



Een reis naar Zuidwest-Turkije en Centraal Anatolië

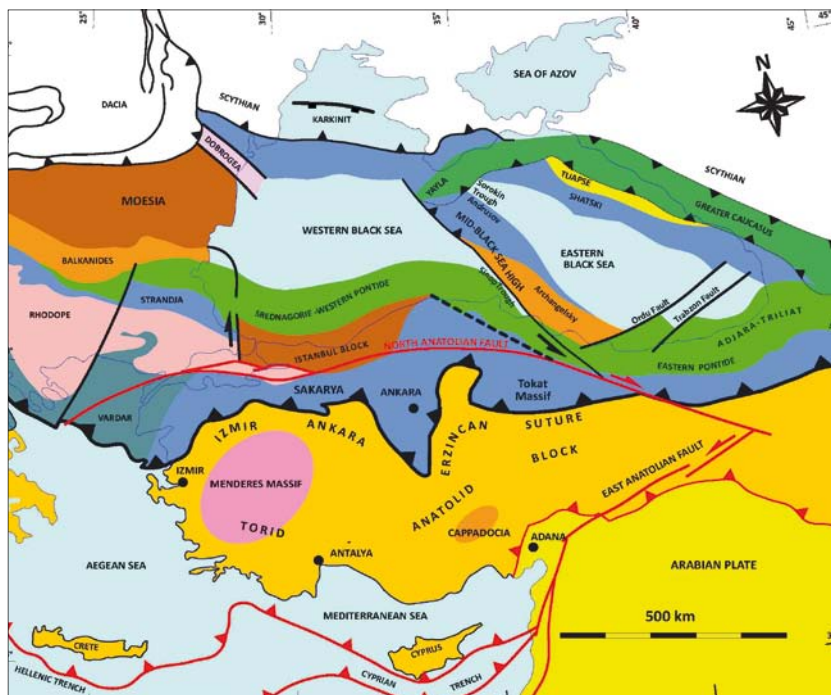
PAUL VAN OLM
BESTUUR STICHTING 'GEOREIZEN'
INFO@GEOREIZEN.NL

Aardwetenschappers van de Universiteit Utrecht doen al heel lang baanbrekend onderzoek in het Middellandse zee gebied en hebben daar veel expertise opgebouwd. De stichting 'Georeizen', in Utrechtse grond geworteld, organiseert dan ook regelmatig reizen naar Mare Nostrum. Zo ook deze reis naar Zuidwest-Turkije en Centraal-Anatolië die afgelopen voorjaar plaatsvond onder leiding van geoloog Nuri Kaymakci, hoogleraar aan de Middle East Technical University in Ankara. Ook werd de reis begeleid door de hoogleraren Cor Langereis en Olaf Schuiling. Olaf keerde hiermee terug naar het gebied waar hij zijn loopbaan als geoloog zo'n 50 jaar geleden begon – uranium exploratie in West Turkije; hij spreekt nog steeds prima Turks. De route van deze reis ging van Izmir langs de West- en Zuidkust naar Antalya en vandaar naar het centrale hoogland van Cappadocië.



Turkije heeft een complexe geologische geschiedenis. Het is samengesteld uit gebieden opgebouwd uit oude continentale en oceanische platen verbonden door jongere stollingsgesteenten, vulkanische afzettingen en sedimentaire gesteenten. De vier continentale platen die er een rol spelen zijn de Anatolische plaat, de Afrikaanse plaat, de Arabische plaat en de Euraziatische plaat.

De reis was een mix van geologie en archeologie, want reizend door Turkije kom je de resten van meerdere beschavingen tegen, die allemaal hun sporen hebben nagelaten. Van de prehistorische nederzettingen bij Çatalhöyük, via Hittieten en Lyciërs naar de Perzen en de Grieken, de Christenen en de Ottomanen.



AFBEELDING 1. | Geologisch kaartje van Turkije met, in de ovalen, het Menderes Massief en Cappadocië. Illustratie naar J.P. Brun & J. van den Driessche 1994.



AFBEELDING 2. | De hanging wall van het MCC (= Menderes Crystalline Complex). Locatie van de Red beds (38°25'27.84"N; 28°14'24.05"E). Foto: Paul van Olm.

