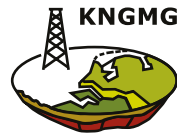


Geo.brief is de nieuwsbrief
van KNGMG en NWO-ENW
Tweeënveertigste jaargang
nummer 8, december 2017

8

Geo brief



KNGMG symposium: The Science behind the Groningen Gas Field

Geodynamisch onderzoek over de Andes en de Himalaya

Edelgassen in diamant

NJG special: Induced seismicity in the Groningen gas field

Metamorfosen

Ovidius (43 v.Chr.–17 na Chr.) vertelt in zijn verhalen Metamorfosen over de dramatische gedaantewisselingen die door hem beschreven sterfelingen en goden ondergaan. In de petrologie en mineralogie gebruiken we die term voor chemische reacties en faseovergangen onder invloed van temperatuur en druk. M.C.

Escher (1898–1972), de halfbroer van de Leidse geoloog B.G. Escher, werd bij het grote publiek bekend om zijn kunstzinnige verbeelding van metamorfosen. Zijn gravures verbeelden onmogelijke constructies, studies van oneindigheid en in elkaar passende meetkundige vlakverdelingen die geleidelijk in verschillende vormen veranderen (aldus Wikipedia). Pas in de jaren vijftig van de vorige eeuw kreeg Escher wereldwijd erkenning als kunstenaar. Kristallografen en wiskundigen ontdekten in zijn werk symmetrieën en thema's uit hun vakgebieden. In mijn studententijd waren posters met afbeeldingen van zijn werk erg populair. Verandering en herschikking is van alle tijden. Op het gebied van de energie, waar ons genootschap vanaf het begin zo nauw mee verbonden is, tekent zich een duidelijke metamorfose af: niets blijft hetzelfde. Niet alleen technieken, maar ook het gedrag van gebruikers van energie, hun relaties met de omgeving, de business modellen en de sociale structuren veranderen wereldwijd. Eind 19^e eeuw verving de auto het vervoer met paarden, waarmee een voorspelde mestramp werd voorkomen. Alle straten van Londen zouden binnen 50 jaar bedolven zijn onder een laag van 3 meter paardenmest, zo werd voorspeld in 1894. Van meer recente datum is de maatschappelijke metamorfose als gevolg van de introductie van de mobiele telefoon. Ik kan mij geen dag meer voorstellen zonder m'n smartphone: m'n betaalmiddel, m'n spoorboekje, m'n vliegtuigticket, m'n muziek en m'n Whatsapp. Niemand heeft dat in het jaar 2000 kunnen verwachten.

We zijn ons er inmiddels bewust van dat het moeilijk is om de toekomst te voorspellen, momenteel geldt dat met name voor de energiesector.

Technische veranderingen lokken nieuw gedrag uit en het nieuwe gedrag lokt weer technische en sociale innovaties uit. Hoe deze metamorfose in ons land en de rest van de wereld zal verlopen, hangt af van allerlei factoren, zoals de technologische vooruitgang en de acceptatie van burgers en bedrijven van al dat schone nieuws. Goed en sturend overheidsbeleid helpt bij een snelle en efficiënte overstap, die bovendien goed is voor onze economie. In de informatietechnologie heeft Nederland internationaal een uitstekende positie verworven. Mede door ons open handelssysteem, de goede infrastructuur, onze kennispositie en ons aanpassingsvermogen behoren wij tot de voorlopers. Voor ons in Nederland is het van groot belang ook de energietransitie goed aan te pakken. Onze economie is, meer nog dan die van andere landen, afhankelijk van fossiele brandstoffen. De productie van gas, de olie-industrie en de energie-intensieve industrie nemen hier nog steeds een belangrijke plaats in. Omdat wij minder gas winnen, neemt de bedrijvigheid rondom fossiel onvermijdelijk af. Voorlopers in deze metamorfose helpt. Hierover is onlangs het TNO rapport 'De metamorfose van de energievoorziening' geschreven.¹ Veranderingen in de energievoorziening zijn ingezet en helemaal niet duidelijk is of, hoe en wanneer deze stabiliseert. Ik heb zo het idee dat ook M.C. Escher bij de eerste schetsen voor zijn etsen nog niet exact wist wat het eindproduct zou zijn. In het laatste deel van Metamorfosen geeft Ovidius een filosofische onderbouwing: Pythagoras preekt de leer van eeuwige verandering. Alles in de kosmos is voortdurend in beweging, niets blijft gelijk. Onze energie verschijnt in andere gedaanten, en de rol van de aardwetenschapper en het KNGMG verandert mee. Een goed 2018!

Lucia van Geuns

¹ <https://time.tno.nl/nl/artikelen/innovaties-drijvende-kracht-achter-de-energietransitie/>



The Science behind the Groningen Gas Field

Symposium on seismicity induced by gas production from the Groningen Field

Date: Thursday, 1 February 2018

Location: TUDelft - CITG - Hall A, Stevinweg 1, Delft

Program

- 12:00 hrs Registration with lunch
- 12:45 hrs Opening and welcome by Chair of the Day
- 13:00 hrs The Groningen gas field in the Dutch Society
Opening speech Ministry of Economic Affairs and Climate
- 13:20 hrs Geology of the Groningen Field
Rien Herber, professor Geo-energy Rijksuniversiteit Groningen
- 13:50 hrs Measuring seismicity in the Groningen Field
Bernard Dost, Strategic Business manager KNMI
- 14:20 hrs Regulation and monitoring in Groningen
Annemarie Muntendam, Senior Specialised Inspector SodM
- 14:50 hrs Break with coffee/tea
- 15:20 hrs Hazard and Risk assessment studies, Groningen Field
Jan van Elk, Development Lead Groningen Asset NAM
- 15:50 hrs Induced seismicity in the Groningen Field – Further studies
Jan-Dirk Jansen, professor Reservoir Systems and Control TUDelft
- 16:20 hrs Spoken column
- 16:30 hrs Discussion:
"Science meets Society – How to communicate complex issues?"
Panellist a.o.: Ipo Ritsema (KEM/Deltares), Karin van Thienen-Visser (TNO), Berend Scheffers (EBN)
- 17:30 hrs Drinks & Networking

Participation fee:

Members: Euro 20 (SPE, KIVI, KNGMG, PGK)

Non-members: Euro 50

Students: Euro 10

Pre-registration obligatory via pgknet.nl/Groningen2018

Please note that there are limited seats available, 'first come first serve'

van de redactie

Voor u ligt de laatste Geo.brief van 2017, de laatste ook in deze opzet. In 2018 verschijnt de Geo.brief in vernieuwde vorm, waarin de artikelen en de foto's nog beter tot hun recht komen. Bedankt aan allen die het afgelopen jaar een bijdrage hebben geleverd. Fijne feestdagen en tot in 2018.

De redactie

Een nieuwe uitdaging

Na ruim vijftien jaar eindredacteurschap heb ik besloten om te stoppen met de Geo.brief. Redactievergaderingen, onderwerpen aandragen, auteurs vragen, contacten onderhouden, zelf schrijven en samen met Jeroen, de vormgever, elke keer weer een mooi nummer maken, wordt vanaf het eerste nummer van 2018 de verantwoordelijkheid van iemand anders.

Ik heb dit werk met bijzonder veel genoegen gedaan. Er zullen weinig mensen zijn die de kans gekregen hebben om bij de universiteit of in de industrie aardwetenschappers te spreken die je haarfijn uitleggen wat hun vakgebied inhoudt, wat hun onderzoek precies beoogt en wat hun ambities op de langere termijn zijn. Net zo leuk is het om de winnaars van de Escherprijs te interviewen; jonge mensen die vaak net aan een promotie begonnen zijn en nog aan het begin van hun carrière staan.

Ik ben er achter gekomen dat eigenlijk alle disciplines binnen de aardwetenschappen boeiende verhalen en mooi onderzoek te bieden hebben. Had ik tijdens mij studie ertskunde (VU) bitter weinig ontzag voor het ondiepe deel van het aardoppervlak; ik weet nu dat de ontwikkeling van het Holoceen zeker voor Nederland geweldig onderzoek heeft opgeleverd. En wat ik nooit had durven dromen, ik ben zelfs de charme van statistiek in gaan zien. Voor mij was statistiek vergelijkbaar met spruitjes: principieel

verwerpelijk. Dat vind ik nog steeds van spruitjes, maar voor de macht van statistiek heb ik ontzag gekregen.

Een van de interviews waar ik de beste herinneringen aan heb was dat met Peter Westbroek (Geobiochemie, Leiden) en Dirk Beets (Sedimentologie, UvA), bij mij thuis met zijn drieën om de grote tafel. Beiden hadden dat jaar (2002) de Van Waterschoot van der Grachtpenning gekregen. Twee mannen met twee totaal verschillende vakgebieden en een totaal verschillende benadering van hun werk – de een in het laboratorium en meer filosofisch, de ander praktisch gericht en het liefste baggerend door de klei. Maar met een groot respect voor de visie en het onderzoek van de ander en met waardering voor het vakgebied waarin ze terecht gekomen waren.

Mijn mooiste omslag van alle Geo. brieven is die met de duinen van West-Nederland na een storm (2008, nr. 4). De foto was net iets te klein om mooi te passen en Jeroen had dat opgelost door enkele reepjes foto op de achterkant te dubbelen en aan de originele foto vast te plakken. Dat zou niemand opgevallen zijn, ware het niet dat Jeroen precies die ene breuk op de foto gedubbeld had en dat werd minder gewaardeerd door geologen die daar onderzoek gedaan hadden. Op een heel andere manier was de omslagfoto van een Spaans landschap ook geweldig. De echtgenote van de fotograaf (een geoloog van de UU) stond vormgeef-technisch op een voor ons onhandige plek op de foto. Ik heb gevraagd of we de echtgenote al fotoshoppend mochten weggummen, maar dat mocht niet. We hebben een nieuwe foto gekregen.

Helaas gaat niet altijd alles goed. Ik heb dingen verkeerd begrepen en daarom verkeerd opgeschreven, namen verkeerd gespeld (nogmaals excuses), onderschriften bij foto's omgewisseld, mensen ongewild op hun tenen getrapt. Als redactie is het woekeren met de ruimte als er op het laatste moment onverwacht stukken binnenkomen die er absoluut in moeten. Dat betekent auteurs teleurstellen die gevraagd waren voor dat specifieke nummer en dat is een

vervelende boodschap. Soms hadden we tekort aan kopij – de eerste twee nazomerse nummers zijn notoire lastpakken – en dan was de week voor de vormgeving overvol om de gaten te vullen met interessante stukken. Ik ben de mensen op wie ik in noodgevallen terug kon vallen heel dankbaar. Een mailtje en per kerende post kreeg ik mooie foto's met een boeiend verslag van een reis of een tentoonstelling.

Leeg zullen mijn dagen niet worden de komende tijd. Ik ben al jaren geïnteresseerd in het ontstaan van het Boertangermoor in Drenthe en Groningen. Het hele hoogveengebied heb ik – met hulp van Jakob Wallinga en Roy van Beek van Wageningen Universiteit – weten in te perken tot ijzeroer in hoogveen. Dat onderwerp is groot genoeg, met geologische vragen over de vorming, mineralogie en hydrologie van de ijzerafzettingen, en mogelijke invloed op de groei van het veen. Maar ook archeologische vragen of ijzeroer in de Prehistorie al gewonnen werd, of daar nog iets van terug te vinden is, of de prehistorische houten veenpaden die er in gevonden zijn tijdens de turfwinning misschien naar ijzeroerplekken leidden. Ik hoop hierop te promoveren. Maar mijn eerste taak zal bestaan uit het schrijven van een degelijk onderzoeksvoorstel. Zo mooi als W.F. Anderson het schrijft in zijn artikel uit 1962 over de winning van ijzeroer bij het Schoonebekerdiep zal mij niet lukken, maar ik ga mijn best doen.

