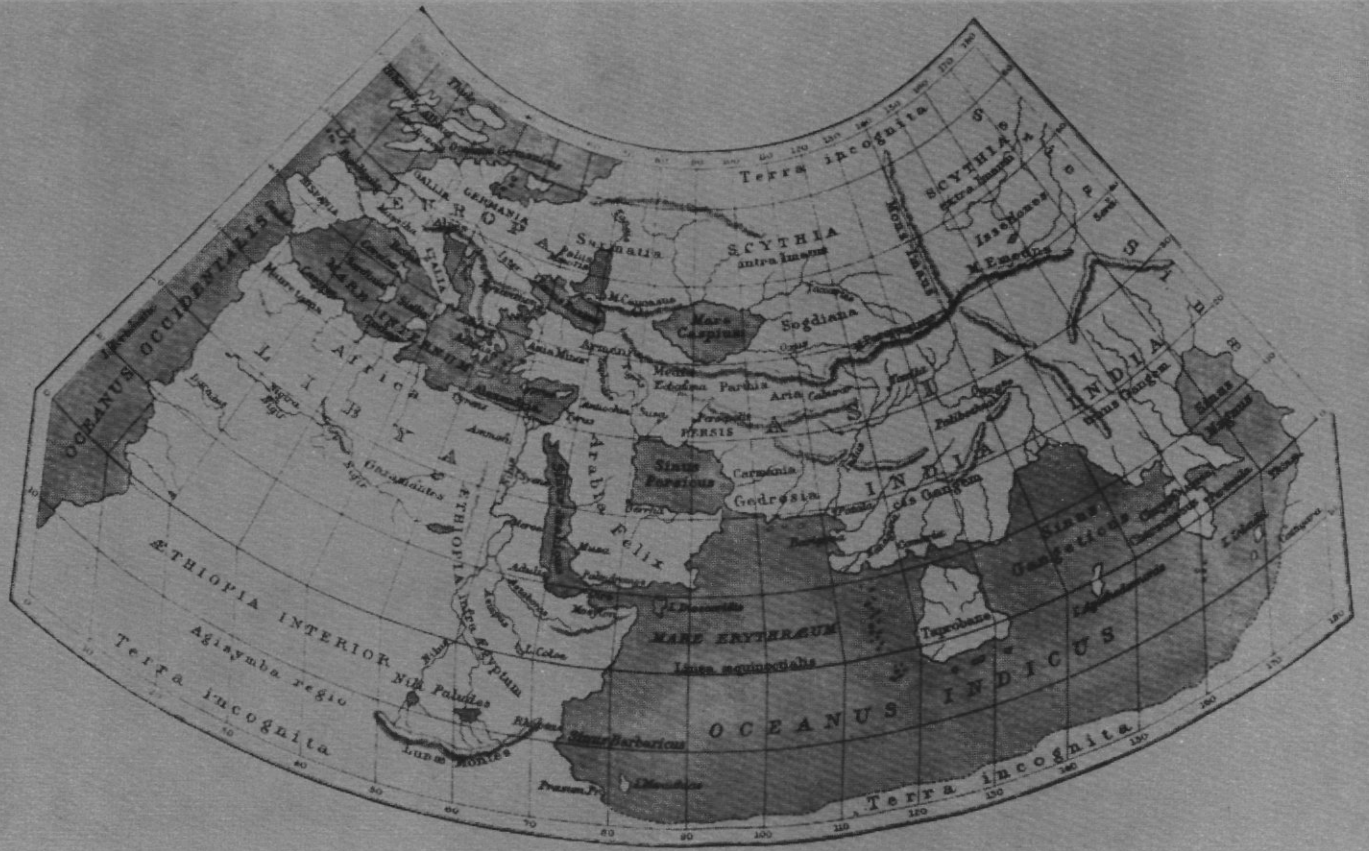




De Wereld volgens Herodotus. (Bron: "The Seas". F.S. Russell en C.M. Jonge. Uitg. Frederick Warne & Co Ltd. 1928)

De kaart van Ptolemeus, volgens professor Groen, waarvan in dit nummer een studie verschijnt, in "De Wateren der Wereldzee", Pl. III (Uitg. C. de Boer Jr. Amsterdam 1951)

De wereldkaart van Leonardo da Vinci (rond 1514). (naar Facsimile Atlas door A.E. Nordenskjöld - blz. 77 van de herdruk in 1961)





# TYPVS ORBIS



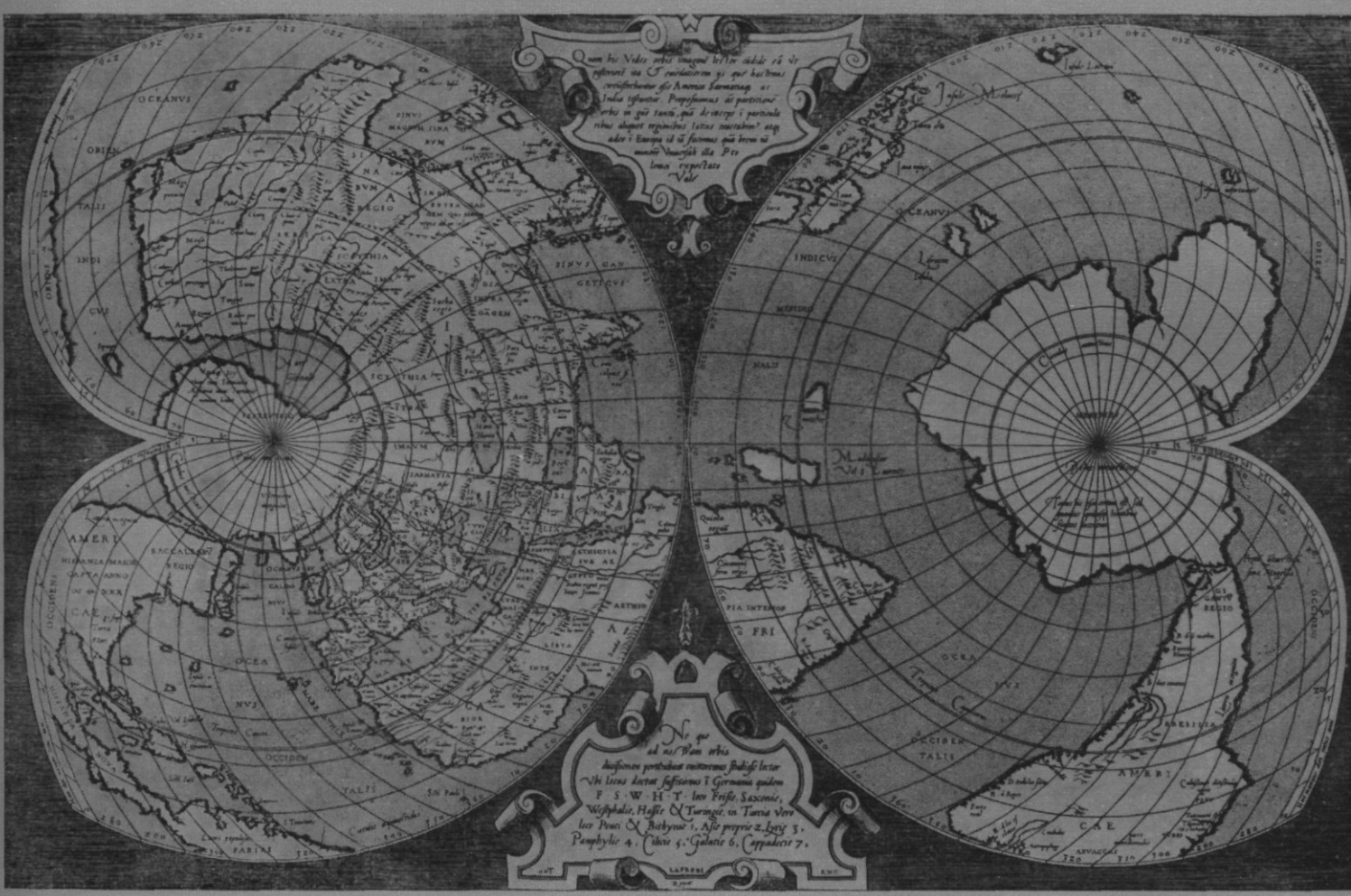
PTOLEMÆ

Gedetailleerde wereldkaart, getekend in 1540, volgens de theorieën van Ptolemeus. (naar Facsimile Atlas door A.E. Nordenskjöld)

# VNIVERSALIS

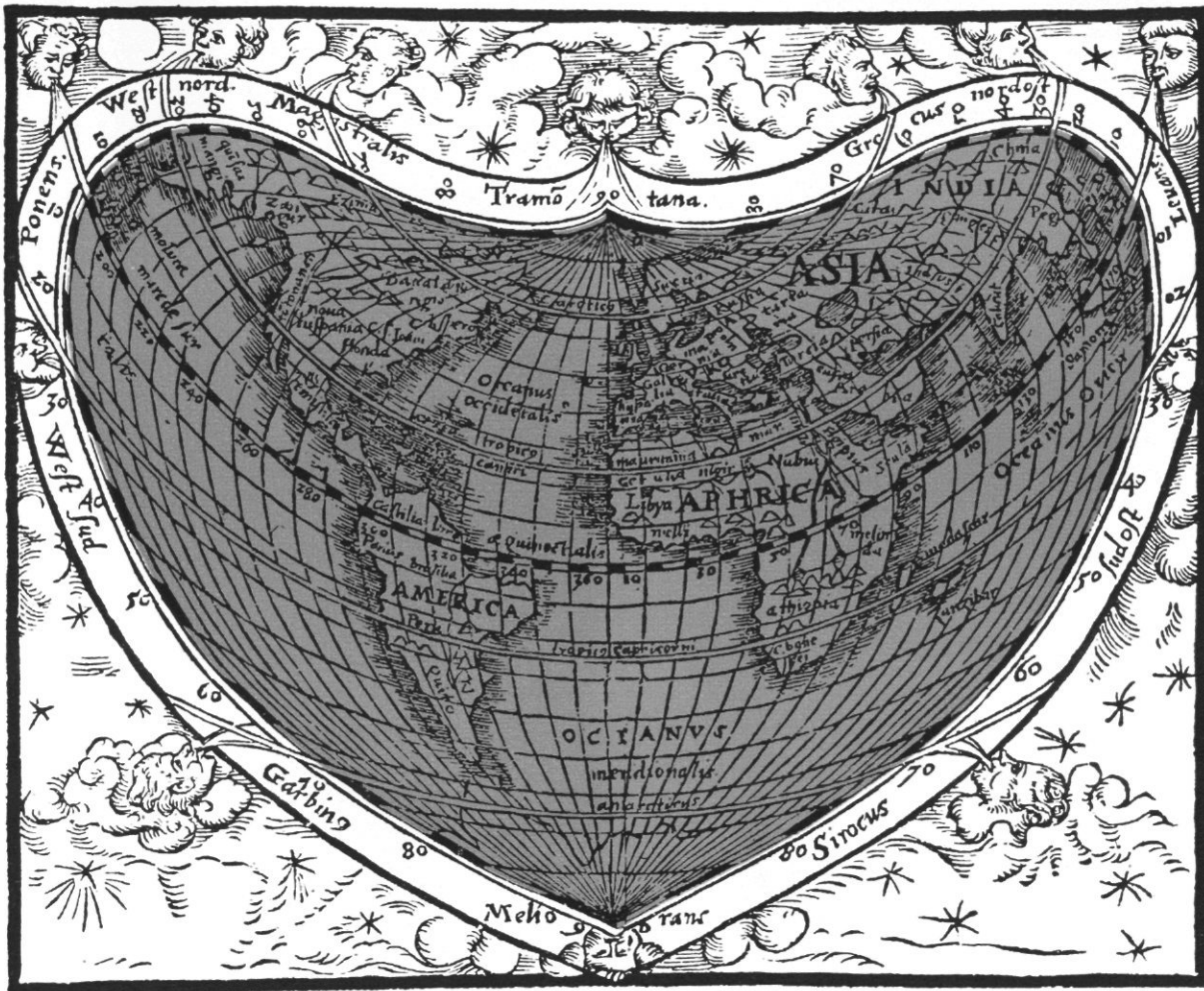


BASELÆ 1540.

