

A photograph of a bat in flight, its wings spread wide, showing the intricate vein structure of the membrane. The bat is dark brown and black, with a lighter brown face. It is flying towards the left. The background is a soft-focus green forest with a bright, circular sun or light source in the upper right corner, creating a bokeh effect.

Geo .brief

6
september 2023

Speuren naar methaan
Paleis der Gesteenten
Het verhaal van de oudste vleermuis
Toen de Middellandse Zee volliep

Frisse lucht / Dit schrijven vindt plaats eind augustus. De scholen beginnen weer, en op kantoor is dat duidelijk te merken. Langzaam komt iedereen weer binnendruppelen en de emailstorm trekt langzaam weer aan. Vakanties zijn voor mij verbonden met de schoonheid en toegevoegde waarde van diversiteit. Is dit niet immers een van de redenen om op vakantie te gaan? Om de bekende routine van huis, werk, school te doorbreken en andere oorden te bezoeken? Diversiteit geeft inspiratie: zo kan het ook! En vakanties vinden niet altijd in verre, exotische oorden plaats, ook binnen ons kikkerlandje is er genoeg moois te zien.

Mocht je nog om inspiratie verlegen zitten, op onze LinkedInpagina publiceren we dit jaar een serie van twaalf locaties die aangemerkt zijn als Aardkundig Erfgoed. Dit is aanloop naar het symposium Aardkundig Erfgoed op 23 november bij de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, i.s.m. TNO, Wageningen Environmental Research en KNGMG. Onder Aardkundig Erfgoed wordt verstaan: markante geologische, bodemkundige of geomorfologische verschijnselen die het verhaal van de vorming van ons land vertellen. Door samenspel tussen mens en geo-processen ontstaan er bijzondere locaties, die belangrijk zijn voor natuur en biodiversiteit. Ook hier treedt een omslag op: tijdens dit symposium gaat het ook over de inspiratie die zulk Erfgoed kan bieden voor gebiedsinrichting en beleidsopgaven, bijvoorbeeld om water en bodem weer leidend te maken. Daarnaast biedt het symposium een kans om meer mensen te interesseren voor de ondergrond. Zo is er bijvoorbeeld het Aardkundig Erfgoed bij Rijckholt in Zuid-Limburg, een van de oudste en best onderzochte vuursteenmijnen. Dit is nu onderdeel van een wandelroute van bijna vijf kilometer die vuursteen als centraal thema heeft. Of de Peelrandbreuk, verantwoordelijk voor de 'beroemde' aardbeving van 1992 bij Roermond. Ook deze maakt onderdeel uit van lokale fiets- en wandelroutes, met verschillende informatiepunten.

Hopelijk heeft de zomer, waarin iedereen op avontuur is gegaan in uiteenlopende hoeken van de wereld, inspiratie opgeleverd om oog te hebben voor de schoonheid van diversiteit

Dat het zaak is om meer mensen te inspireren voor alles wat met geo te maken heeft, wordt mij steeds duidelijker. De energietransitie vindt geen doorgang zonder experts met kennis van onder- en bovengrondse geowetenschappelijke processen, van seismiciteit tot vloeistofstroming, en van bodemdaling tot sedimentaire afzettingen. Geowetenschappen is ondertussen al lang geen stoffig vakgebied meer voor outdoorsy types, voornamelijk blank en mannelijk, al dan niet met (grijze) baard. Afstudeerders belanden niet alleen in afgelegen gebieden, maar ook gewoon achter een bureau, in laboratoria, als beleidsadviseurs, etcetera etcetera. We werken in een modern, multi-disciplinair vakgebied, met een set aan vaardigheden die bij uitstek geschikt zijn – eigenlijk cruciaal zijn – om vraagstukken op te lossen die met duurzaamheid, milieu en klimaat te maken hebben. Dat betekent: een divers vakgebied waarin uiteenlopende vaardigheden van belang zijn - en dat vraagt weer om een diverse workforce. Dit is precies waarom ik me hard maak voor diversiteit en met name inclusiviteit.

Dus ik moedig iedereen aan om inspiratie te halen uit hun vakantieherinneringen. Hoe het doorbreken van de routine en wellicht ook het bezoek aan andere oorden weer lucht geeft. Diversiteit zorgt voor ruimte in ons denken, juist doordat het soms wringt met het bekende. Hopelijk heeft de zomer, waarin iedereen op avontuur is gegaan in uiteenlopende hoeken van de wereld, inspiratie opgeleverd om oog te hebben voor de schoonheid van diversiteit. Ons publiek kennende zijn velen van jullie in de natuur geweest, waarin je de geo-invalshoek met je meedraagt. Ik hoop dat dit bijdraagt aan een positieve energie voor de komende tijd, waarin we kunnen uitdragen dat geowetenschappen van groot belang zijn voor onze eigen toekomst en voor die van nieuwe generaties. En dat iedereen daaraan kan bijdragen!

Anne Pluymakers



Sinds 2017 cirkelt de satelliet Sentinel-5P rond de aarde met aan boord het meetinstrument Tropomi, dat voortdurend de concentraties van o.a. methaan meet.

Afbeelding: ESA/ATG medialab



SPEUREN NAAR METHAAN

Olie- en gasinstallaties, vuilnisbelten en boerende koeien: het zijn allemaal bronnen van het sterke broeikasgas methaan. Vanuit de ruimte speurt het Nederlandse meetinstrument Tropomi naar nog onbekende methaanbronnen, met als doel: het dichtdraaien van de methaankraan.

Laat in huis de gaskraan per ongeluk open staan en er is een gereede kans dat het verkeer afloopt. Het gas hoopt zich op in de binnenruimten en er hoeft maar een klein vonkje bij te komen en de boel ontploft. Anders is het bij methaanlekken waarbij het gas de buitenlucht in stroomt. Daar is minder gevaar voor ontploffing, maar dat wil niet zeggen dat er geen probleem is. Methaan, waar aardgas grotendeels uit bestaat, is een sterk broeikasgas, dus methaan dat in de atmosfeer terecht komt, is slecht nieuws. Grofweg is methaan in de atmosfeer verantwoordelijk voor een derde van de opwarming van de aarde, schatten wetenschappers.

Puntbronnen / Van lang niet alle methaan in de dampkring is bekend waar het precies vandaan komt. Om dat in kaart te brengen, cirkelt sinds 2017 de satelliet Sentinel-5P rond de aarde met aan boord het meetinstrument Tropomi (zie kader Meetinstrument Tropomi) dat voortdurend de concentraties van methaan meet. Met het instrument hebben wetenschappers al talloze bronnen van heel hoge methaanuitstoot ontdekt.

Een van die wetenschappers is Ilse Aben, onderzoeker bij het Nederlands Instituut voor Ruimteonderzoek SRON en bijzonder hoogleraar satelliet remote sensing van de aardatmosfeer aan de Vrije Universiteit in Amsterdam.

Aben: “Het lastige van methaan als broeikas-

gas is dat het uit veel verschillende bronnen komt. Soms zijn het uitgestrekte bronnen waar overal een klein beetje methaan uitlekt, maar dat samen zorgt voor een hoge uitstoot; denk aan de veeteelt of aan grote olie- en gasvelden. Maar er zijn ook super-emitters.” Superuistoters zijn bronnen waar op één plek heel veel methaan in de atmosfeer komt; wetenschappers noemen dat puntbronnen. “Dat zijn bijvoorbeeld installaties waar aardgas zou moeten worden afgefakkeld, maar die niet aan staan of defect zijn en waar het gas weglekt. Of aan vuilnisbelten, waar organisch afval ligt te rotten, en waarbij methaan geproduceerd wordt dat de lucht in gaat.”

Vuilnisbelten / Heel verrassend is het niet dat veeteelt en olievelden methaanbronnen zijn. Maar Aben is wel geschrokken van de grote aantallen superlekken wereldwijd die uit de satellietmetingen naar voren kwamen. “En ook van hoe enorm groot ze soms zijn”, zegt Aben. “Wat ons toch wel verraste, is dat een groot aantal vuilnisbelten zoveel methaan uitstoot en dat we dat vanuit de ruimte kunnen meten. Zo’n 12 procent van alle door mensen veroorzaakte methaanuitstoot komt van vuilnisbelten.”

Wat er op zo’n vuilnisbelt gebeurt is wel bekend: als organisch afval onder een dikke laag ‘troep’ terechtkomt, krijgt het geen zuurstof meer en begint zuurstofarme rotting. Daarbij ontstaat methaan. Op de beelden van Tropomi zijn duidelijke pluimen te zien boven grote steden zoals Mumbai en Buenos Aires. Die pluimen zijn voor een groot deel afkomstig van enorme vuilstortplaatsen. “Dat vervliegende methaan is niet direct schadelijk voor de gezondheid van inwoners van zo’n megastad, maar indirect wel”, zegt Aben. “Methaan draagt bij aan het ontstaan van ozon en dat gas is wél ongezond voor mensen.”

Gasmetingen analyseren / Onvermoeibaar cirkelt Sentinel-5P rond de aarde met Tropomi aan boord op zoek naar methaan. De hele dag verzamelt het data

