

Het belemnietensovenir van Buru

door Anne Rutger Fortuin

fortuinar@gmail.com

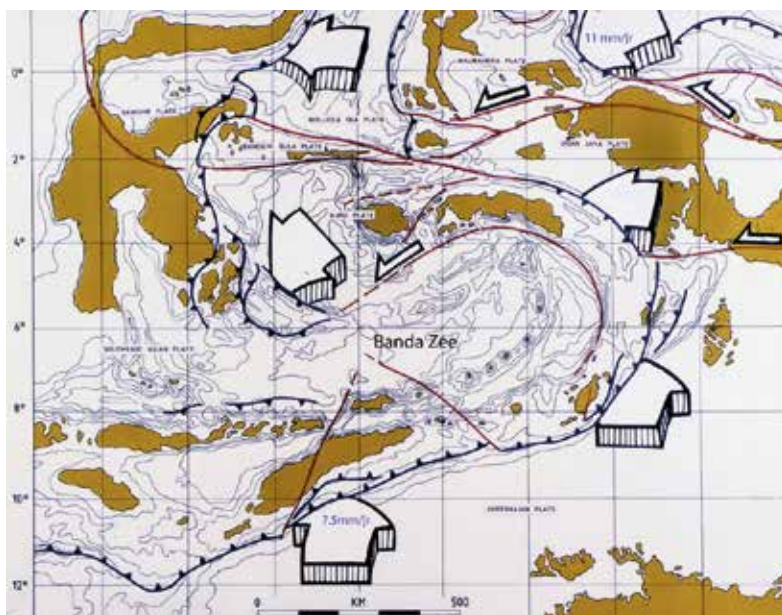
Gea-lezers bezitten vast wel één of meer bijzondere stenen of fossielen waar een verhaal aan vastzit. Stukken waar je op een of andere manier aan gehecht bent geraakt. Het hoeft op zich niks bijzonders te zijn, maar toch...! Die kleur, die vorm, de plek waar je het vond, deden je besluiten om het mee te nemen. Zo krijgt het een plekje in je huis en houd je de herinnering aan de reis, de vondst, of de persoon die het je schonk levend.

In dit verhaal gaat het om het geologische aandenken aan een expeditie naar Buru, een eiland dat deel uitmaakt van de Oost-Indonesische eilandengroep Molukken. Het is een souvenir in de vorm van een deels gezaagd en gepolijst brok Jura-kalksteen van ca. 8x8x8 cm, dat opvallend veel belemnieten bevat waar wat mee aan de hand is (afb. 1).



De Snellius-II Expeditie

De reis naar Buru maakte deel uit van de in 1984-1985 uitgevoerde Indonesisch-Nederlandse Snellius-II Expeditie, gericht op onderzoek naar de Banda Zee en de eilanden daaromheen. Eilanden die onder geologen als Banda Boog bekend zijn (afb. 2). Naast allerlei marien geologische en biologische onderzoekingen aan boord van het Nederlandse onderzoeksschip Tyro werd door enkele teams ook aanvullend onderzoek gedaan op diverse eilanden van de Banda Boog, een gebergte in wording. Dit Snellius-



project duurde ruim een jaar en hield ook daarna nog jaren de betrokken marien biologen en geologen, inclusief mijzelf, bezig om de onderzoeksresultaten te verwerken tot publicaties, waar nodig aangevuld met nieuwe reizen.

Ons onderzoeksprogramma voorzag erin om meer te weten te komen over de Neogene opheffingsgeschiedenis van de Banda-eilandboog in Oost-Indonesië. In dat geologisch complexe gebied botsen drie lithosfeerplaten: de Australische Plaat, de Pacifische Plaat en de Euraziatische Plaat. Eurazië ligt vrijwel stil ten opzichte van Australië, dat met een snelheid van 7,5 mm/jr naar het noordoosten beweegt en botst met de Pacifische Plaat, die met een snelheid van 11 mm/jr westwaarts beweegt (afb. 2).

Door deze tektonische krachten is een complex berggebied aan het ontstaan. Veel van de huidige Banda-eilanden waren enkele miljoenen jaren geleden nog niet of maar gedeeltelijk boven water geheven. Buru vormt samen met Seram en enkele nog kleinere eilanden het noordelijke deel van Banda Boog. Feitelijk zijn dit ooit losgeraakte en weggeschoven fragmenten (microplaten) van het noordelijke deel van de Australische Plaat.