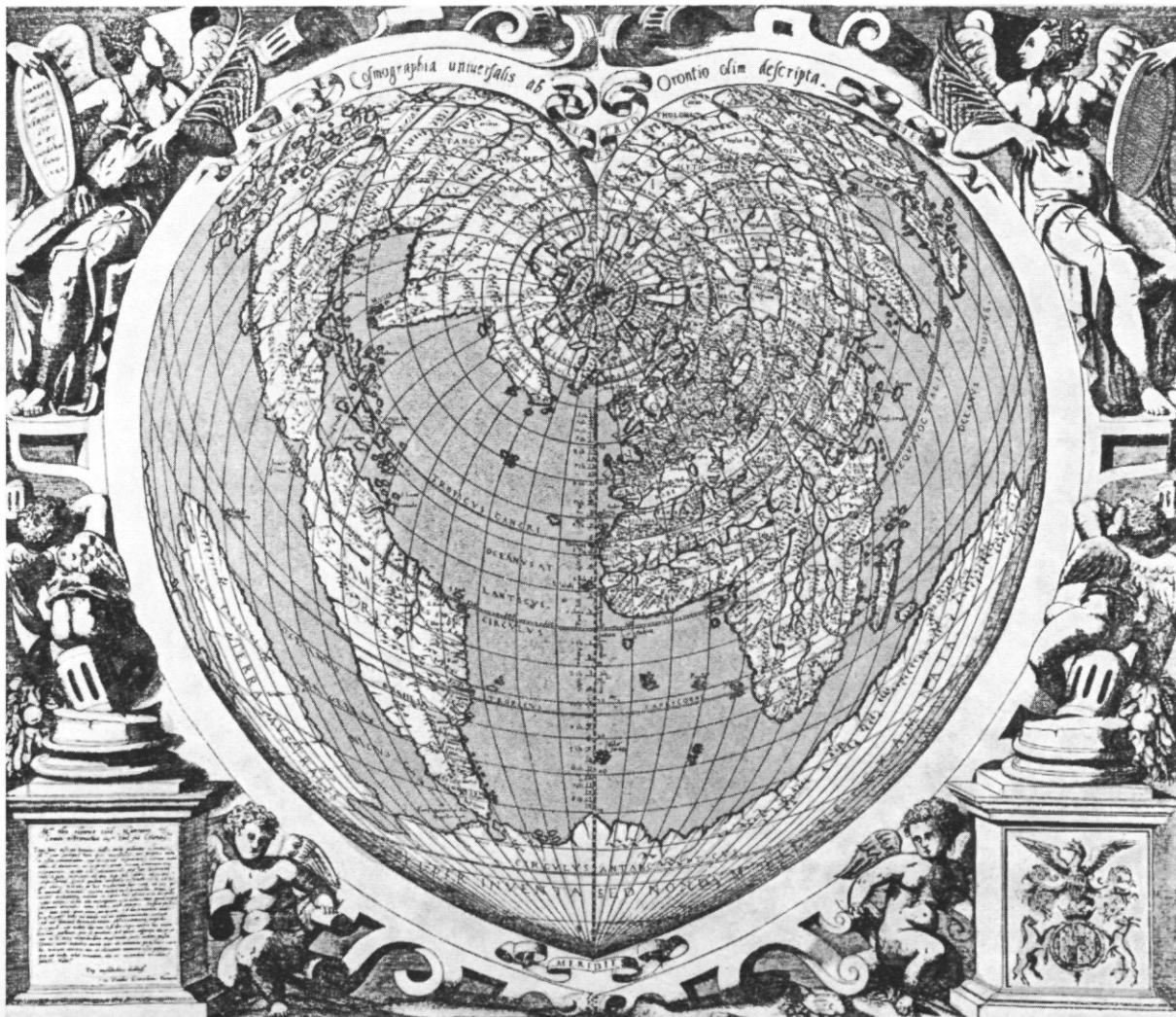


De wereldkaart volgens Mercator (1538) (naar Facsimile Atlas door A.E. Nordenskjöld - blz. 91 van de herdruk in 1961)

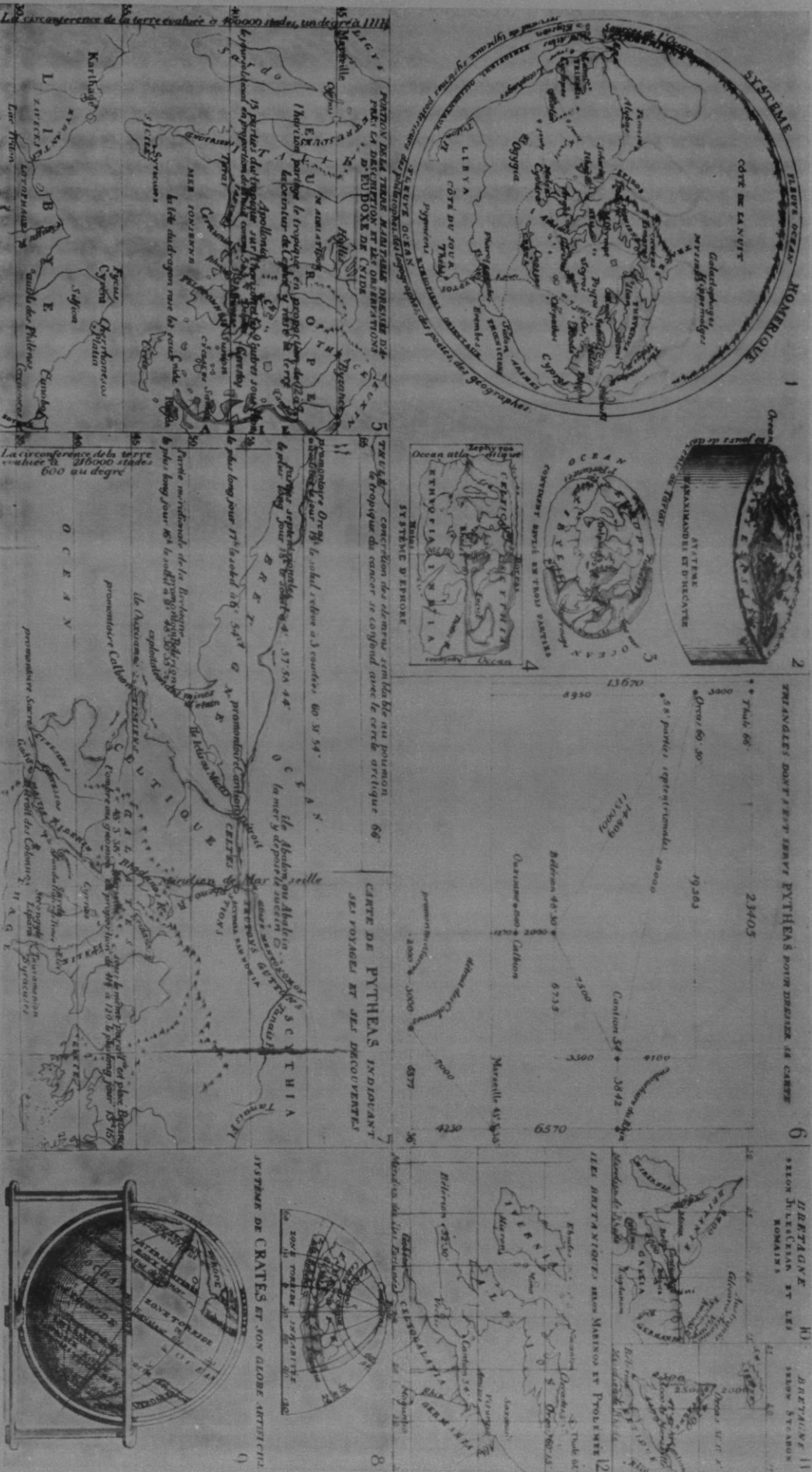




De wereldkaart in de vorm van een hart volgens Honterus (naar Facsimile Atlas door A.E. Nordenskjöld)



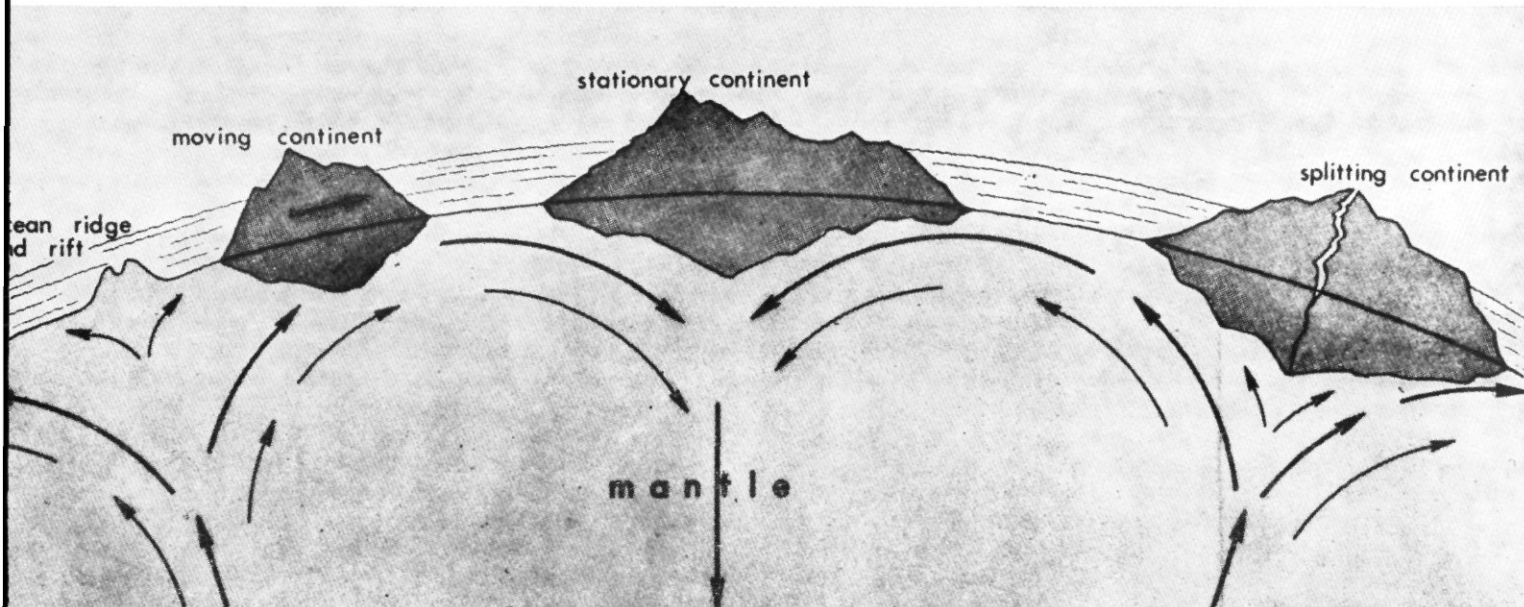
Wereldkaart in de vorm van een hart van Orontius Finnaeus (1566). (volgens Facsimile Atlas door A.E. Nordenskjöld - blz. 89 van de herdruk in 1961)



snoer van laaggelegen eilandjes rond een ondiepe lagune, verschilt veel van gelijk welke andere soort terrein. De vormingswijze der atollen verwekte in de 19de eeuw enorm veel disputen. Om het essentiële van deze debatten te begrijpen, moet men enigszins weten op welke wijze de koraalrotsen ontstaan. Hun mooie kleuren en fantastische vormen zijn de buitenbekleding van een zeediertje. De koraalpoliep is zeer efficiënt om de grondstoffen te verwerken die nodig zijn voor het produceren van calciumkoolzuur-zout, een scheikundige samenstelling waarvan de basis evengoed op krijt en kalksteen berust als bij de meeste zeeschelpdieren. Maar de koraalpoliepen gedijen slechts in warm water. Indien men op een kaart al de plaatsen aanduidt waar thans korallen groeien, dan bemerkt men dat zij zich ongeveer tussen de keerkringen bevinden. Een diepgaand onderzoek van deze

len van het licht door filtrering. De werkelijk solide koraalrotsen, die gevaarlijke klippen vormen, bestaan uit kolonies koraalpoliepen, vast-gemetseld door calciumkoolzuur-zoutbezinksel dat door het water en een uiterst klein wier, *Spyrogyra* genaamd, werd afgezet. De koraalpoliepen schuwen modder, vooreerst omdat troebel water het licht vermindert, maar vooral omdat deze dieren een solide basis wensen om er te kunnen in groeien en zich voort te planten. Als zeedieren hebben de poliepen zout water nodig; men vindt ze dus niet in de brede riviermonden met zoet water. Wanneer aan alle vereiste voorwaarden voor een gunstige aangroei voldaan is, toont het koraal zich een grote en sterke bouwer en men vindt veel "gebouwen", die opvallen door hun architectonische schoonheid en hun tot in de kleinste details uitgevoerd vlechtwerk.

een vulkaaneiland zich uit een lagune, op haar beurt omringd door een smalle klip, alsof men een berg in de lagune van een werkelijk koraal atol geplaatst had. Het atol zelf is slechts een uitgerekte en verspreide eilandring die een lagune omgeeft. De eilanden verheffen zich slechts enkele voeten boven het zeeniveau; naar gelang haar diameter kan de lagune soms een diepte bereiken die enkele honderden voeten bedraagt. Voor Charles Darwin leek het normaal dat deze eilandentypen verschillende stadia van éénzelfde natuurlijke ontwikkeling uitmaakten. Aanvankelijk verheft een eiland zich uit de zee en daarrond vormt zich een koraalclip. Doch het eiland zonk langzaam in het water - met een snelheid die de koraalpoliepen toeliet de beweging te volgen terwijl het bouwen werd voortgezet. Het koraal groeide slecht nabij de oever wegens het zoet water en het door

