

De aarde in beweging

door Josje Kriest

redactie.kriest@gea-geologie.nl

Jaren geleden begeleidde ik een groep medewerkers van het bedrijf waar ik toen werkte op een dagje geologische excursie. De deelnemers waren allen niet-geologen. We bezochten o.a. een plek in Duitsland, bij Barkhausen (niet ver van Osnabrück), waar afdrucken van poten van dinosauriërs te zien zijn. Een spectaculaire plek: men kan er op een vrij steil hellend

gekanteld zijn, of zelfs rechtop staan. En lagen gesteente die (als een vel papier) zijn gevouwen. Of hele dikke pakketten gesteenten die langs of over een ander pakket glijden.

... het heeft alleen wat tijd nodig

Het gebeurt allemaal, maar het heeft 'wat' tijd nodig. De mens – als geslacht *Homo* – bestaat pas een paar miljoen jaar.

Lucy, één van de eerste mensachtigen, leefde 3,2 miljoen jaar geleden. De oermensen waar wij meestal aan denken (in berevellen, op jacht naar een mammoet, en makers van mooie rotsschilderingen in grotten), leefden nog maar zo'n 35.000 jaar geleden. Wij mensen, hebben dus maar een beperkt gezichtsveld voor wat betreft tijd. Wat wij 'lang geleden' vinden, is geologisch gezien 'één minuut geleden'.

De aarde is geduldig; ze heeft veel tijd. Ze is zo'n 4,5 miljard

jaar geleden ontstaan en is ruim een half miljard jaar (~600.000 jaar) bewoond met organismen die duidelijke sporen nalieten in de vorm van fossielen. Lang vóór die tijd was er ook al leven, maar daar rest erg weinig van – overigens is de kennis die we daarvan hebben dus heel bijzonder!

Continenten schuiven langzaam over de aardkorst. Om een idee te geven van de

◀ Afb. 1. Aan de gewassen is te zien dat de bodem horizontaal is verschoven langs een transformbreuk (in de zone van de San Andreas Breuk), tijdens de aardbeving van 15 oktober 1979, in El Centro, Californië.
Foto: Publiek domein.

▼ Afb. 2. De meeste aardlagen ontstaan in een horizontaal vlak. Een heel apart voorbeeld is Pancake Rock, bestaande uit dunne lagen van kalksteen. Punakaiki, Zuidereiland, Nieuw-Zeeland.
Foto: A. Groenendijk.



vlak de prachtige afdrucken van twee soorten dinosauriërs zien.

Eén van de deelnemers vroeg hoe deze dino's op zo'n steile helling hadden kunnen lopen. Eigenlijk een heel logische vraag, want niet veel mensen hebben een goed idee van de bewegingen binnen de aardkorst. Dit artikel gaat in op de bewegingen die hun sporen hebben nagelaten aan het aardoppervlak.

'En toch beweegt ze'

Natuurlijk is algemeen bekend dat de aarde in beweging is. Af en toe vindt er ergens een aardbeving plaats, of er barst een vulkaan uit. Maar dat is een eenmalige – kleine (!) – gebeurtenis. Er circuleren vele fraaie foto's van een beweging langs een breuk, zoals langs de beroemde transformbreuk in Californië (San Andreas Fault, afb. 1). Maar ook daar gaat het om een kleine verschuiving, van hooguit enkele meters. Als die kleine bewegingen echter veelvuldig worden herhaald, over miljoenen jaren, dan is het eindresultaat een grote beweging. Met als resultaat, afhankelijk van de richting waarin de krachten werken, iets heel spectaculairs: lagen van gesteenten die niet meer – zoals aanvankelijk – vlak liggen, maar



► Afb. 3. Plooiing van gesteenten bij Agios Pavlos, Zuid-Kreta. De afwisseling van kalk- en vuursteenlagen is geplooid tijdens de Alpiene Orogenese, die het hele Mediterrane gebied heeft beïnvloed. Foto: Dieter Mueller via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.

snelheid van beweging: de continenten aan weerszijden van de Atlantische Oceaan bewegen thans een paar centimeter per jaar uit elkaar. Dat is enkele tientallen kilometers per miljoen jaar. Rond de Pacificische Oceaan zijn die bewegingen momenteel overigens veel sneller. Zo'n beweging brengt in de loop der tijden een hoop te weeg, zoals botsingen van continenten, het langs en/of over elkaar heen schuiven, het uitrekken of juist in elkaar drukken van de aardkorst en fenomenen als vulkanisme.