Noord-Anatolische breukzone

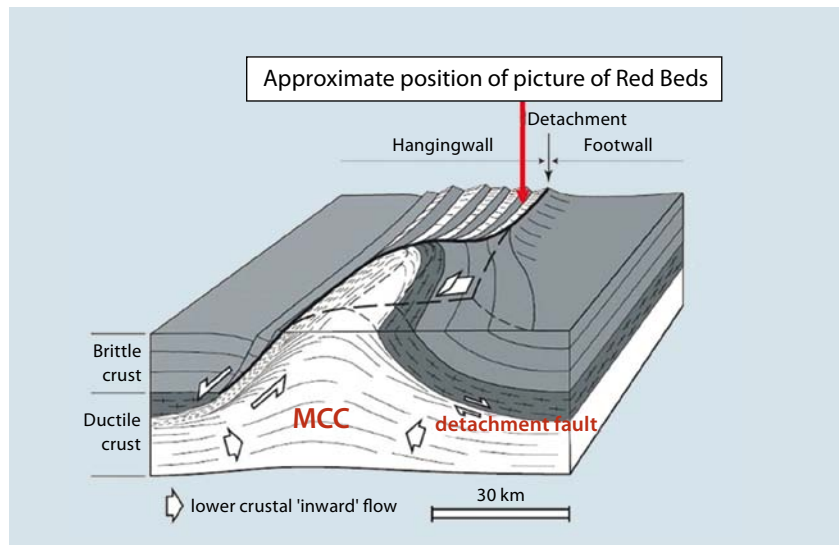
Turkije is een onderdeel van de grote Alpiene gordel die zich uitstrekt van de Atlantische Oceaan tot in het Himalaya-gebergte (Afb. 1). Deze gebergtegordel werd gevormd in het Kenozoïcum toen de Arabische, Afrikaanse en Indische continentale platen begonnen te botsen met de Euraziatische Plaat. Dit proces gaat nog steeds door: de Afrikaanse plaat beweegt naar de Euraziatische plaat en daarmee wordt de Anatolische plaat naar het westen en zuidwesten geperst via grote breuksystemen. De meest actieve breukzone is die van Noord-Anatolië, die evenwijdig aan de Zwarte Zee naar het oosten loopt en waar Turkije botst met de Arabische plaat. Turkije is hierdoor een van de meest actieve tektonische gebieden ter wereld met veel aardbevingen langs de breuken.

Tijdens het Mesozoïcum lag er een grote oceaan (Tethys Oceaan) tussen de supercontinenten Gondwana (zuiden) en Laurazië (noorden). De Middellandse zee is voor een belangrijk deel een restant van die grote oceaan die van Spanje tot Tibet reikte. Het open en dicht gaan van de Tethys is een heel complex gebeuren geweest. Door subductie werd de Tethys bijna helemaal dichtgedrukt. We spreken pas van de Middellandse zee als Zuid-oost-Turkije botst met het Arabisch schiereiland. Dit proces begon in het Midden-Mioceen, 12-13 miljoen jaar geleden. De oceanische plaat is nu bijna geheel in subductiezones 'verbruikt'. Maar hier en der vinden we kleine stukken oceanische korst in de bergen van Turkije terug als ofioliet. Deze blokken vormen een zeer complexe opeenvolging van gesteenten bestaande uit olivijn, basalt en diepzeesedimenten.

Hoe ingewikkeld de geologie hier is bleek al snel bij het bezoek aan het Menderes-massief (Afb. 2). De grote breuken, zoals de tientallen kilometers lange Ören-breuk die duidelijke in het landschap zichtbaar is, spraken voor zich. De Alasehir-breuk is een mooi voorbeeld van de krachten die langs breuken op de gesteenten kunnen worden uitgeoefend. Volgens Kaymacki bestond het oorspronkelijke gesteente uit graniet dat *gemylonitiseerd* is: door de wrijving langs de breuken wordt de tussenlaag fijn gemalen en



plastisch vervormd. Maar volgens Schuiling waren de kleine zirkoontjes duidelijk afgerond en dus van sedimentaire herkomst. De gneizen waren oorspronkelijk dus (zandige) sedimenten. Bij het Menderes massief ontspan zich de discussie hoe de albiet en de ogengneis hier gevormd zijn en hoe de metamorfose plaats heeft gevonden. Wel werd het systeem van een 'detachment fault' (Afb. 3) duidelijk en hoe daarmee metamorfe gesteenten van grote diepte, van 20-30 km diep, aan de oppervlakte kunnen komen. In het MCC komen verschuivingen van 10-tallen kilometers voor langs de 'detachment faults' (dislocatie breuken), de tektonische activiteit begon in het Paleozoïcum, in het Tertiair vonden de grootste gebeurtenissen plaats.



