



▲ Scala dei Turchi vanaf het strand aan de overzijde. Foto: Harm Koster.

Algemene geologie

Een tijdstrap van Messinien tot Zanclean

Meer dan alleen maar Scala dei Turchi

door Athina Tzevahirtzian

Vertaling: Josje Kriest (Gea-redactie)

Reacties via de Gea-redactie

Dit artikel is eerder gepubliceerd op de website 'The Salt Giant Fellowship' onder de titel: *Beyond the Scala dei Turchi: A stairway from the Messinian to the Zanclean*. Athina Tzevahirtzian is recentelijk gepromoveerd aan de Universit  degli Studi di Palermo (Sicilië), waar zij onderzoek deed naar de Messiniaanse Zoutcrisis.

Scala dei Turchi of "Trappen van de Turken" is  n van de meest populaire Mediterrane bestemmingen aan de zuidkust van Sicilië, in het gebied van Capo Rossello (afb. 1). De aantrekkingskracht groeide door de legende van deze bijzondere trappen, zoals ook blijkt uit de naam, die verwijst naar de Moorse en Turkse piraten die in de 16e eeuw het eiland aanvielen en in deze baai onderdak vonden; maar ook door de enorme populariteit die de romans over inspecteur Montalbano van Andrea Camilleri verwierven, waarvan de verhalen zich in deze regio afspelen. Het turquoise water van Scala dei Turchi baai en de bijzondere witte rotsformatie hebben inmiddels de aandacht getrokken van miljoenen reizigers. Deze kliffen zijn echter meer dan een eenvoudige formatie en hebben de belangstelling van vele geologen. Ze verbergen een lange en oude geschiedenis, die ons in staat stelt het paleoklimaat en het paleomilieu van onze planeet te reconstrueren.

Het lezen van rotslagen

Rotsen zijn niet zielloos en rotslagen zijn misschien niet zo chaotisch als ze lijken. "Stratigrafie" is een



▲ Afb. 1. De Scala dei Turchi, zuidkust Sicilië. Foto van de auteur.

belangrijk vakgebied binnen de geologie dat de aard, verspreiding en onderlinge relaties bestudeert van de gelaagde sedimentaire of stollingsgesteenten, "strata" genoemd (een ander woord voor de verschillende rotslagen van de aardkorst). De "vader van de stratigrafie" is de Deense geoloog Nicholas Steno, die in 1669 de stratigrafische "wetten van Steno" ontwikkelde. Door stratigrafische analyses krijgen geologen waardevolle aanwijzingen over de leeftijd van de aarde en haar chronologische geschiedenis, ontcijferd door zorgvuldige bestudering van de (volgorde van de) gesteentelagen (lithostratigrafie) en ook van de fossielen die in de strata worden gevonden (biostratigrafie).

In de afgelopen 25 jaar heeft de wetenschap van de stratigrafie zich verder ontwikkeld en is nu beter in staat om tijdgerelateerde gegevens van zeer uiteenlopende componenten van het aardsysteem te gebruiken. Zo is bijv. de stratigrafische weerslag van door astronomische omstandigheden afgedwongen klimaatveranderingen op aarde, het gevolg van variaties in de oriëntatie van de aarde ten opzichte van de zon, dat weer wordt veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de maan, de zon en andere planeten.

De link van deze variaties met de inkomende zonnestraaling, bekend als insolatie, is vervat in de Milankovitchtheorie van het klimaat. Bij de studie van de Milankovitch-cycli wordt stratigrafie gebruikt om na te gaan of sedimentaire cycli verband houden met astronomisch veroorzaakte klimaatverandering door precessie, obli-

quiteit en excentriciteit (zie de kadertekst met afb. 2). Astronomisch geforceerde paleoklimatologische variaties blijken inderdaad klimaatgevoelige sedimentatie te beïnvloeden en kunnen worden gebruikt als geochronometer; dit noemen wij “cyclostratigrafie”. Zo stelt stratigrafie ons in staat verschillende milieueffecten te begrijpen welke ons heden hebben gevormd, door rekening te houden met interne en externe krachten.

Het verhaal achter de kliffen

De ontsluiting van Scala dei Turchi, geologisch bekend als “Punta di Maiata”, vormt een klif die teruggaat tot de tijd van het Messinien en Zancien, rond 5,3 Ma (miljoen jaar geleden). Meer precies, deze klif getuigt van de laatste fase van de Messiniaanse zoutcrisis, die wordt vertegenwoordigd door het contact tussen de Arenazzolo Formatie (een laag met continentale siltige klei) en de Trubi Formatie (kalksteen afgezet in diepe mariene milieus). De sedimentaire cycli van de Trubi-mergel zijn precessiegestuurd en vierlaags, met een

grijs-wit-beige-witte opeenvolging van kleuren, waarbij de grijze en beige lagen relatief weinig kalk bevatten: carbonaatminima (afb. 3).

