

Spaans-Baskische kust is een open boek voor geologen

'Golden spikes' illustreren de geologische tijdschaal

door Annemieke van Roekel
avroekel@xs4all.nl



Baskische kust vanaf Zumaia in westelijke richting.

Langs de Baskische kust liggen indrukwekkende gesteenteseries die een boekje open doen over de tijd dat het Iberisch Schiereiland nog onafhankelijk bewoog ten opzichte van het Europese continent. De kustkliffen van nu maakten tussen grofweg 100 en 50 miljoen jaar geleden deel uit van de bodem van de oceaan. Door de nadering van de Iberische plaat en Zuidwest-Europa werden de diepezesedimenten opgedrukt en raakten zo geplooid en gebroken. Op vele plekken langs de tientallen kilometers lange kustlijn staan deze lagen in een vrijwel loodrechte positie, zodat een prachtig lijnenspel zichtbaar wordt.

De uit het Krijt en Paleoceen stammende diepezesedimenten werden afgezet op de plek van de huidige Golf van Biskaje, aan de voet van een diep bekken (afb. 1). Alleen in de Oostelijke Pyreneeën was het Iberisch Schiereiland al met het Europese continent in botsing gekomen. Ten oosten hiervan lag de enorme Tethyszee (waar slechts de Middellandse Zee van resteert). De Atlantische Oceaan in het westen was nog een jonge oceaan. De uit de prille Pyreneeën afkomstige erosieproducten werden gedumpt in het zeebekken, waar ze zich mengden met de bezonken kalkskeletjes. Zo vormde zich in de loop van miljoenen jaren een bijna tien kilometer dik sedimentpakket.

"Op de plek van de Baskische kustplaats Zumaia was de zee op z'n diepst," vertelt de aan de Amsterdamse Vrije Universiteit verbonden geoloog prof. Jan Smit. Ten oosten en westen van Zumaia liggen de tijdens Krijt en Paleoceen gevormde diepzeesedimenten haarscherp, ongestoord en licht hellend op elkaar. "Hier ontbreekt in het gesteentepakket nog geen tienduizend jaar aan geologische tijd. Een te verwaarlozen discontinuïteit; evenmin zijn er overschuivingen, zodat er ook geen verdubbelingen in dit pakket sedimenten voorkomen."