AFBEELDING 3. | *Figuur Het Menderes Crystalline Complex (MCC).*

Eeuwig brandende stenen

Met de ofiolieten komt olivijn naar de oppervlakte. Verwerking van olivijn bindt CO_2 (koolstofdioxide) uit de lucht: een proces dat volgens Schuiling prima toegepast kan worden om de CO_2 -problematiek wereldwijd op te lossen. Turkije is een land waar olivijn voor het oprapen ligt, ook storthopen van bepaalde mijnen zouden prima als olivijnleverancier geschikt zijn, zo ook die van de chromietmijn waar we niet welkom waren.

Bij de eeuwige vlammen van de Olympos (Afb. 4), de eeuwige brandende stenen, speelt CO_2 ook een rol. In het Turks heet deze plek de Yanartasi. Letterlijk betekent deze naam "de steen die altijd brandt". Ergens halverwege de helling is een open plek in het bos, en daar komen op verschillende plaatsen methaanvlammen uit de bodem. Meestal heeft zo iets verband met lekkend aardgas, maar hier bestaat de bodem uit geheel geserpentiniseerde peridotiet en het methaan heeft geen biogene oorsprong. Dit komt elders alleen maar in de Filippijnen voor.

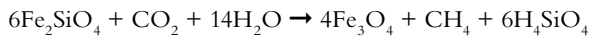
Serpentinisatie is vaak een onderdeel van de verwerking van olivijn. Olivijn is een mengkristal van magnesium- en ijzersilicaat. Door dat ijzeraandeel ontstaat er een curieus chemisch probleem. Als die ijzerhoudende olivijn omgezet wordt, zou er FeO (ijzer-oxide) moeten vrijkomen, maar dat kan niet zelfstandig bestaan; het moet ergens zuurstof vandaan halen. Als de verwerking anaeroob gebeurt (zonder



AFBEELDING 4. | *De eeuwige vlammen van Yanartasi (36°25'53.31"N; 30°27'21.62"E). Foto: Nuri Kaymakci.*



contact met de lucht), waar moet de zuurstof dan vandaan komen? Hij pikt het van de CO_2 en het water, die dus achterblijven als C en H_2 (koolstof en waterstof). Die vormen samen methaan (CH_4), dat ontsnapt naar boven, en dan is er altijd wel een bosbrandje of een blikseminslag die het aansteekt. De reactie is:



Het grappige is dat de nieuwgevormde magnetietkorreltjes als katalysator werken bij deze reactie waarbij methaan gevormd wordt. Even een planetair uitstapje: het methaan op Mars zou ook op deze manier zijn ontstaan.

Natuurlijk hebben deze eeuwige vlammen de aandacht getrokken van de lokale bevolking. Drieduizend jaar geleden lag hier aan de kust de Griekse stad Olympos. Op speciale feestdagen werd er een wedstrijd georganiseerd. De jonge mannen van de stad kregen een toorts (niet brandend) en moesten daarmee de berg oprennen en die toorts aan de methaanvlammen aansteken. Wie als eerste

met een brandende toorts de stad weer binnen rende had gewonnen. Lijkt dat niet verdacht veel op de Olympische vlam?

Hoedjes van andesiet

Het geologisch complexe systeem van de Antalya dekbladen konden we goed bestuderen vanaf de ingang van de Tinaztepe grot. Deze 1500 meter lange grot is door karst ontstaan in Jura-kalken. Op deze kalken liggen Jong-Tertiaire klastische, allochtone diepzeeafzettingen met erboven ofiolieten. In het westen ligt het Paleozoïsche carbonaatplatform in de vorm van de bergen van Beydaglari. Dit hele pakket is over de Jura-kalken heen geschoven. Waar deze dekbladen precies vandaan zijn gekomen is nog niet duidelijk, de herkomst zou ten noorden van Cyprus zijn; een verplaatsing van honderden kilometers. De eerdergenoemde klastische afzettingen zouden als glijmiddel hebben kunnen dienen.

In het Mioceen (12 miljoen jaar geleden) zijn de oceanen dicht en worden er in Anatolië vooral continentale afzettingen gevormd. Ook treedt er uitgebreid vulkanisme op getuige de vele vulkanen, domes, maren, as- en slakkenkegels (Afb. 5) en hete bronnen. In Cappadocië vindt er tektonische spreiding plaats. Er worden dikke



AFBEELDING 5. | Meke maar, het meertje met cindercone (Narligöl) (Karapınar/Konya), kijkend naar het Zuiden), Coördinaten (37°41'10.25"N, 33°38'25.73"E). Foto: Paul van Olm.



