

De drie gesteenten kunnen worden opgevat als genetisch samenhangend. In een diep magmareservoir vindt langzaam stolling plaats tot een gabbro. Van hieruit wordt onder (tektonische) druk een hoeveelheid magma omhooggeperst in spleten of tussen laagvlakken, waar het tot dolerietgangen, respectievelijk -platen stolt. In sommige gevallen bereikt het magma zelfs het aardoppervlak om aldaar over grote arealen uit te vloeien en tot basalt te stollen. Deze voorstelling moge dienen als geheugensteun, in werkelijkheid is de samenhang zelden aantoonbaar en waarschijnlijk onjuist.

Terug naar Tasmanië. Hoewel in de panoramaschets van afb. 3 de horizontale uitgestrektheid eerder een basaltplateau suggereert, blijkt toch bij veldonderzoek het gesteente wel degelijk intrusief te zijn: hier en daar liggen er andere formaties bovenop en dan blijkt dat het zich horizontaal tussen gelaagde sedimenten bevindt. In dit geval is het geïntrudeerd in formaties van Trias- en Perm-ouderdom. Daarmee is vastgesteld dat het een intrusieplaat betreft en dus een doleriet; ook petrografisch is dit bevestigd. Langdurige erosie heeft de bovenliggende formaties op de meeste plaatsen volledig verwijderd. De erosieve doorsnijding door riviertjes heeft de eens continue dolerietplaat opgedeeld in geïsoleerde "eilanden" met grillige contouren, zie afb. 2. Een "eiland" is hier een berg met doleriet"kap" en als de doleriet eenmaal zó blootligt blijkt de berg zeer resistent (weerbaar) tegen verdere erosie. Dank zij deze beschermfunctie van de dolerietplaat krijgen we een heel bijzonder landschap, waarin vlakke toppen en uitgestrekte plateaus opvallen.

Om het onderscheid tussen doleriet en basalt nog wat moeilijker te maken blijkt, dat de voor basalten zo karakteristieke "zuilstructuur" ook bij doleriet voorkomt. Voor ons Nederlanders is dit een heel nuttige structuur, het maakt het gesteente prettig winbaar in handzame blokken, die wij ter versterking van onze dijken weer in hun oorspronkelijke mozaïek terugleggen. De zuilvormen ontstaan bij de snelle afkoeling, het zijn een soort "krimpscheuren" die zich loodrecht vanaf het koelende oppervlak ontwikkelen.

De intrusie en de afkoeling van een doleriet spelen zich echter ondergronds af en onttrekken zich aan onze waarneming. Uit de zuilenstructuur in vele dolerieten (afb. 4) concluderen we dat ook daarbij de afkoeling snel verloopt. Misschien ook niet verwonderlijk, de dikte van een intrusieplaat is vaak niet meer dan een paar honderd meter (bij Hobart 350 m). Wanneer bovendien de intrusie vrij hoog in de korst heeft plaatsgevonden is het temperatuurverschil tussen magma en omgevende korstgesteenten heel goed vergelijkbaar met dat van een basalt, die met 1200°C over een landschap van circa 25°C uitvloeit.

In mid-oceanische ruggen ontstaat nieuwe aardkorst door stolling van magma. De nieuwgevormde zeebodem duwt geleidelijk de grote platen aan weerszijden uiteen en is daardoor mede verantwoordelijk voor het uiteendrijven van de continenten. Gabbro, doleriet en basalt spelen ook bij de nieuw te vormen zeebodem een belangrijke rol. In het nu volgende artikel over MORB zal dit duidelijk blijken.

Literatuur

A.B. Edwards (1942): Differentiation of the Dolerites of Tasmania, Journ. Geol. vol. 50, 451-480 en 579-610.
J.L. Davies, editor (1965): Atlas of Tasmania; Lands and Surveys Dept., Hobart.

Terminologie

metaal: chemisch elementaire stof in gebruik in industrie of in sieraden.

mineraal: in de natuur voorkomende chemische verbinding of element met karakteristieke eigenschappen (kleur, vorm, etc.)

erts: een nuttig mineraal dat in winbare hoeveelheden voorkomt.