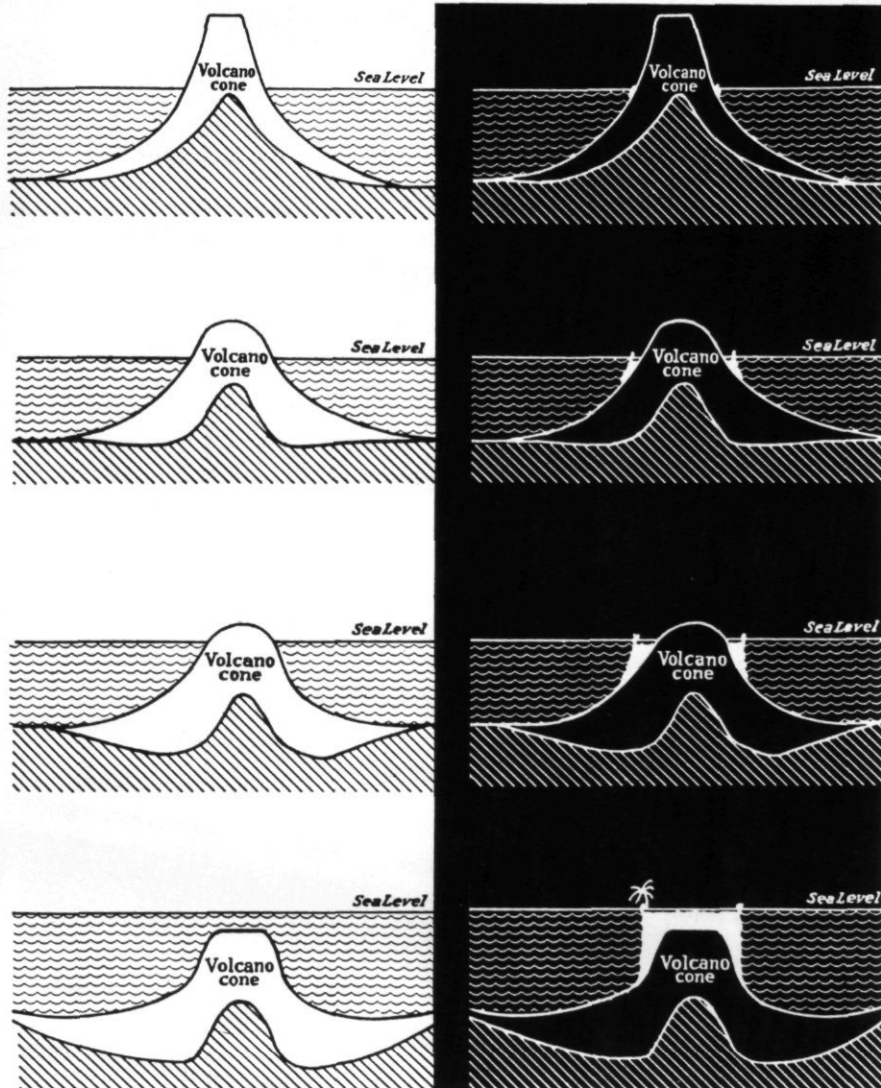


Tekening welke aantoont hoe de konvektiestromen in de aardmantel zeer verschillende effecten op de continenten kunnen uitoefenen (van l. naar r.: Kreta en spleten onder de oceaan; wegdrijvend continent; onbeweeglijk continent; ontstaan der spleten op het continent. (Archieven BP)

verdeling toont aan dat de temperatuur van het water in de zone van het koraal hoger ligt dan 21° C. Daarbij houden de korallen van het licht en de soorten die de klippen en atollen vormen kunnen slechts groeien in water dat minstens 60 meter diep is. Op een grotere diepte verdwijnen de levenwekkende stra-

Gedurende zijn reis in de Stille Oceaan bestudeerde Charles Darwin, aan boord van de "Beagle", tal van typen van koraaleilanden. Bepaalde eilanden, zoals Rotuma, bestaan uit een centraal rotsachtig gedeelte met, aan de rand, een daar met franjes versierde ontstane klippenschort. Op Bora-Bora, verheft

de regen van het vulkaaneiland weggevoerde slijk. Aan het andere uiteinde van de klip noteerde men een sterke aangroei. Naarmate het eiland wegzonk en in oppervlakte afnam, verscheen een lagune-uitgestrektheid tussen het eiland en de buitenrand van de klip. Ten slotte verdween heel het eiland onder



Deze tekeningen tonen duidelijk aan hoe de vulkaankegels in de oceaan wegzinken en afgeschuurd worden om ofwel een tabulaire onderzeese berg ofwel een koraal atol te vormen. (Archieven BP)

Volcano cone = vulkaankegel  
Sea level = zeeniveau

water en bleef het koraal verder groeien in de mate waarop het eiland wegzonk. Aldus vormt een koraal atol, in het eindstadium, enigszins een grafsteen voor het vroegere eiland dat langzaam verdwenen is.

De logische eenvoud van de theorie van Charles Darwin is zeer aantrekkelijk, zelfs voor degenen die de atollen en de eilanden van de Stille Oceaan enkel maar op de kaart bestudeerd hebben. Zij kon nochtans John Murray niet overtuigen, noch andere geleerden die bepaalde rotsformaties op de eilanden rond oostelijk Indië, vanuit geologisch standpunt, bestudeerd hadden. Daar kan men koraallagen zien, die vanuit de hoogte het zeeniveau beheersen en gebouwd zijn op leemachtige materialen die, na on-

derzoek, oceaanzinksel bleken te zijn. Deze waarneming zette John Murray ertoe aan een andere theorie over de vorming van koraal atollen op te stellen. Volgens deze theorie stapelen de bezinksel zich trapsgewijze op boven een uitgedoofde vulkaankegel, die door de wrijving der golven afgeslepen is tot op ongeveer 60 meter onder de zeespiegel. Wanneer er voldoende bezinksel opgestapeld worden om een platform op ongeveer 30 meter boven het wateroppervlak te vormen, kan het koraal groeien en zich een weg banen tot aan de oppervlakte een atol in de vorm van een ring ontstaat.

Charles Darwin en John Murray hadden evenwel beiden gelijk omdat een atol volgens de twee procédés ontstaat. Deze vaststelling maakte

geen einde aan de hevige polemiek die in de loop der laatste dekaden van de 19de eeuw in de geologische wereld opstak. In die tijd voelde men zich zeer zelfzeker en de meeste wetenschappelijke discussies waren oververzadigd van dogmatische beweringen. De trouwe leerlingen hebben steeds een neiging om de oorspronkelijke theorie van hun meester dik in de verf te zetten en ze veel verder te doen dragen dan hij het inzicht had. Dikwijls heeft de leerling de factoren, welke de meester er toe aanzetten zijn theorie op te bouwen, niet gezien of kunnen waarderen. In onderhavig geval ontstond het misverstand door over atollen te spreken zonder ook maar een onderscheid te maken tussen deze welke in volle Stille Oceaan ontstonden en die welke aan de

rand van oude ondiepe continentale zones groeiden. Charles Darwin werd gesteund door de moderne seismische metingen en door de boringen; ook wordt algemeen aanvaard dat al de vulkaaneilanden, die uit de bodem van de Stille Oceaan zijn opgedoken, onverbiddelijk onder hun eigen gewicht zijn weggezonden.

Indien dit het geval is, dan zullen zij op zekere dag gelijk met het water komen te liggen en de inwerking van de golven volledig ondergaan. De enigen die niet zullen verzwolgen worden zijn die welke door een koraalklip hun eigen golfbreker hebben. Eeuwenlange ontbloting zal daarentegen de onbeschermden eilanden tot op honderden meters onder de waterspiegel doen zinken, zonder sporen na te laten.

Eén der interessante kenmerken van de Stille Oceaan is de hoogvlakte op de platte kruin die zich van de zeebodem verheft tot op enkele honderden meters van het wateroppervlak. Wanneer er rotsmonsters van de kruin van deze zeebergen worden weggehaald, vindt men soms koraalrotsen, maar de mogelijkheid dat deze bergen, in de vorm van onderzeese tafels, ondergedompelde atollen zijn, is uitgesloten wegens de aanwezigheid van

vulkanische rotsen in dezelfde bodemverheffing. Aldus zijn deze vreemde zeebergen in feite atollen, die in hun ontwikkeling geremd werden. Misschien werd hun koraalbeschutting, in een of ander kritiek stadium bij de aanvang, door een storm weggevaagd - ofwel zijn deze bergen te snel weggezonden om de koraalbouwers de wegzakking nog te laten compenseren. In talrijke gevallen kon het koraal eveneens niet ontwikkelen aangezien het water te koud was. In feite vormt het atol de uitzondering daar het door de ononderbroken konstruktie van koraalpoliepen als karakteristiek gebouw behouden bleef. Op twintig vulkaaneilanden, die uit de bodem van de zee opduiken en gedurende enkele tijd aan de oppervlakte komen, zijn er waarschijnlijk negentien die hun bestaan zullen beëindigen als zeebergen met platte kruin, zonder grafsteen in koralen om hun ligging aan te duiden.

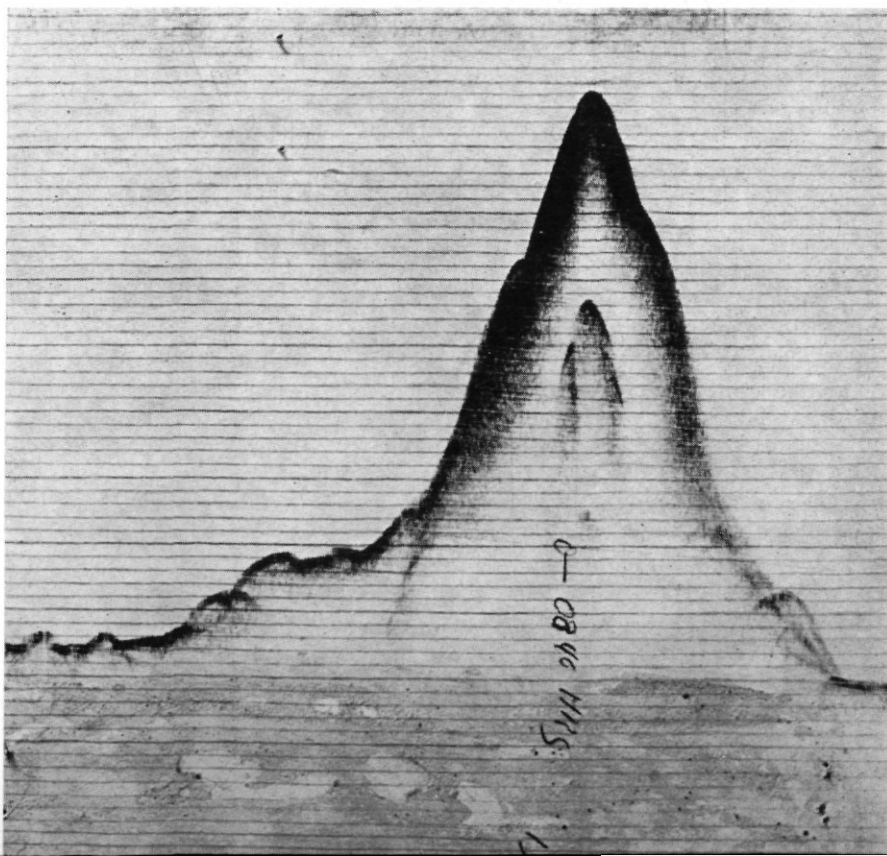
Alhoewel het stelsel der vulkanen van de Stille Oceaan van aard is om het vulkaanmateriaal steeds te doen verdwijnen, vormt de vulkanwerking een massale kracht in de opbouw van nieuwe aardematerialen. Grote bergketens, zoals de Rocky Mountains van Noord-Amerika, zijn voor de helft samengesteld uit pyrogene rotslagen en het is

mogelijk dat de continentale massa's in de loop der jaren aangegroeid zijn. Niets wijst er echter op dat de grote oceanen door nieuwe continenten werden opgevuld.

Wanneer wij terugkeren naar onze waarnemer, die de bodem van de oceaan onderzocht na het verondersteld wegvloeien van al het water, en indien wij met hem de kruin van de Mauna Loa op het eiland Hawaiï - hoger dan de Mount Everest - beklimmen, zouden wij een panorama kunnen bewonderen dat de mooiste Japanse reproducties van prachtige symmetrische vulkanen ver achter zich laat. In bevallige bochten opduikend uit de uitgestrekte platte bodem van de oceaan, zouden de zachte hellingen van de bergen niet doorploegd zijn door de erosie van de ijsbergen en rivieren. Bepaalde hoogvlakten zouden op kronen gelijken vermits hun kruinen door een ring van koraalrotsen omgeven zijn. De meesten zouden juist dezelfde hoogte hebben, daar de atollen het zeeniveau slechts met enkele voeten overtreffen. Er zouden heel wat andere platte kruinen van geringere hoogte zijn die zouden doen denken aan het werk van een eigenzinnige reus die, naar eigen fantazie, de kruinen der vulkanen afgeknot heeft om in het bezit van stoelen en tafels te komen. Verspreid over deze hoogvlakten zouden er regelmatige kegels zijn van elke ouderdom en elke omvang - sommige vuur uitspuwend, als bewijs dat de natuur geen rust neemt.

Gedurende tal van jaren hebben deze bewonderenswaardige vulkaanstructuren en in het bijzonder de afgeknotte kegels, die zich schier niet op het vaste land bevinden, gissingen doen ontstaan. Door de seismische metingen te koppelen aan die der geluidspeilingen is men erin geslaagd dit mysterie te doorgronden.

