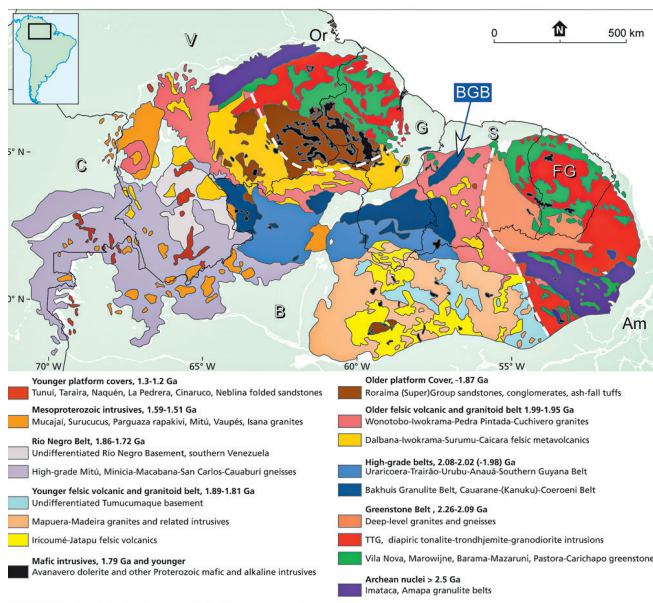


# De granulieten van het Bakhuisgebergte, Suriname

door Frank Beunk en Emond de Roever

f.f.beunk@vu.nl, ederoever@ziggo.nl

Granulieten zijn bijzondere gesteenten: fraai en meestal oud (Boekschoten, 2019) en betrekkelijk zeldzaam. Al is de jongste granuliet die aan het aardoppervlak te vinden is, op het Indonesische eiland Seram, niet ouder dan 16 miljoen jaar (Mioceen), verreweg de meeste zijn van Precambrië, ruim een half miljard jaar en ouder. Zo ook die van het Bakhuisgebergte, dat in het Guianaschild ligt, als deel van en aan de noordrand van het Precambrië Amazoneschild (afb. 1).



▲ Afb. 1. Geologische kaart van het Guianaschild. De dunne zwarte lijnen zijn landsgrenzen. BGB: Bakhuis Granulite Belt, Am: Amazon, B: Brazilië, C: Columbia, FG: Frans Guiana, G: Guyana, Or: Orinoco, S: Suriname, V: Venezuela. De BGB is een smalle, langwerpige structuur in NO-ZW richting tussen twee 2,26-2,08 miljard jaar oude graniet-groensteengordels (rood en groen). De twee wit gestreepte lijnen (onze toevoeging) vormen de noordelijke grens van een 1,99 miljard jaar oude en 1800 km lange vulkano-plutonische gordel, de Caicara-Dalbana vulkanieten (oker) en hun bijbehorende Wonotobo-Cuchivero granieten (roze). Bron: Kroonenberg e.a. (2016). Met toestemming van Cambridge University Press.

## UHT-granulieten

Granuliet is één van de meest extreme metamorfe gesteenten, extreem omdat het bij zeer hoge temperatuur (>700°C) en diep in de continentkorst is gevormd. De granulieten van Suriname worden gerekend tot de subgroep van ultrahoge-temperatuur-granulieten (UHT-granulieten), gevormd bij meer dan 900°C op ongeveer 35 km diepte, hier wel 1000°C. Die condities zijn vastgesteld door Emond en zijn studenten aan de VU (de Roever e.a., 2003, 2019).

Deze combinatie van druk en temperatuur is niet 'normaal', want onder de Precambrië schilden is het op die diepte tegenwoordig nergens warmer dan ruim 500 graden. En dan is er nóg iets bijzonders: granulieten ontstaan diep in de korst, maar vele zijn van oorsprong normale sedimenten, ook die van Suriname. Zo hebben we al drie vragen: (1) Hoe komen die sedimenten zo diep, (2) hoe kwam het daar zo heet, en (3) hoe zijn ze weer aan het aardoppervlak teruggekomen?