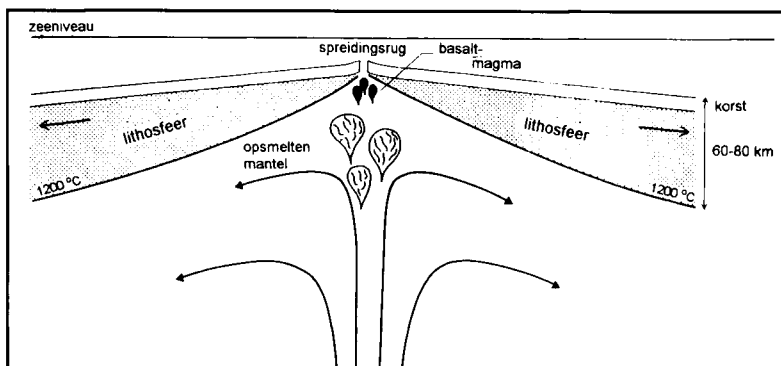
alluviaal erts: hetzelfde, voorkomend in los sediment.

MORB: Mid-Oceanische Rug Basalt

door Henk Helmers ¹⁾

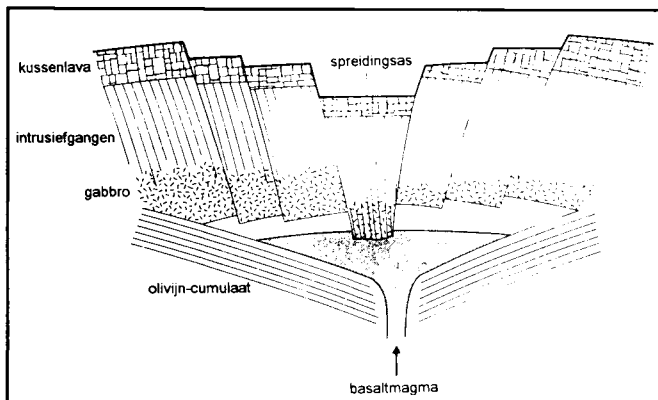
Een blik op een kaart van de aardse oceanen leert, dat er zich een enorm lange, aaneengesloten bergrug bevindt, in sommige oceanen nauwkeurig in het midden, in de Grote Oceaan aan de oostkant. Uitgebreide kartering van de bodem van alle oceanen en vele andere onderzoeken

leverden de conclusie, dat deze onderzeese rug steeds op de grens ligt tussen twee van de grote lithosfeerplaten, die bovendien vanaf deze grens uiteendrijven. De mid-oceanische rug (MOR) heeft een totale lengte van 80 000 km en hij vormt een symmetrische welving van 1000 à 3000 m hoogte ten opzichte van de omringende oceaانبodem. IJsland vormt een bijzonderheid, hier komt de mid-oceanische rug boven water.



Afb. 1. Schematische dwarsdoorsnede van een "constructieve" plaatgrens. Gesmolten mantelmateriaal welt op tot in een magmakamer onder de spreidingsrug en vormt van daaruit nieuwe oceanische korst. De pijlen duiden de convectorie van de vaste mantelgesteenten aan. Naar M. Wilson, 1989.

¹⁾ Drs. H. Helmers is verbonden aan het Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam.



Afb. 2. Meer gedetailleerd schema van een magmakamer onder een constructieve plaatgrens en wat hieruit kristalliseert. Differentieert en intrudeert bij de opbouw van nieuwe korst. Naar M. Wilson, 1989.

Het uiteenbewegen van de platen geschiedt met een snelheid variërend van 2 tot 20 cm per jaar. De zo gecreëerde ruimte wordt weer opgevuld door opwellen van onderliggend heet materiaal uit de aardmantel (afb. 1). Dit materiaal doet alleen door zijn hoge temperatuur de welving van de oceaانبodem ontstaan. De mid-oceanische rug is gewoonlijk voorzien van een centrale slenk (afb. 2), die begrensd is door breuken. Jaarlijks welt hierin zo'n 10 km³ basaltisch magma omhoog, dat uitvloeit over de bodem van de slenk. Met dit jaarlijkse volume is het de produktiefste vulkanische zone op aarde. Berekening leert, dat bovendien een aanzienlijk deel van het magma de zeebodem niet bereikt, maar als dieptegesteente (gabbro, doleriet) zal kristalliseren tijdens de afkoeling.