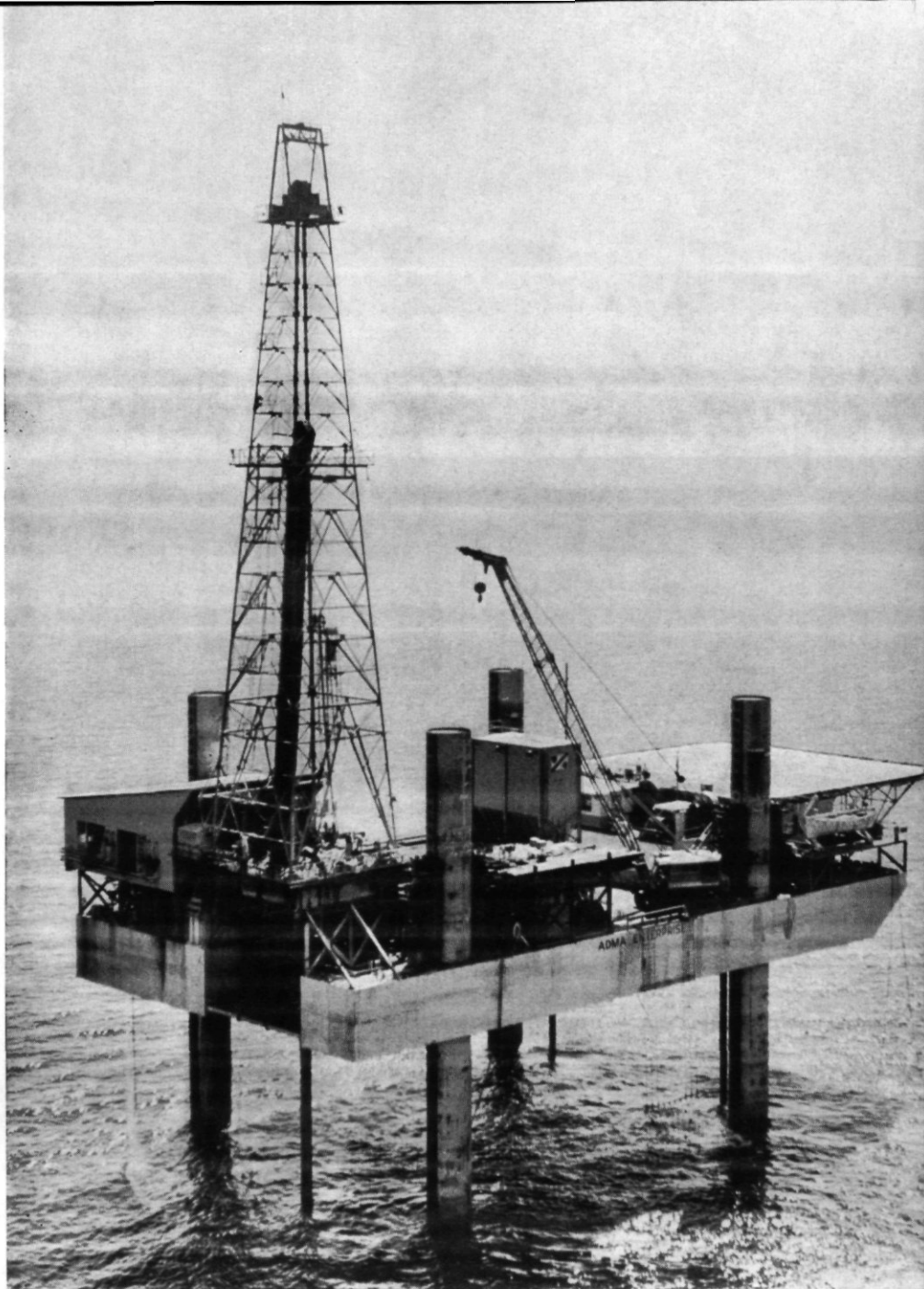
*Sinds 1920 worden de geluidsgolven aangewend om een kaart op te stellen met een verbazingwekkende juistheid van de bodem der diepe oceanen. Dit bathygram toont een onderzeese berg in de Karaïben: hij verheft zich 1.800 m boven de zeebodem, die zich op deze plaats op 2.400 m diepte bevindt. (Bron: U.S.I.S.)*



---

# de aard van de zeebodem

---



De ondergelopen gronden van onze planeet worden bestendig uitgevreten. Wij kunnen rondom ons zien hoe het erosieproces voortschrijdt: de rivieren vreten de rots uit en graven, door de bergen heen, diepe valleien. De vorst klieft de harde rots terwijl de golven van de oceaan aan onze kusten knagen; de ijsbergen zakken onverbiddelijk weg waarbij zij over de grond schuren en er diepe sporen achterlaten.

Het grootste gedeelte van de aan de grond ontrukte sedimenten bereikt nooit de volle zee; het zet zich in ondiepe wateren neer. Indien zij uit zachte hellingen bestaan, hopen grote hoeveelheden neerslag er zich op. Deze ontwikkeling verklaart de dikte van bepaalde rotsen zoals de kalksteen, waarin men dikwijls petroleum vindt. Op onze dagen doet zich een gelijkaardig verschijnsel

voor in streken als de Perzische Golf en Irak, waar de grote Karoestroom de teelaarde van Perzië naar de landtong van de Golf met zich voert, terwijl de Tigris en de Eufraat het aan de noordelijke bergen ontnomen materiaal naar de uitgestrekte vlakten tussen Bagdad en Basrah brengen.

Mogelijk zijn deze bezinksels de oorsprong van de petroleumvoorraden in de wereld en zijn de bewegingen der aardmassa's beslissende factoren van de verschuiving van de petroleum naar de poreuze rotsen waar hij ten slotte in de "reservoirs" zal opgesloten blijven. Bepaalde sedimentaire deeltjes zijn echter zo klein dat zij bovenop het continentale plat vervoerd worden; op dit punt zijn zij zo licht dat zelfs zwakke getijstroomingen ze in beweging houden totdat zij de diepe

door Dr. T. F. Gaskell

## **De studie der sedimenten onthult ons het historisch verleden van de wereld**

wateren bereikt hebben. Zelfs in de rustiger grote oceanen zijn er soms jaren toe nodig opdat de zeer fijne deeltjes zich langzaam, 3 mijl lager, op de bodem van de zee zouden neerzetten. Later voegen de kleine overblijfselen, afkomstig van de continenten, zich bij andere materiaalbronnen die de bodem van de grote oceanen bedekken. De fijne regen van sedimenten, die zich trapsgewijs in het zeebekken opstapelt, komt gedeeltelijk uit de buitenwereld.

Dit laatste materiaal komt, voor het grootste gedeelte, voor in de vorm van meteorisch stof. Maar van tijd tot tijd komen er op de Aarde luchtstenen terecht, na hun vlucht doorheen het luchtruim. Zij leveren meer overtuigende bewijzen van de bestendige aangroei van de materie aan de oppervlakte van de aardbol. Daarbij komt nog de bijdrage van vulkaanuitbarstingen, die een grote hoeveelheid solide deeltjes in de lucht werpen: de zwaartekracht haalt ze geleidelijk uit de atmosfeer. Tevens heeft een regen van overblijfselen de zee-organismen als oorsprong, de schelpdieren en, gedeeltelijk, de organische overblijfselen van de dode fauna en flora. Dit alles zet zich langzaam op de zeebodem neer. In de diepere wateren zijn heel wat kalkachtige skeletten en schelpdieren opgelost

alvorens de zeebodem te kunnen bereiken. Om die reden bevat de rode leem van het bekken der grote oceanen vooral siliciumresten. In de ondiepe zeeën bevat het globigerineslik skeletten van deze aan calciumkoolzuurzout rijke organismen.

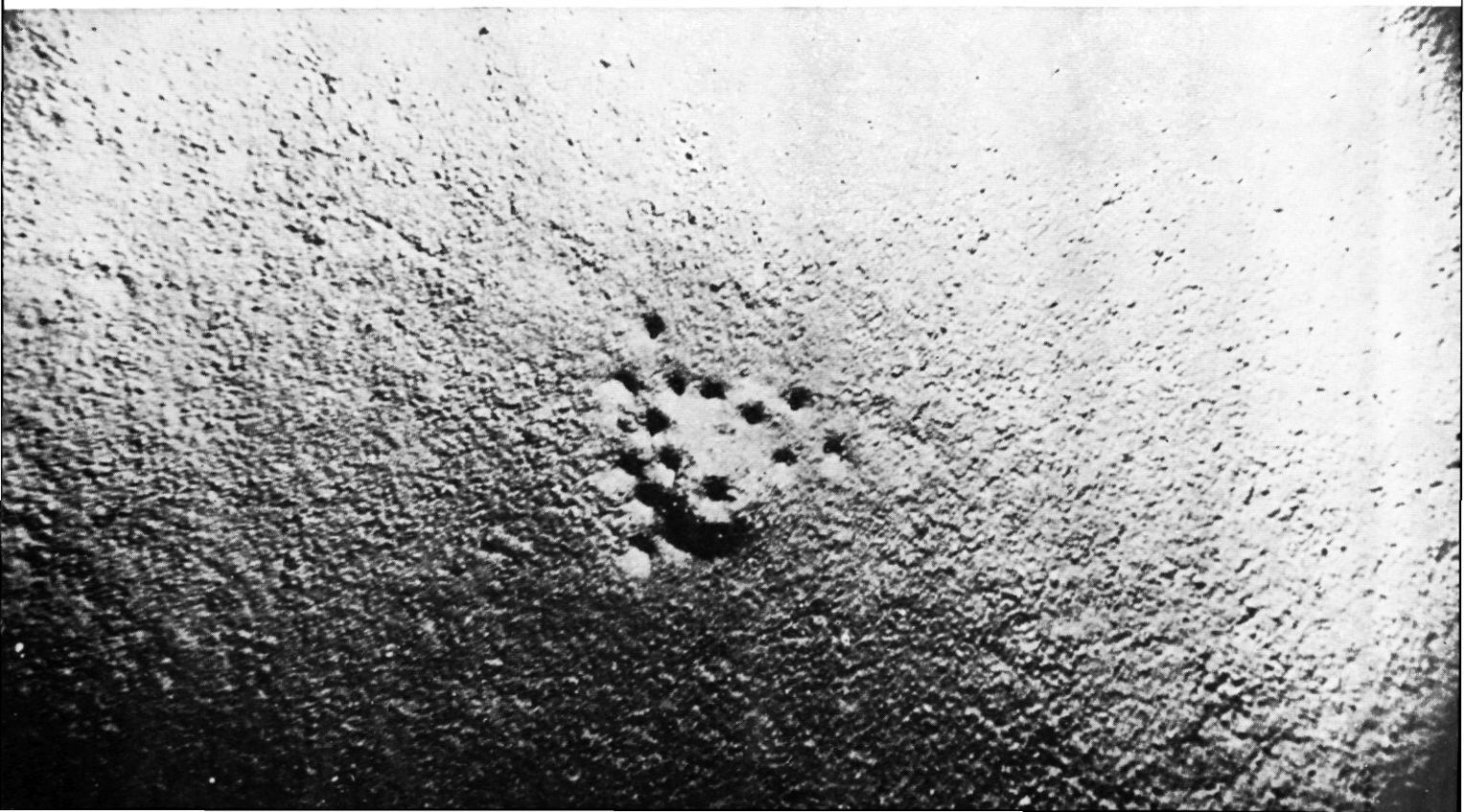
Bij het aandachtig bestuderen van de bezinksels van de zeebodem kan men er heel wat uit afleiden aangaande het geschiedkundig verleden van de wereld. Soms vindt men er eigenaardige strandkeitjes of zelfs dikke keien in. Maar men mag zich niet laten beïnvloeden door deze zwerfblokken in de algemene opvatting van het sedimentatieverschijnsel. Deze blokken zijn op de zeebodem terechtgekomen, na door ijsbergen, die slechts in diep water wegsmelten, losgerukt te zijn geworden.

Op het eerste gezicht zou men er zich aan mogen verwachten dat de verschillende opeengestapelde sedimentlagen getrouw de geologische geschiedenis van de Aarde weergeven. Ongelukkig is de werkelijkheid niet zo eenvoudig als de in voorgaande paragrafen beschreven theorie doet vermoeden. De oude sedimentatie-opvatting, waarbij jaar na jaar of seizoen na seizoen getuigenis wordt afgelegd van de milieuwijzigingen, stemt niet overeen met de juistheid der feiten.

◀ *Boorplatform "Adma Enterprise", opgetrokken boven de petroleumzak Adma F-1 in de Perzische Golf. (Archieven BP)*

*Deze holten op de bodem van de zee, gefotografeerd op een diepte van 1.763 m, maken een raadsel uit voor de geleerden. (Bron: U.S.I.S.)*

▼



De perfektionering der camera's en der magnesiumlampen maakt het mogelijk foto's te nemen van het zeebekken op grote diepte, waardoor het bestaan bevestigd wordt van een grote dierlijke activiteit. Op de foto's van de vlakke zeebodem, ziet men tekens van storingen, onder meer door sporen van Zee-komkommers (Holothurioidea) en andere zeedieren.

Het zeebekken is dikwijls zelf met golvende voren (ripple-marks) uitgegraven. Men bemerkt er ook karakteristieke zandhoopjes die schaduwen afwerpen achter kleine stenen.

Deze verschijnselen tonen duidelijk aan dat het water, ter hoogte van het zeebekken, soms voldoende in beweging is om het materiaal, dat van het oppervlak neerdaalt, te verplaatsen en opnieuw te laten bezinken. Thans bewijzen nieuwe instrumenten dat er, op de bodem van de zeeën, niet steeds een kalme nacht heerst. De oceanografen verwijzen naar andere proeven die aantonen dat, op bepaalde plaatsen althans, de bezinksels van de bodem storingen ondergaan. Oude uit het bekken van de oceaan gedregde knobbels bevatten tanden van haaien waarvan de soort in de loop van het Tertiaire tijdperk, verscheidene miljoenen jaren geleden, uitgestorven is. Deze tanden zijn kunnen ontsnappen aan de sedimentaire bedekking door de een of andere afkalvingsvorm van de bodem der zeeën.