"Zeer stil is het hier. De lucht is grijs, de zon houdt zich schuil en er hangt een fijne nevel. Toch kunnen we aan de overkant op Duits gebied het aardige kerktoertje van Rühler-twist nog goed tussen een warrig geboomtewaas onderscheiden. Als we naar het westen zien markeren twee zwarte paardensilhouetten de grauwe verlatenheid van deze kille dreeven. De grazende muilen bewegen zich loom knabbelend en mummelend langs de bevroren bodem om het gras nog korter te scheren dan het reeds is."

Aukjen Nauta



Het doolhof van Leeds Castle, Maidstone, Groot-Brittannië.



De Cordillera Real in Bolivia met bergtoppen boven de 6 km, gelegen aan de oostelijke rand van de Altiplano, een hoogvlakte in de Centrale Andes, die 4 km boven zeeniveau ligt. De foto is gemaakt vanaf de Altiplano. | Foto: N.A.M. Schellart

Bewonderenswaardige Bergen Bouwen: Hoe doe je dat?

Geodynamisch onderzoek over de Andes en de Himalaya

Duizenden jaren al zijn mensen gefascineerd door bergen. Ruim 200 jaar geleden begonnen de eerste geologen gesteenten en structuren in diverse bergketens, zoals de Alpen, Himalaya en Andes, in kaart te brengen, om deze bergen beter te begrijpen. De afgelopen decennia hebben aardwetenschappers steeds meer gebruik gemaakt van zowel analoge als numerieke geodynamische modellen om gebergtevorming te simuleren en de aandrijfkrachten te doorgronden.

Mogelijk de eerste wetenschappelijke theorie om de oorsprong van gebergten te verklaren is de 'contracting Earth theory', waarbij horizontale verkorting in de korst wordt veroorzaakt door planetaire afkoeling. Deze theorie werd honderden jaren geleden ontwikkeld door filosofen, waaronder Descartes die zijn versie van de theorie beschreef in het boek "Principia Philosophiae". In de late 18^e en 19^e eeuw begonnen wetenschappers als De Sausurre, Hutton en Suess gebergten zoals de Alpen geologisch in kaart te brengen, wat resulteerde in bewijs voor grootschalige horizontale verkorting van de korst door plooïing en opschuivingen. De belangrijke implicatie was dat deze structuren, alsmede de bergen waarin ze voorkomen, zijn gevormd door grootschalige horizontale compressieve krachten. Tegelijkertijd werden deze ideeën onderzocht en getest door middel van analoge laboratoriumexperimenten, o.a. door J. Hall en A. Favre. Sommigen verbonden de horizontale verkorting met Aarde-contractie, maar aan het einde van de 19e eeuw begonnen de meeste geologen deze verklaring in twijfel te trekken.

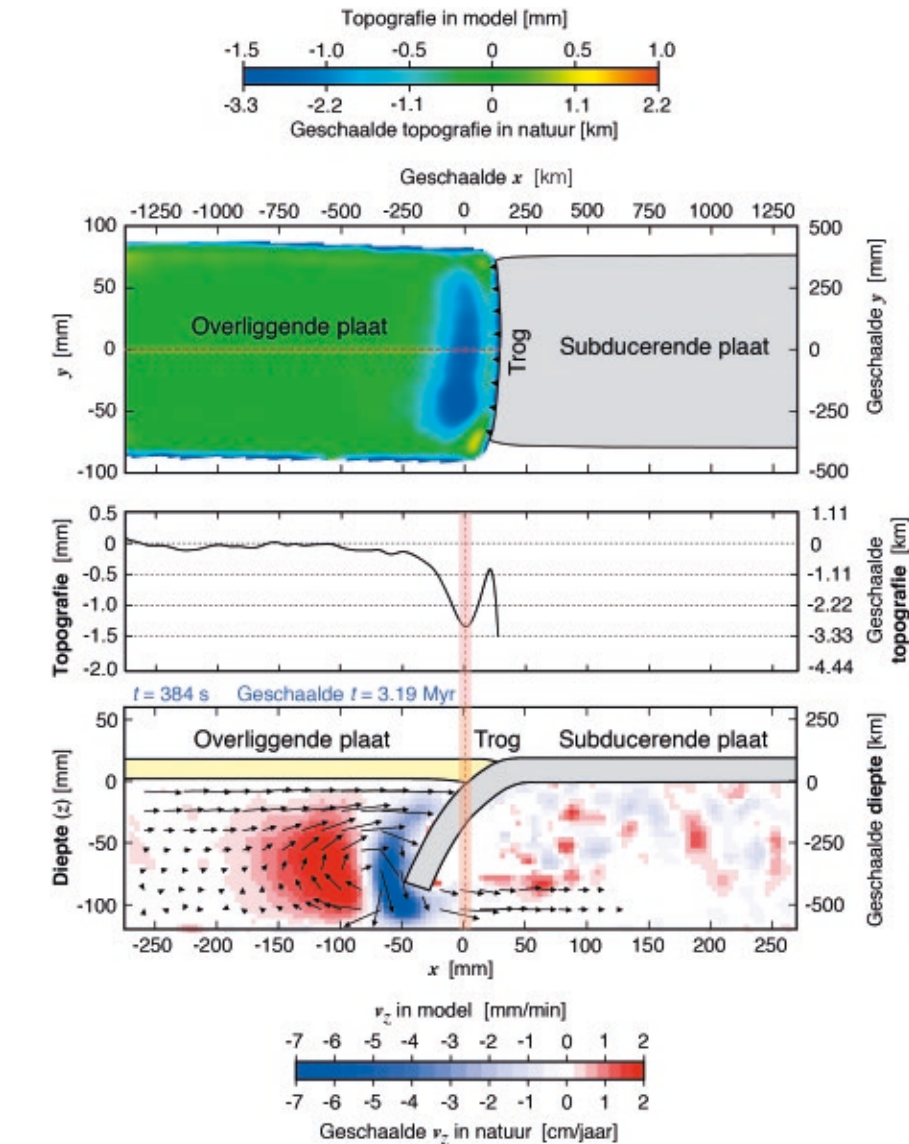
Aan het begin van de 20^e eeuw kwam Alfred Wegener met zijn 'Theory of continental drift'. Deze bood een nieuw kader om diverse geologische observaties te verklaren, waaronder de oorsprong van plooïen en opschuivingen in gebergten. Toen Arthur Holmes in 1928 voorstelde dat continentale drift kan worden aangedreven door mantelconvectiestromingen in het binnenste van de aarde, voegden anderen, waaronder Vening Meinesz, toe dat zulke stromingen ook verantwoordelijk kunnen zijn voor orogenese, plooïing en opschuivingen van korstgesteenten. In de jaren 60 van de vorige eeuw werd de theorie van de plaattektoniek ontwikkeld, waarbij gebergten zoals de Alpen, Himalaya en Andes in een plaattektonisch kader werden geïnterpreteerd. Hieruit bleek dat deze bergen, en hun structuren, zich vormen op convergente plaatgrenzen.

Vici-project

De theorie van de plaattektoniek heeft een enorme voorspellende kracht en biedt tevens een algemeen tektonisch kader voor orogenese. Het blijft echter fundamenteel onbekend welke krachten verantwoordelijk zijn voor de subductie-orogenese van de Andes sinds het midden-Krijt en voor gebergtevorming in de Himalaya sinds het Eoceen. Met het door NWO gefinancierde Vici-project 'Bewonderenswaardige Bergen Bouwen' dat ik op de Vrije Universiteit Amsterdam uitvoer, ben ik druk in de weer om deze fundamenteel wetenschappelijke vraag te beantwoorden.

Raadselachtig gebergte

De Andes ligt aan de westrand van de Zuid-Amerikaanse plaat en is het langste gebergte



Analoog model van progressieve subductie- en mantelstromingen in een 3D-ruimte, waarbij mantelstromingen en de oppervlakte-topografie van de overliggende plaat worden gemeten. Bovenste paneel: bovenaanzicht van subductiemodel met topografie in overliggende plaat. Middelste paneel: topografisch profiel door het midden van de overliggende plaat (rode stippellijn in bovenste paneel). Onderste paneel: zijaanzicht van de stroming in de mantel onder het centrum van de overliggende plaat. Experiment is afkomstig van Chen et al. (2017).

ter wereld. Het is zo'n 7500 km lang, en strekt zich uit van Colombia in het noorden tot Patagonië in het zuiden. Het gebergte bevindt zich bij een subductiezone waar de oceanische Nazca plaat (en eerder de Farallon plaat) wegduikt naar het oosten onder het Zuid-Amerikaanse continent. Deze tektonische setting voor de Andes is uitzonderlijk, en boeit mij al jaren, omdat de meeste subductiezones worden gekarakteriseerd door een lage topografie (bijvoorbeeld Indonesië) of een klein oceaانبekken ('backarc basin', o.a. Noord-Fiji bekken, Egeïsche Zee), en niet door een gigantisch gebergte. Er zijn diverse andere aspecten aan de Andes die uniek en fascinerend zijn, zoals de maximale verkorting en korstdikte

in de Centrale Andes, die afneemt naar het noorden en zuiden; het allergrootste hoogteverschil ter wereld (van -7000 m in de trog tot meer dan 6000 m hoge bergen) in de Centrale Andes, maar een veel lager hoogteverschil in het noorden en zuiden; de oostwaartse beweging van de vulkanische boog; en gebieden met zogenaamde 'flat-slab subduction', waar de onderduikende plaat zich over een afstand van meerdere honderden kilometers horizontaal onder de overliggende plaat uitstrekt. Bovendien is een belangrijke observatie ten aanzien van de Andes dat verkorting begon in het midden-Krijt, maar dat de subductie reeds actief was sinds begin Jura, zo'n 200 miljoen jaar geleden, en dat de verkorting werd

Over de auteur

In de jaren '90 studeerde Wouter Schellart Natuurkunde op de UvA en Geologie en Tektoniek op de VU. In 1999 vertrok hij naar Melbourne, Australië, voor een PhD onderzoek bij Gordon Lister en Mark Jessell op Monash University, dat zich richtte op het geodynamisch modelleren van subductie en "backarc extension". Na zijn PhD afgerond te hebben bleef hij in Australië om zijn geodynamisch onderzoek van subductie zones verder te verdiepen met behulp van research fellowships bij de Research School of Earth Sciences van The Australian National University in Canberra en de School of Earth, Atmosphere and Environment op Monash University in Melbourne. In 2016 keerde hij terug naar Nederland om een nieuwe onderzoeks- en onderwijs stroming in de Geodynamica en Tektoniek op te zetten aan de Vrije Universiteit Amsterdam, en een nieuw geodynamisch laboratorium, het Kuenen-Escher Geodynamics Laboratory (kortweg KEG lab), te ontwikkelen. Het KEG Lab is gebouwd voor het doen van geschaalde experimenten van diverse processen waaronder subductie, mantel convectie en continentale deformatie. Begin 2017 ontving Wouter Schellart een Vici-beurs van NWO voor het onderzoeksvoorstel 'Bewonderenswaardige Bergen Bouwen', dat zich richt op het ontwikkelen van geodynamische modellen om het aandrijfmechanisme en de evolutie van de allergrootste gebergten ter wereld, de Andes en de Himalaya, te doorgronden.

voorafgegaan door extensie in Jura en Vroeg-Krijt.