Om daar achter te komen, hebben wij in 2012 en 2014 in het westen van Suriname veldwerk gedaan. Emond werkte in de jaren voor en rond de onafhankelijkheid van Suriname (1975) voor de Geologische en Mijnbouwkundige Dienst (GMD) van het land en heeft een speciale belangstelling ontwikkeld voor de Bakhuisgranulieten. Ook geologisch veldwerk is in Suriname 'niet normaal'. Het land is het groenste ter wereld, met het hoogste percentage tropisch regenwoud. Hierdoor zijn ontsluitingen er zeldzaam.



▲ Afb. 2. Deels ingestorte brug in een voormalige bauxietexploratieweg in het Bakhuisgebergte. Hier konden wij met onze 4WD niet verder rijden. Foto: Frank Beunk.

## Het Bakhuisgebergte

Het Bakhuisgebergte in West-Suriname (afb. 1) ligt op 200-480 m hoogte, niet veel hoger dan de omringende schiervlakte, die 100-200 m hoog is. Veel, ook moderne Surinaamse vakliteratuur spreekt van de 'Bakhuishorst', waarover later meer. Deze 'horst' en schiervlakte zijn vrijwel geheel met regenwoud bedekt. Wegen zijn er niet of nauwelijks; de wegen die rond 1975 zijn aangelegd voor de bauxietexploratie zijn grotendeels nauwelijks meer begaanbaar (afb. 2). Om het gebied in te komen,



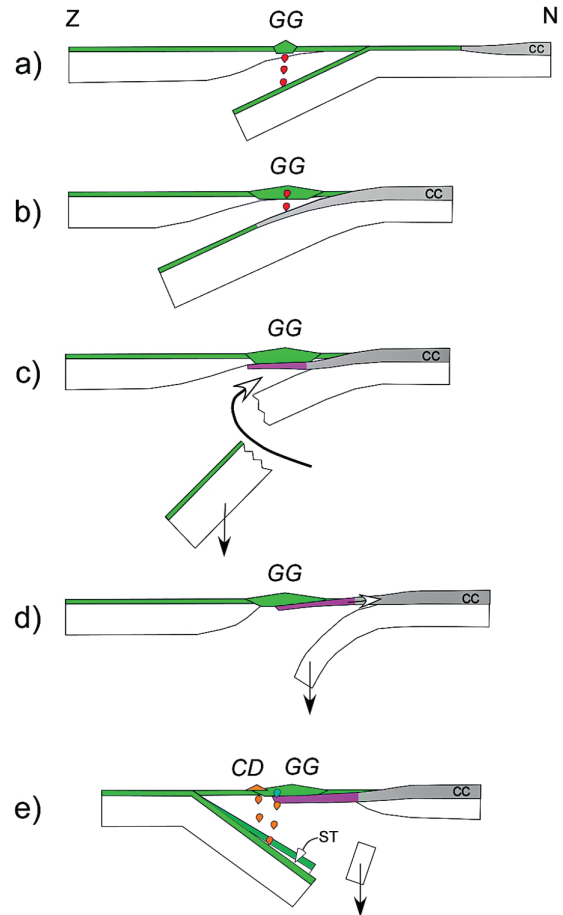
▲ Afb. 3. Per korjaal op de Kabalebo-rivier, langs de NW-grens van het Bakhuisgebergte. De bootman bedient een krachtige buitenboordmotor, waarmee de korjaal ook stroomversnellingen stroomopwaarts kan nemen. De kano gaat mee om verder te komen waar de korjaal niet verder kan varen. De koelbox vervoert Coca Cola en 'Parbo'-bier. Foto: Frank Beunk.

kan men het beste per korjaal de rivieren opvaren, in de droge tijd, als het water relatief laag staat en er stenen in de bedding en de oevers ontsloten zijn (afb. 3). In de rest van dit artikel geven wij onze antwoorden op de drie hierboven gestelde vragen (Beunk e.a., 2020).