De diepe gedeelten van de grote oceanen zijn zo donker als de nacht en normaal ook rustig en stil als de enkele zeldzame wroetende vissen en holoturiëen. Van tijd tot tijd loopt een onstuimige vloed de hellingen af van het kontinentaal plat en verplaatst de bezinksels op een meer energieke wijze dan de dieren of de geringe waterstromingen dat zouden vermogen. Dat zijn de "woelstromen" en meer dan elke andere faktor mengen zij de bezinksels van de aardbol. Zij worden gevormd door het in het water zwevende slijk. Daar dit mengsel zwaarder is dan het gewone water vertoont het neiging tot zakken. Indien het zeebekken afhelt, zoals dit het geval is op het kontinentaal plat, begint het mengsel van water en slijk deze helling af te lopen, zoals een rivier dit zou doen. Indien de hellingen

lang en steil zijn, wint de met slijk vermengde watervloed stilaan aan snelheid tot hij zich zo vlug als een sneltrein verplaatst. Op dat ogenblik maakt de kracht zelf van de stroming een nieuw materiaal los van de bodem en wordt zijn oorspronkelijke omvang aldus vergroot. De vloed loopt de helling in grote vaart af totdat hij de benthische uitgestrekte vlakten bereikt. De verworven snelheid maakt het hem mogelijk zich een rivierbed uit te graven in het reeds opgestapeld bezinksel.

Het kan vreemd lijken dat een stroom van slijk en water zich met de snelheid van een sneltrein door het water kan voortbewegen. Zodat, toen het bestaan van deze modderige vloed voor de eerste keer betwist werd, veel geologen hun scepticisme niet onder stoelen of banken staken. Men kan er zich echter geen beter idee van vormen dan door ze te vergelijken met sneeuwlawines. Bij bepaalde lawines verplaatst een sneeuwmassa zich met een betrekkelijk langzame vaart over de rotsen of een andere sneeuwlaag alsof zij over een warm dak gleeed. Maar in andere gevallen, wanneer de sneeuw en de lucht één driftig mengsel vormen, stort de lawine zich van de berg met snelheden van honderden mijlen per uur. In bepaalde gedeelten van de wereld zijn er trouwens ook winden die over de berghellingen strijken tegen meer dan honderd mijl per uur. Deze winden zijn enkel de resultante van een koude en dus zware luchtlaag die in woeste vaart onder de normaal warmere luchtlaag doorschuift. Dat hierbij hoge snelheden kunnen bereikt worden, stelt hoegenaamd geen probleem wanneer men aanneemt dat de weerstand aan de beweging bijzonder gering is. Een verticale val van 120 voet (36,5 meter) volstaat opdat een lichaam, al vallend, een snelheid van 60 mijl (ongeveer 100 kilometer) per uur bereikt.

Soms vormt een mengsel van asse en warme gassen, afkomstig van een vulkaan, een zwaardere laag dan de omringende lucht. In plaats van zachtjes langs de berghellingen te glijden, loopt dit mengsel met grote snelheid langs die hellingen af. Dit was het geval bij de uitbarsting van de Mont Pélée, welke zo'n groot aantal slachtoffers door verstikking maakte.

Matematische berekeningen bewij-

zen dat het met slijk verzwaarde water, op voorwaarde dat het zich op dolle wijze beweegt, in horizontale golven van ongeveer 3 meter dikte en met verbazend weinig wrijving wegvloeit. Dit theoretisch besluit wordt gestaafd door proeven op maquettes die de wijze aantonen waarop de modderige vloed hun entiteit bewaren, zelfs wanneer zij het water oversteken. Op het eerste gezicht zou men er zich echter aan verwachten dat het water elke progressieve beweging remt of zelfs tot stilstand brengt.

In feite heeft nog niemand modderige vloed gezien en zo de maquettes en de matematici bewijzen dat zij kunnen bestaan, wil dat nog niet zeggen dat zij een rol spelen in de vorming van de diepe oceanen. Tal van experimentele evidenties kunnen nochtans zeer gemakkelijk ver-

### **...Een watervloed vermengd met slib, welke zich zo vlug als een sneltrein verplaatst, stroomt de onderzeese hellingen af...**

klaard worden indien men de theorie der modderige vloed aanvaardt. Vele tijdens peilingen, uitgevoerd op de vlakke bodem van de Atlantische Oceaan, getrokken kardoezen bevatten niet alleen gewone leem, maar vertonen ook afwisselend zand- en aanslibbingsstroken evenals fossielen die gelijken op die welke in de zich in ondiep water bevindende neerslag gevonden worden. Deze fossielen behoren zonder twijfel tot dieren die geleefd hebben op bodems die dicht bij het oppervlak gelegen zijn. Mogelijk kan een of andere waterbeweging naar de diepte veroorzaakt worden door het langs de continentale hellingen neervallen van grote sedimentaire blokken. Zulke ineenstorting hebben inderdaad plaats. Dit verklaart echter niet de grote afstand die bepaalde in de verte ontdekte fossielen uit ondiep water zouden moeten afgelegd hebben over het bijna hori-



De analyse der mariene sedimenten, die zich op de zeebodem bevinden, is de sleutel tot de geschiedenis van de aarde. (Van boven naar onder: de baggermachine, die de rotsstalen van de zeebodem gaat inzamelen; de onderwatercamera met flitslichten zal foto's nemen op grote diepten; het peillood, welke "kardoezen" zal nemen uit de zachte sedimenten; en ten slotte het peillood voor de harde bodem. (Archieven BP en bron U.S.I.S.)

zontaal gedeelte van de grote oceanen. De details van de ligging en de korrelmeting van het zand, in de diepzeekardoezen gevonden, zijn niet langer verklaarbaar. Daarentegen zouden deze vaststellingen zeer goed verenigbaar zijn met de theorie der modderige vloed.

Het leggen van de transatlantische kabel in de 19de eeuw is één der hoofdredenen geweest voor het ondernemen van de studie van het oceanbekken. En slechts in een betrekkelijk recente periode hebben de oceanografen en de kabelleggers er zich rekenschap van gegeven dat zij een indrukwekkende reeks experimentele feiten betreffende de woelstromen gemeen hebben.

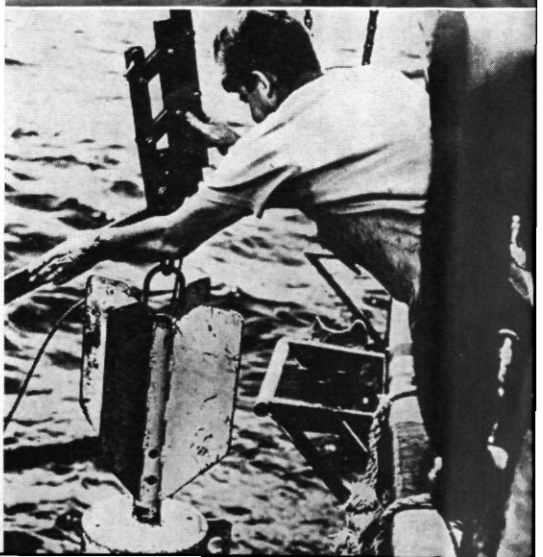
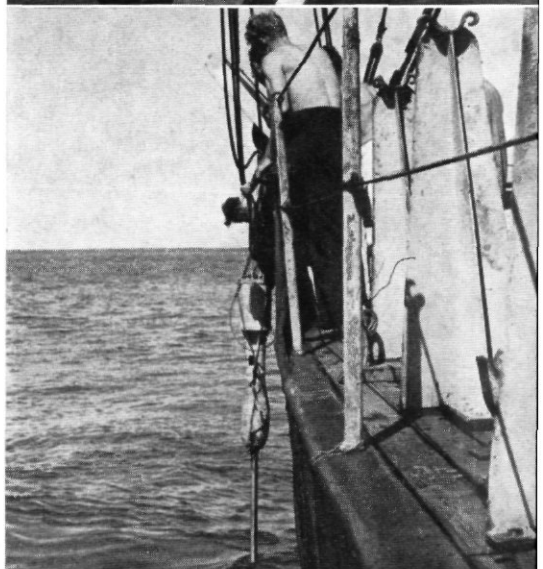
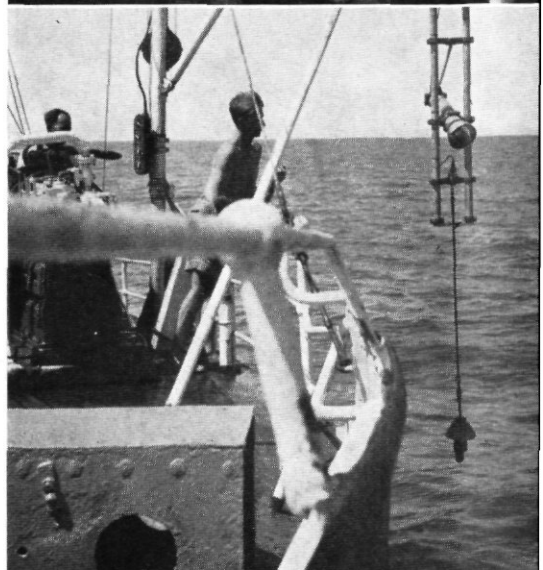
Gedurende lange tijd weet men de kabelbreuken aan aardbevingen. Het kwam nochtans vreemd voor dat het afbreken van verscheidene kabels wegens een aardbeving nooit gelijktijdig gebeurde. Daar de kabels in werking waren, werd het afbreken over 't algemeen nauwkeurig opgetekend. Om die reden maakten de resultaten een zeer goed gecontroleerd natuurlijk verschijnsel uit. Mogelijk heeft de aardbeving een grote hoeveelheid sediment losgerukt welke dan zwaar op de kabels terecht kwam. Aanzienlijke massa's verplaatsen zich echter niet ver, uitgezonderd wanneer zij de vorming van een modderige stroom uitlokken.

Deze kunnen langs de continentale hellingen lopen en alle kabels bij hun doortocht doen afknappen. Wanneer men de breuk vanuit dit opzicht onderzoekt, past het schema der breukperiodes er zich heel goed bij aan. Zij kunnen verklaard worden door een modderige stroom die zich steeds naar beneden voortbeweegt, zoals men er zich aan kon verwachten. Hij verplaatst zich met een snelheid van ongeveer 50 mijl (80 kilometer) per uur langs de hellingen waarvan de afbuiging 1 op 10 bedraagt en de verminderde snelheid ongeveer 12 mijl (19 kilometer) per uur wanneer hij het

meer horizontale gedeelte van de oceanbodem bereikt. Aldus kan men niet alleen de kabelbreuken behoorlijk verklaren, maar ook het ogenblik en de plaats leveren een aanduiding wat de snelheid der stromen aangaat. Bepaalde gladdere gedeeltes van de zeebodems kunnen nog anders verklaard worden. In de nabijheid der vulkaaneilanden hebben zich grote lava-"stromen" over het oceanbekken gespreid, zodat een bodem met zachte helling ontstond, waarop zich in de loop der tijden een sedimentbedekking heeft vastgezet.

Op voorwaarde dat de oceanograaf er zorg voor draagt zijn monsters te verzamelen op plaatsen waar zich geen grotere storingen hebben voorgedaan, is het mogelijk dat men de bladzijden van de geologische geschiedenis één na één kan omslaan. Een aandachtig onderzoek van het fossiel leven, dat zich in het verleden ontwikkeld heeft, zal de opeenvolgende wijzigingen op de Aarde onthullen. Tot op heden heeft men nauwelijks de bovenste tien meter van de sedimentaire laag, welke op enkele honderden meters geschat wordt, onderzocht. Maar in een betrekkelijk nabije toekomst zullen de boortechnieken, aangewend voor het zoeken naar petroleum, meehelpen om de geheimen van de sedimenten van de zeebodems te onthullen.

De aard van de diepe zeebekkens werd ontdekt bij middel van baggermachines en peiltoestellen. Een groot gedeelte van de oceanbodem bestaat uit rode leem of uit globigerineslik of uit een mengsel van beide. Op bepaalde plaatsen is de topografie - zoals men er zich kon aan verwachten - te oneffen opdat deze sedimentaire materialen ons een ononderbroken bedekking zouden opleveren. In deze gebieden zijn de naakte rotsen op de bodem van de ocean zichtbaar. Dit is in het bijzonder het geval op de kruinen van de ondergelopen zeebergen of op de bergketens die zo



## **In feite heeft niemand ooit modderstromen gezien...**

groot zijn als de kam van het milieu van de Atlantische Oceaan. Bepaalde uit de onderzeese bergen uitgebaggerde rotsmonsters zijn bedekt met zwart mangaanbioxyde. Bepaalde rotsfragmenten hebben het uitzicht dat men er zou van verwachten indien het mangaan er in binnengedrongen was en haar gekloven had; op dezelfde wijze waarop het water in de aardrots binnendringt en een sterke erosie veroorzaakt wanneer het vriest. Mogelijk brengt het mangaan een verhitte van de rotsen van de bodem der zee teweeg. Zijn geschiedenis is beslist van zeer groot belang, zelfs indien men ze nog niet zeer goed kent. Uitgebaggerde monsters en onderzeese foto's tonen inderdaad aan dat grote oppervlakten bedekt zijn met mangaanknobbels, waarvan de grootte van enkele millimeters tot tientallen centimeters gaat. De vorming van dergelijke mangaankoncentraties blijft nog een mysterie. De neerslag van de zeebodems zal ongetwijfeld een grote waarde hebben wanneer de continentale bronnen uitgeput en

zoals de kalksteen of de zandsteen. Mogelijk bevinden er zich kalkrotslagen tussen twee zachte sedimentlagen in de enkele honderden meters neerslag van de zeebodems. De betrekkelijk dunne sedimentaire zuilen laten nochtans weinig hoop er petroleumzakken in te ontdekken.