De Himalaya en Oost-Azië

De Himalaya vormt het hoogste gebergte ter wereld met toppen boven de 8 km, en het aangrenzende Tibetaanse plateau is het hoogste plateau ter wereld met een gemiddelde hoogte van 5 km boven zeeniveau. Dat het Himalaya-Tibetgebergte te maken heeft met de convergentie en botsing van twee continenten, India en Eurazië, is reeds decennia bekend. Tevens is bekend dat de regio gigantische korstverkortingen heeft ondergaan, met schattingen die liggen tussen de 1000 en 1800 km. Wat echter niet bekend is, is waarom de convergentie tussen de twee continenten, alsmede de deformatie in het gebergte, nog steeds actief zijn, lang nadat de continentale botsing zo'n 50 miljoen jaar geleden begon. Tevens is het een raadsel wat de drijfkraft is achter deze langdurige orogenese, en waarom niet alleen de Himalaya en Tibet zijn gedeformeerd, maar ook een gigantisch deel van Oost-Azië, van de zee van Okhotsk in het noorden tot en met Indonesië in het zuiden.

Modelleren

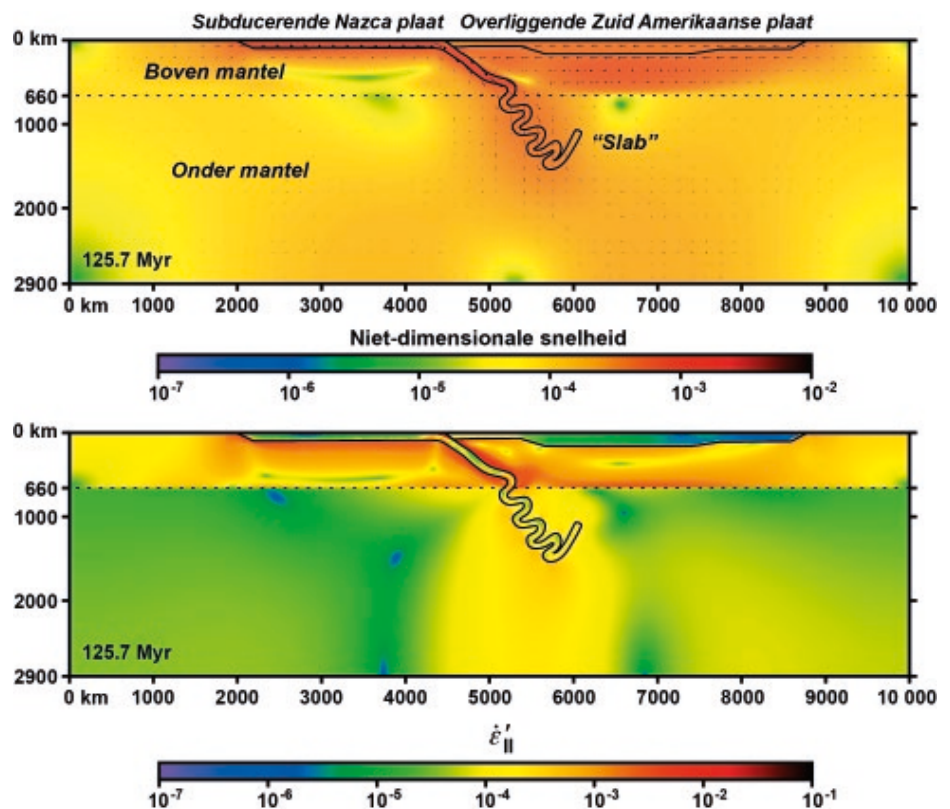
In het Vici-project zal gebruik gemaakt worden van twee modelleertechnieken: analoog modelleren (in het lab) en numeriek modelleren (op (super)computers). Deze twee technieken zijn complementair en bieden de mogelijkheid om diverse geologische processen te kwantificeren en te doorgronden. Onder de diverse krachten van geodynamisch modelleren kunnen worden gerekend de mogelijkheid tot het bieden van een vierdimensionaal (3D ruimte + tijd) plaatje van een bepaald geologisch proces,

en complexe systemen zijn, die door de tijd veranderen in zowel geometrie, kinematica en dynamica.

Analoog

Bij analoog modelleren wordt gebruik gemaakt van laboratoriumexperimenten in bakken tot enkele meters groot. Verschillende materialen worden gebruikt met verschillende materiaaleigenschappen, zoals viskeuze (bijvoorbeeld siliconen en glucosesiroop), visco-plastische (bijvoorbeeld was en parafine) en brosse materialen (granulaire materialen zoals zand en glasbolletjes) die de eigenschappen van gesteenten onder verschillende druk en temperatuur nabootsen. De analoge experimenten zullen plaatsvinden in het Kuenen-Escher Geodynamics Laboratory, een nieuw opgezet laboratorium op de Vrije Universiteit, en zullen worden opgenomen en geanalyseerd door middel van een geavanceerd 'Particle Image Velocimetry' systeem (PIV-systeem). Met zo'n PIV-systeem is het mogelijk om tegelijkertijd zowel de stromingspatronen in een vloeistof (bijvoorbeeld in de analoge mantel), alsook de deformatie (bijvoorbeeld in de analoge tektonische platen) en de topografie aan het oppervlak te meten en te kwantificeren. Met een dergelijk systeem wordt het dus mogelijk om bijvoorbeeld bij een analoog model van de Zuid-Amerikaanse sub-

de mogelijkheid voor kwantitatief parametrisch onderzoek, en het testen of een conceptueel geodynamisch model fysisch plausibel is of niet. Een van de belangrijke dingen die we reeds hebben geleerd van geodynamische modelleren van subductie is dat subductiezones extreem dynamische



Profiel van een numeriek model van progressieve subductie- en mantelstromingen in een 2D-ruimte, waarbij de Zuid-Amerikaanse subductiezone wordt gesimuleerd. Bovenste paneel: niet-dimensionale snelheidsveld; onderste paneel: niet-dimensionale deformatieveld.

ductiezone zowel de mantelstromingen te meten alsmede de deformatie in de analoge Zuid-Amerikaanse plaat en de topografie die zich vormt aan de westrand van de plaat.

Numeriek

De numerieke modellen gebruiken de open source numerieke code Underworld, die door Louis Moresi en collega's is ontwikkeld op Monash University en The University of Melbourne in Melbourne, Australië. Dit is een 'particle-in-cell' eindige-elementencode, die speciaal is ontwikkeld voor het simuleren van de evolutie van grootschalige geodynamische processen in tweedimensionale en driedimensionale ruimtes. De code is gebruikt voor het simuleren van diverse processen waaronder subductie en mantelconvectie, waarbij o.a. snelheidsvelden, deformatievelden en spanningsvelden kunnen worden gekwantificeerd.

Met de numerieke modellen heb ik reeds een aantal interessante bevindingen gedaan over de Andes, waaruit blijkt dat het ontstaan en een aantal unieke aspecten van dit gebergte voornamelijk kunnen worden toegeschreven aan de grootte, diepte en ouderdom van de subductiezone (Schellart, 2017). Potentieel de meest onverwachte uitkomst van deze eerste geodynamische modellen is dat ze ook implicaties hebben voor het debat over de groei en verwoesting van continentale korst op aarde en het totale budget hiervan. Het onderzoek laat zien dat de berekeningen voor het budget van de continentale korst, die leken te wijzen op een stabiel korstvolume in het Fanerozoïcum, onjuist zijn doordat de snelheid van verwoesting van continentale korst bij subductie (door subductie-erosie) ernstig is overschat. De schatting van de subductie-erosie snelheid was gebaseerd op de aanname dat de Zuid-Amerikaanse subductiezone geometrisch onveranderd is gebleven gedurende de afgelopen 200 miljoen jaar, maar het geodynamisch model heeft het tegendeel gedemonstreerd.

Wouter P. Schellart
w.p.schellart@vu.nl

Literatuur

Chen, Z., W. P. Schellart, J. C. Duarte, and V. Strak, 2017. Topography of the overriding plate during progressive subduction: A dynamic model to explain forearc subsidence, *Geophysical Research Letters*, 44, 9632-9643, doi:10.1002/2017GL074672.
Schellart, W. P., 2017 (in press). Andean mountain building and magmatic arc migration driven by subduction-induced whole mantle flow, *Nature Communications*.

.stukje steen

Onyx

Onyx is een term met verschillende betekenissen. Wij geologen gebruiken het voor gebande chalcedoon, de steenhandel voor gebande, doorschijnende 'marmers'. Dit zijn geen echte, metamorfe marmers maar gebande afzettingen van calciëet of aragoniet neergeslagen uit water, met andere woorden een variant op travertijn. Het is het alabaster van de Antieken, ook weer een verwarrende naam, aangezien albast geologisch per definitie uit gips bestaat. De naam zou terug gaan op de antieke winningslocatie Alabastron in Egypte. Ter 'verduidelijk' wordt dan van calciëetabast gesproken. De onyx marmers vertonen vaak een gebande structuur van wit-beige tot geel-bruin (door de aanwezigheid van ijzer(hydr)oxides) in allerlei gekromde patronen. Het materiaal kent een lange traditie als siersteen, net als witte en gekleurde marmers. Vaak gaat het om bijvoorbeeld inlegsteen (lastra) in wandbekledingen of tafelbladen, meestal in kleine hoeveelheden. Spectaculair zijn de

toepassingen als vensters, in plaats van glas. Gezaagd in dunne platen komt het doorschijnende karakter goed tot zijn recht. Middeleeuws Italië (Ravenna, Orvieto) kent verschillende toepassingen, maar moderne toepassingen zijn er ook. Een fraai voorbeeld is te vinden in St. Jan bij de Latijnse Poort in Rome, één van de vroeg-christelijke basilieken van de stad, gesticht tijdens paus Gelasius I (492-496). De kerk is in de 8e eeuw hersteld door paus Adriaan I (772-795) en eind 12e eeuw door paus Celestinus III (1191-1198) tot basiliek verheven. Bij de restauratie in 1940-1941 werden latere barokke toevoegingen weer verwijderd en de kerk terug gerestaureerd tot zijn 12e eeuwse vorm. Hierbij kreeg de zeszijdige koorabsis ook zijn huidige onyx vensters. In de ochtendzon komen ze bij uitstek tot hun recht.