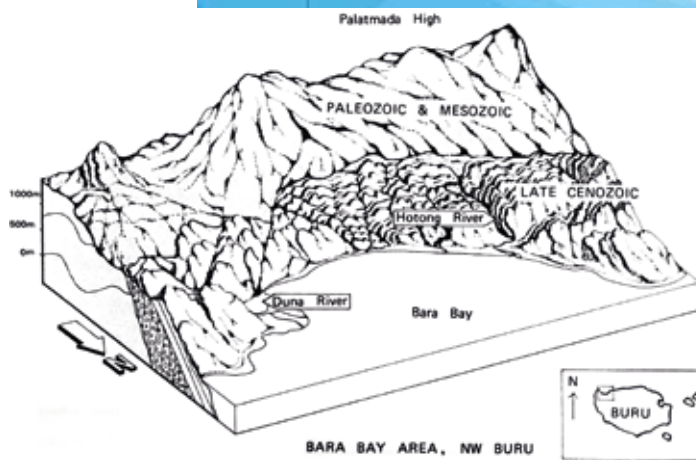
Een afgelegen eiland

Buru ligt niet alleen afgelegen van Java, Indonesië's hoofdeiland, het is ook bergachtig. Met een oppervlak van ca. 12.500 km² en een grootste lengte van 150 km is

▲ Afb. 2. Plaattektonische schets van de Banda Boog. De grote pijlen geven de richting van de plaatbeweging aan. De getande lijnen geven aan waar subductie plaatsvindt en de rode lijnen geven het verloop van grootschalige laterale bewegingen weer. De onderste pijl en die bovenin rechts geven ook de snelheid aan van de plaatbeweging van resp. de Australische en Pacifische platen. Schets getekend door collega Dr. M.E.M. de Smet.

◀ Afb. 1. Een overzicht van de deels verkiezelde en belemnietenrijke Jura-kalksteen van het Indonesische eiland Buru. De afmetingen zijn ca. 8x8x8 cm. De meest roodgekleurde onderdelen in de zijvlakken zijn resten van kiezelzponzen.

► Afb. 3A. Topografische kaart van het eiland Buru. In rood zijn de besproken rivieren aangegeven, die beide in de noordwestelijke Bara Baai uitmonden. Bewerkt, naar Oona Räsänen via Wikimedia Commons CC-BY-SA-3.0.



▲ Afb. 3B. Geomorfologische schets van de omgeving van de Bara Baai (verticale schaal x2). Op het Paleo- en Mesozoïsche grondgebied volgen via een hoekdiscordantie de jongere, door ons onderzochte diepwater afzettingen van de Hotong Formatie ('Late Cenozoïc' in schets). Deze zeewaarts scheefgestelde afzettingen zijn bij hun opheffing deels afgeërodeerd, waarna in de proto-Bara Baai een zeer grofklastisch, ondiep marien deltapakket werd afgezet, dat in het dal van de Duna-rivier goed is ontsloten. Schets getekend door collega Priantono Sumosusastro en afgebeeld in Fortuin et al., 1988.

het een flink, maar dunbevolkt eiland. Buru bezoeken was in die tijd bijzonder, want tot vijf jaar voor onze komst was dit het eiland waar politieke gevangenen geïnterneerd werden. Het bezit de juiste geografische condities om politieke gevangenen niet achter muren te hoeven 'opbergen'. Het voor deze mensen gebruikte laagland achter de Kajeli Baai, met daaraan ook de hoofdplaats Namlea (afb. 3A), wordt door met oerbos begroeide bergen omgeven. Stiekem er tussen knippen kon je wel vergeten. Als delinquent diende je je in beperkte vrijheid te wijden aan de ontwikkeling van rijstvelden. Familie mocht overkomen. De beroemd geworden Indonesische schrijver Pramoedya Ananta Toer schreef er zijn Buru Tetralogie. In de nadagen van de koloniale tijd, net voor en na de Tweede Wereldoorlog, woonde de schrijfster Bep Vuijk op Buru. De titel van haar eerste Buru-roman "Het laatste huis van de wereld" (1939) zegt genoeg over de afstand tot de bewoonde wereld.