### Hoe kwamen de sedimenten 35 km diep en 1000° heet?

Het antwoord ligt besloten in de deformatiestructuren van de gesteenten en in het metamorfe proces. Maar dan nog, er is wel een denkmodel nodig om tot een tektonisch acceptabele verklaring te komen. Ons favoriete denkmodel is de plaattektoniek. Dat is tricky, want de vraag of plaattektoniek al bestond op de Aarde van 2 miljard jaar geleden (de ouderdom van de metamorfose in Suriname) is onderwerp van heftig debat in de vakliteratuur. Ons antwoord is een volmondig "ja", om verschillende redenen, onder meer vanwege een recente beschrijving van blauwschistfacies-metamorfose in gesteenten in West-Afrika van vergelijkbare ouderdom. Blauwschisten zijn een overtuigend kenmerk van fossiele subductiezones. Een tweede argument voor het voorkomen van plaattektoniek tijdens (deze fase van) het Precambrium komt voort uit de Wet van de Eenvoud: als je niet beter weet, is de eenvoudigste verklaring voorlopig de beste. In dit geval: als onbekend is of er toen al plaattektoniek bestond, ga er dan van uit dat dat wel het geval was; zo niet, dan zul je dat eerst moeten bewijzen.

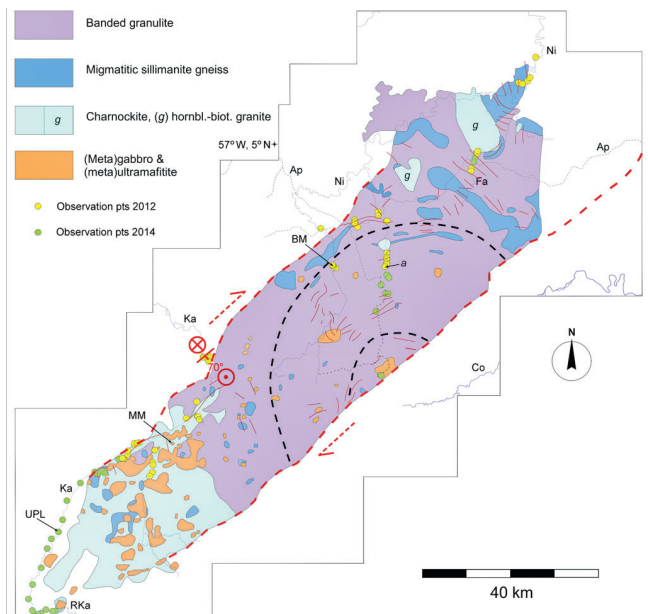
De vakliteratuur ziet de sedimenten waaruit de Bakhuisgranulieten zijn gevormd als afbraakproducten van de omringende groensteengordels (afb. 3). En inderdaad, zandkorreltjes van het mineraal zirkoon uit de sedimenten hebben ouderdommen die met de Guiaanse groensteengordels overeenkomen, zo blijkt uit datering. Ze lijken echter ook sterk op de gelijksoortige gesteenten van West-Afrika. Daar zit nu de Atlantische Oceaan tussen, maar toentertijd leken de Guiaanse en West-Afrikaanse schilden-in-wording eerder op de Filippijnen en Indonesië van tegenwoordig: een collage



▲ Afb. 4. Plaattektonisch model van de geschiedenis van het Transamazonisch Orogeen tussen 2,26 en 1,98 miljard jaar geleden. In tijdsvolgorde: (a) een oceanische plaat tussen West-Afrika en Zuid-Amerika duikt naar het (huidige) zuiden toe onder; boven de subductiezone ontstaat een vulkanische eilandrij; de toekomstige Guiaanse graniet-groensteengordels (GG); cc = West-Afrikaanse continentrand; (b) de West-Afrikaanse continentrand wordt onder de groensteengordel getrokken; (c) de oceanische plaat breekt af en zinkt weg (zwarte pijl); de sedimenten van de Afrikaanse plaat laten los van de onderliggende mantel en worden tegen de onderkant van de groensteengordel geplakt; heet mantelmateriaal vloeit in de ontstane ruimte (witte pijl) en metamorfoseert de Afrikaanse sedimenten tot UHT-granuliet (paars), een proces dat tussen 2,09 en 2,03 miljard jaar geleden plaatsvindt; (d) door het wegvallen van de trekkracht van de oceanische plaat schuift de gesubduceerde West-Afrikaanse (qua soortelijk gewicht lichtere) continentrand via de subductiezone weer tot halverwege terug naar het oppervlak (pijl); (e) rond 2 miljard jaar geleden ontstaat er een nieuwe subductiezone ten zuiden van de groensteengordels; een oceanische plaat subduceert noordwaarts; erboven ontstaat de 1800 km lange Caicara-Dalbana-gordel van intrusies en vulkanen (CD, oker) langs de zuidrand van de groensteenen; de subducerende oceanische plaat scheurt (ST, 'slab tear'); door de scheur komt warmer mantelmagma omhoog; de warmte van die gabbro's laat de granulieten gedeeltelijk smelten tot charnockieten (lichtblauw). Tekening: Frank Beunk.