Timo G. Nijland & Wim Dubelaar



Foto: Timo G. Nijland

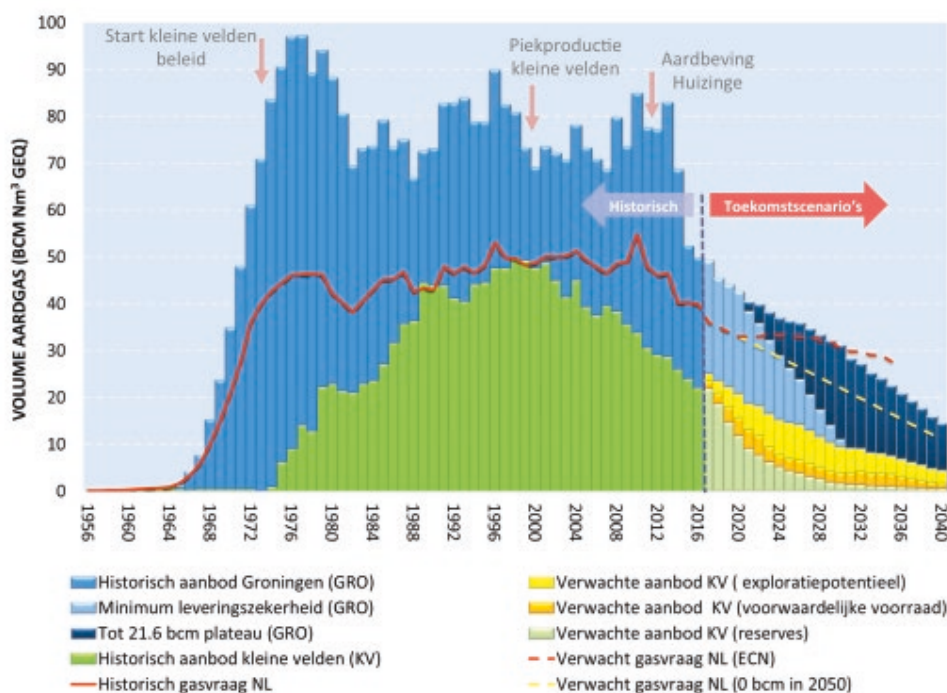
De verander(en)de rol van aardgas in Nederland

Wat is de veranderende rol van aardgas in Nederland, gezien vanuit de gevolgen van de aardbevingen in Groningen en de noodzaak om de energietransitie sneller te laten verlopen?

De situatie in Groningen brengt voor de binnenlandse gasmarkt grote technische, economische en maatschappelijke uitdagingen met zich mee. Ondanks de onrust over Groningen lijkt voor Nederlandse huishoudens, kleine bedrijven en glastuinbouw de leveringszekerheid nauwelijks in gevaar te zijn geweest als gevolg van de afname van de aardgasproductie. Er zijn tot nog toe ook geen tekenen geweest van een bedreiging van de nationale en Noordwest-Europese leveringszekerheid. Maar een verdere afname van de nationale productie zal het aanbod in Nederland voor het eerst in de aardgas-historie onder het niveau van de voorzieningszekerheid uit laten komen. Mochten de reductie van aardgasvraag en de duurzaamheidsdoelen op korte termijn niet haalbaar zijn, dan zal de leveringszekerheid moeten worden gewaarborgd door import vanuit de internationale aardgasmarkt (LNG, gas via pijpleidingen uit Rusland en Noorwegen).

Aardgas en de Nederlandse economie

Het Groningenveld heeft een unieke en waardevolle impact gehad op de Nederlandse economie. Na de ontdekking van het Groningen aardgasveld in 1959, het grootste gasveld in West-Europa, is Nederland meer dan een halve eeuw zelfvoorzienend geweest met deze energiebron. Groningen heeft tot en met 2016 ongeveer 2170 miljard kubieke meter geproduceerd, anderhalf keer de productie uit kleinere gasvelden in Nederland (1430 miljard kubieke meter). Het veld heeft enorme inkomsten gegenereerd, die ten tijde van de ontdekking nooit voor mogelijk zijn gehouden. Vanaf 1965 tot aan 2016 heeft de aardgasproductie in Nederland in totaal 281 miljard euro opgeleverd voor de schatkist.



Historie en mogelijke toekomst van het aanbod van binnenlands geproduceerd aardgas en de vraag naar aardgas in Nederland. | Bron: TNO, 2017

In de afgelopen 10 jaar is de gemiddelde jaaromvang van de gasbaten ongeveer 12 miljard euro geweest. Echter, na 2015 is dit bedrag door de gereduceerde gasproductie uit het Groningenveld, in combinatie met lagere aardgasrijzen, sterk afgenomen naar ongeveer 3 miljard euro. Ondanks deze aanzienlijke daling is het ontstane gat op de Rijksbegroting opgevangen. In 2013 bedroeg de totale begroting van Nederland 247,4 miljard euro, waarvan 4,85% werd gedragen door de gasbaten. In 2017, ondanks een verlies aan inkomsten, is de begroting gegroeid naar 263,1 miljard euro. De gasbaten dragen momenteel voor minder dan 1% bij aan de Rijksbegroting.

Productiebeleid

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) produceert aardgas uit het Groningenveld sinds 1963. Gedurende de eerste tien jaar dat het Groningenveld gas leverde, ging de productie in een snel stijgend tempo

omhoog. In die tijd heerste de gedachte dat kernenergie een grote rol zou gaan spelen en aardgas snel naar de achtergrond zou verdwijnen. De oliecrisis van 1973 zorgde echter voor een ommeezwaai. De exploratie en productie van aardgas uit de kleinere gasvelden in Nederland kreeg voorrang ('kleine velden beleid'). Het idee hierachter was om het Groningen aardgas zoveel mogelijk te sparen zodat dit als strategische voorraad kon dienen. Deze productiestrategie heeft gewerkt, totdat als gevolg van de onomkeerbaar teruglopende productie van de kleine velden (ruwweg vanaf het jaar 2000) Groningen meer gas is gaan produceren om aan de marktvaart te kunnen blijven voldoen.

Een keerpunt

De aardbeving in Huizinge (M=3,6), in augustus 2012, zorgde voor een keerpunt in het productiebeleid voor het Groningenveld. Het was de krachtigste beving ooit

waargenomen in de provincie Groningen. De aardbeving was de aanleiding tot een breed maatschappelijk debat over de aardgaswinning in de noordelijke provincie. De toegestane maximale productie in Groningen werd vervolgens door oud-minister van Economische Zaken Kamp een aantal keer naar beneden bijgesteld tot het huidige niveau van 21,6 miljard kubieke meter per gasjaar (start op 1 oktober 2017). De laatste beslissing is overigens juridisch aangevochten bij de Raad van State door een groot aantal Groningse gemeenten, de provincie en milieuorganisaties, en tegelijkertijd door de NAM. In november 2017 besloot de Raad van State dat de risico-onderbouwing van het gasbesluit niet voldoende is. De nieuwe minister van Economische Zaken en Klimaat Wiebes krijgt een jaar de tijd om opnieuw te motiveren waarom hij deze hoeveelheid gas wil winnen. Tot die tijd blijft de gasproductie uit het Groningenveld 21,6 miljard kubieke meter per jaar.

Volumeproducent

Het Groningenveld doet nu alleen nog dienst als constante volumeproducent. Variaties en fluctuaties in de productie dienen in verband met het aardbevingsrisico zo veel mogelijk te worden vermeden. De traditionele rollen van balansproducent tussen vraag en aanbod vanuit de kleine velden, en de rol van het afdekken van seizoengebonden variaties in de gasvraag, kan Groningen niet langer vervullen. De benodigde flexibiliteit voor de leveringszekerheid wordt momenteel geleverd door ondergrondse gasopslag, dan wel door middel van stikstofconversie van geïmporteerd of eigen hoogcalorisch naar laagcalorisch gas. Ondanks dat we in Nederland met twee duidelijk verschillende aardgaskwaliteiten te maken hebben (laag- en hoogcalorisch) spreekt men het meest over één type aardgaskwaliteit. Dat komt doordat de grootste Nederlandse aardgasreserves in het Groningenveld laagcalorisch zijn. Om deze reden wordt traditioneel het aanbod van hoogcalorisch aardgas uit de kleine velden naar Groningen-equivalent omgerekend. Hierdoor kan de bulk van het aardgasvolume uit



De sculptuur Gasmolecule of ook wel Het Slochter Molecuul is een vergroting van een molecule van het voornaamste bestanddeel (81,9 %) van aardgas CH₄ (methaan) op een plek slechts enkele tientallen meters verwijderd van de locatie, waar in 1959 voor het eerst aardgas werd gevonden, in Kolham (gemeente Slochteren) in de provincie Groningen. | Bron: NAM

het verwachte aanbod van Groningen en de kleine velden worden vergeleken met de verwachte totale gasvraag in Nederland.

Aardgasvraag

Tot op heden heeft aardgas voor 40% bijgedragen aan de Nederlandse energiebehoefte. Aardgas leverde 50% van de geproduceerde elektriciteit en diende als verwarmingsbron in maar liefst 96% van alle huishoudens. Anders dan dat bij huishoudens het geval is, verbruiken elektriciteitscentrales en industrie vooral hoogcalorisch aardgas. Tot 2013 was de vraag naar aardgas in Nederland gedurende vele tientallen jaren relatief constant; de laatste jaren is een dalende trend zichtbaar. Over de toekomstige ontwikkeling van de vraag naar hoog- en laagcalorisch gas vanuit de verschillende sectoren bestaat onzekerheid, die samenhangt met de onzekerheid over het tempo waarin we er in zullen slagen onze energiehuishouding koolstofarm te maken. Bovendien bestaat er onzekerheid over de beslissingen die de politiek zal nemen over de rol van de aardgas(winning) in de toekomst. In de Energieagenda, die in december 2016 verscheen, stelt het ministerie van Economische Zaken dat in 2050 alle elektriciteit duurzaam zal worden opgewekt. Verwarming van gebouwen gebeurt dan voornamelijk

door aardwarmte en elektriciteit, bedrijven hebben hun productieprocessen aangepast, koken op aardgas is verleden tijd en er rijden vrijwel uitsluitend elektrische auto's in ons land. Om dit te realiseren zet het kabinet in op een drastische vermindering van het gebruik van aardgas door onder meer geen nieuwe gasinfrastructuur meer aan te laten leggen in nieuwbouwwijken en het vervangen van de aansluitplicht door een aansluitrecht op gasinfrastructuur voor verwarming. De vraag naar aardgas in de toekomst zal sterk afhangen van de snelheid van deze energietransitie.

Duidelijk is dat richting de toekomst aardgas van een leidende rol steeds meer een volgende rol zal krijgen in dienst van een groter aandeel hernieuwbare energie. Het beeld dat aardgas standaard als primaire energiebron diende voor Nederlandse huishoudens heeft afgedaan.

Lucia van Geuns
Joaquim Juez-Larré

Bron:
Lucia van Geuns, Joaquim Juez-Larré, Sijbren de Jong, "Van exporteur naar importeur – de verander(en)de rol van aardgas in Nederland" (TNO, augustus 2017)

.geothermie

Warmte uit een breukzone

Glastuinbouwgebied Californië in Noord-Limburg

We horen veel over de geothermische projecten in het Westland bij Den Haag die warmte produceren uit Krijt-sedimenten (een boring naar het Trias in momenteel gaande). Een wat jongere focus van geothermische activiteit, maar uit de veel oudere Carboon-sedimenten – en zelfs een topje van het Devoon – vinden we op de rand van de Peelhorst in Noord-Limburg.

Zo'n vijf jaar geleden begon daar de eerste geothermieboring bij glastuinbouwer Wijnen in glastuinbouwgebied Californië bij Grubbenvorst, net ten noordwesten van Venlo. Inmiddels produceren nu twee geothermische doubletten, Wijnen en Lipzig Gielen, warmte voor zo'n 58 ha aan kasoppervlak met paprika's, tomaten en komkommers.

18 MW aan vermogen uit de Kolenkalk
Sinds eind 2013 produceert Wijnen water van 75 graden Celsius van circa 2100–2600 meter

diepte voor de verwarming van hun kassen. Op het bedrijf van Wijnen zijn drie putten: twee voor de productie van water (CAL-GT-01 en CAL-GT-03) en een voor de injectie (CAL-GT-02), met een vermogen van ongeveer 11 MW. Wijnen bespaart hiermee ongeveer 11 miljoen kubieke meter aardgas per jaar, met een reductie van de CO₂-uitstoot van meer dan 95%.

