



Geo brieven

6
september 2025

The making of the Geology of the Netherlands
Mars: speeltuin voor Aardwetenschappers
De eerste SCAN-kernen
Van nanoplastics naar oceaانبoren

Verbinden! / Sinds de Algemene Leden Vergadering ben ik als voorzitter toegetreden tot het hoofdbestuur van het KNGMG, daarmee Bob Hoogendoorn opvolgend. Bob, wat ben je er, samen met alle bestuursleden, goed in geslaagd om de vereniging relevant te houden, te vernieuwen waar kon, en te verbinden waar nodig was. Zoals het u niet is ontgaan, waren de aardwetenschappen en het KNGMG veelvuldig in het nieuws de afgelopen maanden. Zowel doordat verschillende media-aandacht besteedden aan de maatschappelijke drempels waarbij aardwetenschappers een cruciale rol kunnen en moeten spelen om ze te slechten en omdat er gelijktijdig sprake is van forse bezuinigingen waarvan de impact op de VU momenteel de meeste aandacht kreeg. Om in deze periode van relevantie van het vakgebied en het onder druk staan van de universiteiten aan het roer te mogen staan van het KNGMG is een uitdaging. Eentje waar ik ontzettend veel zin in heb, omdat het me aan het hart gaat, omdat deze grote externe druk mensen verbindt en omdat ik het samen met jullie mag doen. Bedankt, op voorhand, voor jullie vertrouwen.

Mijn passie voor aardwetenschappen begon met een docent aardrijkskunde, waardoor ik Fysische Geografie ging studeren. Na mijn studie begon ik bij TNO-Geologische Dienst Nederland, waar ik in 2026 alweer 25 jaar rondloop. De laatste jaren ben ik werkzaam als afdelingshoofd van een van de afdelingen van de GDN. Een prachtjob; het gaat om mensen, om inhoud, verbinden, samenwerken en impact maken. Overigens was ik in die jaren ook een aantal jaar hoofdredacteur van de Geo.brief.

En nu dus weer terug bij het KNGMG. Waar gaan we met name onze energie aan besteden de komende paar maanden? We zijn allereerst de verbindende partij tussen de sector/het werkveld en de VU. Daarmee samenhangend werken we samen met de universiteiten, met NWO, en met de sector aan het vergroten van de instroom van het aantal studenten aardwetenschappen. Nu is de tijd om al die mooie initiatieven die er zijn te verbinden. Voor de wat langere termijn wil ik verder bouwen met de vijf doelstellingen die het KNGMG heeft (voor wie ze niet uit het hoofd kent, ze staan op de website!). Ik wil samen met het bestuur werken aan het vergroten van onze ledenkring, niet om het aantal te vergroten, al is dat altijd meegenomen. Ik wil hieraan werken omdat het KNGMG nog niet alle aardwetenschappers binnen het hele werkveld verbindt. We hebben een sterke achterban met name bij aardwetenschappers die dagelijks met aardwetenschappen bezig zijn. Er zijn echter ook veel aardwetenschappers die hun kennis inzetten om bijvoorbeeld de juiste beleidsvragen te stellen en uiteindelijk beleid te implementeren. Als zij geen aardwetenschappelijke vragen formuleren, wie komt er dan met vragen bij bijvoorbeeld de TO2-instituten? Daarmee kom ik terug op de werving van studenten. Het schetsen van ‘wat kun je later worden als je groot bent als aardwetenschapper?’ hangt hier uiteraard mee samen. Enfin, er is voldoende werk te doen, ik hoop velen van u te treffen op een van onze evenementen en hoor graag uw ideeën. Tot dan!

Denise Maljers



GEOLOGY OF THE NETHERLANDS

the making of

De tweede geheel herziene editie van het standaardwerk 'Geology of the Netherlands' kwam afgelopen maart uit, bijna twintig jaar na het verschijnen van de eerste editie. In dat tijdsbestek is er veel veranderd. Niet zozeer aan de geologie van Nederland, maar wel aan de kennis daarover en aan de toepassingsmogelijkheden van de Nederlandse ondergrond. Hoe kwam de tweede editie tot stand en wat zijn de hoogtepunten uit de diepte? We gaan daar in dit stuk verder op in.

Fig. 1. Een gesteentekern uit boring O18-01, 3047 meter diepte (zuidelijk deel Nederlands Continentaal Plat) met een fijnkorrelige mariene siltsteen met bijzondere sporen van vervorming in ongeconsolideerd sediment. Dunne aders duiden op latere injectie van fluida tijdens begraving. De ouderdom is Laat-Siluur – Vroeg-Devoon. Foto: G-J Vis.

Opwelling / Johan en Geert-Jan spraken elkaar terloops op kantoor over de eerste editie van ‘Geology of the Netherlands’ (2007) in de zomer van 2019). Voor ons werk raadpleegden we die regelmatig en al een tijdje vonden we de inhoud niet meer in lijn met de recente inzichten en toepassingen. “Is het niet tijd voor een nieuwe editie?”, vroeg Johan in een opwelling. “Lijkt me een goed idee!”, zei Geert-Jan. Als we toen wisten wat een berg werk dat gesprek ons zou bezorgen, waren we er wellicht niet aan begonnen. Na een aanvankelijke dip door de coronapandemie, betekende dit plannetje jaren van continue aandacht voor ‘het boek’. Het was zelfs zo dat een van de kinderen van Geert-Jan achter zijn computer kroop, op het toetsenbord begon te kloppen en uitriep “Ik werk aan het boek!”.

Nieuwe editie / Hoe herzie je een standaardwerk? Allereerst benaderden we de editors van de eerste editie. Zagen zij het zitten om een

nieuwe editie vlot te trekken? Dick Batjes was inmiddels overleden maar Jan de Jager en Theo Wong wilden hier graag aan meewerken, maar niet meer op de voorgrond. Theo overleed in september 2024 en maakte de publicatie van het boek helaas niet meer mee. De uitgever Amsterdam University Press had het copyright op de eerste editie en was daardoor ook de uitgever voor de tweede editie. De vormgeving konden we onderbrengen bij Margot Stoete en Ton Markus van Communications & Marketing van de Faculteit Geowetenschappen van de Universiteit Utrecht. Zij hadden ook veel van de figuren van de eerste editie gemaakt en daarom het copyright erop.

Dat de tijden zijn veranderd, bleek al snel bij de zoektocht naar sponsors. De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), de grote sponsor van de eerste editie, wilde geen bijdrage leveren. In plaats daarvan kwamen er nieuwe sponsors uit bijvoorbeeld de aardwarmte, Carbon

Capture & Storage, opslag van kernafval en zoutwinning, naast de olie- en gasoperators. Belangrijke sponsors zijn deze keer Energie Beheer Nederland, het Ministerie van Klimaat en Groene Groei en ENI. De veelzijdigheid aan thema’s van het boek wordt dus ook gereflecteerd in een breed scala aan sponsors. Met de essentiële vraag: ‘wat gaan we nu eigenlijk veranderen?’ selecteerden we reviewers die de tekortkomingen en mogelijke verbeteringen van de eerste editie voor ons inventariseerden. Op basis van hun bevindingen kwamen we tot de 24 hoofdstukken van de nieuwe editie. Voor elk daarvan stelden we een team van schrijvers samen. Het eerste gedeelte van het boek behandelt de geologische ontwikkeling van Nederland. Voor hoofdstukken van dit gedeelte kozen we ervoor de indeling te wijzigen ten opzichte van de eerste editie. De termen Silesian en pre-Silesian waren inmiddels wat in onbruik geraakt en we kozen daarom voor een hoofdstuk over het geologisch fundament van Nederland, wat de oudst bekende geologische ontwikkeling behandelt. Het Mesozoïcum hebben we opgeknipt in vier delen die logisch aansluiten op de bekkenevolutie en grote discordanties zoals we die uit de Nederlandse ondergrond kennen. Internationaal wordt het Kenozoïcum intussen opgedeeld in Paleogeen-Neogeen en Kwartair; een indeling die heel goed aansluit bij het bovenste gedeelte van de Nederlandse ondergrond.

Gedeeld auteurschap / Om dit standaardwerk een optimale weerspiegeling van de huidige kennisstand te laten zijn, kozen we ervoor een goede verdeling van de auteurs te maken. Voorbeelden hiervan zijn de hoofdstukken *Quaternary* en *Hydrogeology* die voorheen door één auteur geschreven waren, maar nu door een groot aantal auteurs van verschillende organisaties. Soms weerspiegelt het aantal auteurs de smalle kennisbasis juist, zoals voor de hoofdstukken *Late Carboniferous* (zie Fig.1) en *Triassic*, waar slechts twee auteurs aan schreven. Richard Huis in ’t Veld, een van de auteurs van het *Late Carboniferous*-hoofdstuk, overleed helaas vroegtijdig en heeft het eindresultaat niet meer gezien.

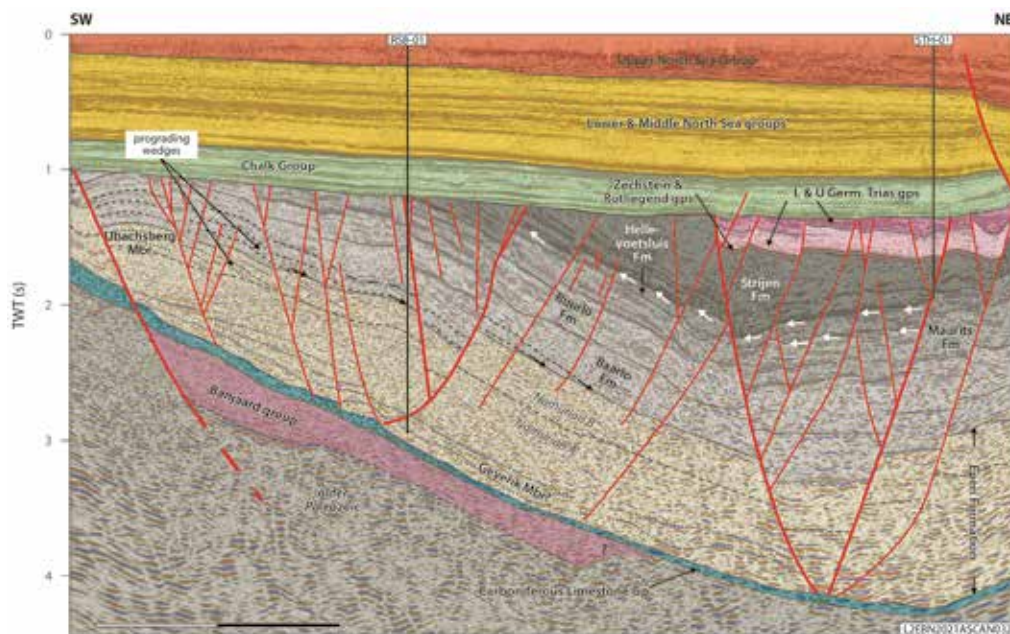


Fig. 2. Geïnterpreteerde seismische 2D-lijn uit het zuidwesten van Nederland (SCAN-programma). De lijn laat een ongeveer zes kilometer dikke opeenvolging zien met jongere lagen die tegen het zuidwestwaarts omhoogkomende Londen-Brabant Massief aan liggen (Fig. 3.11 uit het boek).

.....

Het boek wordt ontsloten op zowel traditionele als eigentijdse wijze. Het ruim 900 pagina's tellende en 3,7 kilogram wegende boek is over de hele wereld als papieren exemplaar te koop voor 89 Euro, er zijn er 1300 gedrukt. Meer praktisch is echter de open-access pdf-versie van zowel het gehele boek als de afzonderlijke hoofdstukken, die ieder hun eigen DOI hebben. Daarnaast zijn de digitale GIS-bestanden online beschikbaar, ook met DOI.

.....



Fig. 3. Porfierische trachietlava uit de Boven-Carboon Step Graben Formatie in een tien centimeter brede kern uit boorput F04-02-A (offshore, Dutch Central Graben). Frontispiece van hoofdstuk 11.

We hebben ook nagestreefd dat alle hoofdstukken door twee reviewers werden beoordeeld om het predicaat peer reviewed te kunnen hanteren. Ook zijn alle hoofdstukken door een native speaker (Prof. Harry Doust) nagelopen en verbeterd.

Het leuke van ongeveer vijf jaar werken aan een boek is dat je zelf ook veel nieuwe dingen leert en, om hoofdstukken inhoudelijk goed te kunnen beoordelen, je je ook in dingen moet verdiepen waar je nooit eerder mee te maken hebt gehad. In het vervolg bespreken we een aantal aspecten die er voor ons uitspringen.

