

TaskForceMajella Project:

Internationale inspanningen ontsluit een geheimen oliereservoir

door Dr. Janpieter van Dijk, Ph.D.
janpieter.vandijk@enialgeria.eni.it

Absolute stilte. Dat is wat domineert als we de smalle steile kloof doorlopen bij het dorpje Fara San Martino. Daar treden we binnen in de Valle Santo Spirito, die omhoog loopt naar het enorme majestueuze bergmassief van de Majella, 'moeder der gebergten'¹, in Centraal-Italië. Die stilte is waarschijnlijk de reden geweest dat de Benedictijner monniken omstreeks het jaar 900 besloten om op deze plaats in de regio Abruzzo een klooster te bouwen. Maar ze onderschatten daarmee de enorme kracht van de natuur; al wat ervan over is, een overblijfsel van wat misschien eens de klokkentoren was, steekt uit boven



Afb. 1. Het Majella-massief vanuit de westelijk gelegen Orta-vallei. Op de voorgrond het dorp Caramanico Terme dat bekend staat om zijn thermale en zwavelhoudende bronnen. De steile westflank van het gebergte, gevormd door een grote rekbreuk, vertoont tot zeer recent activiteit. Dit soort breuken werd gereactiveerd tijdens de grote aardbeving in april 2009 in het circa 50 km noordelijk gelegen gebied van de stad L'Aquila, die grote schade teweeg bracht en waarbij meer dan 300 mensen om het leven kwamen. Foto: Maria Lanzellotti, 2000.



het gruis dat de vallei opvult. De lokale bevolking heeft al diverse keren geprobeerd de ruïne uit te graven om verborgen schatten terug te vinden; keer op keer, eens in de dertig jaar, begroef de rivier met haar enorme vernietigende kracht de steile vallei weer met tientallen meters detritus².

We lopen over het smalle pad enkele honderden meters verder naar een bron waar ons een oude herder opwacht met zijn ezel. En zo passeren we een steile rotswand met vreemde onnatuurlijke vormen. Hier en daar is de wand spiegelglad gepolijst in rechthoekige vlakken: merkwaardige vensters die de inwendige structuur van het grijs verweerde kalkgesteente aan ons laten zien. Wie heeft daar de hand in gehad? (Afb. 1 en 2).

Donato Cipolla en zijn ezel weten daarvan. Zij waren erbij gedurende de tien jaren dat wetenschappers en experts van overal ter wereld het gebied van het Nationale Park van de Majella doorkruisten met hun jeeps, studenten met hun

Afb. 2. Toeristische kaart van het Majella Nationale Park. De kleuren corresponderen met de vier voornaamste geologische eenheden: De Majella (groen), Paleogene tot Miocene sedimenten van de Orta Valle (geel), Mesozoïsche tot Miocene sedimenten van de deklagen die over de Majella zijn geschoven gedurende het Plioceen (bruin), en het Monte Morrone kalksteenmassief (blauw). Bron: TaskForceMajella Brochure, 2000.



Afb. 3. Luchtfoto van het Majella-massief in zuidelijke richting. De algemene expressie van het massief in het landschap is een boonvorm die de anticlinale plooi weergeeft. In het centrale, hoger gelegen gebied dagzomen de Mesozoïsche platformkalken. In de steile kloven (rechts op de foto, aan de noordzijde van het massief) zijn de complete sequenties van 'slope-' en bekkenkalken te bestuderen. Foto: Riccardo Cestari, 1995.

rugzakken gevuld met gesteentemonsters, brood, kaas en salami de smalle bergpaadjes omhoog liepen om metingen te verrichten voor hun afstudeerscripties, technici met helikopters over het gebied vlogen om driedimensionale fotoreportages te maken van de enorme onbereikbare rotswanden, en groepen geologen en geofysici van universiteiten, onderzoeksinstituten en oliemaatschappijen workshops en congressen organiseerden met verhitte debatten en discussies in de kleine karakteristieke hotels en restaurants, die het verder vooral door wolven, wilde zwijnen, herten en eekhoorns bevolkte natuurpark rijk is. Kortom, het project TaskForceMajella.