In 2015 begon Geothermiebedrijf Californië Lipzig Gielen (CLG) met de boringen op een tweede warmteproductielocatie. Sinds

augustus 2017 wordt daar water geproduceerd van zo'n 86 graden Celsius van een diepte van 2584 m voor de verwarming van 26 hectare aan kassen. Het thermische vermogen van deze bron is ruim 7 MW. De totale capaciteit van dit project is voor zo'n 18 MW aan vermogen met plaats en plannen voor de aansluiting van meer glastuinbouwbedrijven in de toekomst.

De twee locaties liggen ongeveer 1,5 km van elkaar op de rand van de Peelhorst en het Venloblok langs de Tegelen breukzone. Het producerend interval heeft een dikte van zo'n 900 m op een diepte van 1600 tot 2650 m en beslaat de Kolenkalk in het Carboon en waarschijnlijk ook een stukje Devoon. De putten zijn als doubletten gedeveerd geboord, met een afstand op diepte van zo'n 1500 m. Het geproduceerde water uit de productieput wordt na afgifte van warmte via een warmtewisselaar weer onder dezelfde druk teruggepompt in de Kolenkalk in de injectieput.



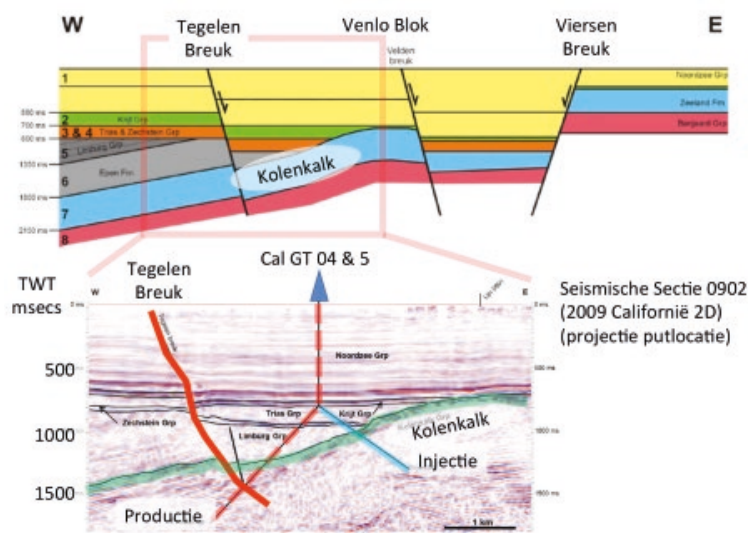
Productieput CLG (Cal GT-04) met project coordinator Radboud Vorage.



Inrichting pomphuis CLG met warmtewisselaars (links) en



Tektonische setting van de geothermische projecten in Californië, Limburg (Geluk et al., 1994)



Geologische en seismische secties CAL-GT-04 en CAL-GT-05, Broothaers Matsen, 2013

Geologie

De Kolenkalk is een afwisseling van voornamelijk kalksteen en in mindere mate klastische sedimenten uit het Onder-Carboon (de Zeeland Formatie, Dinantien). De ondiepmariene dolomitische kalksteen is rijk aan organisch materiaal en zwavelmineralen zoals pyriet, en heeft daarom de donkere kleur waaraan de Kolenkalk haar naam te danken heeft (zie ook Lamers et al., 2012). De CAL-GT-04- en CAL-GT-05-putten hebben naar alle waarschijnlijkheid ook een klastische sequentie in het onderliggende Boven-Devoon aangeboord (de Bosscheveld Formatie).

Hoe ouder het gesteente, des te slechter is meestal de kwaliteit van het reservoir; iets

wat juist zo belangrijk is voor de productie en injectie van water in geothermische projecten. Dan moet je op zoek naar bijvoorbeeld karstzones in zo'n kalksteenpakket. Bij de eerste boring in Californië, put CAL-GT-01, was het direct raak in de top van de Kolenkalk. De put verloor zelfs de complete boorspoeling in deze zone. Slecht nieuws voor de driller, maar goed nieuws voor de geothermie. De afwezigheid van het Boven-Carboon in een deel van het Venloblok wordt verklaard door een tijdshiaat in de stratigrafie waarbij karstificatie heeft kunnen plaatsvinden in de kalksteen. De resultaten van deze put zijn zelfs aangehaald voor de exploratie van olie en gas in het Carboon onder de Noordzee (Jaarsma et al., 2013; Reijmer et al., 2017) "op zoek naar grotten in het Dinantien" als het summum van reservoirkwaliteit.

De tweede put, CAL-GT-02, die verder van de Tegelenbreuk geboord werd op het Venloblok, trof een veel beperktere reservoirsectie aan. De huidige interpretatie is dat het goede resultaat in de eerste put voor een groot deel te danken is aan de breukzone die door de put aangeboord is. Put CAL-GT-03, die ook in de breukzone geboord werd, bevestigde op zijn beurt weer de betere reservoirsectie in deze zone. Uit de beschikbare gegevens was niet duidelijk of de betere reservoir eigenschappen samenhangen met karstificatie of dat ze veroorzaakt worden door barsten en breukjes in de breukzone, mogelijk in samenhang met meer intensievere karstificatie in deze zone. Hoe dan ook, met het idee dat de breukzone belangrijk is, werd de boring van het tweede doublet van CLG gepland. De productieput CAL-GT-04 is specifiek gericht op de Kolenkalk in de breukzone van de Tegelenbreuk; de injectieput ligt op zo'n 1,8 km afstand in

het Venloblok. De resultaten van CAL-GT-04 en CAL-GT-05 ondersteunen de verwachtingen volledig. Het lijkt toch de Tegelen breukzone tussen de Peelhorst en het Venloblok te zijn die de geothermie helpt. De zandige sectie onderin de putten, geïnterpreteerd als de Bosscheveld Formatie (Boven-Devoon) was verantwoordelijk voor de totale verliezen van de boorspoeling in CAL-GT-04 en draagt duidelijk bij aan het succes van de productietest. De zone in de breuk heeft de veel hogere waterproductie die nodig is en dat resulteert in een hoger warmtevermogen van het doublet.

Risico's?

Waterinjectie vindt plaats in putten verder op het horstblok, op zo'n 1800 m afstand van de breukzone, dit om mogelijke breukactivatie te voorkomen. Dat is ook de reden dat op verzoek van het SodM (Staatstoezicht op de Mijnen) er vaste seismografen zijn opgesteld in de omgeving van de twee locaties om de breukzone te monitoren. Bij de aanleg en het in gebruik nemen van het doublet van CLG zijn er geen breukactiviteiten geregistreerd. Moeten we bang zijn voor aardbevingen die door de geothermieputten getriggerd kunnen worden?

De Tegelen breuk is een onderdeel van de Roerdalslenk in de ondergrond van Nederland, België en Duitsland. Deze slenk is nog steeds actief en bewegingen langs de begrenzendende breuken lijken voornamelijk geleidelijk te zijn. De laatste grotere aardbevingen waren die van 1932 bij het Brabantse Uden en de sterke aardbeving van 1992 bij Roermond; beide langs de Peelrandbreuk aan de zuidwestzijde van de Peelhorst. Het continu monitoren van beide aardwarmteprojecten is dus een goede voorzorgsmaatregel. Het blijft immers een afweging van



filters (rechts). | Foto: Radboud Vorage

risico's en kansen, waarbij veiligheid voorop moet staan. Laten we ook niet vergeten dat een aardbeving, getriggerd door een

geothermische put, de toepassing van geothermie in Nederland behoorlijk zou kunnen remmen. Daarbij moet ook aangetekend

worden dat ook zonder aardwarmteprojecten er zich seismische activiteiten in de ondergrond zullen voordoen.

Dat het goed zonder grote problemen kan verlopen, zien we bij de grote geothermische projecten die een deel van de miljoenenstad München in Duitsland van warmte voorzien. Hier zijn ook breuksystemen in kalksteen het specifieke doel van geothermische putten vanwege de hogere waterproductie in de breukzones.

Jan Schreurs

Met dank aan Radboud Vorlage en CLG voor het beschikbaar stellen van up-to-date informatie over het CLG geothermisch warmte doublet.

Referenties

Broothaers Matsen, 2013. Het geothermieproject Nieuw Erf / Californië (Horst a/d Maas, Nederland) Geologische rapportage voor de SDE en SEI Garantieregeling. Vito Studie in opdracht van CLG BV 2013/EET/R/25 Zie <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/aardwarmteproject-californi%C3%AB-lipzig-gielen-geothermie>
Geluk, M.C., Duin, E.J.Th., Duser, M., Rijkers, R.H.B., van den Berg, M.W. en van Rooijen, P., 1994. Stratigraphy and tectonics of the Roer Valley Graben. *Geologie en Mijnbouw* 73, 129-141.
Jaarsma, B., Brolsma, M.J., Hoetj, G. en Lutgert, J.E., 2013. Exploring Dinantian Carbonates in the SNS - New Data Offering New Insights. 75th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2013. London, UK, 10-13 June 2013, AGE 13-10.022

Kramers, L., Vis, G.J., van de Dulk, M., Duin, E.J.T., Witmans, N., Pluymaekers, M. en Doornenbal, J.C., 2012. Regionale studie aardwarmtepotentie provincie Limburg. TNO rapport 056.01872.

Reijmer, J.J.G., ten Veen, J.H., Jaarsma, B. and Boots, R., Seismic stratigraphy of Dinantian carbonates in the southern Netherlands and northern Belgium. *Netherlands Journal of Geosciences* (in press, Cambridge University Press)

Websites

Platform geothermie: <https://www.geothermie.nl/index.php/nl/>
Website Wijnen Square Crops: <http://www.square-crops.com/duurzame-productie/geothermie>

congres

Geothermiecongres in het Westland:

De energietransitie kan niet snel genoeg gaan

Op 6 november werd in 's Gravenzande het derde Congres 'Energietransitie en Geothermie' gehouden, dat georganiseerd was door de Gemeente Westland, het Platform Geothermie en Greenport West-Holland. Het druk bezochte evenement, met meer dan 250 deelnemers en met een hoog energiegehalte, liet zien dat Geothermie in het Westland veel belangstelling heeft. Geothermie scoort heel hoog in de verwachtingen van de glastuinbouw, de gemeentes, bedrijven en bewoners van het Westland als een belangrijke poot in de energietransitie. Als je het allemaal zo aanhoort dan kan het niet snel genoeg gaan en moet het nog veel sneller.

Kennis, ruimte en begrip

Dat was ook de strekking van de presentatie van Diederik Samson, die als adviseur van het grote HVC recyclingbedrijf, met veel verve en veel feitenkennis zijn visie over de energietransitie en de rol van geothermie uit de doeken deed. Als ex-politicus was zijn toegift: "wacht niet op de politiek". Dan is het toch ook goed om het nuchtere verhaal van EBN's Sander de Jong te horen dat voor geothermie het samenbrengen van een goede geologische onderbouwing noodzakelijk is met een gedegen kennis over warmtedistributie en warmte-

vraag vanwege geologische risico's en de complexiteit van warmte als energiedrager.