Het geologisch fundament van Nederland / Hoofdstuk 2 over de oudste geologische ontwikkeling van Nederland leunt sterk op kennis uit de buurlanden, want het aantal boringen dat het Siluur tot onder Carboon aangeboord heeft, is slechts 74. De kennis van onze zuiderbuur Tim Debacker bracht de nodige diepgang in dit hoofdstuk. De periode die in dit hoofdstuk staat, is gekenmerkt door de Caledonische en Variscische fasen van gebergtevorming. In feite zien we dat in de ondergrond terug als de infra-Massief van Brabant-gesteenten en de post-Brabant Massief-gesteenten uit het Midden-Devoon en jonger. Van groot belang voor Nederland zijn de nieuwe inzichten over deze periode die voortkomen uit recent werk, onder andere uit het SCAN-Dinantien-project (Onder-Carboon) en het Einstein Telescopeproject. Ook wordt een herziening van de stratigrafie in dit hoofdstuk voorgesteld. Interessante bijkomstigheid is dat door dit soort projecten ook weer nieuwe vragen over deze oudste geologische periode opborrelen die mogelijk door nieuwe boringen en onderzoek kunnen worden opgelost. Voer voor een toekomstige editie van het boek?

Kwartair / De sterke Kwartaire onderzoekstraditie van Nederland wordt weerspiegeld door een in verhouding tot het korte tijdsbestek uitzonderlijk dik hoofdstuk. In een textbox wordt stilgestaan bij de nalatenschap van prominente onderzoekers uit het midden van de vorige eeuw, waaronder I.M. van der Vlerk, F. Florischütz en W.H. Zagwijn, die door een reeks

nieuwe onderzoeksmethoden (waaronder paly-nologie en radiokoolstofdatering) een schat aan nieuwe informatie hebben blootgelegd. Wat ons als editors opviel, is dat er van zo'n beroemd persoon als Waldo Zagwijn blijkbaar maar één iconische foto bestaat die in verschillende publicaties terugkomt. Ook is opmerkelijk dat de auteurs, aan de hand van de meest recente onderzoeksresultaten, zeventien gedetailleerde paleogeografische reconstructies hebben gemaakt die illustreren hoe Nederland is geworden tot het deltalandschap dat het nu is. Verder is het de auteurs gelukt de relatie tussen de grote hoeveelheid aan Kwartaire stratigrafische eenheden (~100) zeer duidelijk te schematiseren. Een zeer welkome toevoeging.

Magmatisme / In de vorige editie van het boek werd magmatisme al uitgebreid besproken. Sindsdien kwam er een hoop nieuwe informatie beschikbaar over magmatische gesteenten in de Nederlandse ondergrond. In 2020 werd een nieuwe vulkaan uit het Laat-Jura ontdekt in de ondergrond van de Noordzee, de Mulciber Vulkaan. In het hoofdstuk is veel aandacht besteed aan een nauwgezette revisie van de radiometrische ouderdomsbepalingen aan magmatisch gesteente. Veel ouderdommen zijn gebaseerd op de K-Ar-methode, waarvan tegenwoordig bekend is dat die minder betrouwbaar is. Ook kwamen er nieuwe dateringen beschikbaar. Uit deze revisie blijkt bijvoorbeeld dat het magmatisme uit het Jura-Krijt zich concentreert rond het Laat-Jura, zo'n 150 miljoen jaar geleden. Ook naar de mineralogie van de stollingsgesteenten is in detail gekeken, mede dankzij nieuwe beschikbaar gekomen analyses. Een interessante observatie die hieruit volgt, is dat de mineralogie van het Nederlandse Laat-Jura-vulkanisme, bijna een-op-een vergelijkbaar is met dat van de Oost-Afrikaanse Rift, zoals blijkt uit een vergelijking met de Karisimbivulkaan in Rwanda. Een welkome aanvulling in het hoofdstuk, tenslotte, is een overzicht van magmatische activiteit in het Kenozoïcum.

Bewegend zout / Het hoofdstuk *Salt tectonics* is een nieuw onderdeel in het boek. De wijdverbreide Zechstein-zoutlagen in de Neder-

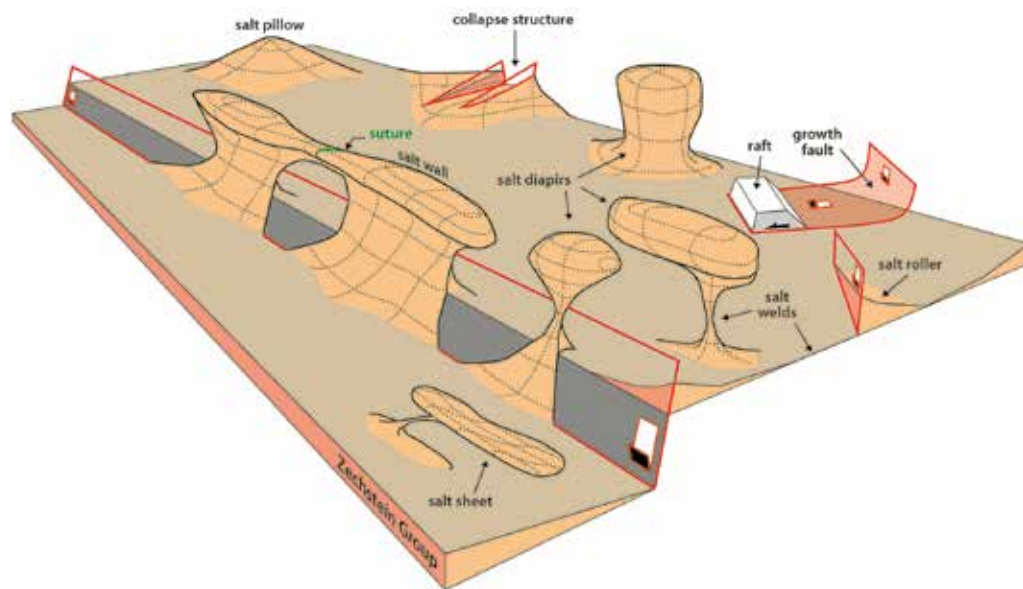


Fig. 4. **Verscheidenheid aan Zechstein-zoutstructuren in de Nederlandse ondergrond (Fig. 12.1 uit het boek).**

landse ondergrond en de ruime beschikbaarheid van 3D-seismische data maken de ondergrond tot een soort reuzenzandbak voor de studie van zoutstructuren. Sinds het Trias zijn de onderliggende zoutbewegingen van grote invloed op de geologische ontwikkeling van sedimentaire bekens en het ontstaan van tektonische structuren. De vaak complexe zoutstructuren (Fig. 4) worden al sinds het midden van de vorige eeuw belangrijk geacht voor de migratie, opsluiting en afdichting van economisch significante olie- en gasvolumes en zijn daarom veelvuldig onderzocht. Kennis komt ook voort uit onderzoek naar de winning van steen- en magnesiumzout en de opslag van aardgas, stikstof en diesel. Ook voor de komende decennia, waarin de rol van de ondergrond in de energietransitie cruciaal wordt, blijft goede kennis van zouttektoniek in het Nederlandse on- en offshoregebied een belangrijk onderwerp. Denk hierbij aan de opslag van CO₂, waterstof, samengeperste lucht (CAES) en, hoewel nog alleen theoretisch haalbaar, de geologische opslag van kernafval. Exploratie voor aardwarmte richt zich ook vaak

op stratigrafische intervallen die zijn beïnvloed door zouttektoniek en verder onderzoek naar de genese van zoutstructuren zal helpen om risico's van toekomstige ontwikkelingen in deze structureel uitdagende gebieden verder te vermindere-

Geothermie / Toen de eerste editie van het boek van de persen rolde, begon het onderzoek naar de haalbaarheid van aardwarmtewinning pas net; het oude hoofdstuk was nog dun. In afgelopen twintig jaar is er veel veranderd. Er is meer kennis over verbreiding en eigenschappen van reservoirgesteenten en de aandacht gaat niet alleen uit naar de 'usual suspects' die we kennen uit de olie- en gasexploratie. Dit wordt in een zeer inzichtelijk diagram duidelijk gemaakt (Fig. 5). Het hoofdstuk doet ook duidelijk uit de doeken dat het ontwikkelen van geothermische energie een complexe oefening is die talrijke onzekerheden aan de oppervlakte en in de ondergrond met zich meebrengt. De belangrijkste geologische onzekerheden zijn de kwaliteit van het reservoir en het potentieel

voor geïnduceerde seismiciteit, terwijl de belangrijkste aandachtspunten vanuit operationeel oogpunt de integriteit van de put, productiviteit en injectiviteit, onderhoud en scaling (minerale afzettingen in het systeem) zijn. Ook wordt belicht hoe geothermische ontwikkeling ondersteund wordt door verschillende financiële en andere ondersteunende overheidsmaatregelen. In twintig jaar is de sector door vallen en opstaan wijzer geworden en kent nu vele standaarden en protocollen. Dit helpt om de ambitieuze doelstelling te bereiken om tegen 2050 een groot deel van de Nederlandse warmtevraag met aardwarmte op te lossen.

Het productieproces / Naast de feitelijke inhoud van een geologisch referentiewerk is het visueel aantrekkelijk illustreren net zo belangrijk. Doordat het boek Open Acces is en digitaal gratis beschikbaar, is de kans dat illustraties hergebruikt worden groot. Daar hebben we niets op tegen en we willen dat met deze manier van publiceren juist aanmoedigen. Om te voorkomen dat er onjuiste dingen gaan circuleren, vraagt dat echter wel dat alle illustraties en kaartmateriaal juist en consistent zijn. Zo hebben we veel aandacht besteed aan het illustreren van de geologie aan de hand van geïnterpreteerde seismische profielen, waarbij kleuren en stratigrafische naamgeving eenduidig zijn doorgevoerd. Een flinke klus, maar noodzakelijk als je de ambitie hebt dat het boek ook door studenten gebruikt moet worden. Dit principe hebben we ook gehanteerd voor alle kaarten, die als GIS-product gratis te verkrijgen zijn en op die manier makkelijk voor diverse doeleinden kunnen worden gebruikt. Margot Stoete en Ton Markus besteedden vele uren aan het bewerken van de ongeveer vierhonderd figuren en kaarten. Nik Trabucho Alexandre van de Geologische Dienst boog zich over het in het oog springende omslag. Zonder hun inspanningen en expertise was dit boek nooit zo mooi geworden. Iedereen die wel eens een paper geschreven heeft, weet hoeveel werk het is referenties kloppend te krijgen. Met 24 hoofdstukken en 3600 referenties bleek dit een bijna onmogelijke taak die we dankzij de inspanning van studentassistenten wisten te klaren.

Nieuwe inzichten en toepassingen

Het moge duidelijk zijn dat het boek belangrijke nieuwe inzichten biedt. We hebben getracht alle geologische kennis over tien kilometer dik gesteente en tot meer dan 400 miljoen jaar terug in de tijd in het boek samen te brengen. Maar naar het diepste deel is pas de laatste jaren veel onderzoek gedaan. Die nieuwe kennis is van belang voor aardwarmtewinning en de eventuele diepe opslag van radioactief afval. Een ander actueel voorbeeld is de aanwezigheid van mineralen voor onder andere telefoons en computers.

Het Nederlands Materialen Observatorium (nederlandsmaterialenobservatorium.nl) is net geopend, om voor deze kritieke grondstoffen minder afhankelijk te worden van andere werelddelen. Het boek biedt daarvoor de meest actuele kennis en geeft aan waar meer onderzoek nodig is.

Toenemend belang van aardwetenschappen

Een extra boodschap bij de publicatie van het boek is dat aardwetenschappen van groot belang zijn om uitdagingen zoals de energietransitie en klimaatverandering aan te kunnen gaan. Hiervoor is een andere mindset nodig is. Het afgelopen decennium werden aardwetenschappelijke studies kritisch bekeken vanwege de verbondenheid met olie en gas. We mogen echter niet vergeten dat veel van de kennis over onze ondergrond juist voortkomt uit de exploratie naar fossiele brandstoffen. Kennis die van groot belang is in een toekomst waarin de rol van aardwetenschappers ook veel groter moet worden, met nadruk op duurzaamheid, geologische opslag en energie uit aardwarmte.