Meetinstrument Tropomi

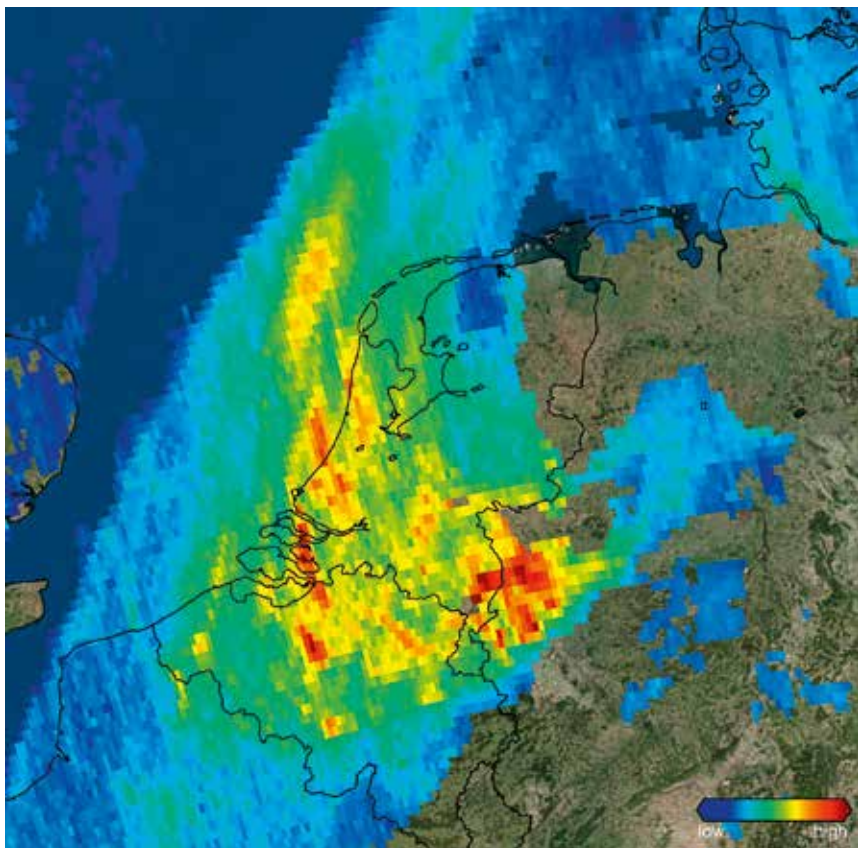
Tropomi (tropospheric monitoring instrument) is het resultaat van een groten-deels Nederlands initiatief van TNO, SRON, KNMI en Airbus Netherlands in samenwerking met het Netherlands Space Office (NSO) en ESA. Na jarenlange voorbereiding werd Tropomi in 2017 gelanceerd. Het meetinstrument doet sindsdien vanuit de ruimte aanvullende metingen van verschillende gassen in de atmosfeer, naast methaan (CH₄), koolmonoxide (CO) en stikstofdioxide (NO₂). Hiermee is te meten waar de rook en gassen van bosbranden heen vliegen. Stikstofdioxide komt ook vrij bij verbrandingsprocessen, zoals in schepen en in auto’s in steden, waar het een maat is voor een slechte luchtkwaliteit.

door teruggekaatst zonlicht van het aardoppervlak op te vangen. Op weg van de zon naar het aardoppervlak en weer terug naar de meetsensor komt zonlicht door de atmosfeer. Afhankelijk van welke gassen in de luchtkolom tussen satelliet en aardoppervlak aanwezig zijn, worden bepaalde golflengten er uitgefilterd. Aan de hand daarvan is de concentratie van gassen als methaan, koolmonoxide en stikstofdioxide te berekenen. Het verwerken en omrekenen van de data in concentraties gebeurt bij ESA. “Overigens wel met algoritmen die we bij SRON hebben ontwikkeld”, zegt Aben. De gegevens van Tropomi zijn openbaar toegankelijk. Met alleen de gegevens van de atmosferische gasconcentraties op een bepaald moment op een bepaalde locatie, zijn de onderzoekers er nog niet. De kunst is om methaanlekken op te sporen. Dat

is “nog een heel gedoe”, zegt Aben. Handmatig is dat ook bijna niet te doen voor een paar miljoen metingen per dag. Vandaar dat collega’s van Aben bij SRON een machine learning-aanpak hebben ontwikkeld. Computerkracht wordt ingezet om de grote hoeveelheden data door te ploegen en te analyseren. “Bedenk dat Tropomi gasconcentraties meet in de hele kolom lucht boven ons hoofd. En daar bevindt zich gewoon al veel methaan van bronnen elders in de wereld. Methaan blijft tien jaar hangen in de atmosfeer en verspreidt zich.”

De computer zoekt naar plaatselijke verhogingen in de concentratie van soms maar een procent. Aben: “Dan moeten we zeker weten dat dat kleine signaal ook echt methaan is en niet een onnauwkeurigheid in de data. We controleren daarom alle door de computer gedetecteerde bronnen handmatig om valspositieven te voorkomen.” En dan nog is het een hele puzzel om te bepalen wat eigenlijk de bron is van zo’n methaanpiek.

Inzoomen / Tropomi kan puntbronnen dan ook niet alleen lokaliseren. Het krijgt hulp van satellieten die kunnen inzoomen. “Dat is nodig ook”, legt Aben uit. “Een individuele meting van Tropomi kijkt naar een vak van 5,5 bij 7 kilometer.” Dat is meestal nog een te grote lap grond om daarin te kunnen aanwijzen wie of wat verantwoordelijk is voor een methaanlek. Daarom werken Aben en collega’s al jarenlang samen met het Canadese bedrijf GHGSat, dat data verzamelt met een eigen gelijknamige satelliet. Wanneer Tropomi ergens een verhoogde methaanconcentratie ziet, kan GHGSat eropaf gaan om heel nauwkeurige plaatjes te maken, met een resolutie van 25 meter. “In het begin was dit bedrijf het enige dat dit kon”, zegt Aben. “Samen hebben we al heel wat methaanbronnen kunnen identificeren, afkomstig van olie- en gasinstallaties, kolenmijnen en afvalstortplaatsen. Sinds kort kunnen we ook uit Landsat-achtige satellietmetingen de allergrootste methaanlekken detecteren, mits die satellieten gevoelig zijn in het golflengtegebied van methaan.” Dit type



De Sentinel-5P satelliet laat hoge methaanlevels zien boven Nederland en het Ruhrgebied in West-Duitsland op 7 november 2017.

Foto: ESA

satellieten is primair bedoeld om beelden te maken van het aardoppervlak voor inzicht in droogte, verstedelijking, klimaatverandering en bosbranden. “Maar GHGSat is nog verreweg de beste.”

Laaghangend fruit / Net als de uitstoot van CO₂ moet het weglekken van methaan worden aangepakt om het broeikas-effect af te remmen. In het geval van methaan is er relatief goed nieuws: een deel van de methaanlekken is vrij gemakkelijk aan te pakken, veel makkelijker dan het terugdringen van de CO₂-uitstoot. Daarmee is methaan als broeikasgas een soort laaghangend fruit dat we niet moeten laten hangen. “Wetenschappers hebben berekend dat een

kwart van alle methaanuitstoot kan worden gestopt tegen netto geen kosten”, zegt Aben. Methaangas is nog wat waard en kan worden verkocht. Met bestaande technieken kan zelfs 55 procent van alle methaanuitstoot worden voorkomen.

Vooraf grote puntbronnen zijn relatief gemakkelijk op te ruimen. Neem bijvoorbeeld Turkmenistan, waar de onderzoekers met Tropomi 24 installaties ontdekten die bedoeld zijn voor het affakkelen van aardgas, maar die niet aan staan of kapot zijn. Daar stroomt methaan ongehinderd de dampkring in. Wanneer die worden gerepareerd of simpelweg aangezet, is dat probleem al opgelost. Dan komt er wel CO₂ vrij in plaats van methaan, maar dat heeft een veel kleiner

broeikas-effect. Het zou nog beter zijn om het gas op te vangen.

Wereldwijde methaanbelofte /

Ook internationale regeringsleiders zien dat de aanpak van methaanuitstoot grote kansen biedt. In 2021 hebben de Verenigde Staten en de Europese Unie afgesproken om de methaanuitstoot terug te brengen. Doelstelling van die Global Methane Pledge: de methaanuitstoot in het jaar 2030 met dertig procent verminderen ten opzichte van 2020. Ondertussen hebben zich al zo'n 150 landen aangesloten.

De Verenigde Naties hebben daarom het International Methane Emissions Observatory (IMEO) opgericht om alles in het werk te stellen om methaanbronnen op te sporen, verantwoordelijke partijen te informeren en aan te spreken om te zorgen dat ze actie ondernemen en uiteindelijk ook alle data openbaar te maken. Zo praten de Verenigde Naties bijvoorbeeld met Turkmenistan over de defecte affakkelininstallaties. Hoewel het langzaam gaat, lijkt het erop dat er op dit gebied wel vooruitgang wordt geboekt. In juni kondigde de president van het land concrete maatregelen aan om iets aan de grote methaanlekken in zijn land te gaan doen. Het ergste lek in het land had evenveel impact op het klimaat als de uitstoot van 67 miljoen auto's, becijferde de krant 'The Guardian'. Aben: “Ik hoop dat onze metingen van grote methaanuitstoters, zoals wij die aan IMEO leveren, helpen om overheden een zetje te geven, zodat ze in actie komen en de problemen oplossen.”

Rottende resten / Lastiger om aan te pakken zijn de megavuilnisbelten, met name op het zuidelijk halfrond. Daar ligt nog een hoop organisch afval te rotten tussen het vuilnis. Wanneer het zou lukken het organische afval te scheiden van het andere vuilnis, zoals dat in Nederland meestal gebeurt, dan kan de organische component worden gecomposteerd of omgezet in bruikbaar gas voor de industrie of voor verwarming. Voor de huidige vuilnisbelten is een andere aanpak nodig om het vrijkomende methaan

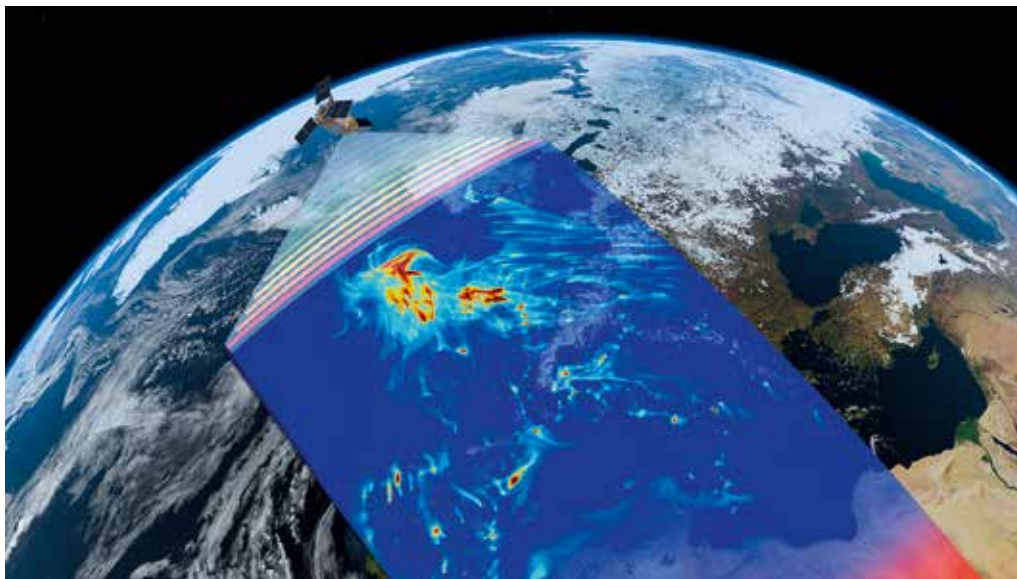
Ontploffingen in de Oostzee

Een moment waarop er heel veel methaan tegelijk de atmosfeer in ging, was toen de Nordstream-gasleidingen bij het Deense eiland Bornholm in de Oostzee werden vernield door explosies. Dit moet Tropomi hebben gemeten, toch?