Opgestuwde sedimenten

Wat maakt de Majella zo uniek en zo vreselijk interessant voor al deze experts? We vragen het ons natuurlijk af. Reeds 150 jaar zijn de bergmassieven van Centraal-Italië door geleerden bestudeerd en beschreven, nadat eerst in de 17^e en 18^e eeuw door reizigers en natuurliefhebbers uit onder andere Frankrijk en Engeland prachtige liederlijke en romantische beschrijvingen waren gemaakt. Vele gerenommeerde geologen en ingenieurs, ook uit Nederland, van Enrico Abbate tot Federico Sacco, van Cesare Porro, Bernardino Lotti, tot de baron Guido Bonarelli, van Jean Demageot tot Alberto W.



Afb. 4. Werkzaamheden in de Madonna della Mazza-groeve. Deze oude steengroeve met zogeheten 'chalk' (een zeer poreuze soort kalkgesteente) uit het Boven-Krijt, is gesitueerd aan de oostelijke (zee-) zijde van de Majella en biedt allerlei mogelijkheden breuk- en fractuurpatronen te bestuderen. Voor de TaskForceMajella zijn er daarom uitgebreide werkzaamheden verricht. Vanuit de heftrucks worden stereofoto's gemaakt in hoge resolutie waarmee een driedimensionaal model van het gesteente kan worden samengesteld. Foto (in noordelijke richting): J.P. van Dijk, 2003.

Pliocene en zelfs Pleistoocene, is hun origine terug te vinden in de Mesozoïsche en Kenozoïsche sedimenten van het Neo-Tethys gebied (afb. 3). De Tethys is de voorloopster van de Mediterrane zee, genoemd naar de Griekse godin van de zee en ondergrondse rivieren, dochter van Uranus en Gaia, en vrouw en zuster van Oceanus. De korst van de Tethys Oceaan is grotendeels verdwenen in de aardmantel door subductie van de vele aardmassieven waaruit zij zelf was opgebouwd, als gevolg van de scheve, schaarvormige compressie tussen het Afrikaanse en het Europese continent. Het resultaat is wat we tegenwoordig Italië, ofwel het Apennijnse gebergte noemen.

De Centraal-Italiaanse massieven bestaan grotendeels uit kalksteen – fossiele koraalriffen, hun randen en diepzeekalken gevormd in subtropische en tropische zeeën (Afb. 4). Deze hogere en lagere – sneller wegzakkende – gebieden karakteriseerden de Neo-Tethys gedurende het grootste deel van de Jura- en Krijtperiode. Oliemaatschappijen hebben het nu juist gemunt op deze kalksteenmassieven: zij zijn vergelijkbaar met de grote olie- en gas 'giant' reservoirs van het Midden-Oosten, het Kaspische gebied en Italië. Maar ook de Noordzee en andere rijpe 'hydrocarbon-provincies' zijn daaruit opgebouwd en produceren uit de zogeheten primaire en secundaire porositeit en permeabiliteit van dit gesteente. Door schaarste, grote vraag en hoge olieprijs is het steeds vaker interessant om ook de laatste 'resten' ('residuele') olie en gas uit deze gesteentes te winnen, nadat de grootste voorraden er reeds zijn uitgehaald. Dat is geen gemakkelijke taak: het zwarte goud, dat in de microscopische poriën van het 'sponzige' gesteente kilometers diep ligt opgeslagen komt niet zomaar vrij. Via dunne breukvlakjes en barsten ('fracturen'), die een extreem ingewikkeld netwerk vormen en allerlei microscopisch kleine holtes met elkaar verbinden, kan het naar zorgvuldig geboorde putten worden gezogen en gestuwd.