Johan ten Veen & Geert-Jan Vis

Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO

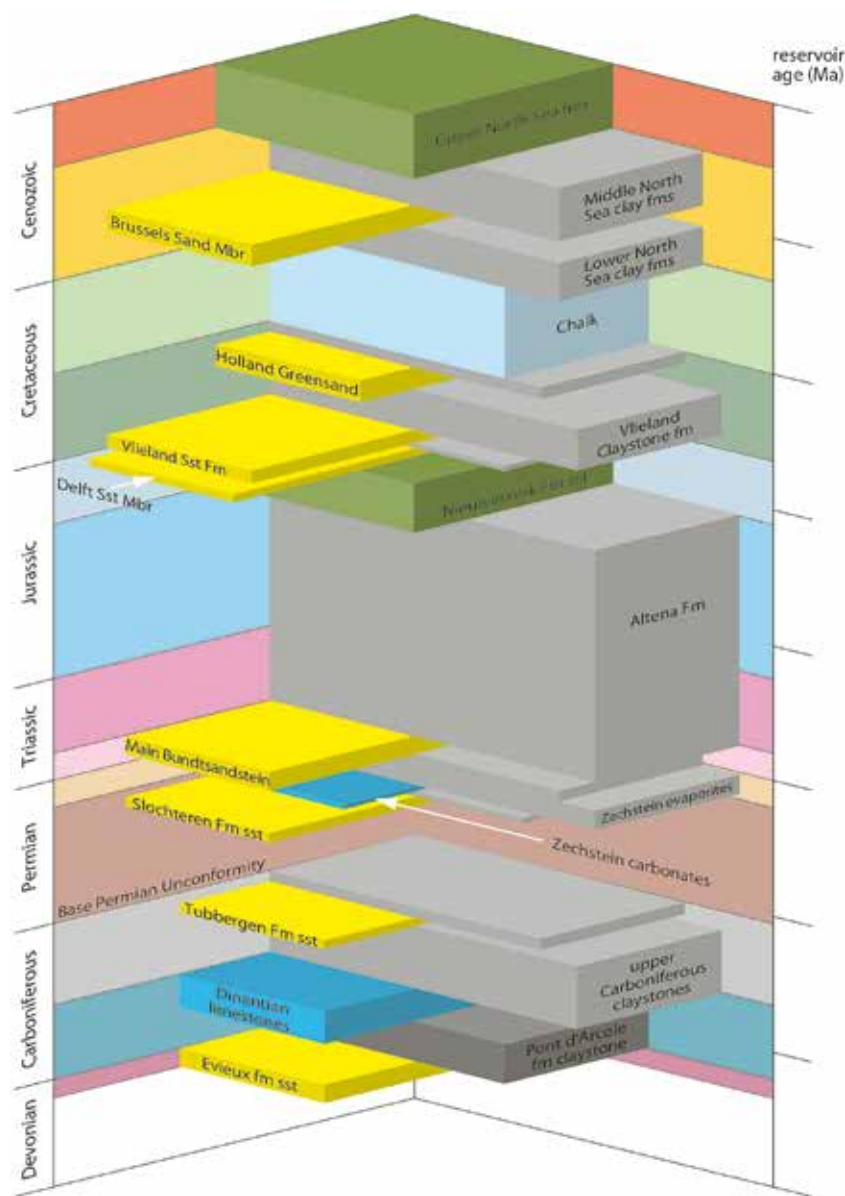


Fig. 5. Gegeneraliseerde stratigrafische kolom van Nederland met de voor aardwarmtewinning interessante zand(steen) (geel) en kalksteen (blauw) reservoirs en seals (grijs). De omvang van de 'blokken' is een maat voor de kwaliteit. De groene en lichtblauwe lagen hebben een slechte(re) kwaliteit. Verticale schaal in geologische tijd (Fig. 19.5 uit het boek).

MARS

een speeltuin voor de Aardwetenschapper

Fig. 1. Geulsystemen op Mars, CaSSIS-beeld MY37_028164_216_0

Mijn proefschrift over modderstromen en geulsystemen op aarde en Mars verdedigde ik afgelopen lente in het Academiegebouw aan het Domplein in Utrecht cum laude. Een vreugdevolle dag om jarenlang vreugdevol en inspirerend werk af te sluiten. Toen ik in 2019 in hetzelfde gebouw mijn masterdiploma aardwetenschappen in ontvangst nam, had ik nooit gedacht dat ik een aantal jaar later als planeet-wetenschapper het gebouw uit zou lopen.

Het planeetonderzoek heeft mij als aardwetenschapper veel gebracht. Het is inspirerend en verrijkend om je kennis toe te passen op een andere planeet. Juist omdat je er elke keer aan wordt herinnerd dat het niet altijd verstandig is om je aardwetenschappelijke intuïtie meteen toe te passen. Geomorfologische en geologische processen werken vaak net anders als de atmosfeer, zwaartekracht en het klimaat drastisch anders is dan op aarde.

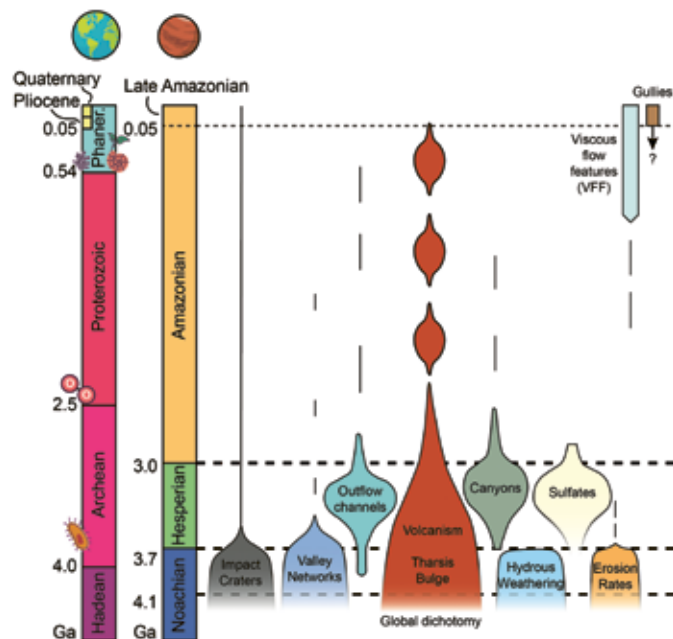


Fig. 2. Samenvatting van de geologische geschiedenis van Mars (gebaseerd op Head, 2006 en Car & Head, 2010). Geïllustreerd is het relatieve belang van verschillende processen op het oppervlak van Mars over de tijd. De grenzen tussen de tijdvakken op Mars zijn aangegeven met stippellijnen (Hartmann & Neukum, 2001). Ter vergelijking is een versimpelde versie van de geologische tijdschaal van de aarde ook weergegeven (links).

Mars in het verleden / De geologische geschiedenis van Mars is op te delen in drie periodes; het Noachian (4,1-3,7 Ma geleden), het Hesperian (3,7-3 Ma geleden) en het Amazonian (3 Ma geleden tot nu). Tijdens het Noachian werd het Marsoppervlak beïnvloed door grootschalig vulkanisme en meteorietinslagen, maar ook door de werking van water (Fig. 2). De wijdverspreide delta-afzettingen en rivier-netwerken uit deze tijd wijzen erop dat er ten minste episodisch vloeibaar water moet zijn geweest op Mars, ondersteund door een relatief dikke atmosfeer. Gedurende het Hesperian nam de vulkanische activiteit op Mars af, werd de atmosfeer langzaam dunner, en nam ook de aanwezigheid en invloed van vloeibaar water op het oppervlak af (Fig. 2). Deze trend zet door gedurende het Amazonian; de atmosfeer van Mars wordt erg dun, en de werking van ijs en wind worden de dominante krachten voor landschapsverandering (Fig. 2). Vandaag de dag bestaat de atmosfeer van Mars voor 95% uit

CO₂ en is de gemiddelde luchtdruk nog geen zeven mbar (op zeeniveau op aarde is de luchtdruk ~1000 mbar). De gemiddelde temperaturen rond de evenaar liggen rond de -58°C, maar kunnen tot onder -120°C dalen, afhankelijk van de breedtegraad en het seizoen. Ondanks dat het vandaag de dag koud, droog, en ijl is op het oppervlak op Mars, gebeurt er geomorfologisch gezien van alles.

Hedendaagse modderstromen op Mars / Op het huidige oppervlak op Mars zijn landschappen te herkennen die er net zo uitzien als de landschappen die op aarde door puinstromen worden gemaakt (Fig. 3). Deze landschappen hebben op Mars een eigen naam gekregen; 'gullies'. Martiaanse gullies zijn in de laatste vijf miljoen jaar gevormd en zijn daarmee relatief jonge landvormen op het meestal zeer oude Marsoppervlak, dat gemiddeld genomen rond de drie tot vier miljard jaar oud is. Gullies zijn opgebouwd uit drie delen: 1) een boven-

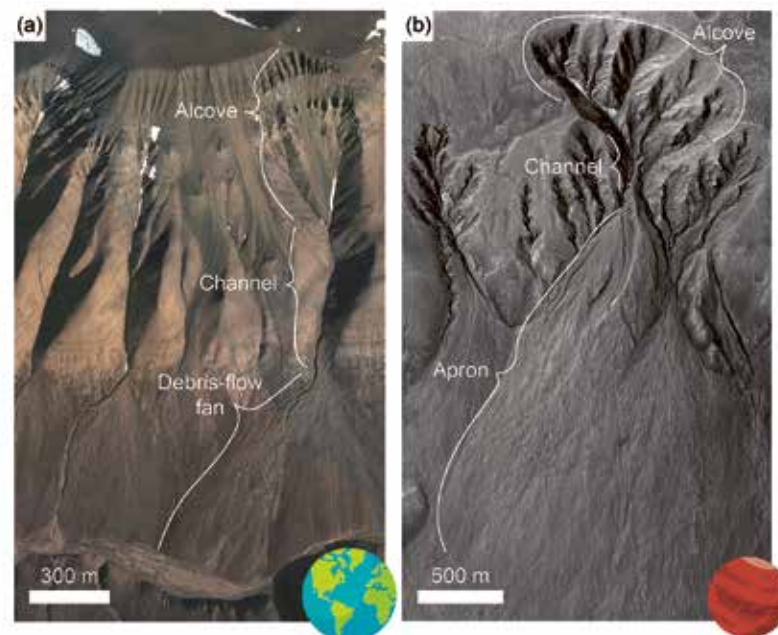


Fig. 3. Landschappen gevormd onder de invloed van puinstromen op aarde (a) en een gully-landvorm op Mars (b). De foto in (a) laat een landschap zien dat geërodeerd en opgebouwd is door puinstromen in Hanaskogdalen op Spitsbergen (Norwegian Polar Institute). Het satellietbeeld in (b) laat meerdere Martiaanse gullies zien in een gebied genaamd Terra Sirenum, ten noordwesten van Newton Crater.

Afbeelding: HIRISE-beeld ESP_013894_1410

strooms brongebied, hier wordt materiaal afgebroken, 2) een wat dieper ingesneden geul waar materiaal doorheen wordt getransporteerd en, 3) een benedenstroomse puinwaaier waar het materiaal uiteindelijk wordt afgezet (Fig. 3). De puinwaaiers op Mars hebben een flauwe helling, wat er op duidt dat het materiaal door deels vloeibare massabewegingen is verplaatst.

De gelijkenis tussen gullies en puinstroomlandschappen op aarde heeft er lange tijd voor gezorgd dat men dacht dat vloeibaar water betrokken moet zijn geweest bij hun vorming in de afgelopen vijf miljoen jaar. Dit was een spannende hypothese, want het zou betekenen dat er toch recent vloeibaar water op het Marsoppervlak heeft gestroomd.