van continentfragmenten en vulkanische eilanden die geleidelijk aan in elkaar werden geschoven door, jawel, plaattektoniek.

De botsingen veroorzaakten rond 2 miljard jaar geleden een nieuw gebergte, het Transamazonisch Orogeen van het Guianaschild en het even oude 'Eburnean' Orogeen van West-Afrika. De groensteengordels van de beide schilden liepen in elkaar over. Het geaccepteerde plaattektonische scenario houdt in dat het Transamazonisch Orogeen ontstond als gevolg van subductie van een oceanische plaat onder de Guiaanse groen-

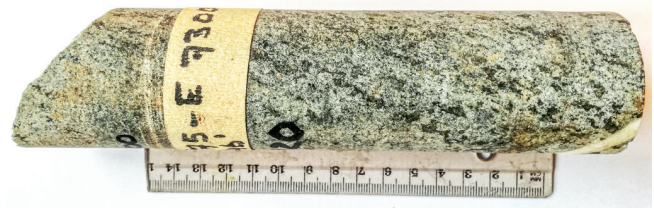


▲ Afb. 5. Geologische kaart van het Bakhuysgebirge, c.q. de 'Bakhuys Granulite Belt'. Voor de ligging zie afb. 1. De dunne rode lijntjes zijn sporen van de sedimentaire gelaagdheid in de granulieten, overgenomen van de bestaande geologische kaart. De zwarte gestippelde lijnen markeren de grootschalige koepelvorm van de inwendige structuur van de BGB. De rode gestreepte lijnen zijn jongere, rechte randbreuken. In het noordwesten hellen ze ca. 70 graden naar de BGB toe; de bijbehorende beweging is aangegeven met de symbolen  $\odot$  en  $\ominus$ , en betekenen 'Bakhuys omhoog, nevengeesteenten omlaag' (zie ook afb. 11). Langs de randbreuken is er ook een horizontale schuifcomponent, aangegeven met de gestreepte rode pijlen. Het zuidwesten van de BGB bestaat uit wijdverbreide, 1,99 miljard jaar oude charnockieten (pyroxeengranulieten) plus gabbro's. a: gelaagde anorthosiet (Mozeskreek), Ap: Apoera dust road, BM: Blanche Marie, Co: Coppenamerrivier, Fa: Falawatrarivier, Ka: Kabaleborivier, RKa: Rechter Kabaleborivier, Ni: Nickerierivier, MM: Misty Mountain, UPL: Uncle Piet Lodge. Naar Beunk e.a. (2020) in *Geoscience Frontiers*.

steengordels, naar het (huidige) zuiden toe. Daarin ligt de sleutel voor onze verklaring voor de herkomst van de Bakhuissedimenten: ze horen bij de oorspronkelijke Afrikaanse continentrand, die een eindje onder de Zuid-Amerikaanse continentrand is meegetrokken door de onderduikende oceanplaat. Afbeelding 4 vat ons model samen en geeft meteen een verklaring voor de ultra hoge metamorfe temperatuur (UHT-granulietfacies) die de ondergeschoven West-Afrikaanse sedimenten te verduren kregen.