Bovengronds oliereservoir

Winning van residuele olie vereist speciale, nieuwe technieken. Daarom deed de auteur van dit artikel – als geoloog verbonden aan het Italiaanse olie- en gasproducerende bedrijf Eni – 15 jaar geleden een voorstel: We hebben in Italië een 'analoog' voor een ondergronds oliereservoir dat boven de grond uitsteekt, waar je gewoon doorheen kunt lopen en op uiteenlopende schaalgroottes onderzoek aan kunt verrichten, en waar directe waarneming mogelijk is, iets dat bij ondergrondse reservoirs alleen indirect, via meetinstrumenten, te realiseren is. En dat analoog is de Majella. Want wat bleek: in een bepaald gedeelte van het bergmassief is het gesteente gedeeltelijk gevuld met olie die spontaan de grond uit komt, een zogeheten 'seepage', zoals die er ook



Afb. 5. Asfaltvoorkomens in de Valle Romana-groeve bij het dorp Lettomano. Johne Alex Larsen (NorskHydro) bestudeert het asfalt dat uit het gesteente (Miocene calcarenieten) naar beneden druipt. De sedimentaire gelaagdheid helt licht naar rechts. Het is goed te zien dat de olie uit een aantal fractuurvlakjes naar buiten komt en dan over de rots naar beneden druipt. Aan het veel wittere gesteente (links) is te zien dat het niet overal even sterk is geïmpregneerd. Tot vandaag de dag wordt het asfalthoudend gesteente (bitumen) hier afgegraven voor lokaal gebruik, zoals voor de productie van tegels voor fabrieksvloeren. Foto: J.P. van Dijk, 2000.



Afb. 6. Metingen in de Valle Santo Spirito in de buurt van Fara San Martino. Leonardo Marchegiani (Camerino Universiteit, links) en Paul Gillespie (NorskHydro) verrichten hier geomechanische metingen. De micritische (=fijnkorrelige) kalkgesteentes uit het Krijt hellen hier steil naar het oosten en maken deel uit van de 'externe' flank van de Majella-anticline. We kijken in de richting van de zee, naar het zuidoosten. Foto: J.P. van Dijk, 2001.



Afb. 7. Gezellig tafelen in een berggrot, een gelegenheid om het nuttige met het aangename te verenigen... Het kleine restaurantje in het dorpje Pretoro is geheel uitgegraven in de zachte calcarenitische gesteentes (d.w.z. een kalksteen die is opgebouwd uit sedimentair afgezet kalksteengruis) van het Paleogeen. Op de voorgrond: Björn Rasmussen (NorskHydro, links), Maria Lanzellotti (rechts). Foto: J.P. van Dijk, 2001.

zoveel te vinden zijn in Iran en Irak (afb. 5). Sinds de prehistorie wordt deze vette olie door de lokale bevolking gebruikt voor allerlei doeleinden: van het repareren van aardewerk tot het bedekken van muren en daken van hutten.

De Romeinen exporteerden de olie voor allerlei doeleinden en in de Middeleeuwen en Renaissance werd het als medicijn verkocht voor de meest uiteenlopende kwaaltjes. In de 18^e en 19^e eeuw werd de olie, in ondiepe putten, groeves en tunnels gewonnen, tot lichtere olie en gas gedestilleerd en gebruikt als brandstof voor primitieve lampen. Kortom, zoals ook in andere, soortgelijke gebieden op aarde werd de ongelofelijke vindingrijkheid van de mens om alles wat de natuur te bieden heeft te gebruiken, ook hier toegepast.

Het Majella Massief is dus een olievlendel dat niet geheel met olie is gevuld. De verklaring hiervoor is dat het massief al was opgeheven en door de inwerking van rivieren en ijs diep was ingesneden voordat er voldoende olie vanuit het moedergesteente naar de kalken was gemigreerd. Verder heeft de Majella nog een andere, belangrijke geologische karakteristiek: er is een rand van een carbonaatplatform bewaard gebleven die kilometers lang op spectaculaire wijze in het landschap te volgen is. De ontsluitingen van deze platformrand zijn al

decennia geleden in groot detail beschreven door sedimentologen. De aanwezigheid van de dagzoom van de rand van dit carbonaatplatform maakt het mogelijk om verschillende soorten sedimenten en afzettingsmilieus (zoals platform, barrière, rand, helling ('slope') en bekken) in dezelfde context te bestuderen (Afb. 6). Ondanks de verschillen in samenstelling, hebben al deze gesteenten na hun vorming dezelfde of een soortgelijke geschiedenis doorgemaakt. Hierdoor kunnen de oorzaken van de huidige verschillen beter worden ingeschat.