Observaties gedurende de afgelopen tien jaar laten echter zien dat de Martiaanse geulen niet alleen jong zijn, maar ook echt vandaag de dag actief zijn; metersgrote rotsblokken verplaatsen zich langs de helling naar beneden, nieuwe geu-



Fig. 4. **Gullies op Mars met CO₂-ijs (wit).**
Afbeelding: HiRISE-beeld ESP_036719_1415

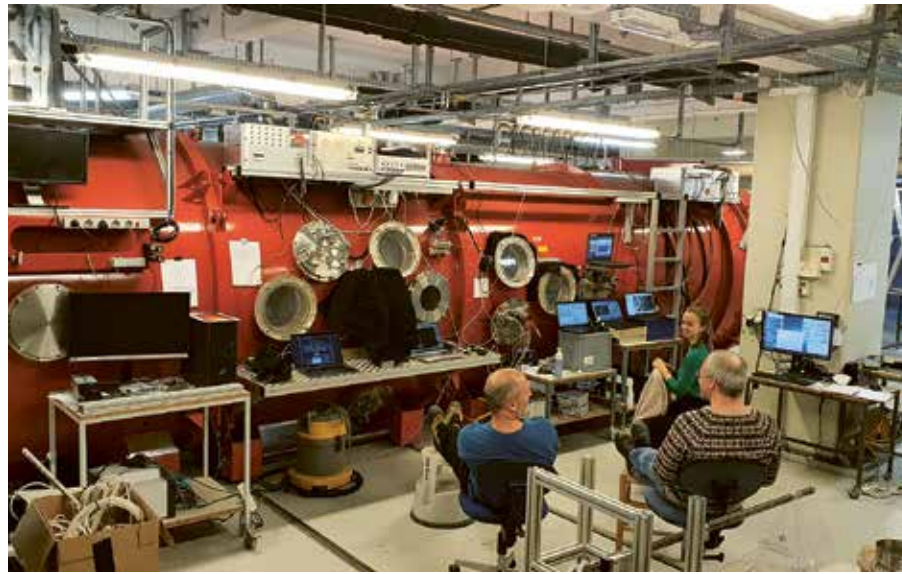


Fig. 5. **Foto van één van de Marskamers waar ik mijn onderzoek in heb gedaan. Dit is de Mars Simulation Wind Tunnel van de Aarhus Universiteit in Denemarken.**
Foto: Privearchief Lonneke Roelofs



len ontstaan en nieuwe tongvormige afzettingen op de puinwaaiers worden waargenomen. Deze hedendaagse puinstroomactiviteit kan niet verklaard worden door water-aangedreven puinstromen omdat de atmosfeer van Mars vandaag de dag te koud en vooral te ijl is voor de aanwezigheid van vloeibaar water. Dus wat drijft die puinstromen dan?

Seizoensgebonden CO₂-cyclus

/ Op basis van observaties door middel van satellietbeelden is het idee ontstaan dat puinstromen op Mars worden aangedreven door de sublimatie van CO₂-ijs aan het einde van de winter. Dit laatste houdt in dat CO₂-ijs verandert in CO₂-gas, zonder eerst vloeibaar te worden. CO₂-ijs wordt tijdens de winter op Mars afgezet op het oppervlak (Fig. 4). Denk aan hetzelfde proces dat voor rijp zorgt op aarde in de winter. Aan het einde van de winter en het begin van de lente warmt het Marsoppervlak weer op, waardoor het CO₂-ijs verandert in CO₂-gas. Hoe dit proces puinstromen zou kunnen aandrijven, bleef echter lang onbekend. We hebben namelijk geen directe waarnemingen van zo'n CO₂-aangedreven puinstroom. Daarbij weten we ook niet goed onder welke omgevingscondities (bijvoorbeeld temperatuur en steilheid van de helling) deze

bijzondere puinstromen voorkomen, en of de vorming van de Martiaanse geulen over langere tijd verklaard zou kunnen worden met dit proces.

CO₂-aangedreven puinstromen

/ Met het onderzoek uit mijn proefschrift laat ik met behulp van stroomgootexperimenten onder Marscondities (in zogenaamde Marskamers, zie Fig. 5) niet alleen zien dat maar ook hoe het mogelijk is om puinstromen aan te drijven met de sublimatie van kleine hoeveelheden CO₂-ijs (slechts 0.5% van het volume van de puinstroom). Het aandrijven van puinstromen met de sublimatie van CO₂-ijs werkt omdat er door de sublimatie van CO₂-ijs onder de ijle Mars-atmosfeer een hoge gasdruk ontstaat tussen de sedimentkorrels. De gasdruk duwt de sedimentkorrels van elkaar af, waardoor het gehele mengsel zich vloeibaar gaat gedragen. Dit proces werkt zelfs op flauwe hellingen, vergelijkbaar met de flauwe hellingen van de puinwaaiers op Mars. Daarbij creëert dit stromingsproces op experimentele schaal de landschapselementen die we ook terugzien op Mars, zoals tongvormige afzettingen met kleine oeverwallen. Daarbij laten mijn experimenten ook zien dat de stromingsdynamiek van CO₂-aangedre-

ven puinstromen op Mars vergelijkbaar is met water-aangedreven puinstromen op aarde. Dit verklaart mede waarom de afzettingen in Martiaanse geulen zo veel lijken op puinstroomafzettingen op onze planeet. En als laatste laten mijn experimenten ook zien dat CO₂-aangedreven puinstromen op Mars ook heel efficiënt materiaal (zowel los sediment als hard gesteente) kunnen eroderen. Dit betekent dat we de ontwikkeling van geulsystemen op Mars op de lange termijn, lees; de afgelopen vijf miljoen jaar, kunnen verklaren door een CO₂-aangedreven proces.

Kronkelende geulen op Martiaanse woestijnduinen

/ Eén specifieke soort geul op Mars, de lineaire duingeuken, lijkt echter niet op de landschappen gemaakt door water-aangedreven puinstromen op aarde (Fig. 6). Lineaire duingeuken komen parallel naast elkaar in groepjes voor op duinsystemen op de gemiddelde breedtegraden op Mars. Deze geulen maken, in tegenspraak tot wat de naam suggereert, veel scherpe haarspeldbochten en eindigen in cirkelvormige depressies. Het ontstaan van deze lineaire geulen wordt ook gelinkt aan het seizoensgebonden verdwijnen en sublimeren van het CO₂-ijs op het Marsoppervlak. Echter, hoe de sublimatie van CO₂-ijs voor zulke

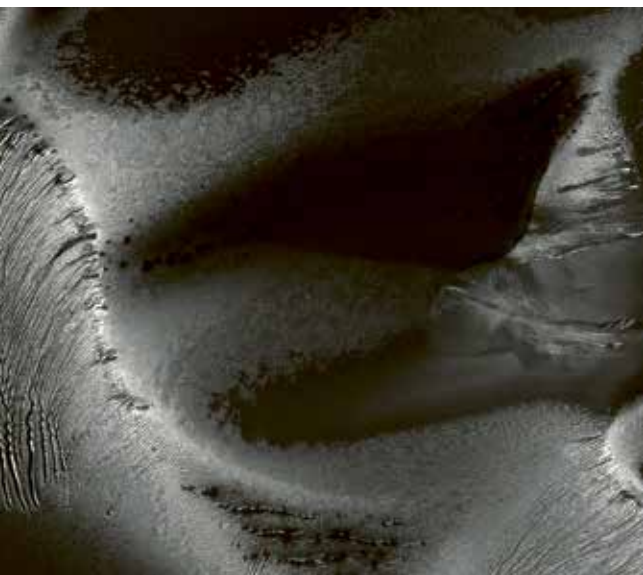


Fig. 6. **Lineaire duingeuken op een woestijnduin op Mars in Kaiserkrater.**

Afbeelding: HiRISE-beeld ESP_045324_1325.

kronkelige geulen zorgt, was tot nu toe onbekend. Met een extra set experimenten in een drukkamer tonen we aan dat lineaire duingeuken ontstaan door zichzelf ingraverende brokken CO₂-ijs. Deze brokken breken af van de top van de duin aan het einde van de winter, zoals beelden van Mars met hoge resolutie laten zien. Mijn experimenten laten zien dat wanneer het ijs in contact komt met het opgewarmde en fijne duinzand er iets bijzonders gebeurt; het brok CO₂-ijs gaat door de warmte van de ondergrond sublimeren en graaft zich daarbij deels in door explosief het zand om zich heen weg te blazen. Tegelijkertijd graaft het ijs zich een weg naar beneden, waarna er een kronkelige geul op de duinhelling achterblijft.

Planeetonderzoek als proeftuin voor de aardwetenschappen /

Mijn onderzoek naar geomorfologische processen op de berg- en duinhellingen van Mars leert ons veel over het klimaat en de waarschijnlijke afwezigheid van vloeibaar water op het oppervlak van Mars, gedurende de afgelopen vijf miljoen jaar. Maar om de grote vraagstukken in de planeetwetenschappen rondom de geschiedenis van verschillende planeten, de eventuele aanwezigheid van water, en de mogelijkheid van het

ontstaan van leven op te lossen, is kennis uit verschillende takken van de aardwetenschappen cruciaal.

Heeft u bijvoorbeeld wel eens nagedacht over hoe een gletsjer zou stromen bij lagere zwaartekracht? Hoe eolisch zandtransport werkt als de luchtdruk vele malen lager is? Of hoe hoog een hotspotvulkaan zou kunnen worden als er geen platentektoniek is?

Gelukkig ben ik niet de enige Nederlandse aardwetenschapper die op een andere planeet is beland. Hierbij een zeer beperkte selectie aan voorbeelden; in Utrecht wordt er door dr. Lisanne Braat in het Earth Simulation Lab onderzoek gedaan naar hoe delta's zich ontwikkelen op Mars onder lagere zwaartekracht. Het werk van Prof. dr. ir. Inge Loes ten Cate (Universiteit Utrecht en UvA) richt zich op het ontstaan van het leven, en de vorming van complexe organische stoffen, in extreme planetaire omgevingen. Aan de TU Delft werkt dr. Edgar Steenstra (gepromoveerd bij aardwetenschappen aan de VU) aan magmatische processen op Venus. En aan de VU werkt prof. dr. Wim van Westrenen aan de vroege vorming van rotsplaneten in ons zonnestelsel.

Het lijstje hierboven toont goed aan hoe over de breedte van de gehele aardwetenschappen onze kennis kan worden toegepast op andere planeten. Het aardwetenschappelijke procesmatig denken in ruimte en tijd, en onze ervaring met het vertalen van complexe, vaak beperkte gegevens tot een logisch verhaal is cruciaal in het oplossen van grote planetaire vraagstukken. En andersom, is de planeetwetenschappen ook echt een proeftuin voor de ideeën en aannames in de aardwetenschappen. Het stelt ons op de proef; blijf kritisch, niet alles is wat het lijkt, en niet alles werkt zoals we het gewend zijn.

Volgend project; invloed van zwaartekracht / Voor mijn eigen tak van onderzoek is een van de grote, nog onopgeloste fundamentele vraagstukken, hoe de zwaartekracht invloed heeft op de dynamiek en de afzettingsmorphologie van puinstromen. Om deze vraag te beantwoorden hebben we in samenwerking met de technici van het Earth Simulation Lab in Utrecht en het Flight Lab van



Fig. 7. **Experimenteren met puinstromen onder verschillende zwaartekrachten tijdens een paraboolvlucht. Vlucht werd uitgevoerd in de PH-LAB, een Cessna Citation II van de TU Delft. In de zilverkleurige NATO-kist zit een ronddraaiende trommel waarin puinstromen in het klein over een oneindige helling (de binnenkant van de ronddraaiende trommel) kunnen stromen.**

Foto: privearchief Lonneke Roelofs

de TU Delft afgelopen juni paraboolvluchten uitgevoerd (Fig. 7). Tijdens deze paraboolvluchten hebben we het gedrag van modderstromen in een ronddraaiende trommel bestudeerd onder de invloed van de verschillende zwaartekrachten, zoals die op Mars (~0.4G) en de maan (~0.1G).

Dit project is onderdeel van een groot Nederlands planetair netwerk "Observables of Planetary Habitability". In dit netwerk, gefinancierd door het Netherlands Space Office, komen 14 universiteiten, instituten en bedrijven samen om vanuit verschillende 'aardwetenschappelijke' invalshoeken (interne planetaire processen, oppervlakteprocessen, en oppervlaktesamenstelling) 'planetaire leefbaarheid' beter te begrijpen.

Lonneke Roelofs

48°41'10" Noord en 2°19'03" West / Het brede schiereiland van Bretagne, de meest westelijke provincie van Frankrijk, is onderdeel van het Armoricaans Massief. Dit sterk afgevlakte Precambriese schild bestaat grotendeels uit metamorfe en granitische gesteenten (ouder dan 750 miljoen jaar) met discordant daarop Neoproterozoïsche meta-sedimenten die werden gedeformeerd tijdens de Cadomische orogenese (590-530 miljoen jaar geleden), vernoemd naar de Latijnse naam van de stad Caen in Normandië (*Cadomus*). Tijdens de post-orogene rekfase werd een deel van de Cadomische breukzones gereactiveerd waardoor langgerechte sedimentaire bekkens ontstonden die werden gevuld met de erosieproducten van aangrenzende horsten. Deze Onder-Paleozoïsche klastische afzettingen zijn door de latere Varistische orogenese (Laat-Carboon tot Vroeg-Perm) slechts licht gedeformeerd.