### Hoe kwamen de UHT-granulieten weer aan het oppervlak?

Al in de jaren '70 heeft Emond geopperd dat de interne structuur van de Bakhuysgordel op een koepel lijkt. In afb. 5 is deze koepelstructuur zichtbaar aan het patroon van de gesteentegrenzen en de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid. De tegenwoordige, rechte grenzen van de 'Bakhuys Granulite Belt' (BGB) hebben hier niets mee te maken; die zijn jonger en snijden de koepelstructuren af. De sleutel voor de datering van de koepelstructuur ligt in een kleine, 1,98 miljard jaar oude intrusie van anorthosiet ('a' in afb. 5), een plagioklaasrijk magmatisch dieptegesteente, dat langs de Mozeskreek is ontsloten. De anorthosiet heeft een prominente mineralogische gebandheid, die als horizontale



▲ Afb. 6. Verticale boorkern uit een 1980 miljoen (1,98 miljard) jaar oud anorthosietlichaam langs de Mozeskreek (afb. 5). De rechterkant is boven. De magmatische gelaagdheid helt zo'n 70 graden, maar was oorspronkelijk horizontaal. Foto: Frank Beunk.

magmatische gelaagdheid is ontstaan (afb. 6). Dat die gelaagdheid nu 70 graden helt, betekent dat zijn rotatie ná de stolling van het anorthosietmagma plaatsvond. Qua ouderdom hoort de anorthosiet bij de charnockieten van de zuidwestelijke BGB (afb. 5). Wat heeft nu de rotatie van de anorthosiet, en van de hele granulietkoepel veroorzaakt?

In het diepe zuidwesten, langs de Rechter Kabaleborivier (afb. 5) hebben wij een structuur gevonden die het antwoord op deze vraag geeft. In de rivierbedding zijn daar granieten en metamorfe vulkanieten ontsloten van de Wonotobo-Cuchivero en de Caicara-Dalbanagordel (afb. 1), de directe nevengeesteenten van de BGB. De gesteenten hebben er een vlakliggende, zwak naar het zuidwesten (d.w.z. van de BGB af) hellende metamorfe 'gelaagdheid' (afb. 7 en de voorplaat). Die gelaagdheid, of



▲ Afb. 7. Vlakliggende laaggradige metamorfe gelaagdheid (foliatie) in fijnkorrelige Wonotobo-Cuchivero-graniet (e/o Caicara-Dalbana meta-vulkaniet; zie afb. 1) langs de Rechter Kabalebo-rivier (afb. 5). Het oppervlak van dit kwartsrijke gesteente is door Indianen gebruikt voor het slijpen van stenen gereedschap. Een zo'n stuk gereedschap vonden wij enkele honderden meters stroomafwaarts in de rivier (afb. 8). Foto: Frank Beunk.

liever 'foliatie', is een metamorfe deformatiestructuur. We hebben de beweging kunnen vaststellen die tot die structuur heeft geleid. Het was een bijna horizontale, zuidwestwaartse afschuiving, waarbij de bedekking van de Wonotobo/Caicara-gesteenten van de charnockieten is afgeschoven. Hierbij is heel significant dat uit een ouder rapport van de Surinaamse geologische dienst bekend is, dat deze lage-temperatuur-structuur naar het noordoosten (de BGB in) snel overgaat in hooggradige granulieten. Dat is kenmerkend voor een zogeheten 'extensional detachment', een schuifstructuur van waaronder



▲ Afb. 8. Stenen gereedschap (stamper) uit de Rechter Kabalebo-rivier (met een 2,5 Surinaamse dollar voor de schaal). Foto: Frank Beunk.

hoogmetamorfe gesteenten als een soort vaste-stof-koepel omhoog komen. Dit is al met al een bevredigende verklaring voor de koepelstructuur van de BGB (afb. 5, 6), en van de relatieve ouderdom van die structuur: van NA de intrusies van charnockieten, anorthosiet, en Caicara-Dalbana/ Wonotobo-Cuchivero magma's. Isotopenonderzoek heeft uitgewezen dat de charnockieten zijn ontstaan als smeltproduct uit de granulieten. Een 'kleine' complicatie is dat de charnockieten de Bakhuisgranulieten geïntreudeerd hebben op een diepte van ongeveer 17 km. Dit konden we berekenen op basis van de samenstelling van amfibool uit granodioriet die de charnockiet van Misty Mountain (afb. 5) begeleidt. De granulieten hadden dus al de helft van hun totale opheffing (vanaf 35 km) achter de rug vóór de komst van de charnockieten. Vandaar onze conclusie van het terugschuiven van de gesubduceerde West-Afrikaanse continentrand in afb. 4d.