Recept voor geologisch onderzoek

Het recept voor onderzoek naar de opheffingsgeschiedenis van de Banda Boog is in essentie eenvoudig: Onderzoek en bemon-

ster op meerdere eilanden een goed ontsloten mariene sectie van liefst laat-Neogene ouderdom. Een zodanige sectie, bijvoorbeeld langs een rivier ontsloten, dat je vanuit de oudere lagen de stratigrafische ontwikkeling kunt volgen tot aan het moment dat de jongste lagen hun mariene karakter verliezen. Dat laatste omdat de gesteenteserie boven water komt en deel van een eiland wordt. Zorg daarbij dat je zoveel mogelijk indicaties krijgt (vooral met behulp van microfossielen) over de afzettingsdiepte en de ouderdom van de betreffende lagen en werk dat uit tot een model dat de opheffingsgeschiedenis aangeeft en de snelheid waarmee dat gebeurde.

Op het eiland Timor ging dit bijvoorbeeld prima dankzij de aanwezigheid van een goed ontsloten sectie langs de Sabau rivier in het binnenland: een sectie die eindigt met een overgang naar een daar al flink hoog opgeheven koraal terras als jongst ontsloten eenheid. Daar ligt bebost, droog land, dat goed toegankelijk is, maar nog wel zo afgelegen was dat vrouwen en kinderen wegholden als ze bebaarde witte mannen zagen. Op Buru verliep de reis heel anders, want dat eiland kende toen geen doorgaande wegen. Zeker niet naar de plek die onze Indonesische collega's ons hadden aanbevolen: de Hotong-rivier, die uitmondt in de noordwestelijke Bara Baai (afb. 3B). Deze door het oerbos kronkelende rivier transporteert vanuit een bergrug, die tot bijna 2500 m reikt, de erosieproducten naar zee. Met veel keien, zo merkten we.

Vroege verkenners

De Duitse geoloog Karl Deninger verdient

het om hier vermeld te worden als de eerste echte onderzoeker van dit eiland. Pas na onze reis kreeg ik zijn postume resultaten onder ogen (Wanner, 1922). Deninger is in 1912 de eerste geoloog die tot de hoogste berg weet door te dringen. Dankzij verkenningen langs meerdere rivierinsnijdingen slaagt hij erin om met zijn team een flink deel van westelijk Buru geologisch en zoölogisch te beschrijven. Vijf jaar eerder, rond zijn dertigste jaar, had hij Seram en Buru al kort bezocht. In 1912 is hij de leider van de “Tweede Freiburger Molukken Expeditie”.

In drie zware veldmaanden legt hij met zijn mensen de basis voor de indeling en globale datering van de op Buru voorkomende formaties. Door malaria ernstig verzwakt keert hij terug. Later, weer aardig opgeknapt en inmiddels hoogleraar in Freiburg, bewerkt hij een deel van zijn collecties. Dan breekt in 1914 de “Grote Oorlog” uit en moet ook hij, als “Oberleutnant”, deelnemen aan de strijd. Nog in datzelfde jaar raakt hij ernstig gewond, maar hij herstelt weer. In 1917, dan commandant van een bataljon jagers, sneuvelt hij bij zware gevechten in Noord-Italië, nog maar 40 jaar oud.

Dankzij de zorgvuldigheid waarmee naderhand Prof. Wanner de gegevens van Deninger heeft verwerkt, zijn die resultaten toch beschikbaar gekomen. Wanner introduceert Deninger als een gedreven onderzoeker, die vanwege zijn geestelijke en lichamelijke taaiheid en goede opmerkingsvermogen bij uitstek geschikt was om moeilijke reizen te ondernemen. Inmiddels had ik ook de weerbarstigheid van het landschap meemaakt, nog niet eens de echte bergen, dus Deninger's reisverslagen maakten indruk. Het rivierdal (Wai Duna, afb. 3A, B) waar deze steen door mij werd opgeraapt, heeft ook hij bezocht en beschreven!

Deninger was niet de eerste Buru-verkenner. Al in 1892 bezocht Karl Martin, later hoogleraar geologie in Leiden, het eiland en verzamelde er fossielen. Vermoedelijk zag hij ook het gesteentetype dat hier verderop besproken wordt. Met meer zekerheid kun je stellen dat ook de geoloog en mijnbouwkundige Rogier Verbeek, die tijdens zijn grote Molukkenreis Buru in 1899 bezocht, inclusief ons werkgebied aan de Bara Baai, dit gesteente al heeft gezien. Hij noemt namelijk het voorkomen van sterk verdrukte belemnieten (Wanner, 1922), maar zijn expeditieverlag is me niet bekend. Ook Johannes Wanner zelf bezocht al in 1904, toen als olie-geoloog bij de Koninklijke Petroleum Maatschappij, het noordwestelijke deel van Buru, met als bijzonder doel

om waargenomen bitumineuze schalies te onderzoeken en ook hij rapporteert Boven-Jura belemnieten. Geen wonder, want in het rivierpuin komen ze samen voor.