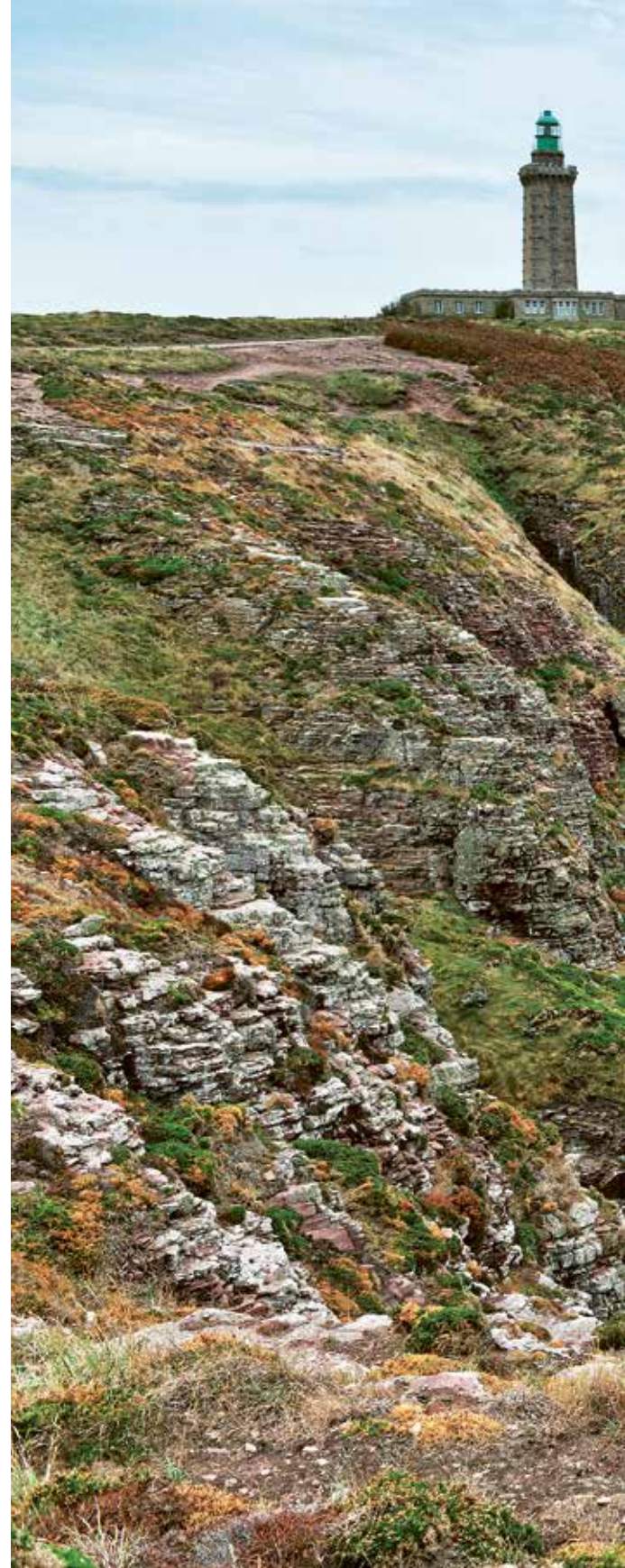
Langs de Côte d'Émeraude (Smaragdkust) in Noordoost-Bretagne is een dikke serie Onder-Paleozoïsche (grof)klastische sedimenten ontsloten van de Erquy - Fréhel Groep. Deze lithostratigrafische eenheid omvat de Erquy Formatie (tachtig meter dik) en de Fréhel Formatie (ruim 350 meter dik) die zijn gescheiden door een erosief contact. Beide formaties zijn voornamelijk opgebouwd uit (licht)rode siliciklastische sedimenten, zoals kwartsitische zandstenen en arkoses met conglomeratische intervallen. De faciës van deze afzettingen wordt geïnterpreteerd als (distale) puinwaaiers en vlechtende rivieren; op basis van sedimentologische criteria en vage ichnofossielen zijn twee van de zandsteenlagen mogelijk afgezet in een kustnabije omgeving.

12

Bijgaande foto van Cap Fréhel toont zwak noordhellende lagen van het bovendee van de Fréhel Formatie, een relatief monotoon tweehonderd meter dik 'fining-upward' pakket van arkosische zandstenen dat werd afgezet in een oostwaarts stromend riviersysteem. Het steile klif met zeegrot van Pointe du Jas rechts op de foto bestaat uit goed gelaagde veldspaatrijke zandstenen met trogvormige scheve gelaagdheid. Door de afwezigheid van fossielen kunnen deze afzettingen niet direct worden gedateerd, maar regionale correlatie met discordante Onder-Paleozoïsche klastische eenheden in andere delen van Bretagne wijst op een Cambrium tot Vroeg-Ordovicium ouderdom voor de Erquy - Fréhel Groep.

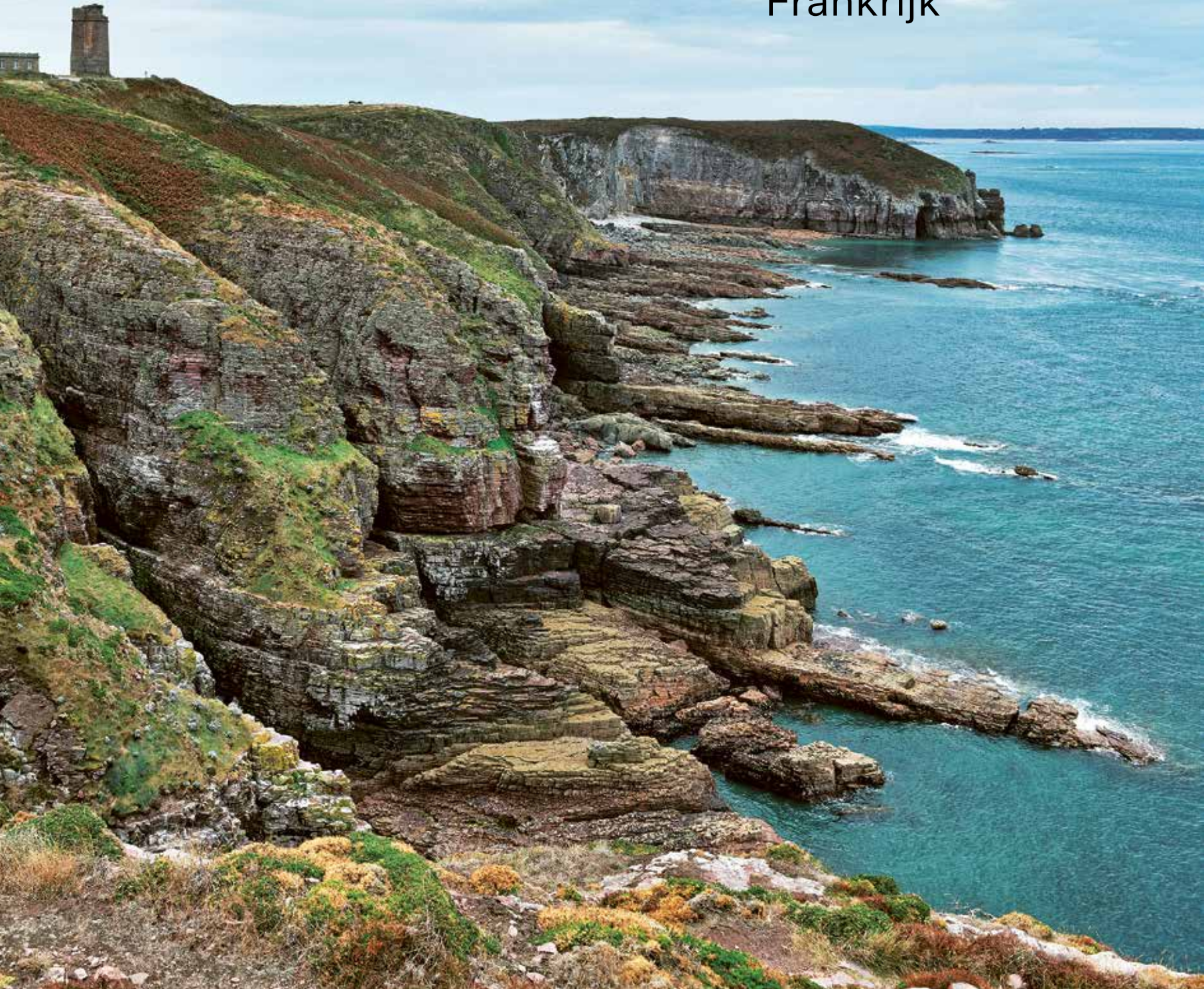
De landtong van Cap Fréhel vertoont het restant van een opgeheven erosievlakte op een hoogte van ongeveer zeventig meter. Het rechter bouwwerk op de foto is de vijftien meter hoge Vauban wachttoren die in 1702 werd opgetrokken als onderdeel van een verdedigingslinie tegen Engelse invallen. In 1854 werd ernaast ook een lichtbaken gebouwd, de Reynaud-vuurtoren, die echter in 1944 werd opgeblazen door de Duitse bezetters. In 1950 werd de nieuwe Cap Fréhel-vuurtoren in gebruik genomen die geheel is opgetrokken uit blokken roze graniet. Met een torenhoogte van 33 meter ligt het felle Fresnel-licht op een hoogte van 103 meter boven zee, waardoor de vuurtoren op heldere dagen een bereik heeft van vele tientallen kilometers. De galerij nabij de top van de vuurtoren kan een deel van het jaar worden bezocht voor een prachtig uitzicht over de grillige Bretonse noordkust en het Kanaal dat hier gekenmerkt wordt door zeer sterke getijdenstromen. Cap Fréhel is sinds 1967 een beschermde habitat die in 2019 werd toegevoegd aan het Europese netwerk van Natura2000-gebieden. Het park heeft een oppervlak van vierhonderd vierkante kilometer (waarvan 95% marien) en is vooral bekend als broedplaats van zeevogels zoals zeekoeten, alken, stormvogels en verschillende soorten aalscholvers en meeuwen.

Foto en tekst: Jeroen Peters



Cap Fréhel

Frankrijk





Boulevard Emile
Bockstael 31, Brussel

Een psychedelische zandsteen / Natuursteen wekt niet vaak psychedelische associaties op, maar als er een steen is die dat wel doet, dan is het de zandsteen van Grandglise. Er zijn varianten die homogeen zijn qua kleur, maar ook die waarin oker, rood en wit in allerlei schakeringen uiterst grillig door elkaar heen lopen. In Nederland kennen we allen de toepassing van de wat saaie gele variant als vervangende steen aan de Domtoren uit de jaren twintig van de vorige eeuw. In de Jongere Bouwkunst in België, en dan met name in eclectische panden, vond ook de veelkleurige variant zijn toepassingen. Mooi is de woning aan de Lievestraat 11 in Gent met een hele plint en bodem van een erker in Grandglise zandsteen. Vaak is steen toegepast in combinatie met blauwe hardsteen, waardoor de felle kleuren van de Grandglise nog meer spreken. Dit is bij uitstek zo bij de begane grond van het woonhuis aan de Boulevard Emile Bockstael 31 in Brussel. De zandsteen van Grandglise werd gewonnen bij het gelijknamige dorp ten noordwesten van Bernissart in Henegouwen. Hij is afkomstig uit het Zand van Grandglise, deel van de Formatie van Hannut. Dit werd afgezet in een ondiep marien milieu tijdens het

Thanetien (Boven-Paleoceen). In de verweerde glauconietzanden komen lokaal verkitten banken voor, gecementeerd door silica (chalcedoon, opaal), afkomstig uit bovengelegen zanden, opgelost door interactie met bruinkolen. De zandsteen van Grandglise is kwartsrijk (>90%), fijn- tot middelkorrelig en kent zoals gezegd allerlei kleurschakeringen: bleek groengeel tot (bloed)rood of oranjegeel, met rode vlekken en banden en soms graafgangen. Niet psychedelica maar de variabele aanwezigheid van (verweerde) glauconiet en ijzer(hydr)oxides geassocieerd met kleimineralen zorgen voor de verschillende kleurschakeringen.