De hele successie van Punta di Maiata wordt gekenmerkt door deze vierlaagse opeenvolging van kalk- en mergelkalkstenen van het Zancien-tijdperk, die zowel een verschillend gehalte aan calciumcarbonaat als kleimineralen weerspiegelen, en getuigen van de terugkeer naar de normale mariene toestand na de Messiniaanse zoutcrisis.

Calciumcarbonaat is vooral geassocieerd met de overvloed aan schelpen van eencellige microfossielen (foraminiferen en coccolithoforen). De grijze lagen zijn rijk aan microfossielen die typisch zijn voor subtropische warme wateren, en aan kleimineralen waaronder illiet, dat voornamelijk uit Noord-Europa afkomstig is. De beige niveaus zijn rijker aan organismen van meer gematigde wateren, en aan palygorskiet, een kleimineraal afkomstig uit de Sahara.

De Milankovitch-theorie

In 1976 publiceerde de Servische wetenschapper Milankovitch de theorie, dat de intensiteit en verdeling van het zonlicht op aarde wordt beïnvloed door een aantal astronomische parameters. De variaties in invallende zonnestraling zijn cyclisch en ze veroorzaken over langere periodes klimaatveranderingen op de aarde. Zo hebben ze tijdens het Pleistoceen de IJstijden opgestart. Het gaat om de volgende drie parameters: de excentriciteit, de obliquiteit en de precessie.

Excentriciteit

Excentriciteit heeft te maken met de baan van de aarde om de zon. Die baan varieert van (bijna) cirkelvormig tot enigszins een ellips. De excentriciteit is de mate waarin deze baan afwijkt van een cirkel en ze wordt aangegeven met een getal: excentriciteit van 0,005 staat voor een bijna volmaakte cirkel, 0,028 staat voor een lichte ellips. De huidige excentriciteit bedraagt 0,017. De variaties in excentriciteit ontstaan door de invloed van de zwaartekracht van de planeten Saturnus en Jupiter. Een cyclus duurt 100.000-400.000 jaar.

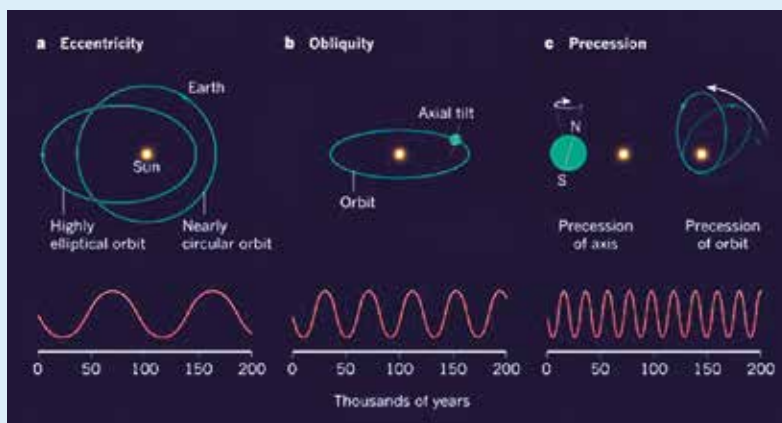
Obliquiteit

De hoek die de aardas maakt met de loodlijn op het vlak waarin de aarde rond de zon draait (of wel de hellingshoek - inclinatie - van de evenaar ten opzichte van het omloopvlak van de aarde in de baan om de zon) varieert van 22,1° tot 24,5°. Bij een grotere hoek nemen de verschillen in instraling van de zon tussen de seizoenen toe. Zowel op het noordelijk als het zuidelijk halfrond worden de zomers dan warmer en de winters kouder. Momenteel neemt de obliquiteit af en is 23,44°, waarmee we ons grofweg halverwege de beweging bevinden. De verschillen tussen zomer en winter zijn niet overal op aarde even groot. Bij toenemende obliquiteit

neemt de gemiddelde jaarlijkse instraling op hogere breedte (richting polen) toe, terwijl op lagere breedte (richting tropen) de instraling afneemt. Een lage obliquiteit veroorzaakt juist een lagere gemiddelde instraling in de poolgebieden. Koele zomers kunnen dan het begin van een ijstijd betekenen doordat minder sneeuw smelt en de albedo in sommige gebieden sterk verandert. Een cyclus duurt 41.000 jaar.

Precessie

Precessie is de tolbeweging van de aardas als gevolg van de getijdenkrachten die zowel de zon als de maan op de aarde uitoefenen, versterkt door het feit dat de aarde niet perfect rond is. Zonder die uitwendige kracht zou de as steeds in dezelfde richting wijzen. Als de aardas op het punt dat de aarde het dichtst bij de zon staat (het perihelium), naar de zon wijst zal het ene polaire halfrond grotere seizoensverschillen kennen, terwijl het andere halfrond kleinere verschillen kent. Momenteel kent het zuidelijk halfrond wat grotere verschillen tussen zomer- en wintertemperatuur als gevolg van de precessie dan het noordelijk halfrond. Precessie heeft een periodiciteit van ongeveer 21.000-26.000 jaar.