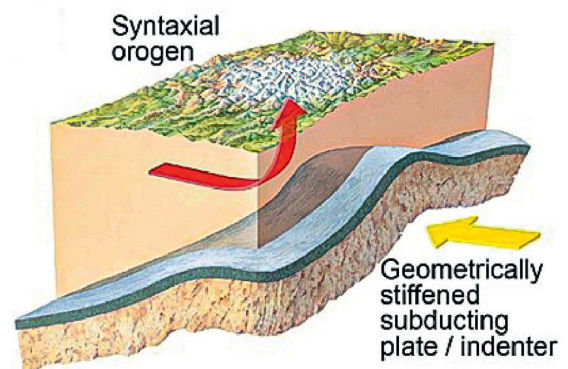
### Een 'orogene syntax' langs de groensteengordels

De nieuwe convergente plaatgrens die rond 2 miljard jaar geleden aan de zuidkant van de groensteengordels ontstond, vormt op de kaart een geprononceerde knik (afb. 1, witte stippellijn). Scherpe knikken of deuken in convergente plaatgrenzen komen veel voor, o.a. aan de twee uiteinden van de Himalayaboog (o.a. Boekschooten, 2020), en in de plaatgrenzen rond de Stille Oceaan (afb. 9). Geologen spreken van 'orogene syntaxen'. In de drie Pacificische voorbeelden slaan extra dikke delen van de onderduikende oceanische platen deuken in de plaatgrens (afb. 9). Zowel in Honshu (1 in afb. 9) als in Alaska (3) bevinden zich aan de landzijde van de syntax, in de plaat boven de subductiezone, gebiedjes met abnormaal snelle opheffing, met magma-intrusies en vulkanen die tot de zones van opheffing beperkt zijn. In Honshu zijn dat de granieten van het Hida-gebergte, de jongste ontsloten granieten ter wereld (Pleistoceen). In Alaska ligt het actieve Wrangell Volcanic Field direct achter de syntax. Dit vinden we ook terug in de Surinaamse syntax: De charnockieten treden uitsluitend op in de syntax rond het Bakhuisgebergte, terwijl de even oude subductiemagma's van de Caicara-Dalbana/Wonotobo-Cuchiverogordel langs de hele 1800 km lange zuidelijke plaatgrens voorkomen (zie afb. 1). Zo vinden we dus drie samenhangende fenomenen van de moderne aarde in de BGB terug: een syntax (deuk) in de plaat-



▲ Afb. 9. Drie voorbeelden in witte cirkels van 'orogene syntaxen' rond de Stille Oceaan. (1) Honshu, Japan; aan de zuidkant van de knik boort de Izu-eilandboog zich in de plaatgrens; (2) westelijke syntax van de Aleoeten-eilandboog, waar de Emperor 'sea mounts' in de subductiezone verdwijnen; (3) oostelijke syntax van de Aleoeten; hier is een klein continentfragment (Yakutat) de subductiezone in getrokken. Bron: Google Earth.

grens, met daaraan verbonden (charnockiet-)magma's en geconcentreerde opheffing (nl. de granulietkoepel onder het 'extensional detachment'). Al met al kan er weinig twijfel aan bestaan dat plaattektoniek ook 2 miljard jaar geleden al actief was.



▲ Afb. 10. De bolvorm van de Aarde dwingt een subducerende plaat tot een opwaartse (anticlinoriale) plooi in de transportrichting (gele pijl). De plooi werkt als een verstijfde, harde plek in de plaat, die een deuk (een syntax) slaat in de bovenliggende plaat. Boven het verstarde deel van de onderduikende plaat vindt men een cirkel- tot ellipsvormige zone met extra snelle opheffing van gesteenten (rode pijl). Bron: Bendick & Ehlers (2014), Geophysical Research Letters (American Geophysical Union).