Tekst en foto: Timo G. Nijland

Van nanoplastics naar oceaanboren

Voor mijn masteronderzoek naar nanoplastics in de Atlantische Oceaan kreeg ik in 2021 de unieke kans om mee te gaan op een oceaanexpeditie, mijn allereerste! Die maand op zee was een keerpunt, de oceaan had vanaf dat moment een speciale plek in mijn hart veroverd. Het was dan ook geen toeval dat ik voor mijn PhD in Stockholm belandde, waar ik werkte aan een Noordpoolonderzoeksproject met zowel een mariene- als een cryosferische focus, de perfecte combinatie van mijn twee grootste wetenschappelijke interesses. Vier expedities naar het Noordpoolgebied later, diende zich opnieuw een bijzondere kans aan. Dit keer ging het om deelname aan een heel ander type veldonderzoek: een internationale wetenschappelijke oceaanboorexpeditie.



De hydraulische pers wordt klaargemaakt voor gebruik door Paul Moser Roeggla (links) en Sophie ten Hietbrink (rechts).

Foto: Erwan Le Ber/ECORD:IODP3_NSF

Een zeldzame focus op hydrogeologie / Voor mijn PhD onderzoek ik de verversing van grondwater onder de zeebodem in het Noordpoolgebied, en meer specifiek hoe dit proces samenhangt met gletsjers, ijskappen en permafrost. Toevallig werd tijdens mijn PhD een expeditie gepland die al vele jaren in voorbereiding was binnen het International Ocean Discovery Programme (IODP). De expeditie heeft als doel het bestuderen van een enorm zoetwaterreservoir voor de kust van New England, in de Verenigde Staten. Wat deze expeditie zo bijzonder maakt, is de focus op hydrogeologie. Het is uiterst zeldzaam dat oceanboorexpedities zich richten op onderzees grondwater. Voor het eerst in de geschiedenis zou bovendien een grondwaterpomptest in mariene omstandigheden voor wetenschappelijke doeleinden worden uitgevoerd. De expeditie kreeg de naam IODP³-NSF Expedition 501 New England Shelf Hydrogeology en werd ingepland voor de zomer van 2025. Het werd bovendien de allereerste expeditie van het vernieuwde IODP³. Toen ik geselecteerd werd om als geochemicus deel te nemen, voelde dat als een enorme eer en een mijlpaal om dit al als PhD-student te mogen meemaken. Het wetenschappelijk team telt 41

onderzoekers, afkomstig uit verschillende delen van de wereld, waaronder Japan, de Verenigde Staten, Frankrijk, Duitsland en uiteraard vertegenwoordig ik Zweden.

Expertise komt samen / Expeditie 501 brengt mensen met sterk uiteenlopende expertises samen: hydrogeologen, petrofysici, oceanboorspecialisten, microbiologen, geochemici en modelleurs. Samen hopen we vragen te beantwoorden zoals hoe en wanneer dit zoetwater is verplaatst; welke rol zeespiegelveranderingen en ijskappen hierin spelen; en wat de gevolgen van de aanwezigheid van het zoetwater voor sedimentaire geochemische processen en de toevoer van elementen naar de oceaan zijn. De expeditie bestaat uit twee fasen: een *offshore* en een *onshore* fase. Tijdens de *offshore* fase worden op drie locaties op het continentaal plat, op toenemende afstand van de kustlijn, boorputten geboord die een aquifer doorsnijden waarvan bekend is dat er zich een zoetwaterlens bevindt. Uit deze boorputten worden sedimentkernen naar boven gehaald waaruit poriewater wordt onttrokken. Dit poriewater wordt vervolgens opgesplitst en gepreserveerd voor de vele verschillende

analyses die gepland staan. Aan boord analyseren geochemici al direct het zoutgehalte, de alkaliniteit en de ammoniumconcentraties. Op verschillende dieptes in de boorput wordt ook een grondwaterpomptest uitgevoerd. Door het continu aanvoeren van opgepompt onderzees grondwater kunnen onder andere edelgassen worden gemeten, die informatie geven over de oorsprong en de verblijftijd van het grondwater. Door daarnaast het piëzometrisch niveau te monitoren tijdens en na de pomptest, kunnen hydraulische eigenschappen van de omliggende aquifer worden berekend. Wanneer een boorput voltooid is, voeren de petrofysici *wireline logging* uit. De meetinstrumenten worden daarbij in de boorput langzaam naar beneden en weer omhoog gebracht om gegevens te verzamelen over onder andere natuurlijke gammastraling, weerstand en dichtheid van de omliggende sedimenten. Hiermee kan bijvoorbeeld worden bepaald op welke diepte zand- en kleilagen aanwezig zijn. Tijdens de *onshore* fase, die plaatsvindt bij MARUM in de *Bremen Core Repository*, worden de sedimentkernen geopend en gesplitst. Hierna kunnen we de lithostratigrafie bepalen, wat belangrijke implicaties heeft voor de verdeling van het zoetwater, aangezien ver-



Extractie van poriewater uit de mariene sedimenten door middel van Rhizon sampling.
Foto: Ellie Miller/ECORD:IODP3_NSF



De boorinstallatie op de L/B Robert, waar de sedimentkernen voor het eerst het dek bereiken.
Foto: Andrea Vale/ECORD:IODP3_NSF

schillende sedimenttypes sterk variërende hydraulische doorlaatbaarheden hebben.

Leven op de L/B Robert / De expeditie vertrok in mei 2025 vanuit de haven van Bridgeport (Connecticut) met het schip L/B Robert richting het boorgebied. De L/B Robert is een zogenoemde liftboot: een schip met drie poten die op de zeebodem worden geplaatst. Zodra de poten stevig staan, tilt het schip zichzelf uit het water, waardoor een stabiel platform ontstaat. Deze vaartuigen worden voornamelijk gebruikt voor boren op het ondiepe continentale plat. Omdat de expeditie maar liefst drie maanden duurde, werkte het team in rotaties. Niemand hoefde de volledige periode aan boord te blijven, een verstandige keuze gezien de intensieve werkuren en uitdagende omstandigheden. Ik verbleef drie rotaties lang, in totaal dertig dagen, op het boorplatform. Aan boord werd dag en nacht gewerkt in shifts van twaalf uur: een dagdienst (12:00–00:00) en een nachtdienst (00:00–12:00). Elke dag werden er vier maaltijden voor ons geserveerd, een welkome pauze tijdens de lange werkdiensten.

Helikopteravonturen / Het transport van en naar het platform was een verhaal op zich. In eerste instantie gebeurde dat per helikopter, zoals gebruikelijk bij offshore platforms. Een snelle en efficiënte methode, tenzij het weer tegenzit. Al snel ontdekten we dat de kust van New England berucht is om dichte mist, waardoor helikopters geregeld niet konden landen. Na een maand werd besloten om over te schakelen op transport per boot, betrouwbaarder onder deze omstandigheden. Ik had geluk, mijn heenreis mocht ik nog per helikopter maken. Daarvoor had ik wel een HUET-certificaat nodig, een afkorting voor *Helicopter Underwater Escape Training*. Aangezien deze training niet in Zweden wordt aangeboden, volgde ik de training bij een bedrijf in Amsterdam. In een zwembad moesten we onder water ontsnappen uit een nagebootste helikopterromp, meerdere keren achter elkaar. In de laatste ronde werd de romp zelfs ondersteboven gedraaid. Een spannende ervaring, zeker omdat je ingesnoerd zit, je adem moet inhouden en je gedesoriënteerd raakt. De



Sophie in de geochemiecontainer, met links de instrumenten voor poriewateranalyse.

Foto: Antonia Witzleb.

instructeur gaf me al snel de bijnaam Speedy Gonzalez, omdat ik zo snel naar de oppervlakte zwom. In de realiteit is dat niet aan te raden. Bij een echte noodlanding vormen de draaiende rotorbladen een groter gevaar dan het water zelf.

Vooruitzicht / Los van het feit dat de *offshore* fase van Expeditie 501 een heel bijzondere ervaring was, was het ook een kans om mijn horizon te verbreden. Mijn eigen PhD richt zich op het Noordpoolgebied, maar dit project laat zien hoe vergelijkbare processen ook elders spelen. Daarnaast heb ik enorm veel geleerd van de andere specialisten aan boord, zowel qua technieken als methoden, die ik later mogelijk kan toepassen in mijn eigen onderzoek. Intussen zijn de eerste monsters die ik ga gebruiken voor radiokoolstofanalyse al in Stockholm aangeko-

men, en je kunt je voorstellen hoe nieuwsgierig ik ben naar de resultaten en de ontdekkingen die ons te wachten staan. In januari 2026 komt het volledige wetenschappelijk team opnieuw bijeen in Bremen om de bemonsteringen en analyses voort te zetten tijdens de *onshore* fase. Een mooie gelegenheid om iedereen met wie ik het leven aan boord van de L/B Robert deelde weer terug te zien.

Sophie ten Hietbrink

De Evolutietuin: groene tijdmachine

De botanische tuinen van de Universiteit Utrecht hebben er een nieuw onderdeel bij: de Evolutietuin. Dit werd in het weekeinde van 21 en 22 juni feestelijk geopend. De tuin is in drie jaar ontwikkeld op het voormalige evenemententerrein en biedt de bezoeker een reis van 900 miljoen jaar ontwikkeling van het plantenrijk. De oude evolutietuin (systeemtuint, aangeplant in 1981) was gebaseerd op de ideeën van de Amerikaanse botanicus Cronquist. De systeemtuint is grotendeels ontmanteld en heet nu Arboretum. Sinds 1998 kijkt de wetenschap op een andere manier naar de onderlinge verwantschappen van plantengroepen. Met behulp van onder andere DNA-onderzoek is aangetoond dat er zes sleutelmomenten zijn in de evolutie van planten. Elk sleutelmoment wordt uitgelegd met een informatiebord (foto 1) en visueel duidelijk gemaakt met, soms dynamische, kunstwerken (foto 2). De achterliggende gedachte is dat de evolutie altijd in beweging is. De opzet in de vorm van een steeds breder wordende boom is indicatief voor de steeds grotere variatie in plantensoorten tijdens de evolutie.

Sleutelmoment / De eerste waterplanten, de groenwieren, leefden langs oevers en in plassen die soms droogvielen. Tijdens het tweede sleutelmoment, ongeveer 470 miljoen jaar (vroeg Ordovicium) geleden, ontstonden de landplanten, de mossen. Deze konden door de ontwikkeling van huidmondjes (Stomata) overleven in natte en droge periodes. De wolfsklauwachtigen ontstonden ongeveer 425 miljoen jaar geleden (Laat-Siluur), met de ontwikkeling van vaatbundels. Deze transportbuisjes maakten snel transport van water mogelijk en hierdoor werden de planten een stuk groter. Tijdens het Carboon waren er soorten die tot dertig meter konden uitgroeien. De volgende vrij snel opeenvolgende sprong in evolutie vond zo'n 415 miljoen jaar (vroeg Devoon) geleden plaats, de komst van de varenachtigen. De vaatbundels breiden zich uit met bladnerven, hierdoor kunnen er grotere bladeren gevormd worden waarbij een plant

veel CO₂ en zonlicht kan opvangen. De fotosynthese zorgde vervolgens voor betere groei en voortplanting. Het vijfde sleutelmoment wordt gekenmerkt door de ontwikkeling van planten met zaden, de naaktzadigen. Dit gebeurde ongeveer 360 miljoen jaar (vroeg Carboon) geleden. Tegelijkertijd ontwikkelden deze planten met zichtbare zaden steviger materiaal dan bladeren, hout, de ontwikkeling van de gymospermen (coniferen) was begonnen.

Evolutiesprong / Het tot nu toe laatste sleutelmoment vindt plaats tussen 245 en 160 miljoen jaar (Trias-Krijt-periode) geleden met de ontwikkeling van bedektzadigen. De zaden, verstopt in vruchten, worden door dieren gegeten vanwege de voedingswaarde en daardoor verspreid. Ook hebben deze planten voor het eerst bloemen die insecten lokken waardoor er kruisbestuiving plaatsvindt. Hiermee nam de verspreiding, en verdere ontwikkeling van verschillende plantensoorten een enorme vlucht.

Opvallend is dat de sleutelmomenten van de planten niet samengaan met de evolutiesprongen in het dierenrijk, zoals de bekende Perm-Trias (252 Ma) en Krijt-Paleogeen (65 Ma).