De eerste geologen in Nederlands-Indië

Dat in de koloniale tijd ook de nodige Duitse geologen in Indonesië werkzaam waren, is niet verbazingwekkend. Naast steenkool en tinerts was ook aardolie ontdekt. Er moest een geologisch dienst opgebouwd worden, het enorme koloniale rijk moest geologisch verkend worden en mogelijke bodemschatten geïnventariseerd. Maar Nederland had nog te weinig eigen geologen en mijnbouwkundigen opgeleid, terwijl in Duitsland op dat moment de aardwetenschappen bloeiden. Duitse geologen konden zo in Nederlands-Indië aan de slag. Maar er waren natuurlijk ook Nederlandse geologen en mijnbouwkundigen in dienst van de overheid. Zoals bijv. Rogier Verbeek (1845-1926), die veel eilanden bezocht- en beschreven heeft. Hij is het meest bekend geworden van zijn boek over de Krakatau, die in 1883 uitbarstte. Vanuit Buitenzorg (Bogor) was hij ook getuige van het gebeuren, terwijl hij de vulkaan in de twee jaar daarvoor had bestudeerd. Verbeek maakte ook een lange verkenningreis door de Molukken.

Op expeditie naar de Bara Baai

Vorbereiding van de Snellius veldwerken begon al in het voorafgaande jaar. Maar eenmaal aangekomen bij onze Indonesische collega's (“counterparts”) in Bandung moesten ook bureaucratische hobbels in Jakarta, Bandung en Denpasar (Bali) genomen worden voor de vereiste werkvergunningen. Ten slotte verbleven we voor onze laatste papieren nog vijf dagen op Ambon, de levendige hoofdstad van de Molukken. Langer dan gepland, omdat onze counterparts, die ook de benodigdheden voor een oerwoud-expeditie zouden meenemen, vertraagd arriveerden.

Het eiland Ambon ligt 12 km verwijderd van de zuidwestkust van Seram, waar ons groepje na Buru ook nog onderzoek zou doen, en 150 km varen van de hoofdplaats Namlea op Buru. Vòòr de bootreis daarheen moest nog wel even proviand gekocht worden voor twee weken veldwerk in de rimboe. Genoeg eten voor een groepje onderzoekers plus ca. twintig nog in te huren dragers voor alle bagage en de te nemen monsters.

Maar, op de vroege zondagochtend van 1 september 1985, twee weken na vertrek uit Nederland, stonden we dan eindelijk op de kade van de vrijwel autoloze hoofdplaats

Namlea. Onuitgeslapen na een woelige nachtelijke oversteek op een houten passagiersscheepje. Tot onze verbazing waren we al om acht uur welkom op het kantoor van het districtshoofd. Die tekende onze onderzoeksvergunningen en voorzag ook de vele reisdocumenten van onze counterparts van zijn handtekening. Ik telde er minstens tachtig. Daarna werden we naar de nu lege, maar voormalige officiersmess van de bewakers van de politieke gevangenen verwezen voor een overnachting. Terwijl onze counterparts eropuit trokken om een boot te charteren voor onze verdere reis, verkenden wij (de drie Nederlandse geologen) de omgeving. In ons verblijf hing nog een veelzeggende reliëfkaart van het eiland, met daarop aangegeven de contouren van het gebied waar de gedetineerden verbleven.