Sommige experten menen dat minstens een deel van de petroleum van het plantaardig leven op aarde afkomstig is en dat de opeenhoping ervan teweeggebracht werd door het water dat van de aarde naar de onderzeese kalkrots vloeit of naar de zandsteenreservoirs in de ondiepe aangrenzende wateren op de continenten. Daarom beperkt het actief zoeken naar petroleum onder water zich tot het continentale plat waar men sedimentaire rotsen van grote dikte vindt.

Men zal met grote belangstelling de boringen volgen dwars door de sedimentaire lagen van het oceaanbekken, vooral indien de door de geofysische resultaten veronderstelde aanwezigheid van kalkrotsen bevestigd zou kunnen worden.

Alhoewel de vorming van petroleum in haar geheel op een mariene oorsprong wijst, kan men niet gemakkelijk vatten hoe de olieachtige overblijfselen van zeedieren op de bodem der zeeën bewaard bleven. Slechts in uitzonderlijke gevallen, onder bepaalde voorwaarden van stagnatie en gebrek

oxydatie te vrijwaren is mogelijk wanneer de bezinksel bedekt zijn met een verzakking of door modderige vloed. Zodra de producerende petroleumoverblijfselen afgezonderd zijn, kunnen zij hun verrotting voortzetten in een zuurstofvrije atmosfeer.

Niettegenstaande men het normaal acht dat de modderige vloed van de continentale hellingen naar de diepe wateren vloeien, toch kunnen zij hebben bijgedragen tot het insluiten van de voortbrengende petroleumneerslag, op een tijdstip dat de huidige rotsen door de zee ondergedompeld waren.

Sommigen veronderstellen dat men petroleum zal vinden aan de voet van de continentale hellingen en zonder twijfel zal men op zekere dag boringen uitvoeren om deze hypothese na te gaan. In afwachting onderzoekt men meer en meer het gebied van de Golf van Mexico, de Perzische Golf en de Niger-delta. In Europa wordt de bedrijvigheid des-aangaande meer in de Noordzee gekoncentreerd.

De eerste fase bestaat uit het onderzoeken van het zeebekken bij middel van geluidsgolven, voortgebracht door onderzeese explosies. Deze golven worden teruggekaatst door rotslagen die zich op verscheidene kilometers onder de zeebodem kunnen bevinden.

De petroleumreservoirs, die dikwijls de vorm hebben van onder-

*Mangaanknobbels werden in de noordelijke Atlantische Oceaan op 6.000 meter ontdekt. (Bron: U.S.I.S.)* ▶

de mijnuitbatingstechnieken in volle zee geperfectioneerd zullen zijn. De bezinksel van de zeebodems zouden petroleum kunnen bevatten, maar waarschijnlijk zal men op de bodem der grote oceanen nauwelijks nuttige concentraties vinden voor de mens. Het recent sedimentonderzoek, op plaatsen zoals de Orinoco-delta, toont aan dat op petroleum gelijkende materialen gevormd worden door rottende dieren en dat zij zich op de zeebodems bevinden. Om echter een neerslag van commerciële waarde te leveren, moet de petroleum door een poreuze rots dringen

aan zuurstof, kan de petroleum blijven voortbestaan. Deze voorwaarden kunnen zich voordoen wanneer er een geweldige hoeveelheid dierlijk leven, en bijgevolg een sterke concentratie van in ontbinding verkerende stoffen, aangetroffen wordt. Er bestaan zulke streken, bijvoorbeeld langs de westkust van Afrika, waar de overvloed aan vissen waarschijnlijk door een stijgende stroming veroorzaakt wordt, welke onontbeerlijke voedende zouten, afkomstig van het oceaanbekken, met zich voert.

Een andere manier om kringen voor

grondse lenzen, worden in de structuur der ontdekte lagen aangeduid door de geluidsgolven. De geofysische methoden kunnen enkel de ligging vaststellen van gebeurlijke petroleumstructuren. Indien men het bewijs wil hebben dat er waarlijk petroleumlagen bestaan, is het onontbeerlijk stalen te nemen van de diepe rotslaag bij middel van een peillood. Op zee is een boring heel wat duurder dan op het vasteland. In de loop van de laatste jaren heeft men tal van verschillende methoden ontwikkeld ten einde dit probleem op te lossen. De meest aangewezen

metode voor boringen in zee bestaat erin vanop een platform te werken dat door reuzestelten gedragen wordt en buiten het bereik ligt van de golven die schade zouden kunnen toebrengen. Deze platformen kunnen van de ene plaats naar de andere vervoerd worden door ze tot op het zee-oppervlak te laten zakken en vervolgens met behulp van een sleepboot voort te trekken. Deze reuzetuigen, welke automatisch kunnen stijgen en dalen, zijn zeer kostbaar. Thans is men geneigd de voorkeur te geven aan drijvende schepen die men aan het anker vastlegt. Men gaat tot het boren over langs een in de romp van de boot aangebrachte opening. Ook kan men de boortoestellen langs of achteraan het schip vastmaken. Een zeer vernuftige installatie is wel het samenbrengen van twee scheepsrompen zoals een catamaran: het peillood wordt dan op het aansluitingsplatform gemonteerd.

De belangen van de oceanograaf en van de petroleumvorser verenigen zich in een interessant projekt dat ongeveer zeven jaar geleden werd voorgesteld. Het omvat het verrichten van een boring in de volledige opeenvolging der sedimentaire lagen die de bodem der grote oceanen bedekken. Zoals wij gezien hebben zou zulke verwezenlijking het mogelijk maken het geologisch verleden van de Aarde te leren kennen op een veel nauwkeu-

rigere wijze dan door boringen op het vasteland. Inderdaad, het materiaal van de zeebodems heeft niet de bestendige wisselingen der erosies en van het hersedimenteren van de neerslag ondergaan als op het vasteland. Het is vanzelfsprekend niet mogelijk de petroleumboorteknik toe te passen welke erin bestaat een platform op stelten op te richten die steun vinden op de bodem van de zee, wanneer men zich in oceanen bevindt waar de bodem 5 kilometer onder het oppervlak gelegen is. Het is eveneens onmogelijk een schip het anker te doen werpen in zulke waterdiepten met de vaste terreinpreciesheid die vereist is om een booroperatie te verrichten.

Om dit probleem op te lossen heeft men een vernuftige methode uitgedacht van "dynamische positie-instelling". Een peilboot wordt uitgerust met hulpmotoren die zijn verplaatsing in alle vereiste richtingen mogelijk maken: vooruit, achteruit, opzij of rond zijn as draaiend. De boot wordt in het centrum gehouden met een stel op de zeebodem doordrenkte boeien die op een vijftigtal meters onder het wateroppervlak, buiten het bereik der golven, winden en stromingen aan het oppervlak, worden vastgemaakt.

In de loop van voorafgaande proeven, in 1961, maakte men van deze nieuwe methode van positieinstelling gebruik en bekwam men aldus

peilkardoezen van 200 meter lengte, afkomstig van de zachte bezinksels die de zeebodem nabij het eiland van de Guadeloupe in de Atlantische Oceaan bedekken. Deze techniek staat nu op punt. Men wacht op de konstruktie van een belangrijker installatie die in staat is in de diepste oceanen te werken.

Zulke installatie zal het Mohole-projekt verwezenlijken dat tot doel heeft doorheen de aardkorst te boren ten einde monsters te bezitten van het binnenste omhulsel van de Aarde. Wanneer de volledige opeenvolging der sedimentaire lagen zal gepeild zijn op verscheidene plaatsen en in verschillende oceanen van de wereld, zal het ons mogelijk zijn onze theorieën over de vorming van de oceanen en de geologische geschiedenis van de Aarde te herzien.

In de 19de eeuw maakte de Prins van Monaco naam in de oceanografische milieus door het publiceren van uitstekende onderwaterkaarten. Misschien zal de Sjeik van Koeweit op zijn beurt een bepaalde vermaardheid en veel prestige kunnen verwerven in de wetenschappelijke wereld door het organiseren van het nemen van stalen in de sedimentaire zuil van de bodem van een grote oceaan? Dit projekt kan zeer natuurlijk lijken voor een traditioneel maritiem land dat door petroleumboring zijn huidige rijkdommen heeft verworven.



door Prof. Dr. P. Groen

## De ijsbergen ontstaan noch in noch vanuit de zee

Tot de meest onherbergzame oorden der aarde behoren wel de grote gebieden van ijs en sneeuw in het verre noorden en in het verre zuiden. Wij willen in gedachten eens die oorden opzoeken, althans voor zover ze tot het rijk van de zee behoren. Het grote zuidpoolcontinent moeten we hier buiten beschouwing laten, daar we alleen over het drijvende ijs zullen spreken, het ijs dat tot de zee behoort; we krijgen met dat witte Zuidpoolland, waar thans de Belgisch-Nederlandse antarctische expeditie vertoeft, alleen te maken voorzover het de bakermat is van de zuidelijke ijsbergen.

Zoals in het opschrift van dit opstel reeds tot uiting komt, dienen wij ten aanzien van ijs in de zee twee soorten te onderscheiden: het eigenlijke zeeijs en de ijsbergen. Zijn drijvende ijsbergen dan geen eigenlijk zeeijs? Neen - wij weten immers dat ijsbergen niet in en uit de zee ontstaan, zij zijn geen stukken bevroren zee, maar stukken landijs, gletsjerijs; dit in tegenstelling dus tot zeeijs, waaronder wij verstaan: ijs dat door bevroering van zeewater is ontstaan.

Eigenlijk moeten wij tegenwoordig nog een derde soort onderscheiden, althans in de noordelijke poolzee, namelijk de "ijseilanden", die enigszins een tussenvorm tussen zeeijs en ijsbergen voorstellen. We komen daar nog op terug.

Eerst willen we het zeeijs eens wat nader beschouwen.

### ZEEIJS

Er zijn twee oorzaken waardoor de zee minder spoedig befrist dan het zoete water op het land. In de eerste plaats ligt het vriespunt van zeewater door zijn zoutgehalte iets lager dan 0°C: hoe hoger het zoutgehalte hoe lager het vriespunt. Voor gemiddeld zeewater, met zijn zoutgehalte van ongeveer 3,5%, is het vriespunt -1,9°C. Daar komt echter nog een omstandigheid bij. Terwijl zoetwater zijn grootste soortelijke zwaarte heeft bij 4°C en bij verdere afkoeling weer lichter wordt, zodat het allerkoudste water boven blijft drijven en dus gemakkelijk befrist, heeft zeewater (mits voldoende zout) deze eigenschap niet: het koudste zeewater is het zwaarste en bij afkoeling zakt dus steeds het afge-

koelde zeewater naar beneden, om plaats te maken voor minder koud water van beneden, dat ook nog afgekoeld moet worden voordat eindelijk het vriespunt wordt bereikt. Meet men het zoutgehalte van zeeijs, dan komt men tot de merkwaardige ontdekking dat dit geringer is dan het zoutgehalte van het zeewater waaruit het is ontstaan; men vindt voor zeeijs waarden van 0,5 tot 1%. Hoe komt dit? Het antwoord is eenvoudig: als zeewater begint te bevroren, ontstaan er geen zoute ijskristallen maar zuivere (zoutloze) ijskristallen. Het zout blijft dus in het nog niet bevroren water achter; dit wordt hierdoor rijker aan zout en dus ook zwaarder, waardoor het vervolgens naar beneden wegzakt. Gaat het vriezen, dan vormen de ijskristallen weldra een samenhangend weefsel van kristallen, waartus-

# HET IJ

sen in cellen nog wat zeewater opgesloten zit. Het gevolg is dat een brok zeeijs dus eigenlijk een mengsel is van zoutvrije ijskristallen met daartussen verspreid vele kleine inclusions van pek. Zo komt het dus dat het gemiddelde zoutgehalte van het stuk zeeijs kleiner is dan van het zeewater.

Het soortelijk gewicht van zeeijs is meestal omstreeks 0,9.

In de Zuidelijke IJzee noemt men alle zeeijs meestal ook wel "pakij". In de Noordelijke IJzee maakt men echter nog een onderscheid tussen drie zones van ijs: allereerst het grote middendeel, de permanente "poolkap" van ijs, die het grootste deel van het ijsgebied beslaat; en daaromheen de twee gordels van het "pakij" en het "landvast ijs". De genoemde poolkap beslaat een

►  
*Pannekoek-ijs in de zuidelijke poolzee (Foto W. Vervoort). Rechts: Open geul in het pakij (Foto W.M.O.)*

gebied zo groot als Europees Rusland of als de Verenigde Staten, ongeveer 6 miljoen km<sup>2</sup>.

Al spraken wij van een permanente "poolkap", toch stelde men zich dit gebied niet voor als een aaneengesloten ijsvloer, noch denke men dat dit ijs in rust is. Neen, enerzijds bevat dit ijs altijd spleten, open geulen of ook meer of minder brede open stroken (vooral des zomers, maar 's winters toch ook), en anderzijds zijn de ijsvelden op de meeste plaatsen oneffen door ijsophopingen, ontstaan door zijdelingse druk. Zowel die openingen als die opeenhopingen worden veroorzaakt doordat de ijsvlakten, onder de werking van de wind en van stromingen onder het ijs, nooit lang in rust gelaten worden, maar altijd weer verschuiven; vaneen schuiven of op elkaar schuiven.