Maar dat plant en dier elkaar positief beïnvloeden, co-evolutie (foto 3), is wel evident. Door de bestuivers (insecten) en verspreiders (vogels en zoogdieren) ontstaan er steeds meer bloem- en vruchtvormen.

Groene tijdmachine / In de Evolutietuin, ook wel de Groene tijdmachine genoemd, staan op dit moment ongeveer 1100 soorten, verdeeld over tweehonderd families en is voor zover bekend de grootste en meest complete ter wereld. De tuin is geschikt voor zowel studenten als bezoekers die willen genieten van de grote variatie aan planten in het plantenrijk. De paden zijn zo aangelegd dat je de evolutie eenvoudig volgt, maar geeft ook de mogelijkheid om rond te dwalen langs alle planten en bomen. De Botanische Tuinen van Utrecht zijn zeker een bezoekje waard, met als kers op de taart de Groene tijdmachine.

<https://www.uu.nl/botanischetuinen/de-tuinen/evolutietuin>

Tekst en foto's: Wenche Asyee



Informatiebord over het vierde sleutelmoment in de evolutie, de ontwikkeling van bladnerven en grotere bladeren.



Kunstzinnige impressie van vaatbundels bij de wolfsklauwachtigen.



Dynamisch kunstwerk symboliserend voor de co-evolutie tussen planten en dieren.

De eerste SCAN-kernen

In de serie Schatten uit 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 een fonkelnieuwe parel uit de eerste boring van het SCAN-programma: de boring Amstelland-01 (AMS-01).

Fig. 1. **De komst van de eerste SCAN-kern in het kernhuis te Zeist.**

Foto: André Slupik

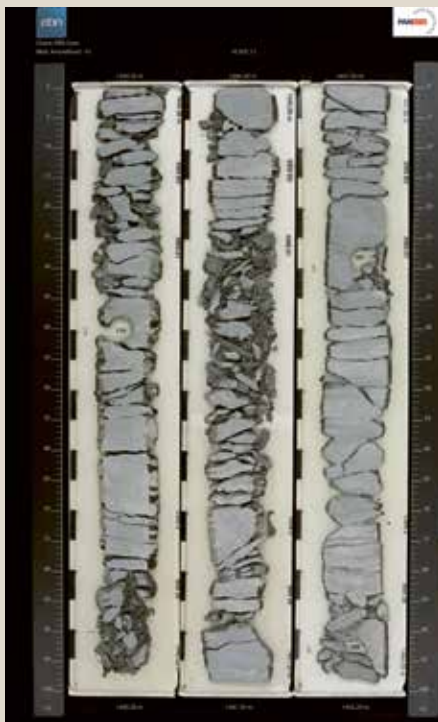


Fig. 2. De kernbeschrijving op www.nlog.nl geeft aan dat de BCU in dit stuk kern op 1440,4 m AH DD (ongeveer bij het pijltje) zit: Qua kleur niet opvallend maar hier is ongeveer de overgang van de siliciklastische Vlieland Formatie naar de dolomitische Muschelkalk.

Foto: nhlog (<https://www.nlog.nl/brh-web/rest/brh/document/3945204779>)



Fig. 3. De Base Permian Unconformity hier duidelijk herkenbaar op 2159,62 m (AH DD) (zie pijltje) als de overgang van een rode parallel gelamineerde (pin-stripe lamination) zandsteen, typisch voor een 'dry aeolian sandflat' omlaag naar een gemottelde grijsrode massieve/structuurloze kleisteen met onregelmatige patronen, nijgend naar nodulaire structuren typisch voor intense doorworteling in een bodem. De roodkleuring is waarschijnlijk secundair, gerelateerd aan de ververing tijdens de Varistische orogene periode.

Foto: nhlog (<https://www.nlog.nl/brh-web/rest/brh/document/3945204779>)

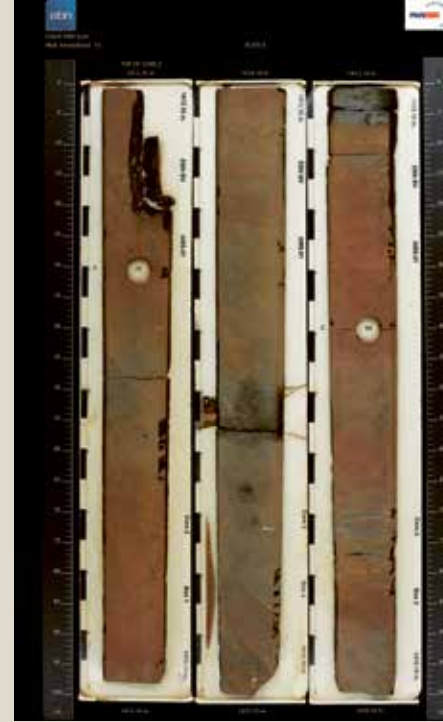


Fig. 4. Een interval uit de kern van de Vlieland Zandsteen sequentie. Een volledig met hematiet gecementeerd ogenschijnlijk structuurloze kiezelige zandsteen tot conglomeraat. Ogenschijnlijk structuurloos? Het lijkt of er vrij grote graafgangen te zien zijn. De grove componenten zijn hoekig tot mooi afgerond en dominant bruine silt of kleisteen intraklasten of toch Triassische extraklasten?

Foto: nhlog (<https://www.nlog.nl/brh-web/rest/brh/document/3945204779>)

Na uitgebreid onderzoek is die uiteindelijk in Zeist bij het kernhuis afgeleverd (Fig. 1). SCAN staat voor Seismische Campagne Aardwarmte Nederland dat niet alleen beoogt om de 'witte vlekken' van de ondergrond van Nederland beter te belichten door middel van seismiek, maar ook detailinformatie te verkrijgen door het boren van onderzoekspullen. Detaillering van dat onderzoek is te vinden op <https://scanaardwarmte.nl/>.

Terug naar de AMS-01-boring die ten zuidoosten van Amsterdam is gezet. Dit is een wetenschappelijke onderzoeksboring met als primair doel het verkennen van het reservoir in de Formatie van Slochteren. Als secundair doel, op weg naar de Slochteren, kijken of er Jura/Krijt-

reservoirs aanwezig zijn en, zo ja, wat de kwaliteit van die reservoirs is. De SCAN-ambitie is om zoveel mogelijk gegevens naar boven te halen in de vorm van logs, tests en gesteentemonsters om vervolgens goede reservoir- en afdichtend pakketanalyses uit te kunnen voeren. Voor wat betreft de gesteentemonsters is dat gelukt. Er is in totaal ruim 192 meter kern naar boven gehaald uit drie lithostratigrafische eenheden: de Vlieland Sub-groep, de Muschelkalk en de Boven-Rotliegend Groep. Wat ook bijzonder is, is dat er twee belangrijke discordanties zijn gekernd: de Base Cretaceous (BCU; Fig. 2) en de Base Permian Unconformity (BPU; Fig. 3). Bij de BCU ligt hier de Vlieland op de Muschelkalk, hetgeen betekent dat circa negentig-

miljoen jaar niet gerepresenteerd is door gesteentes op deze locatie. Bij de BPU ligt de Slochteren Zandsteen op de Maurits Formatie, hetgeen een hiaat van circa 45 miljoen jaar aangeeft. Wat ik dan weer opmerkelijk vind, is dat die belangrijke discordanties vrij non-descripte lithologische overgangen zijn. Niks geen dik basaal conglomeraat dat kenmerkend voor discordanties zou zijn, zoals ik me menen te herinneren uit de tekstboeken, maar een gewone, subtiele overgang in kleur en lithologie. Na veel gekernde discordanties te hebben gezien denk ik dat basale conglomeraten de uitzondering zijn die de regel bevestigen dat discordanties veelal subtiele overgangen zijn. Discordanties worden gedefinieerd door kleurverschil in eendere lithologieopvolging waar het 'basale conglomeraat' één of

een paar zandkorrels dik is. Het is een subtiële verandering in korrelgrootte en mineraalinhoud in een zandsteenpakket of een lithologische overgang van zand- naar kleisteen of klei- naar zandsteen met duidelijke kenmerken van de lithostratigrafische groep waartoe ze behoren. De kern van de Vlieland Zandsteen Formatie laat ook nog iets ‘abnormaals’ zien (Fig. 4). Geen mooie schone zandsteen of typische glauconietrijke gebioturbeerde zandsteen, maar een kleirijke kiezelige zandsteen tot conglomeraat die volledig met hematiet is gecementeerd. Het doet me denken aan een kern uit een van de Wanneperveenputten in Drenthe die ik decennia geleden beschreef. Daar was net zoiets te zien. Ook hier wordt deze speciale facies aan een fan-deltasysteem gelinkt. Het zou in mijn ogen goed kunnen dat het directe achterland bestaat uit horstblokken/ ruggen tussen de verschillende Vroeg-Krijtbekkens. Daar waar Triasgesteenten nog konden worden geërodeerd en de bron voor de grove lithoklasten zijn. Er is ook genoeg toevoer van ijzer uit de Triassische red beds. Al met al een heel bijzondere kern die ons weer veel inzicht kan geven in de paleogeografie van het Onder-Krijt en dus ons mogelijk in staat stelt beter te voorspellen waar de echte reservoirfacies te vinden zijn. Het uitgebreide kernbeschrijvingsrapport *Sedimentology and Petrography of Cretaceous, Triassic Permian and Carboniferous Deposits from Well AMS-01* is zeer de moeite waard. Maar vergeet ook niet alle andere uitgebreide analyserapporten die vrijgegeven zijn. Naast de kernbeschrijving zijn er veel metingen aan de kern gedaan. Uiteraard de reguliere kernanalyse maar ook brine permeabiliteiten en allerlei geomechanische metingen. Al deze data laat deze ‘parel’ nog meer glanzen. Zie voor alle bestanden van deze eerste SCANput op: <https://www.nlog.nl/nlog-mapviewer/brh/3894840289?lang=nl> Inmiddels is er meer dan duizend meter kern getrokken uit de verschillende SCAN-boringen. Nu maar hopen dat er voldoende ruimte is voor deze ketting met SCAN-pareltjes in de ‘sieradendoos’ van de ondergrond in Zeist. Voor leden van de Sedimentologische Kring: deze kern wordt op 21 november uitgelegd voor de jaarvergadering.

Harmen Mijnlieff

. recent verschenen

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.

Investigating viable residential uses of old urban wells in Middelburg

by M. Wilson, J. Resovsky, Y. Oosterhuis, B. Vercouteren van den Berge and R. van der Weijden

DOI: <https://doi.org/10.70712/njg.v104.11802>

This study assesses historic wells in Middelburg, Netherlands, as potential freshwater sources amid growing drought and saltwater intrusion. Water quality from seven wells was monitored, showing mostly safe results for greywater use. Although coliform bacteria were detected, no *E. coli* was found. Repurposing this water could help reduce local water stress and support broader freshwater sustainability efforts.

Earth sciences in degree programmes in archaeology and in archaeological commercial practices in The Netherlands

by J. Mol and R. Jansen

DOI: <https://doi.org/10.70712/njg.v104.11588>

This article reviews how earth sciences are included in archaeology education, comparing Dutch and international programmes. It finds Dutch archaeology underuses earth science, and vice versa. A transdisciplinary approach is proposed, which integrates both fields from early education, to improve collaboration and research innovation. This could better address complex societal issues and enhance interpretation of human history and landscape development.

Development of an efficient model to calculate subsidence above the Groningen gas field

by M.C. Wouters, R. Govers and R.F. Hanssen

DOI: <https://doi.org/10.70712/njg.v104.12151>

To improve understanding of subsidence in the Groningen gas field, this study presents a geomechanical model optimised for data assimilation. By simplifying reservoir discretisation and elastic layering, the model removes unnecessary complexity, achieving ~100 times greater computational efficiency. Sensitivity tests guide future model resolution, enhancing practical application in simulating surface deformation and supporting more accurate subsidence predictions.

Flexible solution concepts for sustainable drinking water production in the Netherlands

by G.E.H. Nogueira, R. Meeusen, R.C. Terwisscha van Scheltinga, T. Hoogland, S. Jansen, G.J. Nijsten, J. Pouwels, P.H. Kuin, J.H. Peters, H.F. Passier and P.G.B. de Louw

DOI: <https://doi.org/10.70712/njg.v104.11908>

As climate change and rising demand threaten drinking water security, this study examines Dutch groundwater and surface water extraction archetypes and their vulnerabilities. Four innovative solution concepts are evaluated, including aquifer recharge and urban circularity. Practical examples like the Epe Water Battery demonstrate success. The study highlights the importance of adaptive strategies, legal frameworks, and stakeholder collaboration for a resilient water supply.