### Platte of bolle Aarde, scheurende platen

Plaatbewegingen visualiseren we tweedimensionaal, in dwarsdoorsneden (als afb. 4), of in kaartprojecties. Maar de Aarde is niet plat; platen zijn segmenten van een boloppervlak. Als die subduceren krijgen ze ruimtegebrek, want hoe dieper in de bol, hoe minder ruimte. Dat ruimtegebrek dwingt subducerende platen tot buiging op de wijze van afb. 10 (op Youtube: [www.youtube.com/watch?v=IryrSHWdrjU](http://www.youtube.com/watch?v=IryrSHWdrjU)). Onder het Wrangell Volcanic Field (afb. 9) hebben geofysici een scheur gevonden in de onderduikende Pacificische plaat. Ze verklaren het vulkanisme als een gevolg van die scheur. Ook de tot de zuidwestelijke BGB beperkte

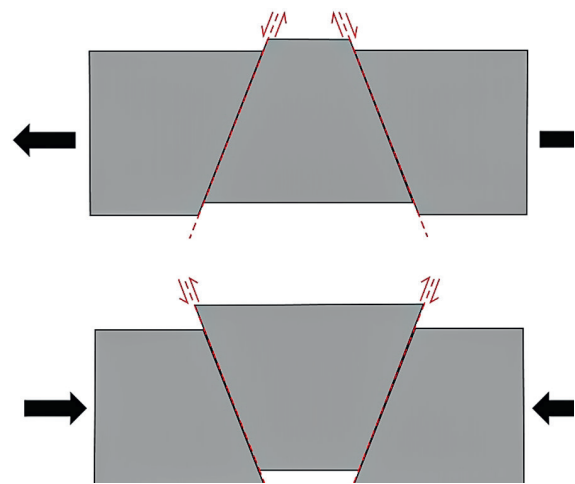
charnockietmagma's interpreteren wij als een effect van zo'n plaatscheur (afb. 4e). Een plooi in de subducerende plaat is blijkbaar extra gevoelig voor scheurvorming. De plooi en de scheur daarin bepalen waar er 'abnormaal' vulkanisme ontstaat. Daarom zijn de Surinaamse charnockieten beperkt tot de eveneens ruimtelijk beperkte koepelvormige opheffing van de BGB.

### De randbreuken van de BGB

De rechte grenzen van de Bakhuisgranulieten snijden de interne koepelstructuur af (afb. 5). Langs de Kabalebo-rivier vormt de noordwestelijke randzone een steil naar de BGB toe hellende breukzone die wel 5 km breed wordt. De beweging is 'Bakhuis omhoog' en is radiometrisch (gebaseerd op radioactief verval van natuurlijke isotopen) gedateerd op ca. 1,2 miljard jaar, 800 miljoen jaar na de Transamazonische Orogenese. Dit heet het 'K'mudku event', of, in Suriname, de 'Nickerie-episode'. Aan detailstructuren in de breukzone en binnen de BGB kunnen we zien dat oost-west gerichte drukspanning de Nickeriestructuren veroorzaakte. Deze lineamenten zitten in het hele Amazoneschild, niet alleen in de NO-ZW richting, maar ook haaks er op. Hun ouderdom is 'Grenvillian', d.w.z. die van de Grenville-orogeenese in oostelijk Noord-Amerika. De Grenville-tektoniek is wereldwijd terug te vinden. Het hoorde bij de vorming van het laat-Precambrische supercontinent Rodinia, de voorganger van het Paleozoïsche supercontinent Pangea. Resten van Grenvilletektoniek en -metamorfose zijn bewaard gebleven onder de Colombiaanse Andes, beschreven door Salomon Kroonenberg (1982). De Nickeriestructuren zijn dus veroorzaakt door continentbotsingen, en de drukspanning van de botsing onder de (latere) Andes zorgde voor verkortingen in het Amazoneschild. De BGB was in die tijd dan ook geen horst (een rekstructuur), maar een compressieve 'pop-up' (afb. 11). Pas veel later, bij het opbreken van het supercontinent Pangea en in het Kenozoïcum hebben rekkrachten ten gevolge van het uiteen drijven van Amerika en Afrika de oude, Precambrische randbreuken van de Bakhuisgordel gereactiveerd en werd de Bakhuis een echte horst, althans onder de Surinaamse kustvlakte en offshore. Daar hebben die rekstructuren een rol gespeeld bij het ontstaan van olievelden, zoals de recente grote olievondsten voor de kust.

