

Vulkanische sedimenten bij Cabo de Gata (Spanje)

door Vera Hoogland
verahoogland@hotmail.nl

Zodra de zomermaanden naderen, wordt het altijd opvallend rustig op de geologische faculteit van de VU. Het veldwerkseizoen is dan namelijk begonnen, wat betekent dat de meeste aardwetenschappers naar landen als Spanje, Frankrijk, Zuid-Afrika of Hawaï 'vluchten'. Ik mocht dit jaar mee op veldexcursie naar Sorbas, Zuid-Spanje. Twee weken lang hebben wij hier onderwijs gekregen over de tektonische setting van verschillende bekkens en Sierra's langs de kust. Een van de laatste onderwerpen was het vulkanisme rond Cabo de Gata.*)

Samen met mijn medestudenten en een aantal docenten maakte ik tijdens de excursie in Zuidoost-Spanje een leerzame wandeltocht langs verschillende, kenmerkende vulkanische fenomenen. De eerste stop bevindt zich in een dal, waar we uitvloeiingsverschijnselen uitgelegd krijgen. Vlak na een vulkaanuitbarsting kan tefra (pyroklastisch materiaal dat uit de vulkaan 'gespuwd' wordt) op twee manieren worden afgezet: in de vorm van *ash flows* en *ash falls*. *Ash flows* zijn snel stromende suspensies van pyroklastisch materiaal, dat van een helling af stroomt. Dit kan in combinatie met lucht, maar ook in water. In beide gevallen vormen ze een verwoestende, krachtige stroom met zeer hoge turbulentie. *Ash fall*-afzettingen daarentegen, worden gevormd door het 'uitregenen' van fijner pyroklastisch materiaal. De korrelgrootte van deze afzettingen zal afnemen naarmate de afstand tot de eruptie groter wordt en het totale sedimentpakket zal als een deken van uniforme dikte over een groot gebied neerstrijken.

Beide vormen van sedimentatie zijn in het beginpunt van de wandeling onderin het dal afwisselend terug te vinden. De twee soorten afzettingen zijn makkelijk in de wanden van elkaar te onderscheiden aan de hand van de sortering van de korrelgrootte. Sommige delen van de wanden laten een zeer slechte sortering zien. Grovere lapillifragmenten en fijner tuf zijn samengekit tot één grote brei. Af en toe is er op kleine schaal zeer slecht ontwikkelde sedimentaire gelaagdheid te zien, maar vaak ontbreekt deze. Dit is kenmerkend voor een *ash flow deposit*. Door de hoge energie en snelheid is al het pyroklastische materiaal min of meer in een keer gesedimenteerd zonder dat er eerst sortering van korrelgrootte heeft kunnen plaatsvinden. In tegenstelling tot de 'rommelige' structuren gevormd door de *ash flows*, zijn er in de wanden ook homogener, fijnere afzettingen te zien. Deze laten een goede sortering van korrelgrootte zien en sedimentaire structuren ontbreken geheel. De dikte van deze lagen is overal min of meer even dik, ongeacht de topografie. Deze eigenschappen zijn kenmerkend voor een *ash fall deposit*. In afb. 1 is een *ash flow*-afzetting in een wand te zien.

Vulkanische bommen

Wanneer we de wandeling verder voortzetten, komen we al snel langs een volgende karakteristieke vulkanische structuur. In de hoge wand langs het pad steken namelijk een paar opvallende, massieve brokstukken uit: vulkanische bommen. Deze hoekige, tot bijna wel een meter grote brokken pyroklastisch puin zijn tijdens de eruptie met grote kracht uit de krater gespuwd en later op grote afstanden neergekomen met een plaatselijke impact tot gevolg. Dit is te zien aan de omhoog gebogen lagen rond de brokstukken. "De meeste vulkanische bommen," vertelt de docent ondertussen, "laten een karakteristiek breukpatroon zien, namelijk een nog intacte kern omgeven door een opgebroken rand. Dit is een zogenaamde broodkorststructuur." Deze struc-

Geologische setting en vulkanisme in Cabo de Gata

Tijdens het Paleoceen begon Afrika zich richting Europa te verplaatsen, wat zorgde voor contact tussen de Alboran Plaat en de Iberische Plaat. Dit contact verliep niet altijd even soepel en grote krachten kwamen hierbij kijken. Globaal gezien is de botsingsfase in drie tektonische kaders in te delen. Allereerst de fase van compressie waarbij de Sierra's omhoog kwamen. Paleozoïsche en Mesozoïsche sedimenten werden diep in de aardkorst gemetamorfoseerd, onder hoge temperatuur en druk. Hierna volgde een rekfase (Midden-Mioceen) doordat zich back-arc bekkens ontwikkelden door subductie van oceaankorst. Stukken continent werden als gevolg van de terugrollende slab van de Iberische plaat uitgerekt en vormden bekkens die vervolgens met sediment en afbraakmateriaal van de oprijzende korstdelen gevuld werden. Deze rek veroorzaakte ook opheffing van de metamorfe complexen die tijdens de compressiefase gevormd waren. Dit zijn nu de huidige sierra's.