EBN kiest voor een gedegen portfolio-benadering. Laten we niet vergeten dat geothermie in Nederland nog in de kinderschoenen staat, met op dit moment een totaal van vijftien warmteproducerende installaties (zie <https://www.geothermie.nl/index.php/nl/>). De ambitie om 10-15% van de totale Nederlandse energievoorziening uit aardwarmte te betrekken wordt gezien als een fundamenteel onderdeel van de energietransitie, maar daar zijn wel zo'n duizend goed werkende geothermische installaties voor nodig. Niet iedereen staat te trappelen om geothermische putten in de achtertuin. Vanwege de complexiteit van bron, distributie en vraag zal dat ook niet zo gemakkelijk zijn. Hanneke Puts (TNO) probeerde inzicht te geven wat daar in termen van maatschappelijke inbedding voor nodig is, met nadruk op begrip van de technologie, een stabiel beleid en het duidelijk kunnen meeprofiteren door iedereen. Frank Schoof van het Platform Geothermie gaf een overzicht van de huidige status van geothermie in Nederland, van glastuinbouw nu tot de bebouwde omgeving en industrie in de toekomst. Hij kondigde ook een nieuwe website aan die op de 6 november online is gegaan

(<https://hoewerkaardwarmte.nl/>), een initiatief van EBN, Platform Geothermie en de Dutch Association Geothermal Operators (DAGO). De presentaties van Kees v.d. Zalm over LTA (Lage Temperatuur Aardwarmte) voor tuinders, maar ook voor huizencomplexen, en Jan Willem Rösingh over binnenstedelijke geothermie, laten zien dat geothermische toepassingen zich langzaam beginnen te verbreden. De glastuinbouw blijft de drijvende kracht in het Westland volgens Jacco Voorijs (LTO - Land- en Tuinbouw Organisatie Nederland) in een persoonlijke vooruitblik, maar daarbij moet wel de beschikbaarheid van CO₂ voor de groei van de planten in de kassen - in een duurzame wereld immers niet zo vanzelfsprekend - de uitbouw van warmtenetten en de doorontwikkeling van geothermie voorop staan. Marga van Hoek gaf tot slot nog extra motivatie met wat je zou kunnen omschrijven als haar persoonlijke verhaal over het belang van innovatief denken in combinatie met duurzaam doen. Groen is goed voor business.

Tijdens het congres werd de brede belangstelling die geothermie in het Westland geniet nog verder onderstreept door het ondertekenen van een intentieverklaring voor concrete samenwerking op het gebied van de geothermie door de Provincie

Zuid-Holland, EBN, Eneco, Gemeente Westland, DAGO, HVC en Hydreco Geomec. De verwachting is dat meer gemeentes in de regio zich ook zullen aansluiten.

Voor mij als een van de weinige geologen in de zaal, lijkt het, gezien de hoge verwachtingen van zowat iedere deelnemer van het congres voor meer en sneller, dat geothermie in deze regio niet zo zeer gezien wordt als een zaak van de ondergrond. Enthousiasme is natuurlijk goed voor de duurzame zaak, maar laten we de terechte waarschuwende geluiden van Staatstoezicht op de Mijnen in haar recente rapport van juli 2017 ook niet vergeten. Goed dat TNO en EBN er nauw bij betrokken zijn.

Jan Schreurs

De officiële samenvatting van het congres met presentaties: <https://www.gemeentewestland.nl/over-westland/duurzame-energiecongres-westland-2017.html>

Websites

<https://www.gemeentewestland.nl/over-westland/duurzame-energiecongres-westland-2017.html>
<https://www.sodm.nl/documenten/rapporten/2017/07/13/staat-van-de-sector-geothermie>
<https://hoewerkaardwarmte.nl/>



Kleine explosieve uitbarsting van de Stromboli vulkaan, Zuid-Italië

Coördinaten:
38°47'30" Noord
15°12'45" Oost

Beschrijving: Het eiland Stromboli behoort tot de Eolische archipel, een vulkanische eilandboog gelegen ten noorden van Sicilië (Zuid-Italië). Stromboli is een klassieke stratovulkaan waarvan de top, met een hoogte van ca. 920 meter, meer dan 3000 meter uitsteekt boven de omringende zeebodem van de Tyrreense Zee.

Dit eiland is bekend als type-lokaliteit van 'stromboliaanse' vulkanen, die gekenmerkt worden door regelmatige, milde erupties met veel pyroclasten en relatief weinig lava. Stromboli is vrijwel dagelijks (licht) actief, en om de paar jaar zijn er korte periodes met duidelijk verhoogde activiteit. Door de vele kleine uitbarstingen, die vaak van veraf te zien zijn, wordt Stromboli ook wel de 'vuurtoren van de Middellandse Zee' genoemd.

De foto, genomen bij vallende duisternis in de winter van 2012, toont een kleine explosieve uitbarsting van de centraalgelegen hoofdkrater; deze eruptie ging gepaard met een zeer harde knal. Een groot aantal (zwaardere) pyroclasten kwam neer vlak langs de kraterrand, terwijl daarboven een bijna 150 meter hoge fontein ontstond van gloeiende lavabommen, tezamen met een donkere gaswolk met wat lapilli en fijne vulkanische as. Een deel van de weggeslingerde lavabommen kwam terecht op de steile, deels ingestorte noordwestflank van Stromboli, de zogenaamde 'Sciara del Fuoco' ('stroom van vuur', rechtsonder op de foto), en rolde met hoge snelheid en veel geraas direct de zee in.

*Foto genomen door Jeroen Peters
(zie ook www.earthimagegallery.com)*

Noble gases in diamonds

Suzette Timmerman started her PhD in 2015 at the Australian National University and works on the evolution of noble gases in the mantle. She uses diamonds to improve our understanding of noble gases in the mantle, as diamonds have a large range of formation ages and are unique in the sense that they retain noble gases over long periods of time.

In 2016 alone, more than 140 million carats of diamond were recovered worldwide, representing a total value of 15.6 billion dollars. We often only hear about the large gem-quality diamonds, such as the 1109-carat diamond called Lesedi La Rona that was sold for 53 million dollars in September this year. Most of the diamonds are not of gem-quality, but are still useful because of their high thermal conductivity, and their application in technology. Diamonds even have purposes in biomedical science. They can be used to detect early-stage cancerous tumors through magnetic resonance imaging (MRI) and to deliver medication during chemotherapy. Diamonds are also important for geologists. As diffusion of elements in and out of diamond is extremely slow, the inclusion and diamond host compositions

are not modified in the mantle and during their ascent to the Earth's surface, thus providing a unique window into the mantle.

Diamonds and their formation ages

First, an introduction on diamonds. The majority of diamonds is formed from C-H-O-S-rich fluids in the sub-continental lithospheric mantle, where there is a very low geothermal gradient. Depending on the carbon (over-)saturation in the fluid and growth rate, monocrystalline, fibrous, or polycrystalline diamonds can be formed. Some monocrystalline diamonds contain mineral inclusions (up to several hundreds of microns in size), that can provide information about the growth environment and formation age of the diamond. Silicate inclusions have been dated by Rb-Sr and Sm-Nd and sulphide inclusions by Re-Os, giving formation ages between 3.5 and 0.1 Ga (Shirey et al., 2013 and references therein). Diamonds are like zircons and trees and have growth zones. Very rarely you can find inclusions in different growth zones. During my Master, I performed Rb-Sr and Sm-Nd on single silicate inclusions and found a diamond where the core was more than 2 billion years older than the rim (Timmerman et al., 2017). An example of the diamond growth structure and a dated inclusion is on the next page. Fibrous diamonds, on the other hand, do not contain large mineral inclusions that may be used for dating. During the rapid growth of fibrous diamond only small amounts of fluid and/or minerals are captured as micro-inclusions of 0.1–1 µm in size. In order to understand the evolution of noble gases in the mantle by studying diamonds, it is vital to determine accurate and reliable ages of diamonds. A semi-quantitative indication of the age of the diamond can be provided by nitrogen impurities in the diamond lattice. Nitrogen aggregates in diamond from single nitrogen into nitrogen pairs and finally into four nitrogen around a vacancy and this

process is dependent on time, temperature and nitrogen concentration.

The low aggregation state of most fibrous diamonds suggests they are formed shortly before kimberlite eruption. However, more accurate formation ages are needed. For my PhD project I therefore looked at the potential of U-Th-Sm/He for dating fibrous diamonds, as the fluid inclusions contain moderate amounts of trace elements and noble gases. This method is based on production of alpha particles (^4He) during the decay of $^{235,238}\text{U}$, ^{232}Th , and ^{147}Sm . Testing the potential of this method requires quantification of the amount of alpha implantation into and ejection from the diamond, separating the initial trapped ^4He and in-situ produced radiogenic ^4He , and determining the efficiency of helium release from the fluid inclusions during crushing. These components were modelled and quantified in this study and the method was applied to ten diamonds indicating that at least some fibrous diamonds can be significantly older than the kimberlite eruption age.

Noble gases in the mantle

So why look at noble gases? Noble gases are useful tracers for magmatic and hydrothermal processes, and can help to understand other volatiles such as methane, nitrogen, and carbon dioxide. To develop a better high-resolution model of the structure of the Earth's mantle and its evolution, the unknowns and uncertainties in the noble gas system between 4.56 Ga and 0.01 Ga have to be investigated. At the moment, noble gas data for the Earth's mantle is limited to two temporal end-members: i) the present-day mantle, with data from studies of young basalt glasses; and ii) the undifferentiated primordial Earth at 4.56 Ga, with compositions inferred from studies of extra-terrestrial samples. Because of the high diffusion of noble gases in most minerals it is difficult to measure noble gases of samples that are much older than appr. 10 Ma. As diamonds retain noble gases over long periods of time, I use dated monocrystalline diamonds to determine the evolution of noble gases in the mantle. I also look at eclogitic monocrystalline diamonds from the upper mantle, transition zone and lower mantle to determine to what depth and extent noble gases are subducted. Fibrous



Suzette at the Ekati diamond mine in the Northwest Territories, Canada, during a fieldtrip in 2016.

diamonds are useful to directly look at the diamond-forming fluids, and in the literature four different types of fluid compositions have been defined. As noble gases are primarily concentrated in the fluid inclusions, this provides an alternative way to investigate the origin and evolution of C-O-H-rich diamond-forming fluids.

Combining geochemical techniques

Although noble gas compositions of diamonds have been measured before, previous studies did not have age constraints and generally did not include other geochemical data. As was noted by Basu et al. (2013), the key to a better understanding of the mantle lies in the sample preparation and characterisation. Interpreting noble gas compositions can be complicated as they reflect a time-integrated signature, including the original composition of the source and subsequent modification by processes in the mantle, radiogenic ingrowth of ^4He and ^{40}Ar , and after kimberlite eruption also the possible addition of cosmogenic ^3He , nucleogenic ^3He and ^{21}Ne and implantation of ^4He from surrounding material.

In my project, I combined different geochemical techniques to understand from what sort of fluids, at what temperatures/pressures, and in which environment the studied diamonds grew, to interpret the noble gas compositions in the right context. All diamonds are first cut and polished into slices, and studied with cathodoluminescence (CL) for their growth structure. Diamonds have often complex growth structures and can grow in distinct events, like zircons. Detailed imaging of the growth structure is important before deciding on where to do further analyses. Subsequently, along core



'Bird's eye view' of the Northwest Territories.

to rim traverses carbon isotope compositions (SHRIMP-SI) and nitrogen concentrations and aggregation states (FTIR) are determined and this can provide information on the carbon source, speciation of the fluid, and temperature.