Hoge resolutie

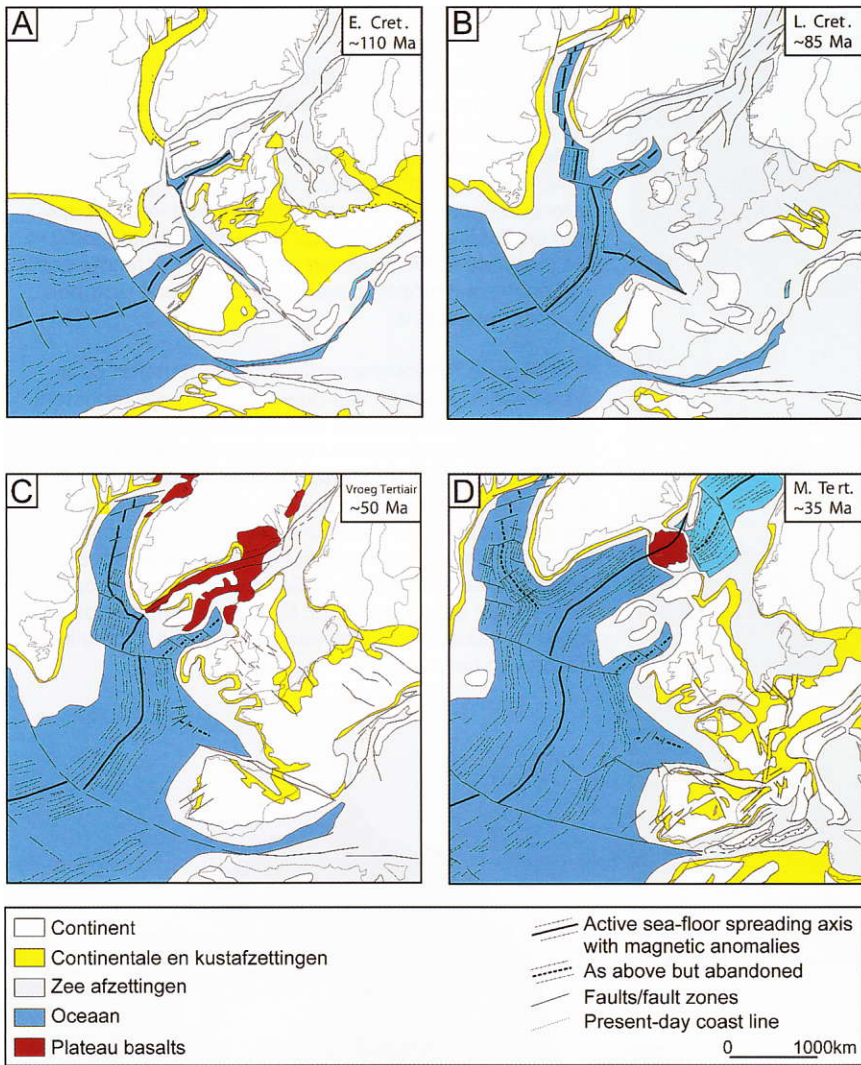
Tussen Bilbao en San Sebastian is dit een van de meest spectaculaire stukjes kustlijn in de Spaans-Baskische provincie Gipuzkoa. De in de omgeving van Zumaia als 'flysch' bekend staande rotspartijen zijn een paradijs voor geologen die zich bezighouden met het verder preciseren van de geologische tijdschaal en het reconstrueren van belangrijke extinctiefasen. Alle grenzen op de geologische tijdschaal verwijzen op de een of andere manier naar een belangrijke gebeurtenis in de aardgeschiedenis. De lagen bij Zumaia zijn niet alleen mooi om te zien, maar zijn vanwege de ononderbroken sedimentatie beroemd geworden als secties die gebruikt zijn voor het nauwkeurig vaststellen van tijdgrenzen binnen het late Mesozoïcum en vroege Tertiair (tegenwoordig officieel Kenozoïcum). Zowel de beroemde grens tussen Krijt en Tertiair (de KT-grens, afb. 2 en 3) als die tussen Paleoceen en Eoceen zijn

langs het Spaanse strand ontsloten, naast de miljoenen jaren vlak voor en direct na deze overgangen (afb. 4).

"Het 200 meter lange strand vertegenwoordigt het hele Paleoceen: 10 miljoen jaar in de tijd," vertelt de lokale geoloog Asier Hilario, directeur van de 'Deba-Zumaia Coastal Biotope'. "Het moet hier toen in tektonisch opzicht heel rustig geweest zijn. De aardsschollen bewogen niet schoksgewijs, maar heel gelijkmatig. Dat weten we omdat turbidieten (gelaagde afzettingen die het resultaat zijn van onderzeese lawines en aardverschuivingen van zand en kalkmodder) hier ontbreken." Verder naar het oosten en westen zijn deze turbidieten wel ruimschoots aanwezig (afb. 5 en 6); de oostelijk gelegen (jongere) lagen uit het Eoceen bereiken zelfs bij het schiereilandje in het stadje Getaria – bekend van de Baskische wijnsoort txakolina – diktes tot enkele tientallen meters.

Golden spikes

Sinds 6 mei 2010 heeft het strand van Zumaia een bijzondere geologische status die is toegekend door de International Commission for Stratigraphy (ICS), onderdeel van de International Union of Geoscientists (IUGS). Twee, in de kalkstenen sedimenten geslagen, dikke spijkers van goudkleurig metaal markeren nu de grenzen binnen het Paleoceen tussen de etages (van oud naar jong) Danien, Selandien en Thanetien. Het zijn zogeheten 'golden spikes', die geslagen worden op de plek waarvan de ICS bepaalt dat zich daar de best herkenbare en meest karakteristieke grens tussen twee etages bevindt. Deze grens wordt als internationale standaard gebruikt. In Zumaia heeft in mei 2010 zowel de basis van het Thanetien als Selandien een 'golden spike' gekregen, maar ook de grens tussen Krijt en Tertiair is op het iets westelijker gelegen strandje Algorri prachtig ontsloten.