### Granuliet-groensteenconnectie

De groensteengordels moeten ook iets gemerkt hebben van de onderschuiving door de West-Afrikaanse continentrand (afb. 4b-c). Uit de Marowijne groensteengordel van Oost-Suriname worden twee sedimentformaties beschreven die op de vulkanische groenstenen liggen, de Rosebel en de Armina Formaties. Samen zijn ze 1100-1800 m dik. Ze ontwikkelden zich geleidelijk van oudere diepzeesedimenten (turbidieten) tot alluviale zanden en conglomeraten, die rond zeeniveau werden afgezet. Die ontwikkeling reflecteert de geleidelijke opheffing van de groenstenen, over een periode van ongeveer 20-30 miljoen jaar. We zien daaraan hoe de groensteengordel wordt opgetild door onderschuiving door de (soortelijk lichte) West-Afrikaanse continentrand. Er bestaat een



▲ Afb. 11. Dwarsdoorsnede van het verschil tussen een horst (boven, door laterale rek) en een 'pop-up' (onder, door druk). Tekening: Frank Beunk.

aardige analogie met de evolutie van de Troodos- ofioliet op Cyprus. Die ontstond (ook) als een oceanische vulkanische eilandboog, met diepzeesediment als oudste sedimentaire bedekking/afzetting op de zeebodem. Sinds het Onder Mioceen, ca. 23 miljoen jaar geleden, werden de sedimenten in steeds ondieper water afgezet, tot uiteindelijk Pleistocene alluviale zanden en conglomeraten. De reden is de onderschuiving door de noordwaarts bewegende Noord-Afrikaanse continentrand onder de oostelijke Middellandse Zee. Hetzelfde proces, dezelfde tijdschaal.

### Referenties

- Bendick, R., Ehlers, T., 2014. Extreme localized exhumation at syntaxes initiated by subduction geometry. *Geophysical Research Letters*, 41, 5861-5867, <https://doi.org/10.1002/2014GL061026>. Free access.
- Frank F. Beunk, Emond W.F. de Roever, Keewook Yi, Fraukje M. Brouwer, 2020. Structural and tectonothermal evolution of the ultrahigh-temperature Bakhuis Granulite Belt, Guiana Shield, Surinam: Palaeoproterozoic to Recent. *Geoscience Frontiers*, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.05.021> (in press, 16 Aug. 2020; open access).
- Boekschoten, G.J., 2020. Sri Lanka, van edelstenen en brandend zand. *GEA* 52 (4), 107-112.
- De Roever, E.W.F., Lafon, J.-M., Delor, C., Cocherie, A., Rossi, P., Guerrot, C., Potrel, A., 2003. The Bakhuis ultrahigh-temperature granulite belt (Suriname): I. Petrological and geochronological evidence for a counterclockwise P-T path at 2.07-2.05 Ga. *Géologie de la France* 2-3-4, 175-205.
- De Roever, E.W.F., Beunk, F.F., Yi, K., de Groot, K., Klaver, M., Nanne, J.A.M., van de Steeg, W., Thijssen, A.C.D., Uunk, B., Vos, H., Davies, G.R., Brouwer, F.M., 2019. The Bakhuis Granulite Belt in W Suriname, its development and exhumation. 11th Guiana Geological Conference: The Tectonics and Resource Potential of NE South America, Paramaribo. *Geologisch Mijnbouwkundige Dienst Suriname, Mededeling* 29, 53-58.
- Kroonenberg, S.B., 1982. A Grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relation to the Guiana Shield. *Geologie en Mijnbouw* 61, 325-333.
- Kroonenberg, S.B., de Roever, E.W.F., Fraga, L.M., Reis, N.J., Faraco, T., Lafon, J.M., Cordani, U., Wong, T.E., 2016. Paleoproterozoic evolution of the Guiana Shield in Suriname: A revised model. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw* 95 (4), 491-522. [www.doi.org/10.1017/njg.2016.10](http://www.doi.org/10.1017/njg.2016.10).