The major element composition (EPMA) of inclusions can give information on the host rock, temperature and pressure. Further, I determined the trace element concentrations for some of the diamonds (offline LA-ICP-MS) to further constrain fluid com-

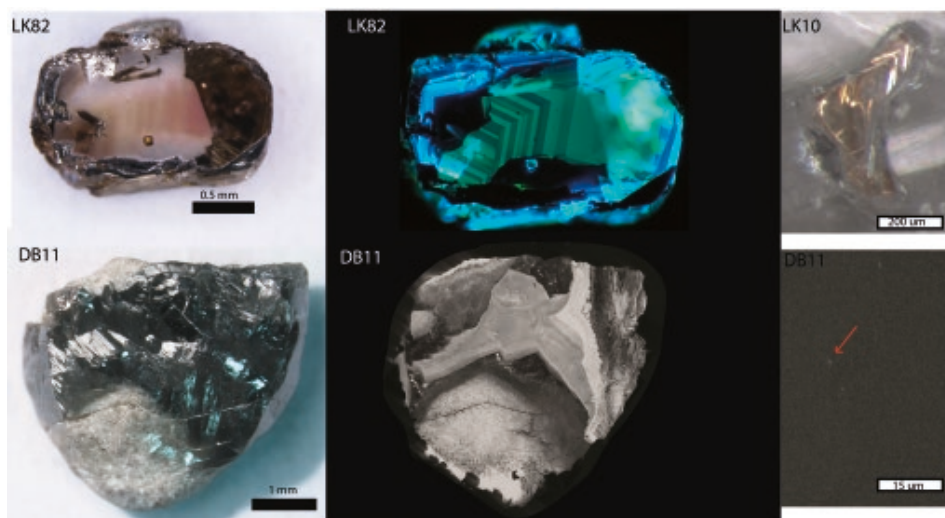
positions and be able to determine the amount of ^4He and ^{40}Ar formed during decay of ^{238}U - ^{235}U - ^{232}Th - ^{147}Sm and ^{40}K respectively. Finally, resorptions in the growth structure and differences in $\delta^{13}\text{C}$, N, major elements, trace elements, and fluid inclusion densities are used to define growth zones and how to separate the diamonds for noble gas analyses. The outer rim of each diamond is also removed, as the outer 27 μm can be hugely affected by ^4He implantation from surrounding material. All the geochemical data combined helps to interpret the He, Ne, Ar, Kr, Xe abundances and isotope compositions (measured on a noble gas mass spectrometer; VG5400 and Helix MC Plus). Initial data suggest different sources are involved, mixing and interaction with the lithosphere are important, and monocrystalline diamonds seldom have significant radiogenic production of ^4He after diamond formation.

Suzette Timmerman
suzette.timmerman@anu.edu.au

This PhD is funded by the Australian Research Council and AGRIP and Ringwood scholarships.

References

- Basu, S., et al. 2013. An overview of noble gas (He, Ne, Ar, Xe) contents and isotope signals in terrestrial diamond. *Earth-science reviews*, 126: 235-249.
- Shirey, S.B., et al. 2013. Diamonds and the geology of mantle carbon. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 75.1: 355-421.
- Timmerman, S., Koornneef, J.M., Chinn, I.L., Davies, G.R. 2017. Dated eclogitic diamond growth zones reveal variable recycling of crustal carbon through time. *Earth and Planetary Science Letters*, 463: 178-188.



The upper row shows an example of a monocrystalline diamond from Letlhakane, Botswana and an eclogitic garnet inclusion. The bottom row contains images of a fibrous diamond with, in white, polycrystalline diamond from DeBeers Pool, South Africa, and a fluid inclusion. Images from left to right are in reflected light, cathodoluminescence, and reflected light. Bottom right image is made with EBSD (electron back scatter diffraction)

King Fahd University of Petroleum & Minerals

Het was in het najaar van 2014 dat ik een telefoontje kreeg met de vraag of ik een nieuwe stap wilde maken in mijn carrière, of ik een nieuwe uitdaging wilde aangaan binnen mijn vakgebied. In het gesprek kwam al snel de vraag of ik belangstelling had om samen met meerdere collega's een nieuw geologisch instituut op te zetten, met daarin ook ruimschoots plaats voor carbonaatsedimentologie. Deze vakrichting zou onderdeel uitmaken van een nieuw op te zetten faculteit waarin geologie, geofysica en petroleum engineering zouden worden samengevoegd.

Na overleg thuis werd een eerste werkbezoek gepland om de faculteit te bekijken die gevestigd is in Dhahran in Saoedi-Arabië aan de Arabische Golf. Saoedi-Arabië heeft als land een redelijke exotische klank en alleen de vermelding dat je daar wilt gaan werken kan al rekenen op een stortvloed aan vooroordelen voor het merendeel gebaseerd op de, zoals ik nu na een jaar werk meen te kunnen inschatten, toch wel erg gekleurde berichtgeving in de westerse media. Na veel wikken en wegen gaf de mogelijkheid om weer meer wetenschap te gaan doen en een nieuw instituut op te bouwen, de doorslag om dit avontuur aan te gaan.

Het nieuwe college

Zoals hiervoor vermeld werk ik nu bij een nieuwe faculteit, het College of Petroleum Engineering & Geosciences (CPG) van de King Fahd University of Petroleum & Minerals (KFUPM) in Dhahran (KSA). Deze nieuwe faculteit is ontstaan na een fusie tussen Petroleum Engineering, een faculteit met vakrichtingen te vergelijken met die van de TU Delft, de Geosciences faculteit met vakrichtingen die gegeven worden in Utrecht en Amsterdam en het Centre for Integrated Petroleum Research, een onderzoeksinstituut vergelijkbaar met TNO.

Het nieuwe college is ontstaan uit een ambitieus plan van de rector van de King Fahd University of Petroleum & Minerals om in samenwerking met en ondersteuning door Saudi Aramco meer onderzoeks- en onderwijs capaciteit te ontwikkelen binnen Saoedi-Arabië. Dit plan valt binnen het

kader van de verdere ontwikkeling van het koninkrijk, het ambitieuze Vision 2030 plan. De ambities van het college zijn zeer hoog en men wil binnen relatief korte tijd een groot aantal nieuwe stafleden aantrekken voor onderwijs en onderzoek. Het is de bedoeling om in alle vakrichtingen het aantal stafleden sterk uit te breiden en zeker te internationaliseren. Men wil zich binnen het Geosciences Department richten op een

breed scala aan vakrichtingen binnen geologie en geofysica, omdat men studenten breed wil opleiden en ze de mogelijkheid wil bieden zich in diverse vakrichtingen te kunnen specialiseren.

Bij het huidige college zijn 48 wetenschappelijke medewerkers in dienst, variërend van Saudi Aramco Chair Professoren tot Post-Docs. Er studeren 243 BSc-studenten (188 in Petroleum Engineering, 55 in Geosciences), en 131 MSc-studenten (75 in Petroleum Engineering, 56 in Geosciences). Binnen Geosciences werken er op het ogenblik 11 studenten aan hun proefschrift. In 2017 studeerden er 59 studenten af, 36 met een BSc, 17 met een MSc en 6 met een PhD. Het nieuwe instituut is gevestigd in een gebouw dat begin dit jaar is opgeleverd en waarin alle onderwijsfaciliteiten, bureaus voor onderzoekers en de gehele administratie is gehuisvest. Op het ogenblik wordt er gewerkt aan de nieuwbouw van een



Een van de Nabateeër graftombes in Al-Hijr (Mada'in Salih), een Unesco World Heritage Site.

speciaal onderzoekslaboratorium voor het college, de fundering is reeds gelegd en het gebouw moet begin 2019 klaar zijn. Tevens wordt er een nieuw technologiegebouw neergezet in de Dhahran Techno Valley, een industriegebied waar een groot aantal service bedrijven, zoals Schlumberger, Halliburton, Weatherford en BakerHughes, grote onderzoekscentra hebben gehuisvest.

Saudi Aramco

De ontwikkeling van CPG vindt ook zijn oorsprong in een opleidings-ontwikkelingsplan van de grootste exploratie- en productie-maatschappij ter wereld, Saudi Aramco. Zij hebben de ambitie om al hun universitaire geschoolde medewerkers op BSc-niveau verder door te laten groeien door meer vervolopleidingen aan te bieden binnen Saoedi-Arabië, zoals MSc- en PhD-programma's. Tot nu toe gingen de meeste studenten voor hun vervolopleiding naar diverse buitenlandse universiteiten, met daarin een zekere voorkeur voor Amerikaanse universiteiten. Saudi Aramco wil medewerkers ook goede MSc- en PhD-vervolopleidingen in eigen land aanbieden, maar ook nog steeds studenten naar andere universiteiten sturen. De achterliggende gedachte is om op den duur medewerkers binnen te krijgen met een grote verscheidenheid aan opleidingen, met een grote variëteit aan inzichten vanuit andere opleidingen.

Een PhD in geologie en geofysica zijn sinds dit jaar ook mogelijk binnen de CPG-structuur. De opbouw van de opleidingen binnen het college is op Amerikaanse leest geschoeid, met een 'comprehensive exam' na een jaar PhD-opleiding en voorts de keuze van de student voor een thesismentor en thesis-thema. De studenten worden geacht zelf met een onderzoeksvoorstel te komen.

Leven

Alle KFUPM-stafleden wonen op de compound van de universiteit die voorzien is van allerlei faciliteiten qua sport, zoals squash, atletiek, voetbal, zwemmen etc. Een klein winkelcentrum op het stafgedeelte completeert het geheel. Ook de studenten hebben de beschikking over diverse faciliteiten voor sport, ontspanning en inkopen. Vrijwel direct buiten de compound is er een grote reeks op Amerikaanse leest geschoeide winkelcentra te vinden met kinderspeelparadijs en ijsbaan, woonwinkels o.a. IKEA, en een restaurants van fast food (Burger King, MacDonalds, Dunkin Donuts etc.) tot zeer goede nationale en internationale restaurants. De Saoedische bevolking is zeer gastvrij en vriendelijk. Het openbare leven hectisch, maar zeer veilig. Autorijden is wat avon-



Veldwerk in het Maestrat Basin in Spanje in oktober van dit jaar met collega's en studenten. Auteur links achter.

tuurlijk. In het algemeen is de bevolking zeer respectvol en beleefd. Het land heeft een zeer grote populatie gastarbeiders uit diverse landen, die in winkels en restaurants, in de ondersteunende diensten, in de administratie of als staf lid aan de universiteit werken. Het land zelf heeft veel te bieden qua cultuur en natuur, niet alleen woestijn zoals velen zullen denken. Met het college hebben we reeds een mooie excursie gemaakt naar Al-Hijr (Mada'in Salih), een Unesco World Heritage Site, een archeologische nalatenschap van de Nabateeërs (200 BC tot 200 AD), wel bekend van Petra in Jordanië. Het complex in Saoedi-Arabië is duidelijk groter (132 tombes), gevarieerder en heeft een langere historie dan wat in Jordanië te zien is. De nabijgelegen oase en stad Al Ula uit de zesde eeuw en de omringende gesteenteformaties zijn ook zeker een bezoek waard.

Toekomst

CPG is een zeer actief college en stuurt sterk aan op samenwerking met geselecteerde buitenlandse universiteiten met een expertise die aansluit op de vakrichtingen die binnen het college aanwezig zijn. Samenwerking met service bedrijven om gezamenlijke projecten te ontwikkelen wordt ook sterk ondersteund. De eerste onderzoeksprojecten met industriepartners worden aan het eind van het jaar opgestart. Een eerste Exploratie en Productie Technologische Innovatie Conferentie (EPTEK 2017) hebben we net achter de rug. Geen congres

met een normaal wetenschappelijk programma maar een waarin gericht gezocht werd naar nieuwe onderzoeksdoelen ten bate van Exploratie en Productie. Experts vanuit verschillende disciplines werden samengebracht om nieuwe uitdagingen te definiëren, aan nieuwe innovatieve oplossingen te werken en door het importeren van kennis vanuit andere vakgebieden met nieuwe inzichten te komen binnen de petroleum engineering, geologie en geofysica onderzoeksgebieden. Gedurende deze conferentie waren bijna alle deelnemers die het land voor het eerst bezochten verrast door het verschil tussen hetgeen ze dachten te vinden en hetgeen ze daadwerkelijk tegen kwamen. Juist nu is er een grote verandering in gang gezet in diverse gebieden binnen de Saoedische samenleving en naar het zich laat aanzien zijn mijn vrouw en ik getuige van deze interessante nieuwe ontwikkelingen binnen het Koninkrijk van Saoedi-Arabië.