Afb. 1. De vorming van het Iberisch Schiereiland van het Vroege-Krijt tot Midden-Tertiair. A. Vroeg-Krijt; B. Laat-Krijt; C. Vroeg-Tertiair; D. Midden-Tertiair. Bron: Bernd Andeweg, VU.

“Dat had deels een politieke reden,” weet Smit, die als paleontoloog deel uitmaakte van verschillende ICS-commissies. “Het moest bij voorkeur een locatie zijn die buiten Europa lag. Maar ook de veel betere conservatie van de in de aardlagen aanwezige fossielen speelde bij die toewijzing een belangrijke rol.” Die goed bewaarde fossielen zijn dinoflagellaten (eencellige diertjes of plantjes), benthische foraminiferen (op de bodem levende kalkdierjes die voor paleontologen als signaal voor ecologische omstandigheden dienen), ammonieten, pollen en sporen. “De fossielen in El Kef zijn zo goed bewaard gebleven omdat de aardlagen waarin ze zijn begraven nooit erg diep in de aardkorst hebben gelegen en dus niet chemisch zijn omgezet,” aldus Smit.

De locatie bij El Kef wordt door een uitdijende bebouwing en bevolkingsaanwas bedreigd, zodat de kans bestaat dat Tunesië zijn golden spike voor de KT-grens ooit weer kwijtraakt. Hilario hoopt dat dan Zumaia weer in beeld komt. “In de jaren ‘80 was Zumaia, mede door de goede toegankelijkheid, al een serieuze kandidaat voor de golden spike voor de KT-grens. Ook voor de overgang van Paleoceen naar Eoceen, die in 2003 aan Egypte werd toegewezen, gold Zumaia als belangrijke kandidaat. Die grens ligt nu in de woestijn bij Luxor, maar vanwege logistieke en veiligheidsproblemen kunnen geologen er niet ongestoord hun werk doen.”

De golden spike voor die grens (de Krijt-Tertiair grens, de overgang tussen Maastrichtien en Danien) werd in 1991 echter al toegewezen aan Tunesië, waar hij te vinden is aan de basis van een 50 cm dikke kleilaag in Oued Dejerfane, ten westen van El Kef in het noorden van het land.

Extreme opwarming in het Eoceen

Op een steenworp afstand van de twee golden spikes, is op het donkergekleurde en van een fikse branding verzekerde zand-



Afb. 3. Detail van afb. 2. Het iridiumrijke kleilaagje van de KT-grens is op de foto gemarkeerd.

Afb. 2. De beroemde grens tussen Krijt en Tertiair – de KT-grens – is in Zumaia goed te zien.



Afb. 4. Eocene lagen in Zumaia.

strand van Zumaia ook de grens tussen Paleoceen en Eoceen zichtbaar. Hordes toeristen lopen er op zonnige dagen langs. Sinds kort kan de onwetende Spaanse toerist zien dat hij/zij op een bijzondere plek het badlaken uitrolt. Bij de entree van het strand is een levensgroot informatiepaneel geplaatst waarop de lokale kustlijn en de corresponderende geologische gebeurtenis is weer-gegeven, met uitleg in het Baskisch en Spaans.

De overgang tussen Paleoceen en Eoceen, die 55,8 miljoen jaar geleden plaatsvond en in geologenjargon wel wordt aangeduid als het Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM), markeert een van de meest extreme opwarmingen in de geschiedenis van de aarde. De hypothese is dat het zeewater toen zo sterk opwarmde dat uit de zeebodem afkomstige methaanhydraten uiteenvielen, waardoor methaan vrijkwam dat, eenmaal als broeikasgas aanwezig in de atmosfeer, een extra impuls aan de opwarming gaf. Smit: "Grote extinctions waren er toen alleen in de diepzee – waarneembaar door het uitsterven van de benthische foraminiferen – maar door de extreme klimaatverandering konden dieren die aanvankelijk alleen in tropische gebieden leefden, zich over alle breedtegraden verspreiden". In geen enkel tijdvak daarna heeft er zich zo'n snelle evolutie van zoogdieren voorgedaan als tijdens het Eoceen; deze periode staat bekend om de snelle ontwikkeling van de primaten.