De morfologie van de centrale slenkzones is op enkele plaatsen vanuit speciaal ingerichte duikboten in kaart gebracht. Hierbij werden een aantal honderden meters hoge vulkanen met een ovaal grondvlak ontdekt. Deze liggen met hun langste doorsnede, die 1 - 3 km bedraagt, evenwijdig aan de slenk georiënteerd. Hun relatieve ouderdom wordt afgelezen aan de dikte van de slijbedekking. Kennelijk is het zo, dat rustperiodes van 1000 jaren of meer afwisselen met korte periodes van sterke vulkanische activiteit. Het vulkanisme levert vooral kussenlava's (*pillow flows*) of pijp- of

buislava's (*tube flows*). Afb. 3 en 4. Bij beide wordt al het vloeibare magma dat met koud zeewater in aanraking komt direct voorzien van een starre korst. Hierdoor ontstaat een opeenstapeling van pijpen en ballen, terwijl uit spleten en gaten steeds weer nieuw roodgloeiend magma welt, dat terstond zelf weer de ronde kussenform aanneemt. Pavement-lava's (*sheet flows*) komen minder vaak voor; deze stollen uit zéér dunvloeibare stromen met gladde bovenkant, waarin door snelle afkoeling een regelmatig systeem van ondiepe afkoelingsbarsten ontstaat. Onder deze korst stroomt het magma voort.

Op de vulkaanhellingen ontstaan vaak grove breccies door het breken van afrollende lavakussens of door het inzakken en breken van de korst boven een leeggestroomde *sheet flow*. Afb. 5. Lage heuvels met steile zijden worden gevormd door intrusie van magma in een laccolietvormig lichaam *) onder de slijblaag van de centrale slenk. (Zie voor *) de rubriek "Terminologie" aan het eind van het artikel).

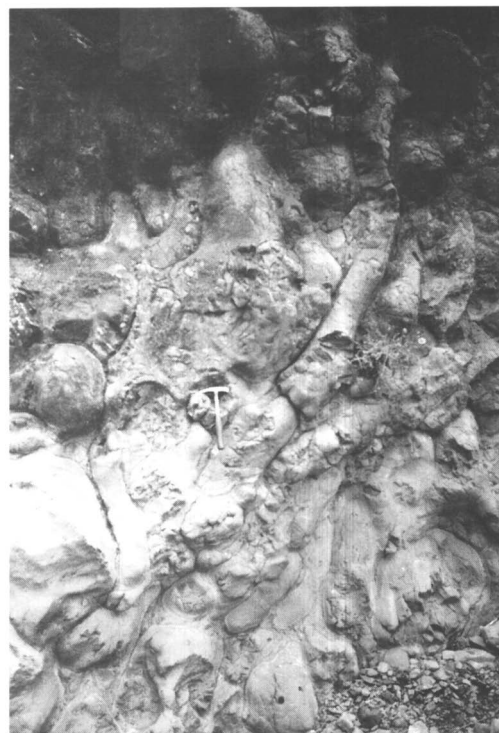
Door drukontlasting begint de hete mantel onder de slenk selectief te smelten. Dit opsmelten gebeurt vanaf zo'n 70 km diepte. De peridotiet *) van de mantel, die bestaat uit olivijn met ortho- en clinopyroxeen en spinel, levert dan een vloeibaar basaltmagma (met een samenstelling van vooral pyroxeen + plagioklaas), terwijl er een olivijnrijk residu in de bovenste mantel achterblijft. Door een geringer soortelijk gewicht ten opzichte van hun omgeving stijgen alle beetjes magma langzaam op en verzamelen zich in een of enkele ondiepe magmakamers. Dit wordt het MORB-magma genoemd. (MORB staat voor Mid-Oceanische Rug Basalt.) Olivijn die hieruit nog kristalliseert is zwaar en zal naar de bodem van de magmakamer zakken en daar een olivijnrijk cumulaat vormen. De hoofdmoot van het magma zal tot gabbro (pyroxeen + plagioklaas) kristalliseren. Een deel echter stijgt op via evenwijdige spleten naar de vulkanen op de zeebodem en voedt daar het vulkanisme. Het deel van het magma dat onderweg in de vele aanvoerspleten stolt heet doleriet en deze serie dolerietgangen wordt het *sheeted dyke complex* genoemd. Door differentiatie *) van het magma ontstaan in geringe mate (minder dan 1 %) ook zuurdere gesteenten.

Zeewater is een zoutoplossing die sterk corrosief op basalt kan inwerken, in het bijzonder als dit door vulkanische restwarmte wordt verhit in de talrijke krimp-scheuren. De Na-ionen van het zeewater veranderen alle veldspaat in albit (de basalt wordt dan



Afb. 3. (Boven) Fossiele kussenlava in ontsluiting. Taurusgebergte, Antalya, Turkije. Foto: J. Verhofstad.

Afb. 4. (Rechts) Submarien uitgevloeide lava met "buizen" en "kussens". La Palma, Canarische Eilanden.