John Reijmer
Dhahran, Saoedi Arabië

E-mail: reijmer@kfupm.edu.nl
Web college: <http://cpg.kfupm.edu.sa/>
Web persoonlijk: <https://johnreijmer.com>

Induced seismicity in the Groningen gas field, the Netherlands

In December 2017, a special issue of the Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw is issued which contains research papers with important new insights into aspects of the occurrence of gas production induced seismicity in the province of Groningen, The Netherlands. The issue is a reflection of 'work in progress' and provides a snapshot of our knowledge at the end of 2016, when most contributions were prepared. We have only started to learn lessons from the recent history in Groningen, and certainly lessons are not only technical, but also societal in nature.

Scientists have a role to play in the communication of their work to the public; results that can support policy making, strengthen programs and decisions. Communication to our scientific colleagues is usually performed via research papers in peer-reviewed journals. They are, however, sometimes difficult to find and topics are spread out over a large number of different scientific journals. Our wish was to combine all the, mostly subsurface, subjects related to gas production induced seismicity in Groningen in one Scientific Journal for communication to the broader scientific community and interested members of the public. In 2016, we therefore started to invite researchers to participate in a special issue of the NJG.

Themes

The twenty-two published papers in the special issue are grouped in a number of themes. These themes are: 'Setting the scene', 'Statistical Analysis', 'Geo-modelling', 'Hazard Assessment', 'Risk Assessment' and 'Further studies'. In 'Setting the scene' a review paper on the geology of the Groningen Field is followed by a paper on the challenges faced by the Dutch Regulatory Authority (SodM) for all mining activities in the Netherlands. In their paper 'From checking deterministic probabilities, scenarios and control loops for regulatory supervision' they describe and analyse the tasks when translating incomplete and sparse data sets on earthquakes and variations in gas production into regulatory rules and regulations. The paper under the theme 'Statistical Analysis' describes the statistical relation between

changes in production and the frequency and severity of earthquakes. The theme 'Geo-modelling' comprises a set of eight papers covering various aspects of building detailed and accurate reservoir models. Topics include, amongst others, the building of a geo-cellular reservoir model, history matching of that model, as well as detailed analysis of geo-mechanical properties and of fault systems. This includes modelling of the responses of reservoir rocks and the fault systems to pressure depletion.

Under 'Hazard Assessment' we grouped seven papers that describe and analyse various techniques and models that attempt to predict the location and severity of production-induced earthquakes. This is closely linked to the theme 'Risk Assessment' in which three papers analyse how different types of buildings and/or construction methods in combination with variations in surface soil properties respond to induced seismic events. Included under this theme is an analysis of how induced seismic risk varies depending on variations in gas production rates.

Fundamental physical mechanisms

Despite the impressive amount of new scientific results, it is not yet possible to reliably predict on a scientific basis what the effect of variations in rates of gas production will be on induced seismicity. From the Regulator's perspective this means that induced seismicity must be carefully and continuously monitored and production rates adjusted should any agreed boundary conditions [e.g. frequency and/or magnitude of induced seismic



Zuiderveen Foto: NAM

events] be exceeded: i.e. an empirical approach. However, from a scientific perspective our, as yet inadequate, understanding of fundamental physical mechanisms that take place in the Groningen reservoir rock means that it is important that we continue to pursue a proper understanding that can result in truly predictive models. This issue is addressed in the paper 'Research into induced seismicity in the Groningen Field – further studies'.

We hope that this announcement has whetted your appetite to read the,

mostly technical, papers in this special issue, and even more importantly that it has given you an insight in the complexity of the subject. Note that all publications in this NJG special issue are open access and can be freely downloaded via Cambridge University Press (CUP).

Lucia van Geuns and Karin van Thienen-Visser
Guest editors

NJG december 2017

Naast het special issue over geïnduceerde seismiteit van het Groningen gasveld (waarover op deze bladzijde ook wordt bericht) komt in december ook een regulier issue van het NJG uit. Hierin zijn de volgende artikelen opgenomen:

- *Edwin Elias & Ad van der Spek:*
Dynamic Preservation of Texel Inlet, the Netherlands. Understanding the interaction of an ebb-tidal delta with its adjacent coast.
- *Cees Willems, Andrea Vondrak, Dirk Munsterman, Rick Donselaar & Harmen Mijnlief:*
Fluvial sequence stratigraphy of Lower Cretaceous geothermal aquifers derived from palynological cuttings analysis.
- *Alexander F. Raith, Janos L. Uria & Jacob Visser:*
Structure of K-Mg salt layers in the Zechstein III of the Veendam Pillow, NE Netherlands: development of a tectonic mélange during salt flow
- *John J.G. Reijmer, Johan H. ten Veen, Bastiaan Jaarsma & Roy Boots:*
Seismic stratigraphy of Dinantian carbonates in the southern Netherlands and northern Belgium.

9 januari 2018

KNGMG-presentatie Lennart de Groot 'Update on Geomagnetism'. Voor meer info: <http://www.ingeokring.nl/pages/events.php?monthno=1&year=2018>

10 januari 2018

Kring-Noord lezing: Expedition Northpole – by drs. Jaap Copper. Info: <http://www.kngmg.nl/kringnoord/>

14 januari 2018

Leidse Winterlezing: Kunnen we de woestijn tegenhouden? Erosie, landdegradatie en landschapsontwikkeling in droge landschappen, Leiden. Voor meer informatie zie: <https://www.geologie.nu>, doorklik 'agenda'.

1 februari 2018

KNGMG-symposium 'The Science behind the Groningen Gas Field', TU-Delft. Voor meer informatie zie pagina 2 van deze Geo.brief.

7 februari 2018

Kring-Noord lezing: Salt tectonics in the Northern Dutch Offshore, door Matthijs van Winden, MSc. (Shell Rijswijk). Info: <http://www.kngmg.nl/kringnoord/>

9 februari 2018

Universiteit Utrecht 'Pathways to Sustainability Conference 2018. Voor meer info: <https://www.uu.nl/agenda/pathways-to-sustainability-conference-2018>

11 februari 2018

Leidse Winterlezing: 'Global Warming': Het verhaal van de gletsjers. Voor meer informatie zie: <https://www.geologie.nu>, doorklik 'agenda'.

12-15 februari 2018

SnowHydro 2018 — International Conference on Snow Hydrology, Heidelberg, Germany. Voor meer info:

<http://www.geog.uni-heidelberg.de/hydro/snow2018.html>

13 februari 2018

Gaia Annual Meeting (ALV), Delft. Voor meer info: <https://www.gaia-netwerk.nl/home>

10 maart 2018

PaleoTime-NL internationale fossielenbeurs 2018, Ede. Voor meer info: <http://www.paleobiologischekring.org/homepage/?p=1053>

3 april 2018

Gaia Netwerkdiner, Amsterdam. Voor meer informatie: <https://www.gaia-netwerk.nl/home>

22-23 april 2018

Kring-Noord excursie naar Helgoland. Voor meer info: <http://www.kngmg.nl/kringnoord/>

Nieuwe leden

J. Boels
drs. A.C. Gootjes
Prof. dr. J.E. van Hinte
N. Meijer
Dr. R. Rieu
Dr. J.D. van der Woude

Verhuisd

dr. M. ter Borgh
ir. H. Darman
drs. H. Graven
dr. S. Kortekaas
E.A. Smouter MSc
dr. H.J.T. Weerts
Drs. M.E. Wijstma-Koolwijk
Ir. A. van der Zanden

colofon

Geo.brief is een gezamenlijke uitgave van het Koninklijk Nederlands Geologisch Mijnbouwkundig Genootschap (KNGMG) en het NWO-ENW. Verschijnt 8 maal per kalenderjaar
ISSN 1876-231X
E-mail redactie: geobrief@kngmg.nl

Redactie: Drs. D. Maljers (GDN-TNO), hoofdredacteur

Drs. F.S. van Schijndel-Goester
Dr. S. van Heteren (GDN-TNO)
Drs. R. Prop (NWO-ENW)
E-mail redactie: geobrief@kngmg.nl
Eindredactie: Drs. A. Nauta, annatext@wxs.nl

Vormgeving: GAW ontwerp en communicatie
Gen. Foulkesweg 72, 6703 BW Wageningen
tel. 0317 425880, e-mail: jeroen@gaw.nl

Druk: Drukkerij Modern, Bennekom

Kopij/verschijningsdata 2018 onder voorbehoud

1	5-1	15-2
2	16-2	28-3
3	30-3	9-5
4	11-5	20-6

(Wijzigingen voorbehouden)

Kosten lidmaatschap van het KNGMG

Uw jaarlijkse contributie is afhankelijk van uw soort lidmaatschap en of u onze publicaties Geo.brief en the Netherlands Journal of Geosciences in papieren vorm wilt ontvangen (zie tabel).

	Basislidmaatschap	+ Geo.brief	+ NJG
	Geo.brief+NJG online	per post	per post
Gevoon leden	€ 65	€ 10	€ 5
Promovendi	€ 35	€ 10	€ 5
Studenten	€ 10	€ 10	€ 5

Het lidmaatschap loopt van 1 januari tot 31 december. Opzegging dient drie maanden voor het einde van het kalenderjaar te geschieden.

Deze Geo.brief wordt verstuurd aan alle leden van het KNGMG, aan ca. 120 geadresseerden van NWO-ENW en aan ca. 120 instituten, verenigingen en andere relaties.

Advertenties

Voor het plaatsen van advertenties kunt u contact opnemen met het Bureau van het KNGMG, tel. 020 5989953, e-mail: kngmg@kngmg.nl, of met Uitgeverij Blauwdruk, tel. 0317 425890, e-mail: harry@uitgeverijblauwdruk.nl

Hoofdbestuur KNGMG

Drs. Lucia van Geuns, voorzitter
Dr. Gideon Lopes Cardozo, penningmeester
Dr. Jan Staffleu, secretaris
Dr. Hemmo Abels
Dr. Marten ter Borgh
Dr. Marc Hijma

Secretariaat KNGMG

KNGMG p/a TNO afd. Geomodelling,
Princetonlaan 6, 3584 CB Utrecht
Postbus 80015, 3508 TA Utrecht
tel: 020 5989953, e-mail: kngmg@kngmg.nl
IBAN: NL62 INGB 0000040517

NWO-ENW

Laan van Nieuw Oost-Indië 300
2593 CE Den Haag
Postbus 93510, 2509 AM Den Haag
tel: 070 3440 619 / fax: 070 3819033
e-mail: r.prop@nwo.nl

Bestuur NWO domein Exacte en Natuurwetenschappen (ENW)

Prof. dr. Ineke Braakman (voorzitter)
Prof. dr. Jan de Boer
Prof. dr. Arjen Doelman
Prof. dr. Titia Sixma
Dr. ir. Peter Wierenga
Prof. dr. Bas Zwaan

Oplage: 1150

CLG boorlocatie CAL-GT-04 en CAL-GT-05. | Foto beschikbaar gesteld door Radboud Vorage en CLG