Streepjescode

Vanaf de PE-grens lopen we in westelijke richting en gaan we drie miljoen jaar terug in de tijd naar de golden spike die de basis van het Thanetien markeert (58,7 miljoen jaar geleden, afb. 7). Hilario: "Op de grens van Selandien met Thanetien vindt er een plotselinge om-

kering van het aardmagnetisch veld plaats. De periode waarin de magnetische pool stabiel is, wisselt sterk, met als resultaat een soort 'streepjescode' van ompoling in de aardgeschiedenis. De meest recente omkering vond 700.000 jaar geleden plaats". De magnetische streepjescode dient als referentie bij ouderdomsbepalingen en heeft als voordeel dat deze wereldwijd geldig is. De methode komt goed van pas als het gesteente geen radioactieve isotopen bevat en datering met isotopen dus niet mogelijk is.

Overall in de Paleocene sedimenten herinneren boorgaten aan het nemen van paleomagnetische monsters in de afgelopen decennia (afb. 8). De ijzerhoudende mineralen in het gesteente bevatten het bewijs van de ompoling: de 'kompasnaaldjes' in de ijzerdeeltjes wijzen afwisselend in noordelijke of zuidelijke richting. De boorgaten in de dikke kalkstenen balken lopen door tot ver na de volgende spike, 30 meter verderop, die de grens tussen het Danien en Selandien markeert op 61,1 miljoen jaar geleden (afb. 9). De corresponderende geologische gebeurtenis was een wereldwijde, plotselinge daling van het zeeniveau.



Afb. 5. Verticaal gestelde lagen uit het Onder-Eoceen, enkele tientallen meters links van de Paleoceen/Eoceen-grens, op het strand van Zumaia.



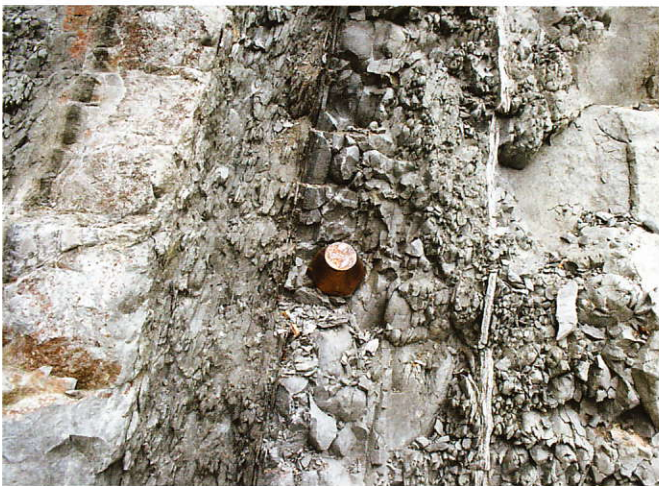
Afb. 6. De in zee doorlopende en geërodeerde verticaal gestelde lagen van afbeelding 5.

grotendeels verdwenen is doordat de sedimenten kilometers diep in de aardkorst begraven zijn geweest. Naarmate je dieper in de aarde komt, des te warmer het is. Hierdoor is niet alleen het magnetische signaal verdwenen, maar ook de kwaliteit van de fossielen aangetast.”

Limburgse grot

Smit heeft al heel wat KT-locaties bestudeerd. In Europa komen er vele aan het aardoppervlak, alleen al in Baskenland enkele tientallen dankzij plooiingen die vanuit de Pyreneeën in westelijke richting doorlopen. Ook in de noordelijke Europese landen is de KT-grens ontsloten, zoals in Denemarken, Frankrijk en zelfs in (Nederlands) Limburg, waar de bijzondere kleilaag in een grot verscholen ligt. Anders dan bij andere KT-overgangen is in Limburg nog geen iridium aangetoond. Dit uit een meteoriet afkomstig metaal dient als belangrijk bewijs voor een inslag.