Naar de Hotong-rivier

Al de volgende ochtend vertrokken we met een klein en uiterst rustig tuffend stenenbootje voor een kustvaart van 120 km langs de noordkust, richting de uitmonding van de Hotong rivier in de Bara Baai (afb. 3A, 3B). Een prachtige, maar weinig comfortabele reis, varende over koraaltuinen en soms begeleid door springende dolfijnen. Met halverwege een overnachting in het dorp met de veelzeggende naam Air Buaja (“Krokodillenwater”), logerend op de vloer van het lokale dorpschooltje. Tot we in de vroege ochtend gewekt werden door uiterst verbaasde en giechelende schoolkinderen. Al snel na onze afvaart kwamen de hoog oprijzende Bara-bergen in zicht. Om ons heen peddelden vissers in hun kleine en wendbare prauwen door de visrijke wateren (afb. 4). Voor we in de namiddag ankerden

▼ Afb.4. Vissers in actie in het vroege ochtendlicht halverwege de noordkust van Buru. Op de achtergrond het tot ruim 2000 m oprijzende gebergte.



bij de monding van de Hotong-rivier, was een teamgenoot afgezet bij Kampong Bara, het enige dorp in de Bara Baai (afb. 3). Zijn opdracht was om in overleg met het dorps-hoofd 20 mannen te charteren om mee te gaan als drager.

Eenmaal van de boot, wadend door borst-diep water, rugzak en camera's hoog in de lucht houdend, bereikten we ons werkterrein voor de komende dagen. De alvast meegekomen gids loerde ondertussen op mogelijk krokodillengevaar (ja de zeekro-kodil komt daar nog voor in riviermondin-gen). Een basiskamp werd snel opgezet en de kapitein van de stenenboot vertrok met de belofte om ons na tien dagen weer op te pikken. Even later verscheen de grote prauw van het dorps-hoofd met twintig dragers. Wat ook nog kwam was regen.

De volgende dag vertrokken we voor wat zowel een spannende als inspannende ver-zamelreis zou blijken te zijn. Er is geen pad langs de rivier, de jungle reikt tot de oevers en dus loop je vrijwel uitsluitend door het rivierwater. Door de regen, die de eerste dagen vrijwel onophoudelijk viel, zwol het rivierwater flink. Soms waadden we tot aan ons middel door het wilde water, al rots-blokken omzeilend en ervoor zorgend dat we niet onderuit zouden gaan met onze kaarten, cameratas en kas (afb. 5). Tegelijkertijd noteerden we looprichting en afstand van rivierbocht tot rivierbocht om van het afge-legde tracé een redelijk betrouwbaar kaart-beeld te krijgen. Inderdaad, er was nog geen Google Earth en evenmin een gedetailleerde kaart. Vanuit het verste punt werkten we al monsterend en noterend terug en noteerden de positie op de zelfgemaakte schetskaart. Zo inventariseerden we een dik pakket

met turbiditische zandstenen en mergels (de Hotong Formatie, afb. 6). In het door ons, na uitwerking op Ambon, geschatte ca. 1000 m dikke pakket bleken jammer genoeg enkele stukken niet goed ontsloten. Na verdere uitwerking in Nederland bleken de afzettingen van Vroeg tot Midden-Miocene ouderdom te zijn, afgezet in diep water (1000 -1500 m; Fortuin et al., 1988).

Het dal van de Duna-rivier

Na terugkeer in kampong Bara volgde een kortere verkenning van het dal van Wai Duna (wai = rivier; Wai Tina van Deninger; afb. 3A,B). Dit leerde ons dat de daar al door Deninger genoemde en vermoedelijk Pli-



◀ Afb. 5. Naarmate de verkenning van de Hotong-rivier vorderde, werd de tocht lastiger, mede door de sterke stroomsnelheid in de met rotsblokken bezaaide rivier.



gepolijst en bekeken werd het vooral een item dat me herinnert aan een bijzonder veldwerk. Hoog tijd om er maar eens goed naar te kijken.

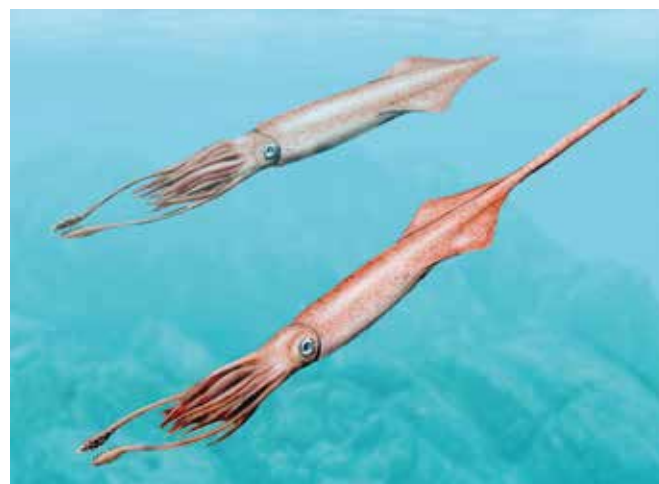
◀ Afb. 6. Een ontsluiting in de Hotong Formatie, hier bestaande uit een afwisseling van zandrijke turbidieten en mergels. Hans van Marle, die een monster zal nemen, is later op dit en ander Snellius-materiaal gepromoveerd.