De redactie

7 aardwetenschappers ontvangen Veni-beurs

De wetenschappers krijgen een Veni-financiering van maximaal 320.000 euro. De beurs is een stimulans voor avontuurlijke, talentvolle en baanbrekende onderzoekers om de komende drie jaar hun eigen onderzoeksideeën verder te ontwikkelen.

De wetenschappers doen onderzoek naar verschillende onderwerpen. **Dr. Anouk Bomers** van Universiteit Twente onderzoekt real-time voorspellingen van rivieroverstromingen om geïnformeerde evacuatiestrategieën mogelijk te maken. Door klimaatverandering neemt naar verwachting de risico's van rivieroverstromingen toe. De gevolgen van zulke overstromingen kunnen beperkt worden door gebruik te maken van vroegtijdige waarschuwingssystemen, zodat tijdige evacuatie van de getroffen gebieden mogelijk is. Hierbij geven hydrodynamische modellen een nauwkeurig beeld van de gebieden die gevaar lopen, maar ze zijn te traag om toe te passen voor kortetermijnvoorspellingen bij een aankomende over-

stroming. Daarom wordt in dit project een machinelearningmethode ontwikkeld dat wel instaat is om real-time overstromingskansen te voorspellen. Op basis van weersverwachtingen kan het crisisteam mogelijk getroffen gebieden door een rivieroverstroming tijdig evacueren.

Dr. Thanushika Gunatilake van VU Amsterdam gaat temperatuurveranderingen en vloeistofmigratie modelleren om seismische gebeurtenissen te begrijpen. Dit project heeft tot doel een model te bouwen om de invloed van interne warmteontwikkeling op seismische activiteit te onderzoeken. Door geavanceerde numerieke modellen te koppelen, kwantificeert zij de temperatuurstijging die wordt veroorzaakt door wrijvingsverhitting langs breukvlakken. Aanvullende laboratoriumexperimenten bepalen de vereiste warmte om mineralen rijk aan vluchtige elementen thermisch te dehydreren, waarbij hoge-druk-vloeistoffen zoals CO₂ en H₂O vrijkomen. Door vloeistofvolumes en bijbehorende spannings-

condities te kwantificeren, wil zij gesteentedeformatie modelleren. Dit model zal toepasbaar zijn voor het voorspellen van seismische activiteit in natuurlijke omgevingen (carbonaatgebieden, subductiezones) en het optimaliseren van ondergrondse energiesystemen (CCS, geothermische energie).

Dr. Christa van IJendoorn van Universiteit Utrecht bestudeert vormveranderaars: hoe wind en vegetatie samenwerken om kustduinen te vormen. Duinen langs de kust vormen een cruciale verdedigingslinie tegen overstromingen. Duinontwikkeling wordt gedreven door de interactie tussen de wind, de vorm van het duin en duingras. In dit onderzoek verzamelt zij unieke veldmetingen voor en na het verwijderen van duingras op zowel een klein als een groot duin. Zij gebruikt deze metingen om het effect van duinvorm en duingras op zandtransport te kwantificeren en voorspellingen van duinontwikkeling te verbeteren. Met verbeterde voorspellingen kunnen beheerders duinbeheer strategieën optimali-

Touretiet: nieuw mineraal vernoemd naar Jacques en Lydie Touret

Recent werd voor het eerst sinds lange tijd weer eens een mineraal vernoemd naar in Nederland werkzame aardwetenschappers. Nadat ze eerder gezamenlijk de Prix Ellenberger ontvingen (2023), is recent een mineraal vernoemd naar Jacques en Lydie Touret samen. In 2024 honoreerde de International Mineralogical Union het voorstel van Frédéric Hatert van de Université de Liège en co-auteurs om een nieuw mineraal uit Madagascarnaar hun beiden te vernoemen. Jacques Touret was van 1980 tot aan zijn emeritaat in 2001 hoogleraar mineralogie, petrologie en erts-kunde aan de Vrije Universiteit Amsterdam en onder meer lid van de Nederlandse en Noorse academies van wetenschappen. Hij overleed in maart 2024. Lydie Touret was onder meer verbonden aan Teylers Museum



Los kristal van touretiet. Grootte 6 mm (foto & coll. D.J. Liefink)

en het Mineralogisch Museum van de Ecole des Mines in Parijs en voorzitter van de IMA Commission on Museums. Touretiet is een mineraal dat drie lichte elementen (Li, Be en B) combineert in één oxide en heeft als samenstelling LiAl₄Be₄(B₁₁Be)O₂₈. Het komt voor als kleine witte dodecaëders op zwarte toermalijn. Het is isometrisch en isostructuur met rhodiziet en londoniet. De typelocaliteit van touretiet is de Ambalabe pegmatiet in het Manapa pegmatietveld in regio Vakinankaratra regio ten zuiden van de Malagassische hoofdstad Antananarivo. Het typemateriaal bevindt zich in de collecties van het Laboratoire de Minéralogie van de University of Liege in Luik en het Museo Civico di Storia Naturale in Milaan. - TGN.

seren, zodat duinen ook onder de invloed van zeespiegelstijging en klimaatverandering weerbaar blijven tegen stormen.

Dr. Margriet Lantink van Universiteit Utrecht onderzoekt redox-revoluties en de orbitale forcering van vroege zuurstof op aarde. Zo'n 2,4 miljard jaar geleden vond een revolutie plaats in de geschiedenis van leven op aarde doordat zuurstof voor het eerst in de atmosfeer terechtkwam. Hoe het zuurstofgehalte precies toenam, wordt nog slecht begrepen. In dit onderzoek richt zij zich op de vraag hoe cyclische schommelingen in de aardbaan en stand van de aardas (orbitale forcering) invloed uitoefenden op het ritme waarmee vroege zuurstof werd geproduceerd en zich opbouwde. Deze vraag wil zij beantwoorden door belangrijke waarnemingen te doen in het gesteentearchief en geavanceerde modellen toe te passen om de onderliggende zuurstofdynamiek en processen te achterhalen.

Dr. Sara Porchetta van TU Delft bestudeert hoe neerslagveranderingen veroorzaakt worden door windparken in de Noordzee. De snelle groei van windparken op zee om onze energiedoelen te behalen, zorgt voor meer interacties met de atmosfeer, maar de effecten op neerslag zijn tot op vandaag nog onduidelijk. Zij gebruikt een holistische benadering om te onderzoeken hoe deze windparken neerslag beïnvloeden, met behulp van observaties, hoge resolutie simulaties en toekomstprojecties. Door deze effecten te begrijpen en de impact van geplande windparken te voorspellen, zal het onderzoek weers- en klimaatmodellen verbeteren. Deze bevindingen helpen beleidsmakers, ontwikkelaars van windparken, weersvoorspellingsinstituten en wetenschappers om nieuwe precipitatie-effecten te begrijpen terwijl de groene energie-implementatie toeneemt.

Dr. Jing Sun van TU Delft wil de ondergrond onthullen met behulp van een fysica-gedreven AI-basismodel. De ondergrond is cruciaal voor de energietransitie, maar moeilijk te begrijpen omdat het schatten van de

eigenschappen en structuren van de ondergrond complexe inverse problemen vereist. Deze uitdaging wordt vergroot doordat geofysische metingen onregelmatig gerasterd, incompleet en ruisgevoelig zijn. Al 'foundation models' (FM's) hebben al veel potentie getoond in verschillende onderzoeksvelden. Echter, significante vooruitgang in de aardwetenschappen blijft uit door gebrek aan interpreteerbaarheid en betrouwbaarheid veroorzaakt door de datagedreven aard van FM's. Dit project ontwikkelt een betrouwbaar FM, waarin fysische wetten en principes geïntegreerd zijn, zodat geofysische inverse problemen opgelost kunnen worden en daarmee ons begrip van de ondergrond verbetert.

Dr. Lu Zhou van Universiteit Utrecht wil het geheim van het Antarctisch zee-ijs ontrafelen door AI en geostatistiek te combineren om de invloed van sneeuw te doorgronden. Het Antarctische zee-ijs heeft de afgelopen jaren herhaaldelijk recordlage niveaus bereikt, wat zorgen oproept over de gevolgen hiervan op mondiale klimaatsystemen. Onderzoekers combineren traditionele geostatistische methoden met kunstmatige intelligentie (AI) om satellietgegevens en veldmetingen samen te brengen en zo nauwkeurige kaarten van de sneeuwbedekking over het zee-ijs te creëren. Dit project draagt bij aan een beter begrip van de veranderingen in het poolklimaat en onthullen hoe het smelten van Antarctisch zee-ijs oceaanstromingen, weerspatronen en mariene ecosystemen wereldwijd beïnvloedt.

NWO/De redactie

. kngmg leden

Nieuwe leden

B. Bruijn
F. van Dam
M. Felder

4 oktober

Landelijke lezingendag LGVA: Massa-extincties, de een zijn dood is de ander zijn brood. Lezingen door Jan Smit, Appy Sluijs, Paul Hille, Bas van de Schootbrugge en Eric Mulder. 9.30-16.05. LVGA-leden met onbeperkt lidmaatschap en KNAG-leden: € 5,-. LVGA jeugdwerkgroep en LVGA juniorleden hebben gratis toegang. Studenten geologie / earthsciences / aardwetenschappen betalen op vertoon van hun collegekaart alleen 5 euro. Leden met een beperkt lidmaatschap en Niet-leden betalen € 20,-. Aanmelden via: lvga.lezingendagen@geologie.nu

14 oktober

Landelijk evenement 'Earth Sciences for All (ESFA)' door de 'Equality, Diversity and Inclusion Committee' van de Afdeling Aardwetenschappen van de VU Amsterdam. Tijdens dit evenement worden een aantal thema's aangesneden die de toegankelijkheid en inclusiviteit van het werkveld belichten. Het doel van dit evenement is om bewustwording te creëren voor hoe het werkveld in Nederland te werk gaat, maar ook welke impact je als individu kunt hebben om het werkveld toegankelijk en inclusief te maken. Programma: 09:30 - 10:00: Welkom. 10:00 - 10:15: Introductie. 10:15 - 11:00: Keynote: 'Decolonizing Earth & Environmental sciences'. 11:00 - 11:30: Coffee Break. 11:30 - 12:30: Paneldiscussie: 'How to engage people in EDI?'. 12:30 - 14:00: Vegan lunch. 14:00 - 14:45: Workshops: 'Fieldwork safety' en 'Intersectionality'. 14:45 - 15:00: Coffee Break. 15:00 - 16:30: EDI game in samenwerking met het Landelijk Netwerk voor Vrouwelijke Hoogleraren. 16:30 - 18:00: Borrel/Drinks. Locatie: Kauwgomballenfabriek Social Impact Factory in Amsterdam. Aanmelden via edi.earth.sciences.beta@vu.nl. Het evenement is toegankelijk voor iedereen binnen de Aarde- en milieuwetenschappen, vanuit alle werkvelden (commercieel en publiek). Entree is gratis voor studenten.



**Geo.brief is de nieuwsbrief van
KNGMG en NWO
49e jaargang, nummer 6, september 2025**

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 / Ad van der Spek (hoofdredacteur), Martine Zeijlstra (eindredactie), Wenche Asyee, Mieke Kusters, Sytze van Heteren, Bernard Westerop / e-mail: geobrief@kngmg.nl

Vormgeving / Harry Harsema, Uitgeverij Blauwdruk, Arthur Koolkwartier 19, 6711 VH Ede. Tel. 0318 784730 / e-mail: harry@uitgeverijblauwdruk.nl. Lithografie / Hans Dijkstra, GAW ontwerp+communicatie.

Druk / Drukkerij Modern, Bennekom
Aandragen kopij / verschijningsdata 2025 onder voorbehoud: nr 7: 3-10 / 7-11; nr 8: 14-11 / 19-12.

Hoofdbestuur KNGMG / Denise Maljers (voorzitter), Annemieke van den Beukel (penningmeester), Noortje Versteijlen (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 / m.klaver@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.



Scan de
QR code en
word lid van
KNGMG

**De liftboat L/B Robert staat
hoog boven het water op
haar uitgeschoven poten.**

Foto: Jez Everest/
ECORD:IODP3_NSF