AFBEELDING 6. | Tufkegels ontstaan door erosie van zacht gesteente onder een afdekkende hardere laag. Op de foto zie je hoe de kegels ontstaan uit de eroderende helling. Locatie Pasabagı, Ürgüp te Cappadocië (38°40'36.39"N; 34°51'20.47"E). Foto: Paul van Olm.

pakketten pyroklastisch materiaal, met name tuffen, afgezet, die vooral afkomstig zijn van de grote, 4000 meter hoge, vulkaan de Erciyes bij Kayseri. Het tufkegellandschap (Afb. 6) beslaat een oppervlakte van meer dan 2500 km². De tuflagen uit het Boven-Tertiair (Mioceen-Plioceen), soms 400 m dik, zijn vaak afgedekt of ingeschakeld met een andesitische laag lava. Dit gesteente is harder dan de onderliggende tuf en beschermt het voor regenwatererosie: er kunnen tufpilaren ontstaan met hoedjes van andesiet.

Bij het dorp Ayhan is een spectaculaire geplooid en overkiepte sectie (Afb. 7) ontsloten met een stratigrafie van vulkanische, klastisch-continentale en ondiep mariene tot lacustriene afzettingen. De ouderdom loopt van Laat-Krijt tot Eoceen. Het bekken met deze afzettingen is van groot belang voor een nadere kwantificering en tijdsbepaling van de plaattektonische bewegingen van het Kirsehir blok, ook wel het Centraal Anatolische Kristallijne Complex genaamd. Het paleomagnetische onderzoek dat de Universiteit Utrecht hier samen met de Turkse geologen heeft uitgevoerd, heeft aangetoond dat het metamorfoseproces zijn hoogtepunt bereikte in het Santonien, 82 miljoen jaar geleden. De beweging van de verschillende eenheden ten opzichte van elkaar kon ook worden vastgesteld.

Al met al was het een fantastische reis (Afb. 8) vooral door de mix van geologie en de indrukwekkende resten van zó veel verschillende beschavingen.

Georeizen (www.georeizen.nl), voluit de Stichting Geowetenschappelijke Activiteiten, is een stichting zonder winstoogmerk die geologische reizen organiseert onder leiding van professionele geologen die graag iets van hun veldwerkgebieden laten zien. De stichting werd opgericht onder andere door emeritus hoogleraar Olaf Schuiling van de UU. Cor Langereis van het Utrechtse paleomagnetische laboratorium is lid van de Raad van Toezicht. De Stichting draait alweer meer dan tien jaar en voert gemiddeld zo'n vijf grote buitenlandse reizen per jaar uit, maar organiseert ook kortere excursies dichterbij huis en geologische stadswandelingen.



AFBEELDING 7. | Prof. Nuri Kaymakci bij de beroemde overkiepte sectie bij Ayhan met de sterk tektonisch vervormde lagen waar hij naar wijst, (locatie 38°49'3.37"N; 34°43'54.10"E). Foto: Paul van Olm.



AFBEELDING 8. | Deelnemers aan de Sardinië-reis van de Stichting 'Georeizen' - zie kader hiernaast -, beklimmen de Monte Tiscali (de kloof bij Tiscali) in het karstgebergte, na een bezoek aan de grotto Corbeddu, waar wijlen Paul Sondaar generaties Utrechtse geologie studsenten kennis liet maken met de paleontologie. Het dorp Tiscali lag achter deze kloof. De Sardijnen in de regio wisten hier in de Oudheid de aanvallen van de Romeinse veroveraars heel lang te weerstaan.

Foto: Francien Braber.

LITERATUUR

- Brun, J.P. & J. Van Den Driessche, 1994. *Extensional gneiss domes and detachment fault systems; structure and kinematics*. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 165, 519-530.
- Kaymakci, N., M. Inceöz, P. Ertepinar, & A. Koç, 2010. *Late Cretaceous to recent kinematics of SE Anatolia (Turkey)* In Sosson, M. Kaymakci, N., Stephenson, R., Starostenko, V. and Bergerat, F. (Eds.) *Sedimentary basin tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform*. *Geological Society London Special Issue No. 340*, 409-435.