Afb. 5. Submarien gevormde basaltische breccie.
La Palma, Canarische Eilanden.

spiliet). De Mg--ionen verdringen de metaalionen Fe en Mn uit de donkere mineralen. Vulkanisch glas verandert in Mg-rijke klei. Daarna slaat opgelost SiO₂ tezamen met Fe- en Mn-oxydes neer op de zeebodem. Zwavel uit gereduceerde SO₂-ionen doet onoplosbare metaalsulfiden neerslaan en dient tevens als voedselbron voor bacteriën en een bizar dierenleven op de barre oceaانبodem.

In het kader van het internationale Ocean Drilling Project zijn reeds talrijke gaten vanaf onderzoeksschepen in de oceaانبodem geboord. De rijke informatie die uit de boorkernen van allerlei locaties in de wereldoceanen omtrent de diepe bodem is verkregen bevestigt steeds het beschreven model:

- laag 1 is een dunne sedimentbedekking van afgezonden slib, waaronder ook ingeblazen stof van het continent, en skeletresten van zeeorganismen;
- laag 2 bestaat uit kussenlava's, ca. 1,5 km dik, op een stelsel van dolerietgangen;
- een dikke laag 3 van gabbro-intrusies en daaronder de peridotiet van de mantel.

Door plaatbewegingen en vooral bij het botsen van de grote platen kan een deel van de jonge, ondiepe oceaانبodem op het continent schuiven. Waar dit is gebeurd kunnen we dezelfde volgorde van gesteenten nog beter op het droge bestuderen. Bij deze fossiele vorm spreekt men van *ofiolietcomplexen*; beroemde voorbeelden worden aangetroffen in New Foundland, Oman, Cyprus, Nieuw-Caledonië, oostelijk Indonesië, etcetera (afb. 3). In de Alpen, de Dinariden, het Taurusgebergte in Turkije en vele andere plooingsgebergten zijn zulke secties van oceanische korst gewoonlijk aanwezig, zij het dat deze door tektoniek vaak uit hun verband kunnen zijn gerukt.



Terminologie

laccoliet: een concordante intrusie, die een blaarvormige opwelling van gesteentelagen veroorzaakt.

peridotiet: samenvattende naam voor ultramafische gesteenten met olivijn en ortho- en clinopyroxeen.

differentiatie van magma: fysisch-chemische processen in een magma tijdens voortgaande afkoeling en kristallisatie, waarbij zure restmagma's overblijven. Een voorbeeld is het afzinken van SiO₂-arme mineralen, zoals olivijn, dat op de bodem van de magmakamer accumuleert.

Literatuur

M. Wilson (1989): Igneous Petrogenesis.

West-Europa in een wijd panorama: *mogelijke schollenbewegingen tijdens de Variscische orogenese*

door Prof. Dr. A. Brouwer *)

Aan het einde van het Paleozoïcum verschilde het geografische beeld van West-Europa aanzienlijk van het tegenwoordige. De noordkant van het Iberisch blok (Iberia) lag dicht bij het Armoricaans Massief. De Golf van Biscaye is pas na het Paleozoïcum geopend door een draaiende beweging van Iberia tegen de wijzers van de klok in. Men mag wel aannemen dat de structuur van het Armoricaanse Massief zich voortzet in die van het Iberische blok. Bovendien lag Iberia verder naar het westen. Grote laterale breuken wijzen op aanzienlijke verschuivingen.

Aan de andere kant van Frankrijk lagen Corsica en Sardinië, beide met een variscische (hercynische) kern. Ook zij hebben na het Paleozoïcum een zwaai gemaakt. Een belangrijk probleem in de geschiedenis van West-Europa is de vraag, in hoeverre deze gebieden een eenheid vormden. Dit probleem is aan de orde gekomen

nadat met de theorie der schollentektoniek duidelijk was geworden, dat grote ketengebergten langs de randen van de continentale blokken (cratons) ontstaan, en binnen een groter continent komen te liggen wanneer twee cratons tegen elkaar botsen. Dit was b.v. het geval met de Noordwesteuropese Caledoniden door de botsing van het Amerikaanse en het Noordepese craton, of met de Alpiden (de hele alpine keten) met de botsing van Eurazië en Gondwana. Het ligt voor de hand te veronderstellen, dat de Varisciden in een vergelijkbaar proces zijn ontstaan. Afb. 1.

*) Deze tekst werd oorspronkelijk geschreven en ingezonden als slot van het artikel "Frankrijk in het Paleozoïcum: een inleiding" (Gea, maart 1991: Het "oude" Frankrijk"), maar werd toen wegens ruimtegebrek niet geplaatst.
Red. Gea.