De normale dikte van het poolijs bedraagt 2 tot 4 meter. Wij bedoelen hier de dikte die ontstaat uit normale aangroei door bevrozing. In één winter kan door bevrozing een dikte van 2 meter ontstaan. Het komt echter veel voor dat door de bovengenoemde bewegingen, bij het ineenschuiven van ijsvelden, het ijs stuk gebroken en opeengestapeld wordt. Dan ontstaan de zogenaamde "hummocks", ijshopen die soms wel 10 m boven het waterniveau uitsteken. Dikwijls zijn ze gerangschikt in lange richels of wallen, drukwallen geheten. De hummocks moeten dus niet verward worden met de echte ijsbergen (deze komen overigens in het inwendige van de Noordelijke IJzee praktisch niet voor).

Langs de kusten, die de noordelijke poolzee omringen, wordt gedurende

negen van de twaalf maanden de zoom van het landvaste ijs aangetroffen. Deze brede ijszoom zit aan het land vast en ontstaat ieder najaar opnieuw door bevrozing van de zee van de kust uit. Geheel onbeweeglijk is dit ijs niet, want buiten een zekere afstand van de kustlijn gaat het met de bewegingen van eb en vloed mee op en neer.

Het landvaste ijs strekt zich van de kust af meestal uit tot daar, waar de diepte omstreeks 12 vadem (dus omstreeks 22 meter) is. Zo komt het dat langs de kust van Siberië, die door een zeer brede zoom van ondiep water begrensd wordt, het landvaste ijs zich tot honderden kilometers van de kustlijn kan uitstrekken, op sommige plaatsen zelfs bijna 500 km.

's Zomers treedt vanaf de landzijde afsmelting van het landvaste ijs op,

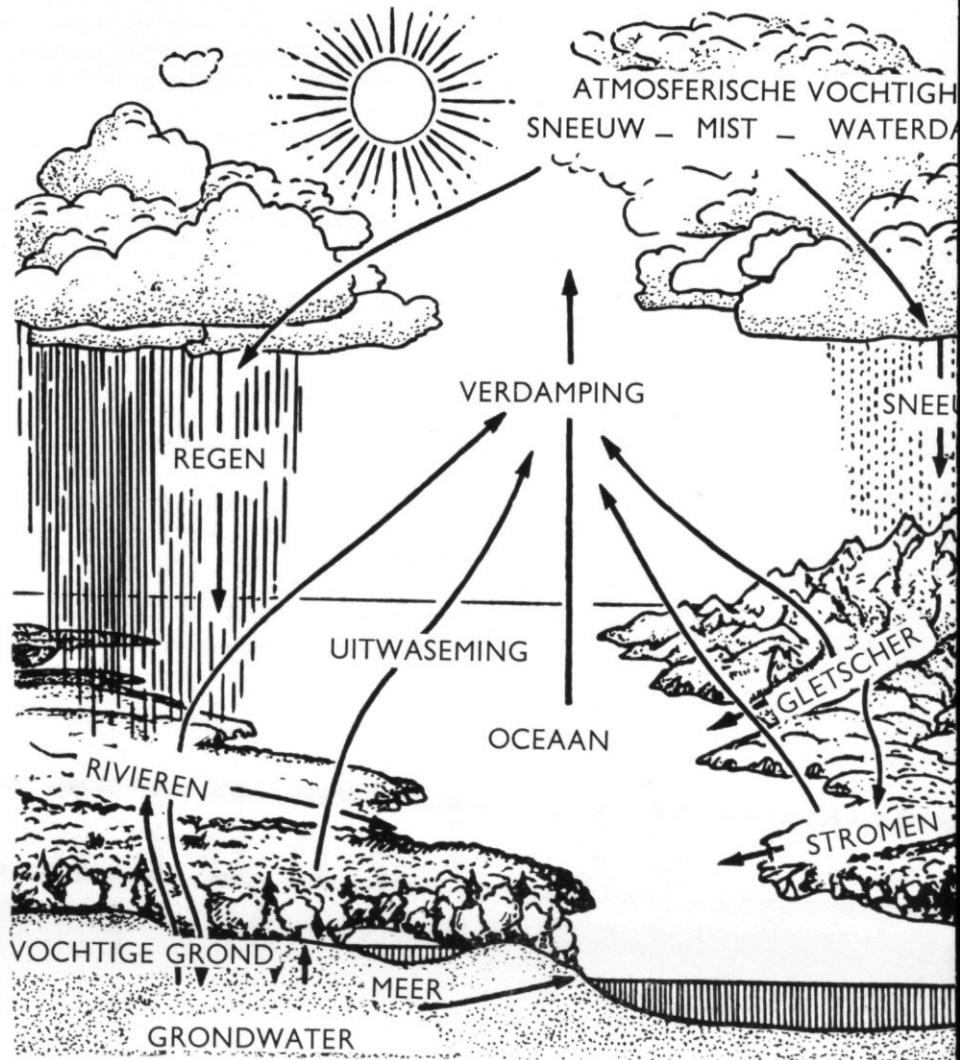
# EN DE IJSBERGEN



het raakt los en op drift, en voor zover het niet wegsmelt voegt het zich bij het pakijjs.

Tussen de gordel van het landvaste ijs (voorzover aanwezig) en de grote poolkap bevindt zich de gordel van het pakijjs - zeeijs dat niet ter plaatse is gevormd en zich van het poolkapijs onderscheidt doordat het minder compact is en daardoor beweeglijker, minder uitgestrekte schollen vertoont en in het algemeen ook niet zo dik is.

In de zomer is het landvaste ijs niet aanwezig en dan is het dus alles pakijjs, wat zich tussen de poolkap en de omringende kusten bevindt. De strook zee voor de kust van Eurazië is in augustus gemiddeld voor de helft open water en voor de helft pakijjs - uitgezonderd bepaalde ongunstige plaatsen, waar ijsvelden gemakkelijk blijven steken en zich verzamelen in zeeëngten tussen eilanden en de kust. Zulke plaatsen legden dan ook vroeger de grootste struikelblokken in de weg van de expedities, die trachtten de noord-oostelijke doorvaart tussen de Atlantische Oceaan en de Stille Oceaan te volbrengen. Het eerst is dit gelukt aan Nordenskjöld, die in juli 1878 met de "Vega" van Zweden uitvoer en ruim een jaar later met zijn schip door de Beringstraat de Noordelijke Stille Oceaan binnenkwam, na een overwintering in het ijs, dat hem van eind september tot begin juli op slechts honderd zeemijlen ten westen van de Beringstraat had vastgehouden. - De noordwestelijke doorvaart - uit de Atlantische Oceaan om Canada heen naar de Beringstraat - is pas in de jaren 1903-1906 gelukt; hier was het Amundsen, die dit volbracht. Tegenwoordig wordt langs de gehele Siberische kust 's zomers (in hoofdzaak in augustus en september) door de Russen in meerdere of mindere mate scheepvaart bedreven, van en naar de mondingen der grote Siberische rivieren. Hierbij worden dan de machtige ijsbrekers ingezet om, waar nodig, de konvooien met geweld doortocht te verschaffen. In het noorden van de Atlantische Oceaan breidt zich aan de westkant het pakijjs ver naar het zuiden uit, langs de oostkust van Groenland en langs de kust van Labrador, in het vroege voorjaar zelfs tot voorbij New Foundland, tot een geografische breedte van 43°N, dat is dezelfde



De cyclus van het water

geografische breedte als van de noordkust van Spanje!

Hier zien we het werk van de koude zeestromingen, de Oost-Groenlandstroom en de Labradorstroom, die als ware ijsstromen hun polaire wateren, met pakijjs beladen, tot zó ver zuidwaarts stuwten. Ten zuiden van New Foundland is het de Golfstroom die deze polaire wateren en het pakijjs een halt toeroept. Aan de Europese kant van de Atlantische Oceaan is het diezelfde Golfstroom, die door zijn verste uitlopers ten noorden van de noordelijkste punt van Noorwegen, tot 73°N

breedte, de zee zelfs 's winters open houdt en ten westen van Spitsbergen zelfs tot 79°N breedte.

Keren wij voor een ogenblik terug naar het eigenlijke poolijs in het inwendige van de Noordelijke IJszee, dan willen wij eraan herinneren dat ook dit ijs niet in rust is. De windstelsels boven dit gebied houden ook deze onmetelijke ijswoestijnen in beweging. Wij denken hier aan de verschillende drijvende expedities, die hetzij per schip (ingevroren in het poolijs) hetzij op een ijsschol of "ijseiland" grote afstanden met het ijs hebben afgelegd.



Tafelijsbergen in de Zuidelijke IJszee (Foto W.M.O.)

**Verskillende  
drijvende  
expedities  
voeren  
over lange  
afstanden  
met het ijs  
mee weg...**

Allereerst is hier natuurlijk te noemen de beroemde tocht van Fridtjof Nansen met zijn "Fram", die er speciaal op gebouwd was om in het ijs bekneld te raken en zo te gaan waar het poolijs het zou brengen (1893-1896). Later heeft een Russische ijsbreker, de "Sedov", een soortgelijke tocht gemaakt (1937-1940). Zowel de "Sedov" als de "Fram" kwam ten slotte in de stroming terecht die tussen Spitsbergen en Groenland door zuidwaarts de Atlantische Oceaan binnenloopt. De meeste latere drijvende expedi-

ties in de noordelijke poolzee hebben echter plaatsgevonden op een ijsschol of op een ijzeiland. Op een grote ijsschol zijn reeds in 1937 Russische onderzoekers, die per vliegtuig waren neergelaten, een verblijf in de Poolzee begonnen dat negen maanden heeft geduurd. Na de oorlog zijn de Russen doorgaan met deze drijvende waarnemingsstations (die onder andere ook voor de meteorologie van groot nut zijn) en later zijn ook de Amerikanen met zulke ondernemingen begonnen. De Amerikanen hebben echter niet alleen onderzoekings-

posten op een ijsschol gevestigd, maar ook op een ijseiland.

## IJSEILANDEN

Op 14 augustus van het jaar 1946 vloog een verkenningsvliegtuig van de United States Air Force over de verlaten woestenij van de Noordelijke IJsee, op 1500 km afstand van de noordkust van Alaska, toen daar op het radarbeeld een heel groot drijvend objekt verscheen, dat duidelijk verschillend was van het omringende poolijs; een eiland of een ijsmassa, men wist het niet, maar gewoon poolijs was het zeker niet. Men noemde het voorlopig "Target X" (target = radar doel) of TX en de ontdekking ervan werd in de eerste jaren als een militair geheim behandeld. Hiermee was voor het eerst een ijseiland gesignaleerd. Het werd later T1 genoemd.

Gedurende de volgende drie jaar werd T1 tijdens vluchten van de U.S. Air Force nog regelmatig waargenomen, tot men het in de herfst van 1949 uit het oog verloor. Het was toen inmiddels meer dan 2500 km verwijderd van de plaats waar het de eerste maal gezien was. Het ijseiland was 27 bij 32 km groot en bestond uit een enorm dikke uitgestrektheid van massief ijs, die wel een meter of vijf boven het omringende zeeijs uitstak.

In juli 1950 werd een tweede ijseiland uit de lucht ontdekt, dat T2 genoemd werd en nog iets groter was dan T1, en kort daarop nog een derde: T3; dit laatste was nogal wat kleiner dan de andere twee, "maar" 8 bij 17 km.

Deze ijseilanden vertonen een karakteristiek reliëf van hun oppervlakte, namelijk een stelsel van ongeveer evenwijdige golfruggen, wel niet hoog - hoogstens een meter of zes - maar toch zeer opvallend, vooral bij lage zonnestand. De onderlinge afstanden dezer glooiende golfruggen van het ijs bedragen 150 tot 300 m. De totale dikte van een eiland kan wel 50 meter zijn. Het ligt voor de hand dat men na deze ontdekkingen het fotoarchief van de U.S. Air Force naarstig doorzocht heeft om te zien of er nog andere ijseilanden op voorkwamen. Dit bleek inderdaad zo te zijn. De interessantste ontdekking daarbij was echter, dat men van een van

deze ijseilanden tevens de plaats vond waar het vandaan moet zijn gekomen, namelijk de noordrand van Ellesmere Island, het grote eiland ten noordwesten van Groenland. De noordkust van dit eiland wordt namelijk omzoomd door een zware ijslaag, die enigszins het midden houdt tussen overjarig landvast zeeijs en een soort gletsjerijs (gevormd door jarenlange opeenhoping van sneeuw). In deze zware ijszoom van Ellesmere Island ontbrak ergens een grote "hap", van dezelfde vorm als een van de gefotografeerde ijseilanden. - Dat ook voor andere ijseilanden de bakermat gezocht moet worden in dit randijs (men noemt het ook wel shelf-ijs, omdat het op de "shelf", dat is hier het onderzeese eilandsplat, rust) is afgeleid uit de sprekende gelijkenis die de oppervlakte van dit ijs vertoont met het gegolfde oppervlak van de ijseilanden.