▲ Afb. 2. Milankovitch-cycli: a) Excentriciteit b) Obliquiteit c) Precessie. Orbit = baan om de zon, Axial tilt = de hellingshoek van de aardas. Bron: NASA.



▲ Afb. 3. De lithologische cycli van de Trubi Formatie in Punta di Maiata, veroorzaakt door de precessiebeweging van de aardas. Legenda: be=beige, b=wit, g=grijs. © Antonio Caruso.

Pakket van 120 meter

De lithologische variatie van de Trubi Formatie is een cyclische opeenvolging die zich in Punta Maiata 96 keer herhaalt met als resultaat een pakket met een dikte van 120 m (afb. 3). De herhaling is het gevolg van mineralogische veranderingen die worden veroorzaakt door de precessiecycli van 21.000 jaar, die paleoklimatologische en paleo-oceanografische variaties in de Middellandse Zee veroorzaakten.

Tijdens de instralingsmaxima als gevolg van de precessiecycli waren de temperaturen hoger en kwam de wind vooral vanuit Noord-Europa, terwijl tijdens de instralingsminima de temperaturen lager waren en de wind overheersend uit het zuiden kwam (moesons), waardoor kleimineralen uit het Saharagebied werden aangevoerd. Variaties in de dikte van de beige lagen zijn veroorzaakt door de obliquiteit van de aardas (41.000 jaar). Ten slotte zijn de aan excentriciteit (100.000 jaar) gerelateerde cycli duidelijk zichtbaar in het verweringsprofiel van de kaap. De lagen die rijker zijn aan carbonaat zijn gekoppeld aan fasen van excentriciteitsminima.

De Trubi Formatie aan het strand ligt discordant op de siltrijke en zandige klei van de Arenazzolo Formatie (Messinien), die enkele jaren geleden nog heel goed zichtbaar was (afb. 4). In het bovenste deel van de kliffen beslaat de successie een deel van jongere Piacenzische ouderdom (de jongste etage van het Pliocen (3,60–2,588 Ma).

Dus, als u besluit de Scala dei Turchi te bezoeken, vergeet dan niet dat deze indrukwekkende trappen meer zijn dan een eenvoudige zomerbestemming... ze laten u toe zo'n 4 miljoen jaar terug in de tijd te reizen. Met elke stap die u zet, doorkruist u maar liefst 21.000 jaar!

Met dank aan de auteur voor de mogelijkheid tot herplaatsing en aan Harm Koster voor de openings- en coverfoto.

Referenties

- Link naar het originele artikel: <https://thesaltgiantfellowship.wordpress.com/2019/02/11/beyond-the-scala-dei-turchi-a-stairway-from-the-messinian-to-the-zanclean/>
- Caruso A. 2016. A field trip along the Caltanissetta basin: The evolution from open marine conditions to the Messinian Salinity Crisis and the Zanclean reflooding, Program - AMGG Field Trip.
- Hansen J.M. 2005. Steno. In: Famous Geologists, Danish Research Agency, Copenhagen, Denmark.
- Hilgen, F.J. 1991. Extension of the astronomically calibrated (polarity) time scale to the Miocene/Pliocene boundary, Earth Planet. Sci. Lett., 107, 349-368.
- Hilgen F.J. & Langereis C.G. 1988. The age of the Miocene-Pliocene boundary in the Capo Rossello area (Sicily), Earth and Planetary Science Letters, 91,214-222.
- Hilgen, F.J., & C.G. Langereis. 1989. Periodicities of CaCO₃ cycles in the Pliocene of Sicily: Discrepancies with the quasi-periods of the Earth's orbital cycles?, Terra Nova, 1, 409-415.
- Hinnov L.A. 2013. Cyclostratigraphy and its revolutionizing applications in the earth and planetary sciences, Geological Society of America Bulletin 2013, 125, no. 11-12; 1703-1734, doi:10.1130/B30934.1
- Hinnov L.A. 2018. Cyclostratigraphy and Astrochronology in 2018, Chapter 1 in: Stratigraphy & Timescales, Volume 3. <https://doi.org/10.1016/bs.sats.2018.08.004>.
- Lourens, L.J., A. Antonarakou, F.J. Hilgen, A.A.M. Van Hoof, C. Vergnaud-Grassini, and W.J. Zachariasse. 1996. Evaluation of the Plio-Pleistocene astronomical timescale, Paleoclimatology, 11, 391-413.



▲ Afb. 4. De grens tussen Messinien en Zanclien in de klif bij Punta di Maiata. De lichtgekleurde Trubi Formatie (uit het Zanclien) ligt discordant op de grijze siltige en zandige kleien van de Arenazzolo Formatie uit het Messinien. © Antonio Caruso.