De laatste fase wordt gekenmerkt door strike-slip-bewegingen veroorzaakt door doorgaande convergentie van de Alboran Plaat en Iberische Plaat. In deze fase overheerst de NNO-ZZW-lopende Carboneras-breuk, die door een groot deel van Spanje loopt en het Cabo de Gata gebied 40 kilometer naar het noordoosten heeft doen bewegen. De strike-slip-tektoniek lijkt een voor de hand liggende oplossing voor het vulkanisme in Cabo de Gata, maar hiervoor ontbreekt het nog steeds aan voldoende bewijs. Eerder is dit vulkanisme gekoppeld aan subductie, net als bijvoorbeeld in Italië.



Afb. 1. Ignimbriet (onder) in contact met fijnkorreliger en beter gelaagde ashflows. De ignimbrieten zijn het product van hete gassen, as en uitgebraakte gesteentefragmenten. Dit witte gesteente is rijk aan puimsteen. De samenstelling van de afwisselend lichter en donker gelaagde eenheid daarboven is weinig anders, maar dan afgezet uit een turbulent stromende mengsel van water, stoom en pyroklastisch materiaal. Locatie: Morrón de los Genovesos. Foto: Anne Fortuin.

tuur ontstaat doordat de binnenkant van de vulkanische bom nog vloeibaar is, terwijl de buitenkant al is gestold. Bij de inslag breekt deze buitenkant vervolgens als een soort broodkorst om de homogene, nog intacte kern heen. Met behulp van schetsen op een tekenblok legt de docent ons het proces uit.

De vorming van basaltzuilen

Ondertussen is er een flink harde wind komen opzetten. De docent is amper meer te verstaan en meerdere veldboeken zijn uit elkaar gewaaid. Toch laten we ons niet weggagen en zetten onze wandeling voort naar het volgende fenomeen, dat karakteristiek is voor het vulkanisme in Cabo de Gata. Aan de rechterkant van het pad bevindt zich een indrukwekkende hoge wand van basaltzuilen: bijna perfect gevormde, hexagonale (zeshoekige) structuren gevormd door het afkoelen van de lava. Ondanks de wind verschijnt wederom het A3-tekenblok en binnen enkele minuten is het gehele proces met een schets uitgelegd: de hexagonale structuur vormt zich door het langzaam afkoelen van de onderkant van de basaltzuilen. Hier verandert de temperatuurgradiënt namelijk alleen als gevolg van warmte-uitwisseling met de bodem, als gevolg van conductie. Dit is een langzaam proces waardoor de zuilen hun perfecte, eigenaardige hexagonale vorm kunnen aannemen. Wanneer lava in contact komt met lucht zal de afkoeling veel sneller gaan als gevolg van luchtverversing. Hier verandert de temperatuur als gevolg van conductie en convectie. Deze processen in combinatie met de aanvoer van verse, koelere lucht zorgt voor een snellere afkoeling. Hierdoor zal de hexagonale vorm vaak niet bereikt worden en zal eerder een pentagonale vorm overheersen. Aan deze wand is duidelijk te zien dat deze basaltzuilen (afb. 2) aan de onderkant van de lavaflow gestold zijn.



Afb. 2. Columnar jointing van basaltzuilen, de hexagonale vorm (lastig te zien) is gevormd door het langzaam afkoelen van de lava. Deze vorm dient als indicatie voor het herleiden van de temperatuurgradiënt, die in dit geval gekoppeld kan worden aan conductie. Foto: Vera Hoogland.