TaskForceMajella

Nadat het idee om de unieke kansen die het Majella-massief biedt te benutten voor geologisch onderzoek eenmaal is gelanceerd, wordt het op congressen en andere gelegenheden voorgesteld en bediscussieerd. En naarmate het idee verder rijpt, worden steeds meer bedrijven en onderzoeksgroepen enthousiast. Wat begon als een suggestie, groeit uit tot een wereldwijd project dat open staat voor iedereen die een goed voorstel inbrengt. Dit leidt uiteindelijk tot een organisatiestructuur naar het model van een groot Europees onderzoeksproject, waarin jonge onderzoekers een sleutelrol spelen en waar de industrie, sponsors en de academische wereld intensief samenwerken.

Maar dat is nog niet alles. De kennis over kleinschalige breuk- en fractuurvlakjes in gesteente is namelijk niet alleen van belang voor oliewinning, maar ook voor het management van onze kostbare watervoorraden, voor de studie van de stabili-

liteit van boorputten en rotswanden en het voorkomen van gevaarlijke landverschuivingen, voor de winning van natuursteen, en zelfs voor 'mountain climbing' en de restauratie van oude beeldhouwwerken. En zo ontstaat de organisatie Sfera⁴, een associatie van een heterogene groep van geïnteresseerden die ook buiten het Majella-project om allerlei ideeën uitwisselen om nieuwe informatie en technologie te gebruiken voor andere doeleinden.

In 1998 beginnen de eerste onderzoeken en wordt een speciale vlucht uitgevoerd voor het maken van luchtfoto's om een gedetailleerde driedimensionale topografische kaart te produceren. Universiteiten die studenten leveren om het gebied opnieuw geologisch in kaart te brengen en allerlei gegevens te verzamelen zijn o.a. die van Rome, Pisa, Turijn, Camerino, Perugia, Chieti, Liverpool, Montpellier, Stanford en Amsterdam. Want de enige geologische kaart van het Majella-massief, gemaakt door de oliegeoloog Giorgio Donzelli die tragisch was omgekomen op een missie in Australië in de jaren '70, moet worden herzien. Dit leidt uiteindelijk tot een driedimensionale, digitale geologische kaart, waarbij gebruik wordt gemaakt van een technologie die de industrie toepast om olie- en gasvelden in de diepte te karteren.

Ondanks de vele tegenstrijdigheden die de Italiaanse politiek kenmerkt, lukt het om de lokale administratieve instellingen van de regio (provincie, Nationaal Park, van burgemeester tot president, van brandweer tot boswachter, en vele anderen) ervan te overtuigen hun medewerking te verlenen om alle obstakels zoveel mogelijk weg te werken: er wordt toestemming verleend om alle wegen te berijden en over het gebied te vliegen, vanzelfsprekend zonder flora en fauna te beschadigen, want dat is natuurlijk een eerste prioriteitspunt. En we zien dan ook al snel dat alle betrokkenen, studenten en professoren, technici en wetenschappers, vaklui en 'captains of industry', profiteren van wat het prachtige natuurgebied te bieden heeft⁵, van 'zomers dineren in een minuscuul restaurantje in een koele berggrot tot 's winters skiën met uitzicht op de zee (afb. 7).