## IJSBERGEN

Op twee plaatsen draagt onze aardkorst een enorm pantser van ijs: Groenland en het Zuidpoolcontinent zijn er praktisch geheel mee bedekt, het eerste 2 miljoen km<sup>2</sup> groot, het tweede 10 miljoen km<sup>2</sup>. De gezamenlijke massa van dit ijs is zó groot dat, als alles eens smolt, het vrijkomende water het niveau van de gehele wereldzee 60 meter zou doen stijgen. Dit ijs is hetzelfde als gletsjerijs, overjarig sneeuwijs dus. Door vele, vele jaren heen heeft zich hier de sneeuw opgestapeld, is samengeperst en omgevormd tot een bijzonder soort ijs, dat enigszins plastisch is. Dit ijs is niet in rust. Al ziet men het zich niet bewegen, toch ligt het niet stil: het kruipt langzaam maar zeker, onder de werking van de enorme druk van de ijslast, van het binnenland uit naar buiten, naar de randen; zoals ook gewone gletsjers in het hooggebergte voortkruipen onder de druk van boven. Aan de randen van deze ijsgebieden van Groenland en Antarctica kruipt dit ijs de zee in; aan de rand van Groenland als gletsjertongen, die zich door de dwarsdalen van het randgebergte heen geperst hebben; aan de rand van het Zuidpoolcontinent echter, waar zulk een omsluitend randgebergte ontbreekt, als brede,

**Slechts het zesde  
deel van de ijsberg  
steekt boven  
het water uit;  
dat kan  
50 m bereiken,  
uitzonderlijk  
zelfs het dubbel**





Luchtfoto van ijseiland T3, ontdekt in 1950, 17 km lang en 8 km breed. (Foto U.S. Air Force)

enorm uitgestrekte zomen van shelf-ijs, gedeeltelijk nog steunend op het vastelandsplat, de "shelf" (vandaar de naam), doch verder naar buiten los van de bodem in het water hangend.

Het antarctische shelf-ijs vormt dus met het ijs van het binnenland een geheel en wordt door de drukking uit het binnenland heel langzaam naar buiten geschoven, bijvoorbeeld een meter per dag. Aan de uiterste randen breken er echter regelmatig grote stukken af, en daarmee zijn dan ijsbergen geboren. De grootste uitgestrektheden van shelf-ijs worden gevonden in de Ross-zee (een gebied groter dan Frankrijk) en in de Weddell-Zee. Shelf-ijs wordt ook wel ijsbarrière genoemd, naar de naam die James Clarke Ross, de ontdekker van de Ross-Zee, aan dit ijs gaf. Aan de zeekant kan een ijsbarrière zich wel tot 50 meter boven het zeeniveau verheffen.

Door hun ontstaan uit het enorm uitgestrekte shelf-ijs hebben de zuidelijke ijsbergen die brede, platte vorm die hun de naam van tafelijsbergen heeft bezorgd.

Ook langs de fjordenkust van Groenland worden ijsbergen geboren door het afbreken van stukken van

het gletsjerijs, dat naar buiten schuift. Hier geschiedt dit echter, zoals wij zagen, in de vorm van gletsjertongen, zodat de ijsbergen hier niet die brede vorm hebben, die de tafelijsbergen van de zuidelijke poolzee vertonen. "Kalven" noemt men het loslaten van een ijsberg van de "moeder"-gletsjer. Wat betreft de eigenschappen van het ijs der ijsbergen, kan om te beginnen uit hun oorsprong afgeleid worden dat dit ijs (in tegenstelling tot zeeijs) zoutvrij is. Verder is het luchthoudend. Dit is te verklaren doordat bij de vorming van het gletsjerijs uit sneeuw vele kleine insluitels van lucht tussen de sneeuw kristallen bleven zitten. Deze lucht zit (door de samenpersing) onder een zekere overdruk in het ijs opgesloten; het gevolg is dat bij het smelten van dit ijs een zeker gebruik gehoord wordt, dat het gevolg is van het ontsnappen van deze lucht.

Het soortelijk gewicht van de ijsbergen ligt gemiddeld in de buurt van 5/6. Dit betekent dus dat van een ijsberg gemiddeld slechts 1/6 deel boven water uitsteekt.

De hoogte boven water kan 50 meter worden, in uitzonderlijke gevallen

soms zelfs wel 100 meter.

Ten slotte willen wij nog enige aandacht schenken aan de geografische verspreiding van de ijsbergen. In de zuidelijke poolzee is de verspreiding van de ijsbergen rondom het antarctische kontinent min of meer gelijkmatig, er is weinig voorkeur voor bepaalde trekroutes. Men komt de grote tafelijsbergen, die kilometers, ja soms tientallen kilometers breed kunnen zijn, op alle geografische lengten tegen, en langzaam verspreiden ze zich noordwaarts op de onregelmatige stromingen die hen meevoeren. In de Stille Oceaan bereiken ze breedten van 50°Z, in de Atlantische Oceaan komen ze nog wel verder noordwaarts, tot 40°Z soms.

Heel anders is de situatie op het noordelijk halfrond. Daar vinden we een concentratie van de ijsbergen in de westelijke delen van de Noord-Atlantische Oceaan. Verreweg de meeste noordelijke ijsbergen komen namelijk van Groenland. Weliswaar leveren ook gletsjers van verschillende andere eilanden (Spitsbergen, Frans Jozef Land, Nova Zembla, Noordland en sommige eilanden van de Canadese archipel) wel enige ijsbergen, terwijl enkele

gletsjers van Alaska ook ijsbergen in de Beringzee afgeven, maar deze aantallen vallen toch min of meer in het niet bij de duizenden die Groenland jaarlijks produceert: men schat hun aantal op gemiddeld 12000 tot 15000. Bij deze aantallen bedenke de lezer dat het hier niet om de kleinere ijsbrokken gaat, maar om ijsbergen van minstens 1 1/2 miljoen kubieke meter. Het totale volume van de jaarlijkse produktie wordt geschat op minstens 100 miljoen kubieke kilometer. De oostkust en de westkust van het eiland leveren ongeveer evenveel, doch de ijsbergen van de oostkust komen meestal niet verder zuidelijk dan de zuidpunt van Groenland, Kaap Vaarwel. Zij varen daarheen met de Oost-Groenland-stroom, doch reeds even ten zuiden van genoemde kaap ontmoet deze stroom een aftakking van de Golfstroom, de Irmingerstroom, die van de kant van IJsland komt. De Oost-Groenland-stroom vermengt zich hiermee en buigt dan om Kaap Vaarwel heen naar het noorden.

Ijsbergen van de westkust daarentegen kunnen zeer ver naar het zuiden reizen, langs Baffin Land, Labrador en New Foundland.

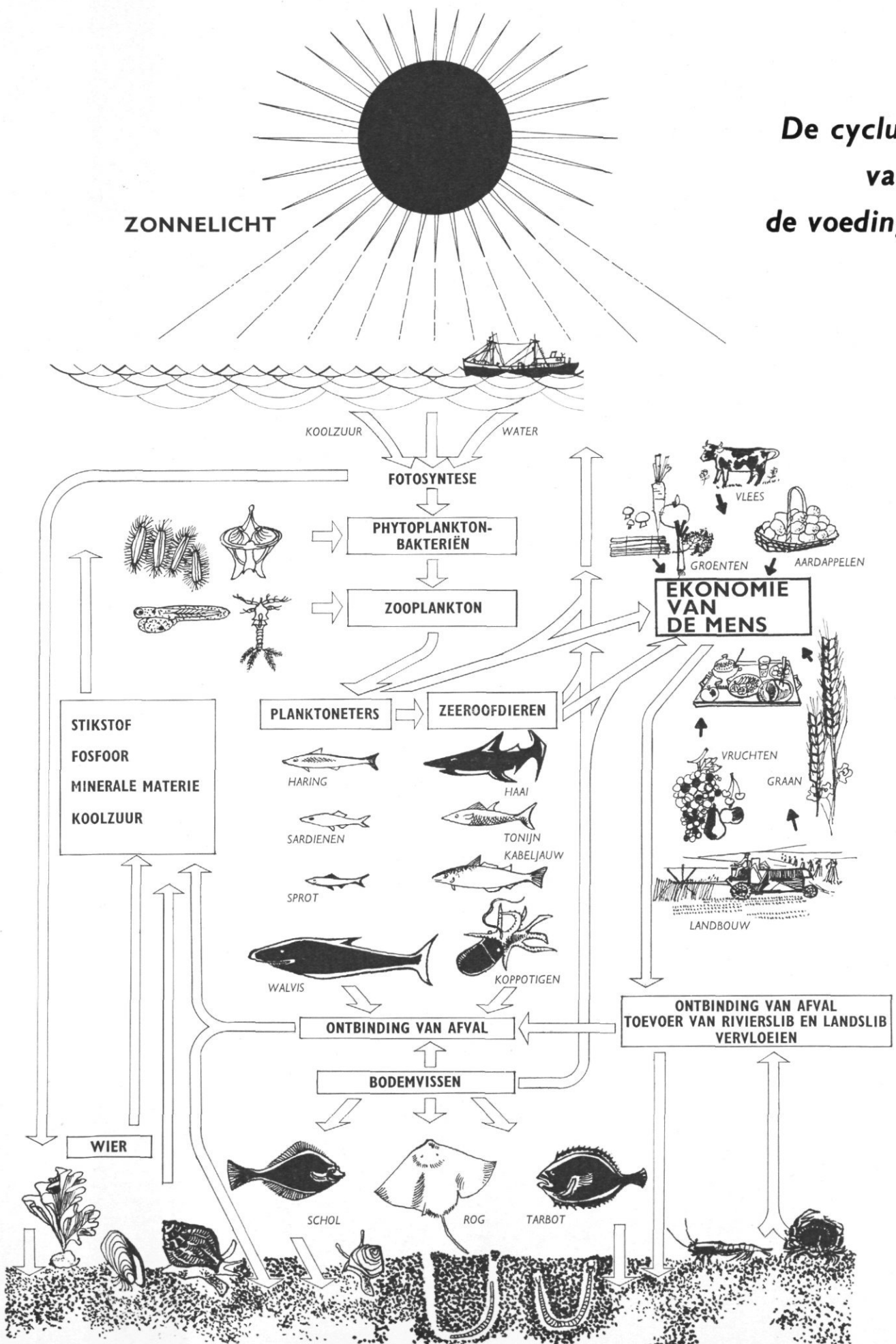
Men schat het gemiddelde aantal der ijsbergen die jaarlijks in de West-Groenlandse fjorden ter wereld komen op 7000. Deze worden in hoofdzaak door een 25-tal gletsjers geleverd en de meest produktieve daarvan liggen tussen de 69e en de 72e breedtegraad. Hier worden langs een stuk kust, niet groter dan de Belgische en de Nederlandse kust samen, per jaar gemiddeld wel 5000 ijsbergen geboren. De grootste aantallen leveren de Umiamako en de Jakobshavn-gletsjer: beide brengen jaarlijks wel 1300 ijsbergen voort. De laatstgenoemde gletsjer is 7 km breed en aan zijn uiteinde in de gelijknamige fjord 75 meter hoog boven het water. In augustus 1928 vond een expeditie van de "International Ice Patrol" deze fjord letterlijk verstopt door wel 4000 of 5000 ijsbergen, dicht opeengepakt zover als het oog reikte. Dit moet wel de oogst van 3 of 4 jaar geweest zijn. Blijkbaar hadden deze ijsbergen al die tijd geen kans gezien de fjord te verlaten, hetzij doordat aanhoudend ongunstige wind de uitgang van de fjord ook des zomers met zwaar

pakijs bleef verstoppert, hetzij doordat de ijsbergen zelf door ongelukkige opeenhoping de doorgang hielpen blokkeren. In normale gevallen komen de ijsbergen des zomers, als de fjord niet meer dichtgevroren ligt, wel naar buiten in het open water tussen Groenland en Baffin Land.

De regel is dat zij daar dan eerst met de West-Groenland-stroom noordwaarts varen, om pas verderop over te steken naar de kant van Baffin Land en daarlangs dan zuidwaarts te trekken naar Labrador en met de Labrador-stroom verder naar New-Foundland. Natuurlijk brengen lang niet alle ijsbergen het zo ver in de wereld. Gemiddeld komen per jaar een 400-tal (soms meer soms minder) tot bij New Foundland; dat is dus 5 à 6% van het totale aantal west-Groenlandse ijsbergen. Die inderdaad zo ver komen hebben dan een reis van omstreeks 3000 km achter de rug, een reis waarover zij meestal een of twee jaar doen; zij hebben dan dus een of twee maal onderweg overwinterd.

Van de ijsbergen die New Foundland passeren, komen de meeste daar in april, mei en juni; in mei komen er gemiddeld 130 bezuiden 48° N.B. De aantallen lopen echter van jaar tot jaar sterk uiteen. In sommige jaren komen daar meer dan 1000 aan, in andere maar een tiental. De oorzaken van deze verschillen liggen in hoofdzaak in de verschillende winden, die de ijsbergen onderweg kunnen ondervinden, waardoor ze soms voorspoedig reizen en soms ook naar ondiepten en inhammen worden gedreven, waar ze kunnen stranden en hun einde vinden door ter plaatse langzaam weg te smelten. Ook die, welke het verst brengen, vinden ten slotte hun einde - hetzij door te stranden op de grote New Foundland Bank, hetzij door onder te gaan in de lauwe wateren van de Golfstroom. Zo sluit zich dan voor de ijsbergen de grote kringloop van het water, waarvan ook zij een schakel vormen. Zij zijn immers gevormd uit gletsjerijs, dat ontstaan is uit sneeuw-sneeuw, die uit de wolken viel - wolken, die zich uit waterdamp verdichtten - waterdamp, die uit de zeeën opsteeg, uit de zeeën die ten slotte de ijsbergen weer in hun schoot terug ontvangen.

# De cyclus van de voeding



Op de rug van het omslag: Wat men zou zien bij het beschouwen van de oceaan ► die door een cataclysmе geleidгd zou zijn.