Oude onderwatervulkanen

Het laatste fenomeen dat karakteristiek is voor het vulkanisme in Cabo de Gata zien we aan het einde van de wandeling, wanneer we beneden bij het strand aangekomen zijn. Vlak naast de wereldberoemde Indiana Jones-rots (afb. 3 en 4) bevindt zich een ongeveer 3 meter hoge inkeping in de klifwand. Op het eerste gezicht ziet het eruit als een zwarte, rommelige wand, maar wanneer we dichterbij komen, vallen er toch een paar interessante dingen op. De wand bestaat namelijk uit een



Afb. 3. De 'Indiana Jones'-rots op Playa de Mónsul in het Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Het Mónsul-strand is beroemd geworden door een filmscène waarin Indiana Jones en zijn filmvader aan de vijand weten te ontsnappen. Op de achtergrond zie je een rotspartij op het strand, hier de voorgrond vormend. Ontsloten zijn donkere, zeer hoekige breccies (autoklastische breccies) die zijn ontstaan door snelle afkoeling van de onder water uitstromende lava. Foto: Anne Fortuin.

samenkitting van zeer hoekige fragmenten met zogenaamde *radial cracks*: scheuren die vanuit het midden in een stervorm naar de buitenkant lopen. Gelukkig worden we niet lang in onwetendheid gehouden, want al snel komt onze docent er weer aan met een groot tekenblok en een paar stiften om het ons uit te leggen.

Aangezien de meeste vulkanen in het Cabo de Gata-gebied ooit ondiepe onderwatervulkanen waren, is er tijdens en vlak na de eruptie veel contact geweest tussen het zeewater en de hete lava. De oorzaak hiervan is de zeer hoge viscositeit van de uitvloeiende lava. Normaalgesproken wordt de lava van het koude water gescheiden door een dun stoomlaagje, dat de lava enigszins isoleert. Deze viskeuze lava's bevatten echter veel gassen, die de isolerende stoomlaag instabiel maakten. Hierdoor kwam de lava vrijwel direct in contact met het koude zeewater, wat voor krachtige explosies van het gesteente zorgde. Zo werden de zeer hoekige fragmenten in de hoge, zwarte wand gevormd.

Hier komt de excursiedag tot zijn einde. Ter ontspanning is er nu tijd voor een duik in de zee of een fotosessie voor de Indiana Jones-rots. Kortom, genoeg manieren om de lessen van vandaag te laten bezinken.



Afb. 4. Een close-up van de autoklastische breccie op het Mónsul-strand. Foto: Anne Fortuin.

Tot slot

Hoewel er erg veel bekend is over de karakteristieken van het vulkanisme van de Cabo de Gata, zijn er nog steeds onderwerpen die om verder onderzoek vragen, zoals de interactie van submarien vulkanisme met het omringende zeewater. Zo is de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan door een internationaal team van vulkanologen, petrologen en geochemici (o.a. Mattei et al. 2014). Deze onderzoekers hebben nieuwe ouderdommen verkregen van de vulkanieten, de stratigrafie van het vulkaan-complex uitgeplozen en chemische en petrologische aspecten bekeken. Hun slotconclusie komt erop neer dat we mogen aannemen dat dit vulkanisme wel degelijk gekoppeld is aan de subductie die daar plaatsvindt door de botsing van Afrika en Iberia en daarmee vergelijkbaar is met het vulkanisme in het centrale Middellandse Zeegebied. Wel blijven er nog veel verschillende ideeën bestaan over de geochemische eigenschappen en de isotopensamenstelling van de magma's, die in afzonderlijke pulsen zijn uitgevloeid onder water.

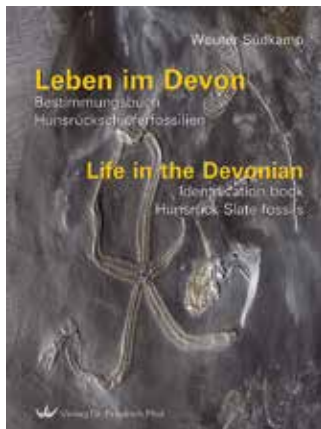
Referenties

- Handleiding veldpracticum Geologie & Geochemie, door Dr. Pieter Vroon, 2017. Uit: Excursiegids, door o.a. Fraukje Brouwer, Ron Kaandorp, Janne Kornneef en Wouter Schellart.
- Persoonlijke communicatie met Pieter Vroon, 2017.
- Massimo Mattei e.a. Geochronology, geochemistry and geodynamics of the Cabo de Gata volcanic zone, Southeastern Spain. School of Earth Sciences and Environmental Sustainability. Zie ook: <https://nau.pure.elsevier.com/en/publications/geochronology-geochemistry-and-geodynamics-of-the-cabo-de-gata-vo>

Met dank aan Anne Fortuin.