▲ Afb. 4. Loodrecht staande mariene sedimenten bij Zumaia, Baskenland, Noord-Spanje. Foto: Annemieke van Roekel.

Plooiën: gekantelde of rechtop gezette aardlagen

Aardlagen ontstaan meestal in een horizontaal vlak en vormen aanvankelijk een vrijwel horizontale laag, bijv. van zandsteen, kalksteen of kleisteen (schalie). Ze zijn ontstaan uit het compacteren (het in elkaar drukken) en het consolideren van zand, kalkskeletjes/kalkresten of klei die is afgezet langs bijv. een strand of rivier of in zee (afb. 2). Als er in een gebied gedurende miljoenen jaren steeds weer opnieuw bewegingen plaatsvinden, kunnen zulke horizontale lagen uiteindelijk geplooid worden. En dat kan om hele dichte plooiing gaan (afb. 3). De lagen komen daardoor plaatselijk scheef te staan, of zelfs loodrecht (afb. 4). De hierboven genoemde dinosauriërs bij Barkhausen, hebben dus gewoon op een vrij horizontale

ondergrond rondgewandeld en dat 'laagvlak' is later scheef komen te staan. De helling van een laagvlak is voor geologen dan ook een hulpmiddel om uit te vinden hoe gesteente is vervormd: zijn er plooiën, en zo ja waar ligt de syncline of anticline en waarom...? Een syncline is een plooi in een gesteentelaag, waarbij het materiaal aan de binnenkant van de plooi jonger is dan dat aan de buitenkant; het andere type plooi, waarbij het materiaal naar binnen toe juist ouder wordt, wordt een anticline genoemd (afb. 5). Als je begrijpt hoe een gesteente is vervormd, en hoe het ligt in de ondergrond, kan je gaan voorspellen waar bijv. water, erts, of olie en gas aanwezig is.

Overschuivingen: 'horizontale' breuken

Afzettingen kunnen geplooid worden, maar ze kunnen ook 'vrij ongestoord' verschoven worden. Daar kwam de Zwitser Hans Conrad

Escher von der Linth eind 18^e eeuw achter, toen hij tijdens zijn vele wandelingen in de Alpen, in de buurt van de berg Glarus, aan de fossielen zag dat oudere gesteenten boven op jongere gesteenten lagen: Permo-Trias lag óp Jura-Krijt. Vreemd, want normaliter liggen jonge gesteenten boven op oudere, omdat ze later gevormd zijn... Het ging hier bovendien om enorme pakketten, die niet vervormd leken (afb. 6 en 7).

Jarenlang onderzoek van vele wetenschappers leerde dat het ging om oude gesteenten die wel 100 km (!) noordwaarts waren verschoven, over de jongere gesteenten heen. De verschuiving van deze 'dekbladen' was het gevolg van de subductie van de Afrikaanse Plaat onder de Euraziatische Plaat, wat een botsing van continenten had veroorzaakt. Dat had o.a. als resultaat de vorming van de Alpen, die de 'botsingszone' vormde. Tegenwoordig is dit Glarus-gebied UNESCO Werelderfgoed, omdat het zo'n grote rol heeft gespeeld in de wetenschappelijke kennis over het ontstaan van gebergten en 'dekbladen' (de lagen die over andere lagen heen glijden). Hoe kan het dat zulke dikke lagen gesteente over andere lagen heen schuiven? Vrij zwaar vrachtje, toch? Ja. Maar natuur staat voor niets. Als je het de tijd gunt, en wat hulpmiddelen. Iedere lezer die wel eens iets te maken heeft gehad met hydraulica, weet dat vloeistof veel kracht heeft. Zo kan men in de garage waar uw auto een beurt krijgt m.b.v. hydraulica een auto omhoog tillen. De kracht van vloeistof (hier: water) speelt ook in de geologie een belangrijke rol.

Een overschuiving, zoals de Glarus-overschuiving (afb. 6 en 7), ontstaat, doordat krachten binnen de aardkorst het gesteente





onder druk zetten. Wat zwakkere zones – meestal laagjes binnen dat gesteente met een iets andere samenstelling dan de rest, bijv. kleiiger – kunnen dan bros worden en verbrekken. Het materiaal wordt daarmee bijna plastisch, en daarnaast kunnen de poriën tussen de brokjes zich vullen met grondwater. Dat water komt ook onder druk te staan en werkt dan als een hydraulische zuiger. Het doet het bovenliggende pakket gesteente iets ‘opheffen’ en dan kan de overschuiving plaatsvinden.