“Nee, helaas”, zegt SRON-onderzoeker Ilse Aben. “Meten boven zeeoppervlak is lastig, omdat onze meettechniek afhankelijk is van de weerkaatsing van zonlicht van het aardoppervlak. Het water absorbeert het meeste licht, waardoor we meestal geen zinnige metingen boven zee kunnen doen. Ook als op een plek veel bewolking hangt, kunnen we niet meten. Maar de satelliet GHGSat heeft de Nordstream-lekken wel waargenomen.”

op te vangen. “Daar zijn technische oplossingen voor die een beetje lijken op het bedrijven van mijnbouw”, vertelt Arjan Hensen van TNO, expert in het meten van gassen. “Een gespecialiseerd bedrijf boort dan pijpen in de afvalberg en daarmee wordt het gas weggezogen en verzameld op een punt. Als het om veel methaan gaat, is het nog te gebruiken om warmte of elektriciteit mee op te wekken. Wordt de concentratie methaan te laag, dan wordt het afgefakkeld.” Bij het verbranden gaat methaan over in CO₂, maar ook dat is winst voor het klimaat, hoe gek dat ook klinkt.

Hensen verricht regelmatig metingen aan methaan, maar dan ‘op de grond’. “Met Tropomi is in armere landen de methaanuitstoot wel te koppelen aan bepaalde enorme vuilnisbelten”, zegt hij. “Voor vuilstortplaatsen in ons land is dat lastiger, onder meer doordat mogelijke methaanbronnen dicht bij elkaar liggen. Ook ontsnapt uit Nederlandse vuilnisbelten veel minder gas dan vroeger.” Onlangs deed Hensen nog metingen ‘op de grond’ vlak naast een vuilstort bij buurtschap Nauerna ten westen van Amsterdam, om te kunnen vergelijken met metingen sinds 1994.



Vanuit de ruimte speurt het Nederlandse meetinstrument Tropomi naar nog onbekende methaanbronnen.

Foto: ESA/ATG medialab

“We doen daar om de paar jaar metingen en de methaanuitstoot van die vuilnisbelt is met een factor tien gedaald.”

Technologisch kennis delen / Om op een vuilnisbelt methaan af te vangen zijn wel flinke investeringen nodig, wat voor bepaalde landen een flinke drempel zal zijn, denkt Aben. “Maar misschien kunnen de rijkere landen daarbij een rol spelen. Op de COP-bijeenkomsten wordt besproken hoe de rijkere landen - die immers verantwoordelijk zijn voor het overgrote deel van de uitstoot aan broeikasgassen - hun schuld kunnen aflossen aan de landen die zich nog aan het ontwikkelen zijn.” Hensen is het daarmee eens. Op het zuidelijk halfrond, in ‘The Global South’, zijn weliswaar de meeste vuilnisbelten die veel methaan lekken, maar dat is geen reden om met het vingertje te wijzen, meent hij. “Wanneer je het per persoon bekijkt, zijn wij in het westen nog steeds de grootste viespeuken. Wij produceren veel meer afval per persoon. Wat we wel zouden kunnen doen, is onze technologische kennis aanbieden aan armere landen.” En dat gebeurt inmiddels hier en daar ook. Zo heeft Afvalzorg, een bedrijf dat zich specialiseert in het verwerken van afval, onlangs afspraken gemaakt met de Indonesische stad Medan om daar samen met lokale bedrijven een installatie te ontwikkelen die gas uit een vuilnisbelt haalt.”

Jim Heirbaut

Dit stuk verscheen eerder in het 2023 augustusnummer van De Ingenieur <https://www.deingenieur.nl/artikel/speuren-naar-methaan>



Rue Jean d'Outremeuse 84 in Luik



Boven De menhir Danthine aan de toegangsweg naar Wéris
Onder Detail van de gevel van Rue de la Province 21 in Luik

Het conglomeraat van Wéris / Het conglomeraat van Wéris is een bouwsteen die, met lange onderbreking, gedurende vierenhalf tot vijf millennia gebruikt is. Het conglomeraat behoort tot het Lid van Chaieneu, het bovenste deel van de Formatie van Hampteau, en is afgezet tijdens de overgang van Emsien naar Eiffelien. In de eerste helft van het derde millennium voor Christus (Nieuwe Steentijd) maakte men in de omgeving van Durbuy in de Ardennen menhirs en hunebedden (dolmen) uit dit conglomeraat. Ze staan en liggen op een rijtje in een strook die van Oppagne in het zuidwesten via het fraai gelegen dorpje Wéris naar Morville in het noordoosten loopt. Millennia later, begin 20^e eeuw, paste men de steen toe aan verschillende Art Nouveau-panden op het eiland Outremeuse in Luik. Het gaat om drie huizen aan de Rue Jean d'Outremeuse en twee aan de Rue de la Province. Ze zijn alle vijf ontworpen door architect Joseph Bottin over wie verder weinig bekend is. De steen is er telkens gebruikt in onregelmatige, ruwe,

onafgewerkte blokken aan de begane grondgevels. Het karakter van de steen komt hierdoor goed tot zijn recht. Van 1866 tot 1914 was er bij Wéris een kleine groeve actief. Behalve als bouwsteen is het conglomeraat in de decennia dat de groeve in Wéris actief was, gebruikt voor de bekleding van de vloeren van hoogovens van de Luikse en Lotharingse industrie.

Tekst en foto's: Timo G. Nijland



Het Geologisch Instituut gezien vanaf de Roeterstraat.

Wie tussen 1934 en 1984 geologie aan de Universiteit van Amsterdam studeerde, dwaalde door vele vertrekken vol stenen van het Geologisch Instituut, bij de opening in mei 1934 in de pers als 'Paleis der Gesteenten' aangeduid. Onder deze titel geven Wim Dubelaar, Harm Rondeel en Kees de Jong een inkijkje in de geschiedenis van dit imposante gebouw. Geo.brief licht een tipje van de sluier op.



Paleis der Gesteenten

“Schier overweldigend is de indruk, dien de bezoeker ontvangt van dit, na vele strubbelingen dan toch eindelijk tot stand gekomen volumineuze gebouw, waar 25 studenten in de geologie hun opleiding zullen ontvangen... Een gebouw dat zal dienen tot drieërlei doel: voor het onderwijs, voor wetenschappelijk onderzoek en als tentoonstellingsruimte.” De verslaggever van het Algemeen Handelsblad komt op 8 mei 1934 woorden te kort tijdens de opening van het Geologisch Instituut aan de Nieuwe Prinsengracht. “Een glazen deur, beheerst door een monumentaal steenen beeldhouwwerk zwaait open...men bevindt zich in een glazen hal, ruim als een museum-

Geologisch Instituut, in graniet gehouwen.

Bij de entree tot het gebouw: De vogel. De vogel slijpt één keer per jaar zijn snavel aan de granieten berg. Wanneer de berg is afgesleten is er één seconde van de eeuwigheid verstreken.



Het exterieur van het gebouw: Een duidelijke architectuur met het over de verdiepingen doorlopende glasraam, de als erkers uitstekende ramen en de ornamenten in steen en keramiek, de positie van de vogel en de twee beelden aan de toren.

zaal, licht en luchtig als een sanatorium, waar onder vitrines zonderlinge, aantrekkelijke voorwerpen, merkwaardig van vorm en kleur, de aandacht boeien.” In 1928 benoemt het College van Bestuur van de Universiteit van Amsterdam Dr. H.A. Brouwer tot hoogleraar in de geologie. Brouwer veruult zijn positie in Delft voor Amsterdam, maar stelt daarbij wel een aantal voorwaarden. Hij nam het initiatief door bij zijn benoeming in 1928 als hoogleraar aan de Amsterdamse universiteit als eis te stellen een “geologisch-mineralogisch instituut, dat aan moderne eischen voldoet.....”. Het nieuwe instituut moet een ‘sieraad worden aan de

keizerskroon van Amsterdam’, aldus rector-magnificus J.C.H. de Meijere tijdens zijn afscheidsrede op 16 september 1929. Architect A.R. Hulshof krijgt samen met C. van der Wilk de opdracht om een markant gebouw neer te zetten.

In graniet gehouwen / Brouwer kreeg zo zijn Geologisch Instituut; de naam staat in graniet gehouwen bij de ingang van het gebouw. De realisatie van een dergelijk imposant en stijlvol gebouw in de toen bestaande crisisjaren is een vrijwel ongelooflijke prestatie. “In de hal op de begane grond en in de aangrenzende museumzalen vindt men indrukwekkende stukken op mineralogisch gebied, o.a. een complete verzameling sierstenen aangeboden door de heer F.G. Waller te Amsterdam, versteende bomen, een stuk uit Amerika met voetsporen van een dinosaurus, lava uit Hawaii met bladlittekens.” De verslaggever van het Algemeen Handelsblad weet in 1934 niet waar hij moet kijken.

Vijf decennia / Voor studenten geologie is het vanaf dat moment dagelijks kost. Gedurende vijf decennia (1934-1984) zijn in Amsterdam studenten opgeleid tot geoloog op het Geologisch Instituut aan de Nieuwe Prinsengracht. Het gebouw is ingericht met alles wat nodig was voor deze opleiding. Zo zijn bij de bouw vele vertrekken extra versterkt om rekening te houden met grote vloerbelasting door gesteenteverzamelingen. Voor de inrichting werd een extreem groot aantal opbergkasten speciaal vervaardigd voor de opslag van gesteentemonsters. Ruimtes voor een museale functie werden voorzien van prachtige expositiekasten en sierden de betreffende zalen. Collegezalen en practicumruimtes met en zonder zuurkasten bevinden zich gespreid over het gebouw, evenals toiletten, en werkkamers voor docenten en stafleden. Het monumentale karakter van het gebouw is aanleiding geweest om in boekvorm dit karakter te tonen in samenhang met een korte geschiedenis. In het boekje worden de

materiële eigendommen aan en in het Instituut afgebeeld en beschreven: het gebouw, de architectuur, het roerend goed en de uit het Instituut voortgekomen verzamelingen.