Landschappelijk gezien is de KT-grens in Zumaia wereldwijd het mooist, vindt Smit, die een van de grondleggers is van de theorie over de meteorietinslag die 65 miljoen jaar geleden een



Afb. 7. Een 'golden spike', of GSSP, markeert de basis van een etage. De GSSP (de afkorting van Global Boundary Stratotype Section and Point) op de foto geeft de ondergrens van het Thanetien aan, de jongste etage van het Paleoceen.

Astronomisch fenomeen

Onder het op de kliffen gelegen kerkje van San Telmo – gewijd aan de beschermheilige van de vissers en liggend aan de steeds populairder wordende kustroute naar Santiago de Compostela – is nog een spectaculair geologisch fenomeen te zien (afb. 10). Hier zijn, zelfs voor een leek, duidelijke patronen in het gesteente zichtbaar: na vijf banden van kalksteen en mergel volgt telkens een dikkere mergelband. Deze afwisseling heeft een astronomische oorzaak. Elke volgende dikke mergelband kondigt een nieuwe astronomische cyclus van 100.000 jaar aan. De dunnere kalk/mergelbanden vertegenwoordigen de 'tolbeweging' van de aarde (precessie), met een gemiddelde cyclus van 21.000 jaar, terwijl de sedimentatiecyclus van 100.000 jaar is terug te voeren op de aardbaan die varieert tussen een elliptische en een bijna cirkelvormige baan (excentriciteit). Smit legt uit: “De gemiddelde afstand tot de zon over een hele omloop is altijd even groot, of de aardbaan nu een ellips of cirkel is. Wat verschilt is de afstand tot de zon. Bij een cirkel is de variatie minimaal; bij een sterke ellipsbaan is de variatie maximaal, wat een groter contrast tussen de seizoenen tot gevolg heeft, en dus zijn weerslag heeft op het klimaat. Als de ellips het grootst is, dan is de precessiewerking maximaal. In het gesteente zie je dat terug in het grootste contrast tussen een kalklaag en een kleibank. Een brede mergelband betekent dat de ellips het kleinst is”.

“Dankzij moderne dateringstechnieken hebben geologen alle lagen uit het Paleoceen nauwkeurig kunnen dateren,” vervolgt Smit. “Dat is nog niet gelukt voor het jongste, en dus bovenste Krijt. Een nadeel van zowel de Tunesische als Spaanse sedimenten is dat het magnetisch signaal van de mineralen



Afb. 8. Boorgaten in de bijna verticaal gestelde kalksteenlagen uit het jongste Selandien, tussen de twee golden spikes op het strand van Zumaia (linksonder).



Afb. 9. Deze golden spike geeft de ondergrens van het Selandien aan, de middelste etage van het Paleoceen.

einde zou hebben gemaakt aan het tijdperk van de dinosauriërs. In Zumaia is hij sinds ruim dertig jaar met enige regelmaat te vinden, maar ondanks het vele onderzoekswerk heeft de KT-grens in dit deel van Baskenland zijn geheimen nog niet allemaal prijsgegeven.

De verdere analyse van de sedimenten in Zumaia voorafgaand aan de KT-grens, is belangrijk om nu eindelijk eens een einde te maken aan het slepende conflict tussen wetenschappers over de oorzaak van de grote extinctie aan het einde van het Krijt. Zumaia biedt de mogelijkheid om met stapjes van 20.000 jaar tot wel zeven miljoen jaar terug te gaan in de tijd, tot vlak voor de KT-grens. Smit: "Dat is waanzinnig nauwkeurig". De gegevens zijn een 'wapen' in de strijd tussen paleontologen. De ene partij is ervan overtuigd dat het er aan het einde van het Krijt al beroerd voorstond met de biodiversiteit op aarde. Ze schrijven de ecologische crisis in die periode grotendeels toe aan grootschalig en langdurig vulkanisme in India. De meteorietinslag zou de laatste mokerslag zijn geweest in een wereld die al was vergiftigd door vulkanische gassen. Aan de andere kant staat Smit met vele collega's die ervan uitgaan dat er nog geen sprake was van een ecologische crisis tot het moment dat de meteoriet op aarde te pletter sloeg. Aan het einde van het Krijt verdwijnen, behalve de dinosauriërs, ook de ammonieten, belemnieten, rudisten, planktonische foraminiferen en coccolieten (kalkalgen, bekend van de kliffen van Dover). Smit: "De soortenrijkdom van foraminiferen en coccolieten is tot aan de KT-grens onveranderd hoog; daarna is meer dan de helft van de soorten in één klap verdwenen. Dat pleit voor een plotselinge ecologische crisis".