Breuken onder een hoek

Overschuivingen zijn dus een soort breuken waarbij de beweging (praktisch) evenwijdig aan de aardlagen plaatsvindt. In eerste instantie zie je er daarom niets aan. Er zijn echter ook een ander soort breuken. Breuken die niet evenwijdig aan de gesteentelagen lopen, maar er een hoek mee maken. Dat hangt o.a. af van de richting van de krachten binnen de aardkorst. Langs zo’n breuk schuift een deel van het gesteentepakket naar beneden (afb. 8) of naar boven, of zijdelings langs de breuk (afb. 1).

In Nederland kennen wij een forse breuk met een verticale verschuiving: de Peelrandbreuk, die de hoge Peelhorst scheidt van de zuidwestelijker en lager gelegen Roerdalslenk. De slenk is hier in de loop der tijden zo’n 40 m naar beneden gezakt en vervolgens opgevuld met erosiemateriaal afkomstig van Rijn en Maas; dat verzet van 40 meter zie je dus niet meer goed als je daar rondloopt. Het hoogteverschil aan het maaiveld is maar een paar meter.

Overigens zitten er in de ondergrond van Nederland veel meer (oude) breuken, maar die zien we aan het oppervlak helemaal niet. Ook bij dit soort breukvlakken speelt, net als bij overschuivingsvlakken, een verbrokken en vaak met grondwater gevuld gesteente – langs het breukvlak – een rol.

Steeds weer opnieuw

Het schuiven langs breuken gaan niet geleidelijk, maar met horten en stoten. Wrijving



◀ Afb. 6. De ‘Segnesoverschuiving’ bij Glarus, in de Alpen. Het oudere Permo-Trias (~250 miljoen jaar) ligt op het jongere Jura-Krijt (~150 miljoen jaar). De rode pijlen geven het overschuivingsvlak aan: een bijna horizontale streep. Dat hier iets fenomeenaals heeft plaatsgevonden, is op afstand niet te zien. Foto van de auteur.



Afb. 7. Een aquarel van H.C. Escher von der Lindt uit 1812 met het Martinsloch (een opening in de bergwand) in het Tschingelhörnergebied in het Zwitserse kanton Glarus. De schilder heeft ook de overschuiving aangegeven. Publiek domein.

binnen het gesteente voorkomt lange tijd een verschuiving, maar op een gegeven moment zijn de krachten genoeg opgebouwd om een beweging te veroorzaken. En dan gaat het met enig geweld. Als mens denk je dan: “Ai, een aardbeving”. Het ‘verzet’ is dan misschien maar een meter of zo, maar omdat dit in de loop der tijden vaak herhaald wordt, wordt de uiteindelijke verschuiving tientallen tot honderden meters of zelfs nog meer. Het houdt op als in dat gebied de krachten binnen de aardkorst uitgewerkt zijn, of veranderd van richting. Dit duurt miljoenen jaren.

Als zo’n breukvlak eenmaal is gevormd, blijft het echter een zwakke zone in het gesteente. Mocht er, tientallen tot zelfs honderden miljoenen jaren later, weer kracht op komen te staan, dan kunnen die breuken zo maar weer ‘actief’ worden. Dit geologisch fenomeen van ‘reactivering’ komt veel voor. De bewegingsrichting langs die breuk kan wel anders zijn dan oorspronkelijk, toen de breuk werd gevormd. Was het vroeger een ‘normale breuk’, waarbij een deel naar beneden glijdt (afb. 8), tijdens reactivering zou het wel eens een ‘reverse’ breuk kunnen worden, waarbij het verlaagde deel weer omhoog schuift. En misschien schuift het wel hoger dan het ooit gelegen heeft. Alles hangt af van de krachten die op dat moment spelen.

Referenties

- Voor een artikel over de pootafdrukken bij Barkhausen: *Spoorzoeken in Barkhausen en Münchenhagen (Dld)*, door Anne Schulp. In GEA vol. 29, nr. 2 (juni 1996) pag. 49–53. Lees dit artikel online op: <http://natuurtijdschriften.nl/record/415023>.

Afb. 8. Een ‘normale breuk’, waarbij het rechter deel een paar meter naar beneden is afgegleden langs het scheve breukvlak (aangegeven met de rode pijlen). Je ziet de afschuiving goed aan de wijnrode laag in het midden. Links zijn nog een paar kleinere breukjes te zien. Foto: Marii Bryant Miller via Wikimedia Commons CC BY-SA 3.0.