Bijzondere buitenkant / Het exterieur van het gebouw is kenmerkend voor de in die jaren door de gemeente Amsterdam gebruikte bouwstijl, waarin ornamenten niet geschuwd werden. Een groot aantal beeldhouwwerken in natuursteen en tientallen keramische consolesteentjes en pijlerbekroningen sieren de buitenzijde. Zij zijn allen afkomstig uit het atelier van Hildo Krop, en hebben een geologische duiding. Zo staat er voor het over drie verdiepingen doorlopende glasraam bij de hoofdingang het kalkstenen gevelbeeld Gea, de godin van de aarde op een voetstuk. In de centrale hal van het gebouw vragen een tweetal sgraffiti direct aandacht, geplaatst direct naast de opgaande marmere trap (Comblanchien kalksteen). Het betreft de sgraffito ‘endogene krachten’ van Willem Molin en ‘exogene krachten’ van Lucie Steffens.

De gebruikte ornamentiek bevestigt duidelijk het karakter van het gebouw als Geologisch Instituut. Daarvoor hoeft ook alleen maar een blik te worden geworpen op het prachtige vloermozaiek bij de entree dat de schepping der aarde voorstelt. Het marmersplateau met vijfenvijftig benoemde marmersoorten getuigt hier eveneens van. Betekenisvol siert dit tableau de hal met de toegang tot de kamer van de Hoogleraar-Directeur H.A. Brouwer.

In het boekje wordt tevens aandacht geschonken aan de historische verzameling van excursiefoto’s en promotieportretten, evenals aan de verzameling objecten uit het geologisch museum. Zowel de foto’s als de museale stukken zijn sinds het beëindigen van de opleiding elders ondergebracht.

H.E. Rondeel

Het boekje is te bestellen via de website van de Stichting Geologisch Instituut Amsterdam (www.sgia.nl/paleisdergesteenten).



Excursie 1935. Excursie Thüringen en Frankenwald 10 - 18 April 1935 ; extreem links H.A.Brouwer.

Links Consolesteen aan de gevel: Aardbeving. Effect op bebouwing; golvende ondergrond.

10

Geo.brief 6 / 2023



Pijlerbekroning aan de gevel: Vulkaan. Geplaatst boven magmakamer.



Vloermozaïek in entree: De wording der aarde.



Veldwerk 1982: Ardennen rond Aywaille.



Op de toren van het gebouw: Geologen die in de verte turen.

Paleis der gesteenten (2)

Het 'Paleis der gesteenten' op de Nieuwe Prinsengracht 130, het voormalige Geologisch Instituut van de Universiteit van Amsterdam, is in de eerste plaats een berg. Daar ben ik pas achter gekomen sinds ik het prachtige boekje met die naam toegestuurd kreeg van Wim Dubelaar, eerste auteur naast Harm Rondeel en Kees de Jong. Ik liep daar bijna zestig jaar geleden als eerstejaars fysische geografie de verplichte colleges van coryfeeën als Egeler, Hermes en De Roever, volgde het mineralogie-practicum, haalde tentamens, maakte de luidruchtige ruzies mee rond Tom de Booy in de koffiekamer met zijn zware hardstenen weegtafel, dronk een borreltje bij Oen op zijn kamer rond de tijd van mijn promotie bij De Roever, hoorde zelfs nog de krakende stem van Brouwer bij een colloquium, zonder ooit te weten dat ik in het inwendige van een berg liep. Nu pas heb ik dat ontdekt, op een van de foto's in het boek. Boven op het gebouw, op 25 meter hoogte naast de toren, staan twee kalkstenen veldgeologen in volle uitrusting al bijna honderd jaar lang te turen in de richting van de Alpen. Zo doe je dat als geoloog, je klimt op een berg om de omgeving te verkennen. En de berg staat er nog. Als een vogel één per jaar zijn snavel slijpt aan een granietberg, is pas als daardoor die hele berg is verdwenen, er één seconde van de eeuwigheid verstreken. Dat is de betekenis van de granieten gevelsteen van Hildo Krop naast de ingang van het gebouw. Van de berg op de Nieuwe Prinsengracht is sinds 1934 nog niets afgeslepen. Het gebouw heeft eeuwigheidswaarde. Alleen is het inwendige met zijn fraaie marmermozaïeken en tegeltableaus, met zijn museum, zijn klassieke colle-

gezalen, laboratorium, stenencollecties en enorme bibliotheek in de jaren '80 en '90 door onwetenden helaas grondig gecurretteerd toen het gebouw voor onwaardige andere doeleinden geschikt gemaakt moest worden.

Omdat het een berg is waarvan je niet met je hamer een stukje af mag slaan om te zien waar hij uit bestaat, het is immers een aardkundig monument, hebben de auteurs zowel de uitwendige als de verdwenen inwendige schatten van het gebouw met vele schitterende historische en hedendaagse foto's weergegeven. Ook hebben ze veel aandacht geschonken aan de herkomst van de vele zorgvuldig uitgekozen steensoorten in het gebouw. Langs de buitenkant lopend ontdek je een hele parade van terracotta en granieten afbeeldingen van verschillende geologische activiteiten: een ten onrechte niet door beroepskeuzevoorlichters gebruikte voorstelling om studenten een richting te laten kiezen. Ook dat is allemaal werk van Hildo Krop. Zo is het niet alleen een Paleis der gesteenten, zoals een journalist van het Algemeen Handelsblad het bij de opening op 8 mei 1934 genoemd schijnt te hebben (niet op Delpher te vinden), maar ook een Kunstpaleis. Hulde aan de auteurs die dit sieraad voor Amsterdam, voor de geologie en voor de kunst voor het voetlicht hebben gebracht.

Salomon Kroonenberg

W. Dubelaar, H. Rondeel, K. de Jong, 2022. Paleis der gesteenten. Geologisch Instituut Universiteit van Amsterdam. Uitgave Stichting Geologische Uitgaven Amsterdam (GUA), 52 p. Te bestellen via: www.sgia.nl/paleisdergesteenten

Hulde aan de auteurs die dit sieraad voor Amsterdam, voor de geologie en voor de kunst voor het voetlicht hebben gebracht

Sierra de Tejeda

Zuid-Spanje



36°53'20" Noord en 4°00'30" West / De genese van de boogvormige alpiene gebergtegordel van het Tel Gebergte (Noord-Algerije), het Rif Gebergte (Noord-Marokko) en de Betische Cordilleren (Zuid-Spanje) is gerelateerd aan de progressieve noordwaartse subductie van het westelijk deel van de Neo-Tethys Oceaan vanaf het Laat-Krijt. Deze convergente plaatbewegingen leidden tot een botsing van het noordwestelijk deel van de Afrikaanse Plaat met het zuidelijk deel van het Iberische microcontinent vanaf het (Laat-) Eoceen tot in het Mioceen.

De Betische Cordilleren lopen van Gibraltar tot de Balearen en bestaan uit een metamorfe Interne Zone en een niet-metamorfe Externe Zone. De omvangrijke dekbladstapel van de Interne Zone representeert een deel van het opgeheven subductiecomplex. Deze tektonische opeenvolging omvat van onder naar boven de hoog-metamorfe Nevado-Filabride en Alpujarride dekbladen, en de laag- tot niet-metamorfe Malaguide dekbladen. De eerstgenoemde hoog-metamorfe dekbladen bestaan voornamelijk uit (Permo-)Triadische klastische sedimenten en carbonaten, met soms ook Paleozoïsche (kristallijne) gesteenten. Aan de zuidzijde worden de Betische Cordilleren begrensd door de Alborán Zee die gekenmerkt wordt door een sterk verdunde continentale korst.

De Betische bergketen wordt gekarakteriseerd door een groot aantal langgerekte sierras die ontstonden vanaf het Mioceen door sterke opheffing langs belangrijke breukzones. Deze sierras beslaan het grootste deel van Andalusië, met als hoogste punt de bergtop van de Mulhacén (3482 meter) ten zuidoosten van Granada in de Sierra Nevada. Bijgaande foto uit de Axarquía-regio ten noordoosten van Malaga toont de steile zuidflank van de Sierra de Tejeda, een westelijke uitloper van de Interne Zone. Deze circa twintig kilometer lange bergrug culmineert op de vlakke top van La Maroma (2069 meter) die zichtbaar is recht boven het semi-wilde paard. Aan de noordzijde wordt de Sierra de Tejeda begrensd door de Zafarraya-afschuiving waarlangs op 25 december 1884 een sterke aardbeving plaatsvond, waardoor vele dorpen in deze regio werden verwoest en meer dan achthonderd mensen omkwamen.

De Sierra de Tejeda is opgebouwd uit gesteenten die behoren tot een Alpujarride-dekblad, de ruim drie kilometer dikke 'Unidad de Tejeda'. De Tejeda-eenheid onderging minstens twee compressieve fasen onder hoog- en laagmetamorfe condities, gevolgd door groot-schalige extensie en schuifbewegingen langs 'detachment faults' in het Vroeg-Mioceen. Deze geschiedenis van deformatie resulteerde in isoclinale plooien in het bovenste deel van deze tektonische eenheid, die bestaat uit een afwisseling van ondiep-water carbonaten en pelitische afzettingen van Triadische ouderdom. De aansnijding van de plooien in de 'Unidad de Tejeda' door de grillige topografie levert een opvallend dagzoompatroon op van langgerekte en oogvormige banden van lichtgekleurde dolomitische kalkstenen tussen pakketten van donkergrijze kalkschisten.

De Axarquía-regio heeft milde winters en droge zomers, een klimaat dat ideaal is voor moerbeibomen waarvan de bladeren de primaire voedselbron zijn voor zijderupsen. Ten tijde van 'Al-Andalus', de islamitische staat van de Moren in Iberië (710-1492), werden moerbeibomen op grote schaal gecultiveerd voor zijdeproductie. De foto is genomen langs een oude Moorse karavaanroute die gebruik maakte van een 1600 meter hoge pas in het oostelijk deel van de Sierra de Tejeda. Langs dit bergpad werden met behulp van lastdieren zijde en andere goederen getransporteerd vanuit de kuststad Malaga naar het binnenland van Al-Andalus, met name naar de welvarende stad Granada.



mergel

overstromingsafzetting

gips

Toen de Middellandse Zee volliep

Epische verhalen over catastrofale overstromingen houden mensen al eeuwenlang bezig: het Gilgamesj Epos, de Hebreeuwse mythe van een vloed in het boek Genesis, of de vloedverhalen van Lakotavolkeren die de weidse Noord-Amerikaanse vlakten bevolkten. In veel gevallen lijkt de historiciteit best aannemelijk. Wellicht zijn de verhalen geïnspireerd door het doorbreken van ijssdammen in de nasleep van het Laatste Glaciale Maximum; of door de veronderstelde plotse zeespiegelstijging van de Zwarte Zee, nadat die een verbinding vormde met de Middellandse Zee.