Zoals bekend zijn belemnieten het harde skeletrestant van een tijdens de rampzalige overgang tussen Krijt en Paleogeen uitgestorven groep van Cephalopoden, de Coleoidea, oftewel inktvisachtigen. Gedurende 175 miljoen jaar (Laat Trias – Laat Krijt) bevolkten deze vrij

▼ Afb. 7. Reconstructie van een zwemmende Jura-belemniet (*Youngibelus* sp.). In deze reconstructie worden ook de hexacotyli getoond, oftewel de langere tentakels die mannelijke Coleoidea gebruiken om sperma bij de vrouwtjes in te kunnen brengen. Illustratie door Nobumichi Tamura. With kind permission. Bron: spinops.blogspot.com.3.0.

ocene conglomeraten van uiterst grove samenstelling, ondiep-mariene fan-delta afzettingen moeten zijn. Afzettingen die door hun jongere ouderdom met een erosie-hiaat op de bemonsterde Hotong Formatie volgen. De eerste grove afbraakproducten van een nu opkomend reliëf. De vaak uit grote keien opgebouwde lagen zijn ontsloten in steile dalwanden. Tussen de keien in de rivierbedding vielen ons ineens de naar olie stinkende donkere schaliebonken op die, achteraf gezien, ook al door Verbeek en Wanner zijn onderzocht. Verrast besloten we dit veel oudere spul ook maar te monstereën voor een analyse. Inderdaad bleek het na lab-onderzoek om oliemoedergesteente van Trias-ouderdom te gaan. Gesteente dat op Seram aardolie levert en afzettingen van Australische herkomst kenmerkt. En zo viel me ook ineens de losse steen met belemnieten op. De aanwezigheid van gebroken en anderszins gedeformeerde belemnieten intrigeerde me en ook de kans om via zaagvlakken een goed beeld van de positie van de rostra te krijgen gaf de doorslag om het als extra monster mee te nemen. Maar ja, eenmaal gezaagd, deels

zwemmende jagers vooral de diepere shelfgebieden (Hoffmann en Stevens, 2020). Het waren goed gestroomlijnde, torpedovormige jagers. Uit zeer zeldzame, goed bewaarde resten van weke delen weten we dat de dieren scherpe kaken hadden, een inktzak en tien vangarmen, die voorzien waren van kleine haakjes. Men gaat ervan uit dat de dieren goed horizontaal konden zwemmen en wendbaar waren (afb. 7). Na hun dood bleef vooral het harde rostrum (het potlood-





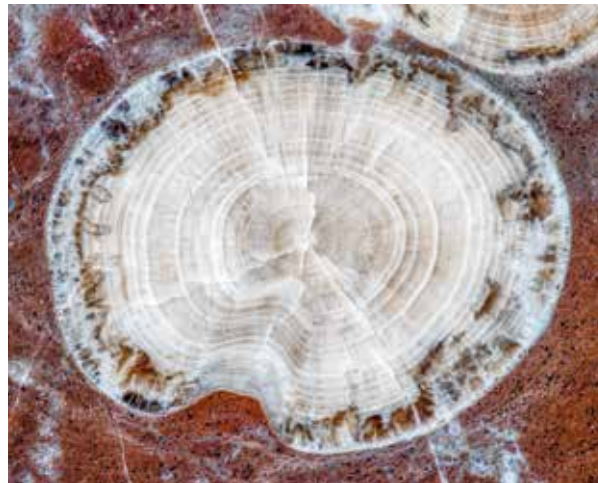
▲ Afb. 8. Overlangse doorsnede door een belemniet afkomstig uit de Boven-Jura kalksteen van Solnhofen (D). Van rechts naar links volgt, na het rostrum, het van kleine kamertjes voorziene fragmocoon dat vermoedelijk het drijfvermogen reguleerde, gevolgd door het vaak niet meer aanwezige, dunwandige pro-ostracum, dat de lichaamsholte omgaf. Totale lengte 9 cm.