Herders en vorsten

Tijdens onze wandelingen over de ruige grasvlakten, tussen de steenhopen en vervallen muren van de 'Tholos' (karakte-



Afb. 8. Karakteristieke Tholos, muren en steenhopen. Deze typische bouwsels vinden hun oorsprong in de 'Transumanse', de jaarlijkse grote trek van schapenkuddes vanuit het zuidelijke Puglia naar Centraal-Italië. De herders hadden in elke streek recht op bepaalde grasgebieden en overnachtten in de Tholos. De steenhopen zijn ontstaan doordat de herders eeuwenlang systematisch de velden 'keivrij' maakten. Locatie: Roccamaramanico. Foto: Maria Lanzellotti, 2003.

ristieke kleine piramidale constructies (Afb. 8) achtergelaten door vele generaties herders die hier eeuwen geleden hun kuddes lieten grazen tijdens de 'transumanza', de grote trek dwars door Italië, kunnen we ons goed voorstellen hoe de dichter Gabriele d'Annunzio en zijn vriend, de schilder Francesco Paolo Eustacchio Michetti, rond 1900 in dit landschap hun ideeën uitwisselden over de pastorale 'La figlia di Iorio'. Deze tussen 1895 en 1914 geschreven en geschildeerde herderstragedie speelde zich af in een grot hoog in de Majella, en wordt nog vaak opgevoerd in het stadstheater van Chieti. Hoog in het glaciale landschap van het ruige bergmassief kunnen we ons bovendien voorstellen hoe de 'Briganti' bergrovers zich jarenlang konden verschuilen gedurende de eerste helft van de 19e eeuw en zelfs tijd hadden om inscripties achter te laten in de rotsen: getuigenissen van diepe wrok over de uitbuiting van de armen door de Zuid-Italiaanse vorsten van Aragon en later ook van Bourbon-afkomst.



Afb. 9. 'Deterministisch' computermodel van een breuk- en fractuurnetwerk (ca 1 m³ groot) dat de werkelijke breuk- en fractuurvlakken in het gesteente representeert (in tegenstelling tot 'stochastische' of 'probabilistische' modellen waarin de uitkomst niet vastligt). Met behulp van dit soort modellen kan het transport van vloeistoffen en gassen in gesteente worden berekend en voorspeld. In beige: de sedimentaire gelaagdheid; rood: open fracturen; paars: gereactiveerde fracturen; blauw: gesloten fracturen. Bron: Raffaele Di Bella (Rome 1 La Sapienza Universiteit) i.s.m. J.P. van Dijk (Eni), 2005.

Terug naar het werk. In de haven van het stadje Ortona wordt een bureau geopend waar eenieder zijn zorgvuldig verzamelde metingen online kan invoeren in een digitaal gegevenssysteem, en daarna tevreden kan uitrusten op het witte zandstrand of een frisse duik kan nemen in de Adriatische zee. Ondertussen worden in het laboratorium van het geologisch instituut van de Vrije Universiteit van Amsterdam speciale, zogeheten analoge experimenten opgezet om de vervorming van het gesteente na te bootsen en zo op kleine schaal de evolutie van het gebergte in de tijd te kunnen simuleren. Driedimensionale geomechanische computersimulaties worden speciaal voor het project ontworpen om de resultaten van deze experimenten na te bootsen. Verder wordt er een equipe samengesteld van industrie-experts, die op verschillende locaties gedetailleerde, zogeheten 'stereofotogrammetrische' opnames maken van de gesteentepartijen. Hiermee kunnen de ingewikkelde structuren van breukvlakjes driedimensionaal worden gereconstrueerd. De resultaten van deze voor de aardwetenschap geheel nieuwe technieken lijken op de tomografische beelden die al langer worden gebruikt in medisch onderzoek voor het visualiseren van bijvoorbeeld de hersenen (afb. 9).



Afb. 10. Een breukvlak in Paleogene calcarenieten in de buurt van Pen-napiedimonte. Het breukvlak helt steil naar het noorden en is opgebouwd uit een sterk verbreukte massa van gesteente met een dikte van enkele meters. Het is goed te zien dat links en rechts van de breuk de deformatie van het gesteente abrupt ophoudt en geen spoor van vervorming waar te nemen is. Voor geïnteresseerden: De sedimentaire bedding helt circa 60° naar ons toe, en de breuk heeft een verzet van enkele tientallen meters. De classificatie en gedetailleerde beschrijving van dit soort fenomenen is één van de hoofdonderwerpen van de TaskForceMajella omdat de structuur van het verbreukte gesteente de vloeijing van olie, gas, en water sterk bepaalt. Foto: Collectie J.P. van Dijk (derde van rechts), 1998.