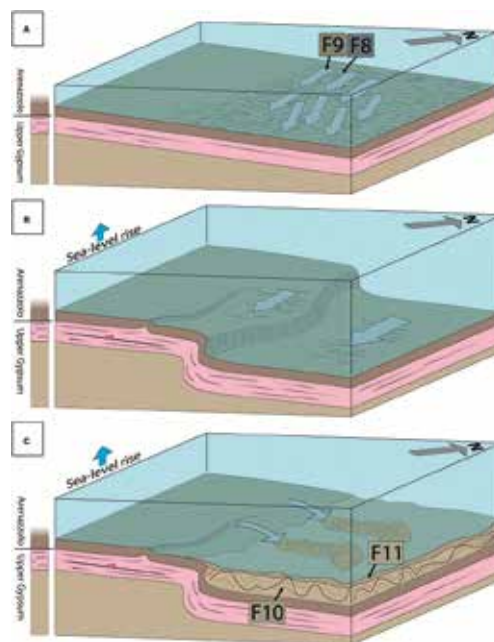
De Mioceen – Pliocene sedimentaire opeenvolging aan de zuidkust van Sicilië. Onderin de Mioceen gipsen, daarboven de overstromingsafzetting van de Arenazzolo formatie en daarboven de Pliocene mergels van de Trubi Formatie.

Binnen de geologie staat de notie van catastrofes soms op gespannen voet met het uniformitarianisme. In welke mate is het geologisch archief het resultaat van abrupte kortstondige gebeurtenissen? Of is het juist een betrouwbare afspiegeling van miljoenen jaren aardse geschiedenis? In deze context hebben abrupte veranderingen of rampen, en hun weerspiegeling in de sedimentaire gesteenten mij altijd gefascineerd. Een van de meest spraakmakende in die categorie is de overgang van het Mioceen naar het Plioceen in het Middellandse Zeegebied, ofwel het einde van de Messiniaanse Zoutcrisis.

De Messiniaanse Zoutcrisis /

Nadat de Middellandse Zee gedurende een 600.000 jaar lange periode grotendeels afgesloten was van de grote oceanen, breekt rond 5.3 miljoen jaar geleden de straat van Gibraltar door. De overgang van het Mioceen naar het Plioceen is overall rond de Méditerranée een abrupte overgang naar een open marien milieu. In de loop van het huidige decennium kwamen over deze overgang een aantal spraakmakende artikelen uit. Een grootschalige insnijding, te herkennen in seismische profielen aan zowel de oostelijke als de westelijke zijde van de straat van Gibraltar, was in 2009 voor de eerste maal een meer concreet geofysisch bewijs voor een plotse doorbraak rond Gibraltar, op de grens tussen het Mioceen en het Plioceen. In 2018 werd het idee van een dergelijke abrupte doorbraak versterkt door meer seismisch bewijs, nu afkomstig uit de straat van Sicilië, waarin ook een grootschalige incisie te herkennen is. Het idee van deze doorbraak, de zogenaamde ‘Zancliaanse vloed’, werd door deze twee publicaties versterkt.

Nadat de Middellandse Zee gedurende een 600.000 jaar lange periode grotendeels afgesloten was van de grote oceanen, breekt rond 5.3 miljoen jaar geleden de straat van Gibraltar door.



Een schematisch model van de condities ten tijde van afzetting van de Arenazzolo Formatie. De cartoons geven een drievoudige evolutie weer van:
a) stromingsribbels vormend op een dippende helling,
b) het deformerende van onderliggend Mioceen gips,
c) sedimentvorming in het bovenste deel van de Arenazzolo formatie.

Waar belandt al het ge-erodeerde materiaal bij een dussdanig grote doorbraak? En kunnen we iets van de sporen van de geassocieerde erosie en afzetting terugvinden in de vele sedimentaire opeenvolgingen van het Mioceen-Plioceen die ontsloten zijn op het land? Exact die vraag is het startpunt geweest van mijn masterthesis, die ik schreef onder begeleiding van Wout Krijgsman op de Universiteit Utrecht, samen met een team van specialisten. Wout doet al sinds de jaren '90 veel onderzoek naar de Messiniaanse Zoutcrisis en bezocht recentelijk een aantal sleutelsecties van het Mioceen-Plioceen in Spanje, Italië en Griekenland. Tijdens veldwerk in Italië raakten hij en zijn toenmalige PhD-student Federico Andreetto geïntrigeerd door een dik zandpakket, uniek in facieskarakter, dat precies op de grens ligt tussen Mioceen gipsen en Pliocene mariene mergels. De toen nog gebrekkige sedimentologische beschrijvingen van het pakket (en daardoor sterk uiteenlopende interpretaties van afzettingsmilieus rond dit tijdsinterval) leken een mooi beginpunt voor een masterafstudeerproject. Mijn collega masterstudent Jasper Maars en ik hadden, wat veldwerk betreft, net een weinig glansrijk eerste jaar van de master achter de rug omdat de Covid-crisis roet in het eten gooide. Toen Wout onze interesse peilde voor het beoogde project waren we dus dolblij en was een match snel gemaakt.

Sedimentologie van een megavloed / Het veldwerk werd gepland en in september 2021 reisden we af naar Sicilië. Het betreffende zandsteenpakket draagt de naam Arenazzolo (van het Latijn voor ‘zand’) en werd voor het eerst beschreven door Italiaanse geologen in het begin van de 20ste eeuw. Het is een slecht geconsolideerd grijzig pakket tussen Mioceen gipsen en de prachtig witte kalken van de Pliocene Trubi formatie. De Arenazzolo duikt bij een aantal kustplaatsjes langs de zuidkust van Sicilië op boven de kustlijn/branding. De plek met de beste ontsluiting is Eraclea Minoa, een klein plaatsje met een mooi Grieks amfitheater, ten westen van Agrigento. Het zand van de Arenazzolo wordt onderin gekenmerkt door een afwisseling van prachtige trog-scheve gelaagdheid en

Door die enorme bak water die plots het bekken inkwam, konden de Miocene gipsen gaan glijden en deformeren



Een gesimplificeerde weergave van het opvullen van de Middellandse Zee.

vlakke gelaagdheid. Gedetailleerde fotografie van de troggen in het pakket in verschillende oriëntaties, maakt het mogelijk om een stromingsrichting te reconstrueren. Je kunt daarmee in feite een 3D-beeld vormen van de sedimentaire structuren. Gedetailleerde interpretatie van de foto's laat zien dat de stroming continu in een oostwaartse richting heeft moeten staan, in de richting van het oostelijke deel van de Middellandse Zee. Ook laten korrelgroottemetingen door de gehele stratigrafie zien dat het sediment in korte intervallen gradueel van fijn naar grof verandert. Een kenmerk dat karakteristiek is voor diepzeewaterstromingen, die in de afgelopen jaren steeds beter beschreven worden in de literatuur. Tot slot laten slijpplaatjes van een selectie aan monsters een assemblage zien van mineralen en microfossielen die wezenlijk verschilt van wat wordt gevonden in oudere zandsteenpakketten uit het Messinien in de Siciliaanse bekken. Een nieuwe sedimentbron speelde dus een rol ten tijde van afzetting. Al deze karakteristieken vinden we nergens anders in de oudere opeenvolgingen van het Messinien.

Naar boven toe veranderen de mooie vlakke en scheve gelaagdheden in een massief inter-

val van dezelfde grijzige zandsteen zonder de subtiele ribbels, maar met mooi ontwikkelde plooien op de schaal van enkele decameters. Een typisch voorbeeld van sedimentvorming die plaatsvindt als een dik pakket sediment verzadigd is met water en door een externe trigger begint te deformeren. Daarnaast onderscheidt het tweede pakket zand zich van het onderste doordat het niet overal te vervolgen is; het verdwijnt naar het oosten toe, precies op de plek langs de kust waar het onderliggende gips ook een enorme plooï laat zien met een hellend assenvlak. Die plooï heeft zich gevormd op een regionale helling waar het dun gelaagde pakket van afwisselend gips en dunne modder als het ware onderuit kon zakken door toedoen van de zwaartekracht en de snel stijgende zeespiegel. Dat tweede zandpakket interpreteren we als een tweede fase van de vloed.

Regionale context / Een dergelijke sedimentologische beschrijving is weinig waard zonder goed geïntegreerd te worden in de paleogeografische en tektonische setting van een gebied. Uit tektonische reconstructies weten we dat de zuidkust van Sicilië samenvalt met de 'frontal thrust' van een groot sys-

teem van voorlandbekkens dat zuidwaarts migreerde tijdens het Mioceen en Pliocceen. Een enorme bult als het ware, die een helling vormt, hellend naar het noordoosten. Eerder vormde de topografie van deze grote thrusts de afsluitingen tussen kleine sub-bekken die geïsoleerd van elkaar waren. De plotselinge verandering in facies en compositie in de Arenazzolo en de stromingsrichtingen naar het oosten, passen het beste bij een abrupte stroming parallel aan de regionale helling. Die vormde zich hoogstwaarschijnlijk toen door een abrupte zeespiegelstijging er een verbinding ontstond tussen eerder geïsoleerde bekken. Door die enorme bak water die plots het bekken inkwam, konden de Miocene gipsen gaan glijden en deformeren.

Stratigrafisch record / Al deze aanwijzingen suggereren dat de Arenazzolo gelinkt kan worden aan die grootschalige verandering in het Middellandse Zeegebied net na de zoutcrisis, het moment dat de zee weer helemaal opvult en de kleine bekken, die eerder geïsoleerd waren, weer met elkaar verbonden raken. Waarschijnlijk kunnen we dus onze 'vinger leggen' op de vloed. Een ontdekking die niet tot stand kwam door een aha-erlebnis of eureka-moment in het veld, maar eerder door langzaam en heel precies beschrijvend werk te doen, iets waar ik erg veel plezier aan beleef. Als de vloed eenmaal tot rust is gekomen en de Arenazzolo-zanden verdwijnen uit de stratigrafie, wordt plaats gemaakt voor de mariene mergels van het Pliocceen. Een stratigrafische eenheid die beroemd is geworden door de prachtige regelmatige afwisselingen die gecorreleerd kunnen worden aan Milankovic cycliciteit: stratigrafie die bij uitstek de 'compleetheit' van de geologische opeenvolging illustreert. Het verschil met het plotselinge, catastrofale karakter van de Arenazzolo had niet groter kunnen zijn, en dat is wat de geologie zo boeiend maakt.