Geopark

Inmiddels hebben niet alleen internationale wetenschappers, maar ook toeristen de geologische fenomenen van Zumaia ontdekt. De KT-grens op het strand van Algorri is vanuit de hoogte goed te zien als een dun kleilaagje te midden van een prachtige rotsformatie (zie afb. 2 en 3). Als je er met je neus op wilt staan, moet je bij extreem laag water om een uitstekende rotspartij heenlopen en kun je het door de golven en grote keien diep geërodeerde stuk rots inwandelen. De verwachting is dat steeds meer toeristen tot deze plek worden aangetrokken, nu dit stukje van de Baskische kust sinds 1 oktober 2010 deel uitmaakt van de Europese en internationale netwerkorganisatie van Geoparken EGN/GGN. "Als Geopark kunnen we meer publiciteit genereren zodat het gebied op lange termijn meer bekendheid krijgt in Europa," licht projectcoördinator Cristina Iturriagoitia toe.

"Dit moet bijdragen aan de lokale ontwikkeling van het gebied."

Het kersverse *Basque Coast Geopark* strekt zich uit vanaf Zumaia tot aan het tien kilometer westelijk gelegen dorpje Mutriku en omvat 90 vierkante kilometer. Geotoerisme, educatie en wetenschappelijk onderzoek staan hoog op de agenda. Behalve de indrukwekkende kustlijn omvat het Geopark een karstgebied met grotten en de oorspronkelijke Ekain Cave, die tussen 10- en 14.000 jaar oude muurschilderingen van onder meer paarden bevat en sinds 2008 Werelderfgoed is. Deze grot is niet meer te bezichtigen, maar de enkele honderden meters verderop gelegen replica (Ekainberri) is wel te bezoeken.

Zes jaar geleden trok Baskenland nog nauwelijks toeristen met een bovengemiddelde geologische belangstelling; nu ligt het bezoekersaantal al op 20.000 toeristen per jaar. De beste manier om het gebied te bezoeken is het maken van een kustwandeling; ook kunnen de (meestal Spaanse) toeristen een informatiecentrum over geologie bezoeken en een educatieve boottour langs de kust maken. Omdat grote delen van de kust van zowel Spaans als Frans Baskenland spectaculaire kustkliffen omvatten, bestaat het idee om langs de hele Baskische kust, van het Franse Biarritz helemaal tot aan Bilbao, een 150 kilometer lang thematisch 'geopad' te bewegwijzieren. Voor Baskenland zou de bijzondere geologie een uitbreiding kunnen vormen op de gastronomie, nu een van de belangrijkste trekpleisters voor vakantiegangers. Met zo'n 'geopad' zou Baskenland een goede tegenhanger zijn van de overburen aan de andere kant van de Atlantische Oceaan. Daar ligt de Britse 'Jurassic Coast', die het hele Mesozoïcum omspant en op de Werelderfgoedlijst staat.



Afb. 10. Onder het op de kliffen gelegen kerkje van San Telmo is een patroon van astronomische cycli in het gesteente zichtbaar: een reeks smalle banden en een brede band wisselen elkaar af; de totale cyclus duurt 100.000 jaar, corresponderend met de baan van de aarde om de zon die varieert tussen een cirkelvorm (brede band) en een maximale ellips (smalle banden).

Dit artikel verscheen eerder in *EOS Magazine*, juni 2011. Met dank aan Anne Fortuin.

Fotografie: Jon Paul Llordes en Annemieke van Roekel.

Meer lezen:

- Gea maart 2011: 'De Krijt-Tertiair-grens in Europa. Vijf ontsluitingen nader bekeken' door Jan Smit.
- Gea juni 2008: 'Flysch en turbidieten, zandrijke afzettingen in de diepzee' door Anne Fortuin.
- Gea september 2006: 'Waar blijft de tijd? Een moderne geologische tijdschaal nader bekeken' door Anne Fortuin.