Goedkope wijn

Dankzij al deze onderzoeken komen spectaculaire ideeën naar boven over de vorming en de geschiedenis van de ingewikkelde breukpatronen die in het Majella-massief voorkomen. Meer en meer gaat men in detail, en het idee ontstaat om het gesteente ter plekke te polijsten, alsof het een marmeren vloer betreft, om de structuur beter te kunnen zien. Wat een stofwolken! En zo kunnen we op een zekere zomerdag in de broeiende hitte een groep wetenschappers en technici gebroederlijk in de oude verlaten steengroeve van Madonna della Mazza (afb. 4) zien zitten, die gefascineerd naar het gepolijste gesteente staren waar één van hen (de auteur van dit artikel, ja, ik neem graag de verantwoordelijkheid op me deze nieuwe methode te hebben geïntroduceerd in de wetenschap) triomfantelijk een aantal flessen rode Montepulciano wijn (de goedkopere versie) overheen uitgiet om te laten zien dat dat nu het ideale middel blijkt om de fijne breuk- en fractuurvlakjes het beste te kunnen zien....

Gedurende het project komt iedere zes maanden het gehele team van heinde en verre bij elkaar om nieuwe gegevens te presenteren, ideeën uit te wisselen en activiteiten te plannen. Dat alles in de schaarse kleine berghotelletjes en restaurantjes in de dorpjes rond de Majella. Levendige tot soms heftige discussies, lange wandelingen, zware klimpartijen, late avondsessies rond de laptop en broederlijke zangpartijen in vele talen kenmerken deze bizarre dagen. In de loop van de jaren ontstaan zo nieuwe inzichten over de relatie tussen de manier waarop het gesteente opbreekt en de geologische evolutie van het gebied (afb. 10). Zo blijkt dat vele breukpatronen reeds zijn ontstaan tijdens de initiële fase van de vorming van het gesteente, toen het langzamerhand verhardde van een originele 'lime' compositie (vergelijkbaar met een yoghurt-achtige substantie), via een stadium dat lijkt op Italiaanse ricotta, tot het harde kalkgesteente dat we kennen. Tijdens de gehele verdere evolutie van diepe begraving tot opheffing en plooiing blijken deze breukvlakjes telkens weer te worden gereactiveerd en elke keer opnieuw een rol te spelen in de vervorming op grotere schaal. Zoals soms wordt gezegd: 'Once a crack, always a crack'.

Verder blijkt dat allerlei breukbewegingen, van klein tot groot, verantwoordelijk zijn voor de vormveranderingen van het gesteente en gezamenlijk een fractaal patroon vormen dat zich op elke schaal herhaalt, van millimeter tot centimeter, tot meter, tot tientallen, tot honderden meters. Een fascinerende repetitie van ingewikkelde, prachtige driedi-



Afb. 11. Breukvlakken in het kalkgesteente van de Valle Santo Spirito bij Fara San Martino. De steile helling van het gelaagde gesteente (naar het oosten) is duidelijk waar te nemen. De tientallen meters hoge wand is uitgesneden in platformkalken uit de Krijtperiode (diameter cirkel: ca. 5 m). De weergegeven breuken zijn grotendeels gereactiveerde oude rekbreuken die samen met het gesteente zijn scheefgesteld tijdens de plooiing van de Majella-anticline. Foto (in zuidelijke richting): J.P. van Dijk, 2000.

mensionale patronen (afb. 11). Het is alsof we de grafisch kunstenaar Maurits Cornelis Escher terug zien in onze geologische modellen, en dan te weten dat juist Escher in zijn jonge jaren (tijdens zijn Italiaanse periode van 1922–1935) zijn etsen maakte in de regio Abruzzo, zoals ook in het dorp Fara San Martino!⁶