► Afb. 10. Bovenvlak (ca. 8x8 cm) met gedeformeerde belemnieten. De drie rostra middenboven zijn gebroken en daarbij uit elkaar getrokken en ook wat lateraal verschoven. Opvallend is dat de rostra, en zeker die rechtsonder, ook enigermate verdraaid zijn. Dit wijst op een zekere mate van verwringing van het gesteente onder invloed van plooietektoniek.

► Afb. 9. Dwersdoorsnede door één van de rostra met de voor het genus *Pachybelemnopsis* kenmerkende ventrale spleet. De concentrische groeilijnen zijn duidelijk zichtbaar, evenals de onregelmatige verkiezeling aan de buitenkant van het rostrum. Zo op het oog lijkt dit deels kristallijne kwarts, deels donkergeklepte chalcodoo. De overlangse doorsnede is 17 mm.

tot pijlvormige kerndeel) bewaard, zoals ook in de Buru-kei. Met wat meer geluk is ook de kegelvormige interne holte bewaard gebleven (het fragmocoon), dat overgaat in een dunwandig aanhangsel, het proöstracum, dat aan de rugkant de inwendige delen van het dier moet hebben beschermd. Het exemplaar dat ik ooit als student in Solnhofen, met zijn beroemde Jura-kalk, kocht van een groeewerker, laat de onderdelen aardig zien (afb 8). Het Gea-maartnummer van 1986 is grotendeels gewijd aan belemnieten (J. van Diggelen), waarnaar ik verwijs voor verdere gegevens en afbeeldingen van vooral Europese soorten.

Uit Deninger's waarnemingen valt op te maken dat mijn brok een Jura-gesteente moet zijn. Onder de naam van Kartinakalken noemt hij een sedimenttype dat prima overeenkomt met dit handstuk. Als kenmerkend fossiel wordt een belemniet genoemd die voorzien is van een flinke ventrale (onderzijde; buikkant) groeve en waarschijnlijk overeenkomt met de soort *Belemnites taliabuticus* G. Boehm. Ook de belemnieten in het handstuk hebben die kenmerkende groef (afb. 9). Tegenwoordig worden zulke canaliculate vormen ondergebracht in het genus *Pachybelemnopsis* Riegraf, 1980. Het heeft geen zin om verder in de systematiek te duiken, want de kapotte specimina in dit stuk lijken me nauwelijks op soortniveau te bestemmen. Maar, *Pachybelemnopsis annae* Challinor 1979, een



Nieuw-Zeelandse soort die ik op internet tegenkwam, lijkt er veel op. Geen wonder, beide regio's vertegenwoordigen de Pacificse faunaprovincie.

Duna Formatie

De oude naam Kartinakalken is inmiddels vervangen door de naam Duna Formation (Harahap en Poedjoprajitno, 2006). Dat komt goed uit, want deze naam verwijst naar de rivier waar ook dit stuk is opgeraapt. De Duna-kalksteenformatie is volgens de auteurs slechts een paar tientallen meters dik, waarbij naar de top het aantal vuursteenlagen toeneemt. Hun beschrijving van een 5 m dik interval hoger in de formatie stemt uitstekend overeen met dit stuk. De formatie



heeft een Laat-Jura ouderdom, zoals de eerste onderzoekers ook al dachten. Onder de Duna Formatie volgt een tot 2 km dikke Trias-serie, met in het jongste deel die oliehoudende schalies. Deze Trias-serie markeert het begin van het geleidelijke losbreken van Buru van de Australische Plaat. Dat ging met rek en geleidelijke bodemdaling gepaard. Om olie uit organisch rijk marien sediment te laten ontstaan, moeten deze sedimenten bij een normale geothermische gradiënt door minstens 2500 m sediment bedekt zijn geweest. Er is niet veel fantasie voor nodig om te veronderstellen dat ook de daarop volgende Duna Formatie uiteindelijk door een flink pakket sediment bedekt is geweest. Dat moet enige sporen in het gesteente hebben nagelaten.