Gijs van Dijk

Het verhaal van de oudste vleermuis

1 cm

Hoe leefden 53 miljoen jaar geleden vleermuizen in de Green River Formatie? Hun recent opgegraven fossielen werpen daar een nieuw licht op. Tim Rietbergen legt de puzzelstukjes van het verhaal van de oudste vleermuis voor Geo.brief op hun plaats.

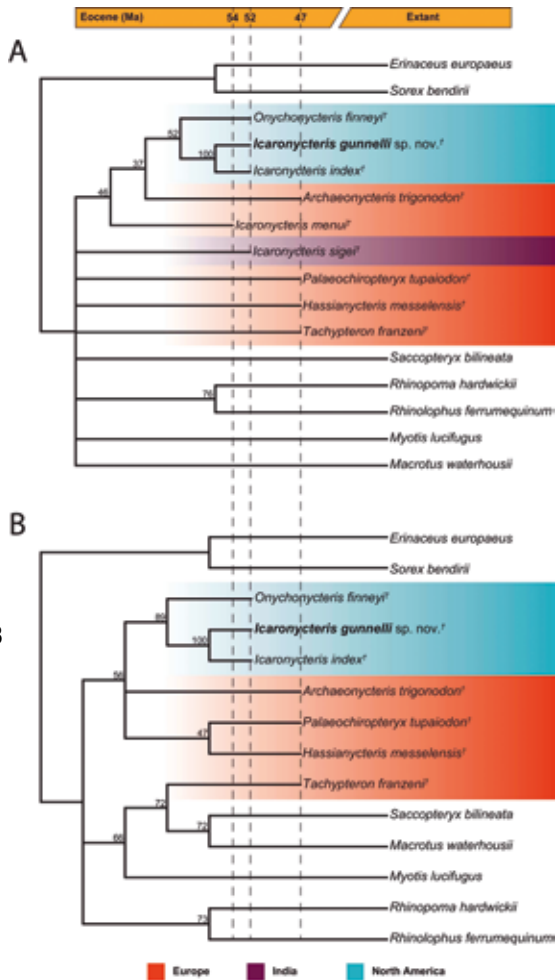
De avond valt boven een groot meer in een uithoek van Wyoming. Het is broeierig warm en stil. Het enige geluid dat de stilte verbreekt is het getsjirp van de krekels en een zacht briesje dat door de palmladeren ruist. Terwijl de maan wordt weerkaatst in het strakke wateroppervlak, verstoort een groepje vleermuizen de rust als ze boven het wateroppervlak insecten aan het jagen zijn...

Dit is waar het verhaal eindigt, althans voor nu. Want wat weten we eigenlijk van wat zich hier 53 miljoen jaar geleden heeft afgespeeld? We weten dat er vleermuizen rondvlogen, dat ze waarschijnlijk een nachttactieve levensstijl hadden, dat ze zich voedden met insecten en dat ze heel misschien al aan echolocatie deden. Maar dat is het dan ook. Verder weten we eigenlijk bar weinig van deze dieren. Hoeveel soorten waren er en waar komen ze vandaan?

Onlangs verscheen er een publicatie waarin deze oudste vleermuis skeletten zijn beschreven: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0283505#sec014>. Nadat het onderzoek naar deze oude skeletten decennialang stillag en het leek alsof er ook weinig meer te ontdekken was, zijn er nu toch nieuwe ontdekkingen gedaan! In de afgelopen jaren zijn namelijk meerdere fossiele skeletten opgegraven in verschillende steengroeven in Wyoming, allemaal in de welbekende Green River

Skelet van *Icaronycteris gunnelli*

Bron: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283505.g001>



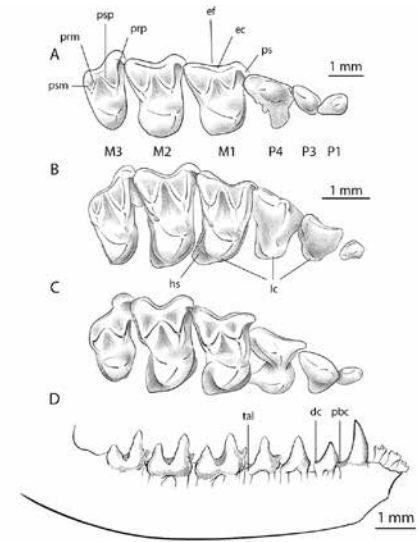
Fylogenetische positie van *Icaronycteris gunnelli* en andere Eocene vleermuisfossielen ten opzichte van bestaande vleermuislijnen.

Bron: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283505.g006>

Formatie. Deze nieuwe fossielen vormen allemaal individuele puzzelstukjes, die samen alleen een verhaal vertellen wanneer je ze op hun juiste plek weet te leggen. En wanneer je dat doet, dan beginnen dingen op te vallen.

Oudste en kleinste vleermuissoort / Zo werd bijvoorbeeld voorheen gedacht dat er destijds slechts twee vleermuissoorten rondvlogen, maar het nieuwe onderzoek laat zien dat het er minimaal drie waren. De nieuwste vleermuissoort, *Icaronycteris finneyi*, is de oudste en tevens de kleinste vleermuissoort van deze plek en vertelt in het pas gepubliceerde artikel zijn eigen verhaal.

Het viel meteen op dat dit vleermuis skelet anders was. Het is niet alleen kleiner, maar het heeft korte robuuste achterpoten en ook de lengte van de tenen is verschillend. Met de huidige technieken, zoals micro CT, is het mogelijk om de botten van alle kanten te bestuderen, zelfs botten die nog gedeeltelijk in de steen verscholen zitten. Wanneer je het skelet dan vergelijkt met de twee al beschreven soorten van deze locatie springt het er gemakkelijk uit. In het bovengenoemde onderzoek, uitgevoerd door een groep wetenschappers uit Nederland, Amerika en Canada, is het gelukt om bijna 700 uiterlijke kenmerken van het skelet te bekijken, te beschrijven en te vergelijken. Daarvoor gebruikten de onderzoekers de database https://morpho-bank.org/index.php/Projects/ProjectOverview/project_id/4056, waarin (naast ook een paar andere diergroepen) weliswaar niet alle 1470 bekende vleermuissoorten staan, maar in elk geval wel de meeste fossiele soorten. In de database wordt de aan- of afwezigheid van kenmerken genoteerd: aanwezig, afwezig, aanwezig maar net een beetje anders etc. Op die manier kan je verschillende kenmerken meetbaar en vergelijkbaar maken. De nieuwe vleermuis die nu zo intensief onderzocht is was een echte insecteneter, met korte brede vleugels, die hoogstwaarschijnlijk meer flapperend, als een soort botsautootje, door de lucht kon vliegen. Anders dan de vleermuisen die we nu kennen, die snel en



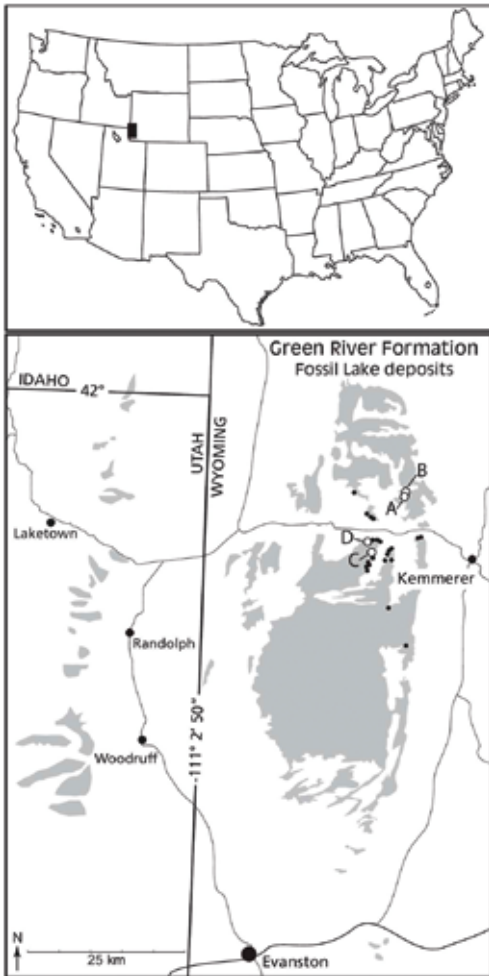
Gebitselementen van Green River vleermuisen. A) *Onychonycteris finneyi* (ROM 55351A-B) bovenste P1-M3; B) *Icaronycteris index* (YPM-PU 18150) bovenste P1-M3; C) *Icaronycteris gunnelli* (FM.145747A) bovenste P1-M3; D) *Icaronycteris gunnelli* (FM.145747A) onderste c1-m3, met gereconstrueerde i1-i3, in labaanzicht.

Bron: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283505.g002>

behendig door onze tuinen en parken vliegen, zonder te botsen. Maar ook al meteen duidelijk was: ook deze oudste vleermuis was al een 'echte vleermuis'. Dat wil zeggen, een zoogdier dat ook kan vliegen. Weten we nu dan wie de voorouder is, hoor ik al denken. Nee, maar het brengt ons wel een stapje dichterbij. Ik zal vertellen wat ik hiermee bedoel.

Volwaardige vliegmachines / We hebben tot nu toe nog geen overgangsvorm gevonden tussen een voorouder en een vleermuis. Zo'n 53 miljoen jaar geleden verschenen de vleermuisen plots als volwaardige vliegmachines. Dat kan slechts twee dingen betekenen: 1) Vleermuisen hebben een supersnelle evolutie doorgemaakt aan het begin van het Eoceen tijdperk, of 2) we moeten beter zoeken en meer fossiele vleermuisen vinden die wellicht net een tikkeltje ouder zijn, om de mogelijke overgangsvormen te herkennen. Hier kunnen we natuurlijk lang

Nadat het onderzoek naar deze oude skeletten decennialang stillag en het leek alsof er ook weinig meer te ontdekken was, zijn er nu toch nieuwe ontdekkingen gedaan!



Green River Formatie, waar de oudste vleermuis is ontdekt.

Bron: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283505.g004>

over blijven over filosoferen, maar het is soms beter om goed te kijken naar wat we juist wel hebben.