Vallone Santo Spirito

Nu is het 2011 en de hoogtijdagen van de TaskForceMajella zijn alweer enkele jaren oud. De eerste belangrijke publicaties verschijnen in wetenschappelijke tijdschriften en het laatste stadium van de onderzoeksacyclus is in volle gang. De resultaten en nieuwe inzichten van het project worden in de ontwikkeling van olievelden nu ruimschoots toegepast en nog steeds wordt de enorme hoeveelheid verzamelde gegevens verder onderzocht. Wat voor nieuwe geologische modellen daaruit zullen voortkomen is nog niet te overzien. Zeker is dat de ontwikkeling van fractuur- en breukpatronen in tijd en ruimte veel ingewikkelder is dan men oorspronkelijk aannam. Gesteentes breken niet simpel in regelmatige netwerken door plooiing of rek, maar vangen de vervorming op allerlei schaal op door zowel het reactiveren van eerder gevormde patronen, alsook het vormen van allerlei nieuwe structuren. Het is de onderkenning van deze complexiteit die het mogelijk maakt logische, beschrijvende wetten te ontwerpen voor het ontstaan van de patronen waar we oorspronkelijk gewoon niets anders dan chaos in zagen. En met een goed glas rode wijn in de hand genieten we van de teruggekeerde stilte aan de bron in de Vallone Santo Spirito en van de door Donato klaargemaakte geroosterde lamsboutjes en schapenkaas, en praten samen verder over de Majella en hoe de natuur haar miljoenen jaren verborgen geheimen een héél, héél klein beetje aan ons heeft prijsgegeven.

Literatuur

Calamita, F., Scisciani, V., Montefalcone, R., Paltrinieri, W., and Pizzi, A. (2002). L'eredità del paleomargine dell'Adria nella geometria del sistema orogenetico centro-apenninico: L'area abruzzese esterna. Mem. Soc. Geol. Ital., vol. 57, pp. 355-358.

Deze wetenschappelijke publicatie geeft een goede beknopte samenvatting van de geologische geschiedenis van het gebied.

Crescenti, U., Miccadei, E., Praturlon, A. (2003). Abruzzo. 15 itinerari. Guide Geologiche Regionali a cura della Società Geologica Italiana, Vol. 10, 337 pp. BE-MA editrice, Milano. Deze excursiegids van Abruzzo is geschreven tijdens de TaskForceMajella in een samenwerking van alle Italiaanse universitaire partners van het Project.

Vezzani, L., Festa, A., Ghisetti, F.C. (2010). Geology and Tectonic Evolution of the Central-Southern Apennines, Italy.

The Geological Society of America, Special Paper 469. Deze recente publicatie geeft een mooi overzicht van de huidige aardwetenschappelijke kennis van Centraal en Zuid-Italië.

Internet

<http://en.wikipedia.org/wiki/TaskForceMajella> met uitgebreide informatie over het TaskForceMajella Project.

www.parcomajella.it/ is de website van het Nationaal Park Majella

http://en.wikipedia.org/wiki/Majella_National_Park is een Engelstalige webpagina

http://en.wikipedia.org/wiki/2009_L%27Aquila_earthquake gaat over de L'Aquila aardbeving

Met hartelijke dank aan Annemieke van Roekel voor haar uitgebreide inspanningen voor de redactie van het artikel.