**) Dit artikel is een aangepaste versie van het eerder gepubliceerde artikel op de website van GEA in de rubriek 'College van de maand'. Zie de link: www.gea-geologie.nl/nieuws-en-artikelen/15-artikelen/230-college-van-de-maand-het-raadsel-van-de-vulkaan. Vera Hoogland is tweedejaars student aardwetenschappen aan de Vrije Universiteit.*

Boekbespreking



Leben im Devon / Life in the Devonian. Bestimmungsbuch Hunsrück-schieferfossilien / Identification book Hunsrück slate fossils, door Wouter Südkamp. Uitgever Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 2017. 32,5 x 24,3 cm, hardcover, 176 pag., 216 kleuren- en 192 zw/w-foto's, 1 tabel, gewicht 1,3 kg. In Duits en Engels. € 48,- + porto. ISBN 978-3-89937-221-2.

Dit forse tweetalige boek, in Duits en Engels, behandelt uitvoerig één van de best

geconserveerde fossielenvindplaatsen van de wereld: een Konservatagerstätte. Een Fossil-Konservatagerstätte onderscheidt zich door een buitengewoon goede conservering van overblijfsels van zachte weefsels en/of samenhangende lichaamsdelen - niet alleen van vele exemplaren van één soort, maar ook van veel soorten fossiele organismen. De Hunsrück, gelegen ten zuiden van de Eifel in Duitsland, en vooral de omgeving van Bundenbach, is één van de bekendste Konservatagerstätten. De ouderdom van het fossielrijke gesteente is hier 419-393 miljoen jaar (Onder-Devoon), het materiaal is een leisteen (Schiefer / shale). Door pyritisatie zijn details van de weke delen, zoals de facetogen van trilobieten, bijzonder goed bewaard gebleven. Gunstige conservering, door toedekking door troebelingsstromen (als gevolg van aardbevingen of tropische stormen), bevorderden de diagenese. Zo bleef een rijke, gevarieerde fossiele fauna bewaard. Het moedergesteente werd geëxploiteerd als bouw materiaal: muren en vooral dakbedekking. In de weleer talrijke groeven werd vooral door de splijters van de leisteen veel naar spectaculaire stukken gezocht, die wereldwijd hun weg vonden naar musea. Meer wetenschappelijk ingestelde zoekers brachten ook kleinere en minder bekende specimens aan het licht. De exploitatie van de leisteen heeft momenteel geen grote omvang meer, maar de oude storthopen zijn nog op veel plaatsen aanwezig.

De producten van de Hunsrück Konservatagerstätten (in het Engels conservation lagerstätte) hebben in deze publicatie een fraaie vorm en nauwkeurige beschrijving gekregen. De auteur, Wouter Südkamp, is een enthousiast verzamelaar en ervaren preparateur van Hunsrück-fossielen. Als gedreven auteur droeg hij veel bij aan de bekendheid van de rijke fauna en de levensomstandigheden ervan. In de inleidende hoofdstukken is zo een evenwichtig, vrij beknopt maar heel verduidelijkend beeld ontstaan. Hierdoor is aan deze 400 miljoen jaar oude leefwereld een prettig leesbare omlijsting gegeven. De 190 behandelde soorten fossielen zijn ruim geïllustreerd.

De overwegend grijs gekleurde fossielen en hun beschrijving nemen het overgrote deel van het boek in beslag. In 13 hoofdstukken worden de diverse levensvormen behandeld, zoals enkele planten, koralen, weekdieren (gastropoden, tweekleppigen, cephalopoden), brachiopoden, anneliden (wormen) en vissen. Maar het meest in het oog springen de arthropoden (geleedpotigen) en de echinodermen (stekelhuidigen).

Bij de geleedpotigen zijn de trilobieten belangrijk. Chotecops is vanuit de meest algemene trilobiet in de Hunsrück. Zijn oude naam is beter bekend: Phacops, met zijn 'schizochroale' facetogen en zijn grote, ronde glabella (uitstekend deel aan de voorkant van het kopschild) en met kleine tuberkels (knobbels) aan de voorzijde. Diverse arthropoden zijn uniek, zoals *Mimetaster hexagonalis* en *Schinderhannes bartelsi*; zij geven zicht op onverwachte verwantschappen met nog veel oudere voorkomens in het fossiele archief.

De prominentste diergroep is wel die van de stekelhuidigen (pag. 97-148!), met vooral slangsterren, crinoïden (zeelies) en zeesterren. Hun minutieuze preparering leverde ware kunstwerkjes op.

De bijbehorende literatuur is achter iedere diergroep gegeven in het Register der Fossilen / Index of fossils. Een overzicht van museum- en privécollecties en de herkomst van de afbeeldingen ronden het werk af.

De schrijver hoopt dat dit boek tot nader onderzoek aanspoort. Hij heeft in ieder geval een aantrekkelijk naslagwerk op de kaart gezet.

Joke Stemvers
redactie.stemvers@gea-geologie.nl