Bijvoorbeeld naar variatie binnen de oudste fossiele vleermuisskeletten. Hoeveel soorten vlogen er rond? Hoeveel variatie zit er tussen deze soorten en wat verklaart deze variatie? Als je bijvoorbeeld kijkt naar de nieuwe kleine vleermuissoort, zien we dat de achterpoten vrij kort en robuust waren in vergelijking met de soorten die ermee geassocieerd zijn gevonden, waarvan de vleugels wat langer en minder breed waren. Heeft de efficiëntie van vlucht misschien te maken met hoe stevig of zwaar je achterpoten moeten zijn? Of is de functie van de achterpoten veranderd, nu de vleermuis goed kon vliegen en dus eigenlijk niet meer op zijn achterpoten hoefde te lopen?

Vleermuizen in alle soorten en maten / Dit lijken wellicht moeilijke vragen, maar de antwoorden zijn vrij simpel. In tegenstelling tot vele andere dieren, die uitgestorven zijn en waarvan we alleen fossielen kennen, leeft de vleermuis nog. En hoe! Vandaag de dag zijn er zo'n 1470 vleermuissoorten beschreven. Deze vleermuizen komen bijna overal ter wereld voor, met uitzondering



Tim Rietbergen

van de arctische gebieden en enkele geïsoleerde eilanden. Vleermuizen hebben we in alle soorten, maten, geuren en kleuren. Knaloranje vleermuizen, vleermuizen die bloed drinken, vleermuizen die andere vleermuizen eten, vleermuizen die duizenden kilometers migreren en ook... jaja, vleermuizen die kunnen lopen op hun achterpoten! Het is namelijk zo dat de meeste vleermuizen zulke dunne achterpootjes hebben, dat deze zouden breken als ze hun lichaamsgewicht erop zouden laten rusten. Maar wat valt op? Vleermuizen die er wel op kunnen lopen hebben korte robuuste achterpoten. Toeval? Nieuwe ontdekkingen, zoals de nieuwe kleine vleermuissoort uit Wyoming, vertellen dus hun eigen verhaal. Mits je weet hoe je ernaar moet kijken. Je moet kennis hebben van de diversiteit van vleermuizen vandaag-de-dag, maar ook inzichtelijk hebben hoe de diversiteit er 53 jaar miljoen geleden uit zag. Alleen dan zul je antwoorden vinden die kunnen leiden naar de mogelijke voorouder van de vleermuis.

Ontbrekende puzzelstukjes / Maar helaas is de puzzel nog lang niet af, we missen nog te veel stukjes. Totdat die gevonden worden is het verhaal van de vleermuis nog niet verteld. Maar als het recent uitgebrachte artikel ons iets mag leren, dan is het dat we vooral opnieuw moeten kijken naar deze miljoenen jaren oude resten, juist met moderne en innovatieve technieken. Zo liggen er in diverse musea wereldwijd nog fossiele vleermuisskeletten van deze locatie. Zouden deze skeletten misschien nog veel meer geheimen verbergen over het eerste vleermuisleven? Tijd om te ontdekken!

Tim Rietbergen

Collection Manager ARISE & Guest Researcher Bat Evolution Naturalis

Het fossiel ligt in de collectie van het American Museum of Natural History (AMNH) in New York. Er zijn plannen om een replica van het fossiel in Naturalis op te nemen.

Graafgangen

In de serie **Schatten van het Kernhuis** schrijven auteurs voor de Geo.brief over de aardwetenschappelijke pareltjes die bewaard worden in het kernhuis van de Geologische Dienst Nederland in Zeist. In deze aflevering van de serie etaleert Harmen Mijnlief de graven, gangen en schatten van het Kernhuis.

Weer terug na een intermezzo met een verhaaltje over graven, gangen en schatten. Het graven naar schatten, ook in het Kernhuis, kan alleen goed gebeuren als de omstandigheden goed zijn. Bij slechte omstandigheden kunnen de schatten beschadigd boven komen of zelfs geheel te gronde gaan; óf de schatdelver komt door instorting om in zijn zelf gegraven gat. Het is dus een universele regel voor mens en dier om met graven te wachten tot de omstandigheden goed zijn en er gepaste veiligheidsmaatregelen kunnen worden genomen. Niet alleen voor de mens is het zoeken en graven naar glimmende waardevolle schatten

(getuige de mensen met metaaldetectors op het strand), wetenschappelijke en/of bodemschatten, spannend en uitdagend. Voor individuen in de dierenwereld is het graven naar voedsel of veilige plek naast spannend en uitdagend, van levensbelang. Voor schatgravers in het Kernhuis zitten de schatten niet enkel verstopt in een van die grote lompe zware kisten (Afbeelding 2); is de schat niet met het blote oog te zien in een kern, maar zit een deel van de schat verstopt in een fragiel slijpplaatje. Zo zit de schoonheid van de Kernhuisschat in de verbinding van het grote met het miniscule. Een kern uit de put L16-Logger-2 van de Vlie-

Afbeelding 1 links **Ophiomorpha** graafgang zonder die typische balletjes. Er lijkt ook nog een tweede generatie gravers gefourageerd te hebben op de wand van de **Ophiomorpha**.

(Foto van Andre Slupic)



Afbeelding 2 Foto van de Vleiland Zandsteenkern uit de put L16-Logger-2. De mooie schone witte zandsteen is duidelijk te herkennen. Naar de top toe (linker tray, de foto is vanaf de topzijde van de kernstukken genomen) komt er een steeds sterker wordende bruine kleuring in. Die is te relateren aan de 'oil stain'. In de kern is toevalligerwijs het olie-watercontact meegepikt. Op verschillende plekken zijn de ovale **Ophiomorpha** graafgangen te zien.

(Foto van Andre Slupic)

landzandsteen uit het Loggerolieveld bestaat uit een hele mooie schone kwarts zandsteen. Aan de basis zijn wat scheve gelaagdheden te zien, wat groene kleisteen-klasten uit het onderliggende geërodeerde Trias maar voor de rest is het op het oog een vrij structuurloze zandsteen op mooie exemplaren van centimeter grote graafgangen na. Ik heb die ooit gede-termineerd als **Ophiomorpha**. De meeste van die graafgangen zijn ovaal en duidelijk te herkennen aan bruine tot zwarte lijnen die mooi afsteken tegen de witte zandsteen (Afbeelding

1). Bij sommige van die graafgangen zitten van die typische 'balletjes' aan de zwarte lijntjes (Afbeelding 3, 4 & 5). De zwarte lijntjes worden gevormd door klei en organisch materiaal dat de graver, waarschijnlijk een garnaalachtig beest, tegen de wand van zijn graafgang heeft geplakt om het instortingsgevaar te minimaliseren. Sommige van die gravers gebruikten ook hun keutels om de schachten en gangen te verstevigen, nu te zien als die ronde balletjes. Je zou die graafgangen met de balletjes nader kunnen specificeren als '**Ophiomorpha nodosa**'. **Ophiomorpha** is een graafgang die geassocieerd wordt met het ondiep marien, kustnabije, afzettingmilieu: een belangrijke interpretatie voor regionale of reservoir geologische studies.

Met een bepaalde regelmaat ga ik naar Bentheim om mensen te introduceren in het mooie vak geologie en het gebruik van de diepe ondergrond; of om gewoon gezellig met collega's te kijken en discussiëren over de aard en genese van de Bentheimer Zandsteen. In en rond Bentheim dagzomen mooie, schone, witte, kwarts zandstenen van de Bentheimer Zandsteen Member. Dat is ook een ondiep mariene zandsteen, getuige de sedimentaire structuren, ichnofossielen en ook de aanwezigheid van glauconiet. Ook zijn sporadisch **Ophiomorpha** graafgangen te vinden in de Bentheimer zandsteen. Afbeelding 6 is een slijpplaatje van de Bentheimer zandsteen (de rode versie) uit een van de groeves in Bentheim. Er is een oplijning (van linksonder naar rechts boven) te zien van glauconietkorrels en aggregaten. Met een beetje goede wil is er ook een licht textuurverschil te zien aan weerszijden van die oplijning. De distributie van het zwarte opake materiaal, met name de grotere concentraties (hematiet), lijken samen te vallen met het vóórkomen van de groenige 'glauconiet' klei.

De combinatie van deze twee observaties: die op de kern en in het slijpplaatje, geeft mij te denken. Is toevalligerwijs een '**Ophiomorpha Nodosa**' graafgang gevangen in het slijpplaatje? Ik denk dat er voldoende argumenten zijn om die vraag positief te beantwoorden: oplij-



Afbeelding 3, 4 & 5: Een drietal detailfoto's van '**Ophiomorpha Nodosa**'-achtige graafgangen. De zwartige ronde uitsteeksels, de faecal pellets, op de ovale zwarte lijn zijn duidelijk te zien. Overigens zijn niet alle rondjes zwart. Sommige hebben een vage goudglans en zijn eerder pyriet noduletjes dan faecal pellets.

(Foto van Andre Slupic)

Artikelen in het *Netherlands Journal of Geosciences* verschijnen niet meer in geprinte vorm. Via deze rubriek informeren wij KNGMG-leden welke publicaties er recentelijk in het NJG zijn verschenen.

Comparison of hydrocarbon and geothermal energy production in the Netherlands: reservoir characteristics, pressure and temperature changes, and implications for fault reactivation

by L. Buijze, H. Veldkamp and B. Wassing

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2023.6>

The authors present a summary and review of the main similarities and differences in terms of geological and geomechanical characteristics between hydrocarbon and geothermal plays in the Netherlands. By doing so, they provide better insights into the factors that could play a role in fault reactivation and induced seismicity, and how these differ for hydrocarbon production and geothermal operations. Not only are there differences in expected stress change magnitudes, but also in spatio-temporal stress build-up on faults, which has implications for seismogenic potential and monitoring of these different operations.