Noten

- 1 De Majella (vaak geschreven als Maiella), werd door de Romeinen 'Nicate', 'Mons Palenus' of ook wel 'Pater Montium' ('vader der gebergten') genoemd. Ze veranderde van geslacht in de Middeleeuwen, van het Romeinse 'Mons' naar het Italiaanse 'Montagna' en werd 'Magella' genoemd. Deze naam komt het eerst voor in een Codex van het klooster S. Salvatore uit het jaar 900 en in een akte van donatie van het klooster van S. Liberatore door Koning Ruggero II aan de familie Cassini, opgesteld in het jaar 1133. Men neemt aan dat de naam refereert aan de trieste, waarschijnlijk Middeleeuwse legende van de Nimf Maja 'Maiestas', oudste van de Pleiaden-zusters, godin van de lente (de maand mei is naar haar genoemd, en in deze periode wordt ze vaak vereerd in de dorpjes rond de Majella). Ze is de moeder van de god Mercurius, die zich transformeert in 'Maga', een goede tovenares, een soort genezer. Nadat ze zich met haar sterfende zoon in het gebergtemassief verschool voor hun achtervolgers ging ze geneeskrachtige kruiden voor hem zoeken, maar tevergeefs doordat deze bedekt waren met sneeuw. Ze stierf van verdriet om de dood van haar enige zoon en ligt nu versteend begraven onder haar sneeuwmantel.
- 2 In de zomer van 2010 heeft de Gemeente van Fara San Martino een succesvolle hernieuwde poging gedaan het klooster uit te graven. De ruïne is momenteel te bezichtigen in de Vallone Santo Sprito, waar ook restauratiewerkzaamheden worden verricht.
- 3 Meer uitgebreide technische informatie en wetenschappelijke referenties met betrekking tot de Majella en het TaskForceMajella Project is te vinden op de webpagina <http://en.wikipedia.org/wiki/TaskForce-Majella>.
- 4 Geïnteresseerden kunnen zich wenden tot <http://www.sferae.org>
- 5 Wie geïnteresseerd is in een bezoek aan de Majella kan zich zonder probleem wenden tot de auteur of schrijven naar info@sferae.org voor informatie die we gaarne zullen verstrekken.
- 6 De houtgravure van het dorp Fara San Martino door Escher (1928) is te zien op de website www.mcescher.com (klik op 'Picture Gallery' en vervolgens op 'Italian Period'). De steil hellende en gelaagde kalkgesteentes zijn door Escher accuraat op de achtergrond weergegeven. De pittoreske dorpjes van de streek zijn van grote invloed geweest op Eschers latere werk, dat volgde op zijn 'Italiaanse periode' (1922-1935) en dat werd gedomineerd door de weergave van mogelijke en onmogelijke geometrische patronen.

'De Gesteentetuin' Schokland

'Oergesteenten – Schatten uit de diepte'

In bezoekerscentrum 'de Gesteentetuin' op Schokland is een wisselexpositie geopend met het thema 'Oergesteenten – Schatten uit de diepte'. Te zien zijn onder andere een 3,5 miljard jaar oude lava uit Australië en een 2,5 miljard jaar oude steen die gevonden is in het Urkerbos.

Deze stenen vertellen het verhaal van de geschiedenis van het aardoppervlak, want de grond waarop wij leven is het resultaat van de eeuwigdurende kringloop van aards materiaal. De hitte vanuit de kern van de aarde wordt voortdurend afgevoerd naar het aardoppervlak, dat bestaat uit schollen die op de éne plek aangroeien door de vorming van nieuwe bazalt, op een andere plek naar de diepte worden gevoerd en daar opsmelten om op weer andere plekken als lava uit een vulkaan te stromen. Aan het aardoppervlak werken zon, water, weer en ook het leven, mee bij het kapot maken van gesteenten tot zand, klei en stenen. De stenen in deze expositie vormen de puzzelstukjes uit dit verhaal.

De expositie bestaat uit zo'n 20 stenen. Pronkstukken zijn de komatiïet uit Pilbara, Australië, van 3,5 miljard jaar oud. De olivijnkristallen zijn kriskras door elkaar gegroeid in een patroon dat lijkt op het Spinifexgras in Australië, vandaar ook de naam 'komatiïet spinifex'. Ook in Zuid-Afrika komen komatiïeten voor. Mijngoloog dr. R.B. Verburg heeft de steen vorig jaar aan het Flevo-landschap geschonken.

De granuliet uit het Urkerbos komt waarschijnlijk uit Noord-Finland, onderdeel van het Baltische schild, dat tot ongeveer 2,5 miljard jaar oud is. Het gesteente werd gevormd onder zeer hoge druk, diep in de aardkorst.

Bezoekerscentrum 'de Gesteentetuin' is iedere zaterdag en zondag van 12:00 tot 17:00 uur geopend en ligt aan Keileemweg 1 op Schokland. De toegang is gratis. Website: <http://schokland.nl>, doorklikken op 'activiteiten'.