Investigating seismicity rates with Coulomb failure stress models caused by pore pressure and thermal stress from operating a well doublet in a generic geothermal reservoir in the Netherlands

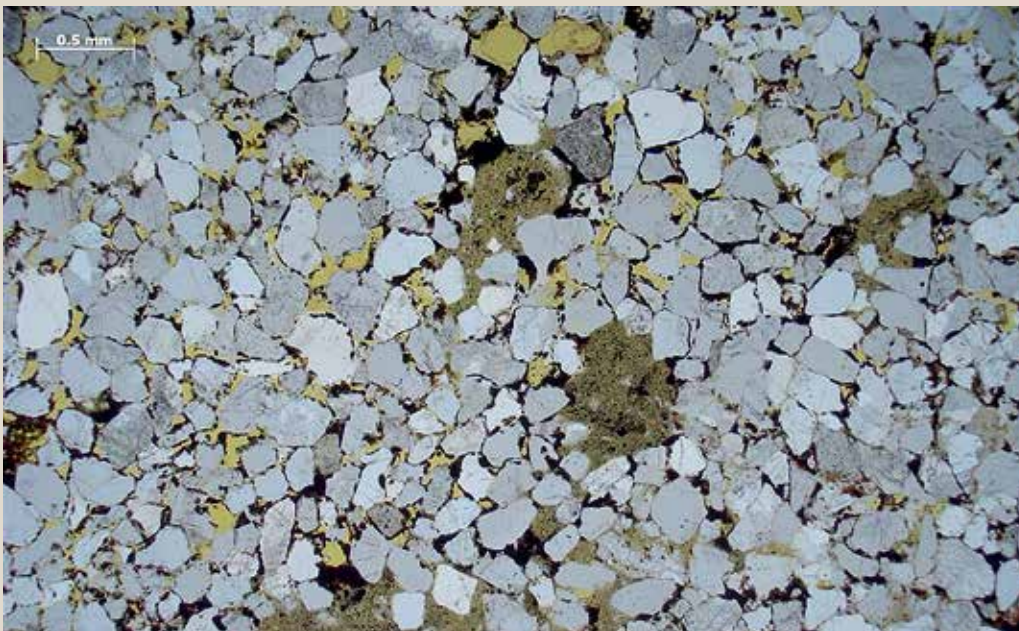
by G.A. Hutka, M. Cacace, H. Hofmann and B. Makur

DOI: <https://doi.org/10.1017/njg.2023.7>

In this study, the authors used a coupled thermo-hydro-mechanical model to estimate the seismic hazard caused by the operation of a geothermal doublet. They conducted a systematic parametric study to assess and rank the impact of different intrinsic (geological) and extrinsic (operational) parameters on the induced seismic hazard potential. The results indicate that by optimising the operational parameters it is possible to increase production efficiency while maintaining a long-term control over the fluid injection-induced seismicity.

ning van kleiaggregaten en mooie ronde glauconietkorrels, licht verschillende textuur, groene kleigehalte en diagenese aan weerszijden van de oplijning. Glauconiet is een bijzonder mineraal waarin ijzer-ionen zowel in geoxideerde als gereduceerde (Fe^{2+} en Fe^{3+}) staat voorkomen. Het is een mineraal dat diagnostisch is voor een marien milieu. Daarnaast is het een vroeg diagenetisch mineraal dat met name andere kleimineralen vervangt in een omgeving waarin bijzondere microgeochemische condities van afwisselend oxiderende en reducerende omstandigheden heersen. Een faecal pellet, zo'n keutel van een graver, biedt bij uitstek de mogelijkheid tot zulke condities. Een laag permeabele keutel, die voornamelijk uit kleilig materiaal bestaat, maar ook nog niet verteerd organisch materiaal. Die keutel laat met mate, en waarschijnlijk variabel, zuurstof toe uit het omringende zeewater en sediment, dat vervolgens ijzer

kan oxideren. Daarentegen zorgt het organisch materiaal voor reducerende omstandigheden om de zuurstofdruk weer te neutraliseren en ijzer te reduceren. Daarnaast zorgt het subtiele verschil in textuur en kleiconcentratie voor een lokaal permeabiliteits-, maar wellicht ook geochemisch-, contrast waardoor er een net iets andere of intensere diagenese is dan buiten de graafgang. Je ziet graafgangen dan ook vaak als een iets positiever, iets resistenter tegen erosie, reliefelement in de ontsluiting. Zo is weer eens inzichtelijk gemaakt dat observaties op verschillende schaal essentieel zijn om een verhaal compleet te krijgen. Het is zaak om niet te blijven bij 'scratching the surface' op de grote schaal, maar altijd te opteren voor 'dig deeper' in de breedte, diepte en in het detail, zelfs als dat leidt, zoals bij deze Kernhuisschat met de garnalenkeutels, tot een 'shit' verhaaltje.



Afbeelding 6 Slijpplaatje van de Bentheimer Zandsteen. De grijze vlakken zijn de kwarts zandkorrels, het gelige is de kunstharz dat in de poriën is gezogen voor de preparatie van het slijpplaatje en de groenige ronde tot onregelmatige amoebe-achtige vlekken zijn glauconiet 'korrels'. De zwarte mineralen zijn hematiet.

(Foto van Timo Nijland)

Invitation to contribute to a special issue NJG: Earth Sciences education in the Netherlands

Education in Earth Sciences has changed a lot over the years. The development of new activities, courses and curricula is now often based on modern didactic principles, and use is made of published evidence-based effectiveness and success of approaches.

In our view, an improved exchange and debate on these developments in the Netherlands is needed. This will not only be beneficial for educators and potential employers, but also for our students. Hence, we believe that there is scope for putting Earth Sciences education in the Netherlands into the spotlight by means of a special issue of the Netherlands Journal of Geosciences.

We invite educators and professionals in the discipline to contribute to this special issue on 'Recent past, present and future of Earth Sciences Education in the Netherlands'. We welcome the following types of papers:

- Curriculum and instruction original articles: these aim to present effective and innovative classroom, laboratory, field and virtual activities and courses in Earth Sciences in the Netherlands, including science education in schools or science communication with the general public;
- Research articles: these focus on student learning, in particular on new educational theories and educational research questions relevant to the Earth Sciences;
- Geo(im)pulse: these are short papers on a current issue, for example (political) developments in higher education, internationalization, admission, perception of the Earth Sciences, the (inter)national labour market;
- Literature reviews: these synthesize and evaluate already published literature on a given educational topic, with the aim to come to new insights that are of importance for the Netherlands.

All papers are expected to be founded in relevant (educational) literature, fulfill the quality standard of NJG, and will follow the normal peer review procedure. The papers will be published in Open Access. The usual NJG article processing charges and waiver policy will apply. Papers will be published online immediately after acceptance; there is no minimum number of papers required to define the special issue.

We kindly ask you to submit a letter-of-intent before preparing a manuscript. This will help us to get an idea about the interest in this special issue on Earth Sciences education in the Netherlands and to assess the character of the papers in light of the types mentioned above.

Deadline for letter-of-intent: October 16th 2023, via email.

We hope you are as enthusiastic about presenting your work on Earth Sciences education as we are.

Hans de Bresser and Maarten Kleinmans
j.h.p.debresser@uu.nl, m.g.kleinmans@uu.nl



. agenda

9-14 oktober

15e ISRM International Congress on Rock Mechanics Locatie: Salzburg Congress, Oostenrijk.

17 oktober

Uitreiking Van Waterschoot Van der Gracht Penning aan Dr. René Fraaije, oprichter en directeur van het Oertijdmuseum. Met minisymposium van Prof. Dr. Jan Smit (VU Amsterdam) en Dr. John Jagt (Natuurhistorisch Museum Maastricht) Locatie: Oertijdmuseum in Boxtel

23 november

Symposium 'Aardkundig Erfgoed' over het Aardkundig erfgoed in Nederland. Sprekers: Harm Jan Pierik (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, Anja Verbers (Landschapsbeheer Drenthe) Patrick Kiden (TNO Geologische Dienst Nederland), Tom Harkema (Wageningen Environmental Research, Harm Smeenge (Bosgroepen NL), Rimbaud Lapperre (Vrije Universiteit Amsterdam), Martijn Horst (Landschap Overijssel). Locatie: RCE in Amersfoort. Meer informatie: kngmg.nl

24 november

Reünie Stichting Geologisch Instituut Amsterdam. Locatie: in de Sportkantine ASV Swift, Plantage Parklaan 20A Amsterdam. Aanvang 18:00 uur. De Instituutslezing wordt uitgesproken door Salomon Kroonenberg: 'De schrijver W.F. Hermans als geoloog'. Zie verder www.sgia.nl

. personalia

OVERLEDEN

J.L. Urai

NIEUWE LEDEN

T. Vermaas
R. Altenburg
W. Horeman
M. Booden



**Geo.brief is de nieuwsbrief van
KNGMG en NWO
47e jaargang, nummer 6, september 2023**

Geo.brief is een gezamenlijke uitgave van het Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap (KNGMG) en NWO-domein Exacte en Natuurwetenschappen. Verschijnt 8 maal per kalenderjaar. ISSN 1876-231X. Oplage 1800. Deze Geo.brief wordt verstuurd aan alle leden van het KNGMG, aan geadresseerden van NWO en aan ca. 120 instituten, verenigingen en andere relaties. Voor informatie over het lidmaatschap van KNGMG zie: www.kngmg.nl
www.facebook.com/groups/kngmg

Redactie / Ceciel Fruijtier, hoofdredacteur, Frederique van Schijndel-Goester, S. van Heteren, Wenche Asyee, Martine Zeijlstra (eindredactie) / e-mail: geobrief@kngmg.nl
Vormgeving / Harry Harsema en Ruben Bal, Uitgeverij Blauwdruk, Gen. Foulkesweg 72, 6703 BW Wageningen. Tel. 0317 425890 / e-mail: harry@uitgeverijblauwdruk.nl.
Lithografie / Hans Dijkstra, GAW ontwerp+communicatie.
Druk / Drukkerij Modern, Bennekom
Aandragen kopij / verschijningsdata 2023 onder voorbehoud:
nr 7 6-10/10-11; nr 8 17-11/22-12

Hoofdbestuur KNGMG / Bob Hoogendoorn (voorzitter), Annemieke van den Beukel (penningmeester), Kay Koster (secretaris), Sanneke van Asselen, Anne Pluymakers, Marianne Leeuwis

Secretariaat KNGMG / KNGMG p/a TNO afd. Geomodelling, Princetonlaan 6, 3584 CB Utrecht. Postbus 80015, 3508 TA Utrecht. / e-mail: kngmg@kngmg.nl
IBAN: NL62 INGB 0000040517

NWO / Laan van Nieuw Oost-Indië 300, 2593 CE Den Haag. Postbus 93460, 2509 AL Den Haag. Tel: 070 3440 619 / r.prop@nwo.nl

Bestuur NWO-domein Exacte en Natuurwetenschappen / Jan de Boer (voorzitter), Karen Aardal, Ilja Arts, Peter van Bodegom, Ferdinand Grozema, Rob Hamer, Maarten van Steen, Bas Zwaan.



Word lid van
KNGMG
en scan de
QR code

Een grijskopvleerhond in volle vlucht.

Foto: Andrew Mercer via Wikimedia Commons