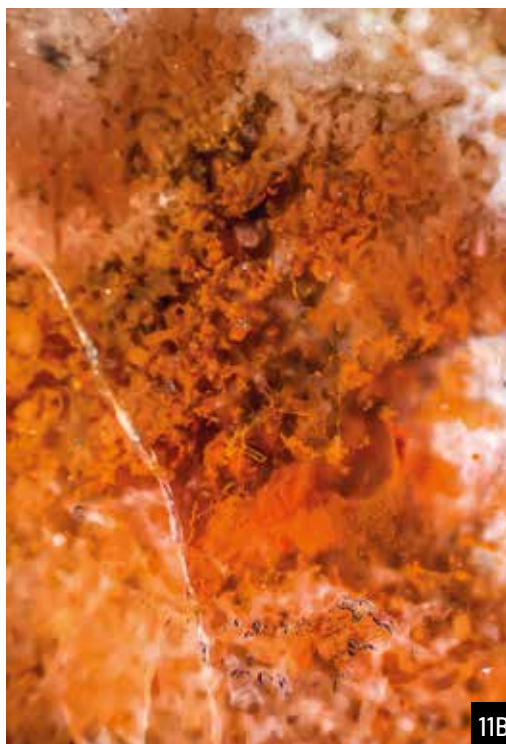
De bovenkant van het meegenomen stuk is opzettelijk niet aangeslepen. Het toont de rostra van minstens acht belemnieten, die allemaal meer of minder gedeformeerd zijn (afb. 10). Ze zijn gebroken en daarbij soms ook enigszins verdraaid. Ruwweg liggen de meeste exemplaren enigszins parallel aan elkaar. Het is een intrigerend geheel. Waarom zo gebroken?

Het omringende donker-roodbruine sediment is fijnkorrelig, maar bevat vrij veel met de loep zichtbare sedimentkorrels en microfossielresten. Volgens de gebruikelijke kalksteenclassificatie kunnen we het een belemnieten-wackestone noemen. Het kiezelgehalte lijkt vrij hoog te zijn (maar ik heb geen bepaling uitgevoerd) en er zit een kiezelband in met o.a. sponsresten (afb. 11 A, B). De basis van het blok bestaat uit een gevlekt, meer grijs-groen sediment. Beide sedimenttypen zijn vlekkelig door omwoeling door de toen in de bodem actieve sedimenteters, al is er nog meer aan de hand, zie volgende hoofdstuk. Naast de belemnieten en de knol met sponsresten is nog een schelpfragment van *Inoceramus* aanwezig.

Bij nader inzien blijkt de oriëntatie van de rostra binnen het gehele stuk willekeurig. Wel volgen ze het laagvlak, dat je kunt afleiden uit de overgang van grijsgroen naar meer roodachtig sediment (afb. 1). Bij een opeenhoping van rostra onder invloed van stroming zou je een duidelijke voorkeursrichting van de rostra verwachten. Maar de twee rostra aan de onderkant van het stuk staan bijna haaks op de gemiddelde oriëntatie van de rostra op het bovenvlak. Ook uit de zijvlakken (afb. 1) valt duidelijk op te maken dat de rostra willekeurig gerangschikt liggen.

De meest aannemelijke verklaring is dat de belemnietenrostra na de dood en verrotting van de dragers in willekeurige positie op de zeebodem terecht kwamen, waarbij ook aaseters en bodemgrazers nog een rol kunnen hebben gespeeld.

Mag je hier trouwens wel spreken over on-



◀ Afb. 11A. Deeloverzicht van één van de zijvlakken met rechtsonder een vleeskleurig en kiezelig sponsfragment. Het overlangs aangesneden rostrum midden-links is bij de rand afgebroken en opgewipt als gevolg van druk uitgeoefend door het bovenliggende rostrum en een onderliggend rostrum, waarvan maar een klein deel te zien is. 11B. Detail van het sponsfragment (x25; beeldbreedte 5 mm). In het midden zijn de skelet ondersteunende kiezelnaalden te zien.

dervlak of bovenvlak? Voor het gemak doe ik dat, maar de keuze is willekeurig. In losse stukken kan een kenner vaak aan de hand van optredende korrelgrootteverschillen of minimale erosievlakjes wel degelijk onder en boven van elkaar scheiden, maar hier, in dat fijne sediment, lukt dat niet. Mogelijk wijst de rijkdom aan rostra in dit fijnkorrelige geheel op relatief langzame sedimentatie.

Diagenetische veranderingen

Het begrip diagenese heeft betrekking op het totaal van fysische en chemische veranderingen, die plaatsvinden tijdens de omvorming van sediment tot verhard gesteente. Wat vertelt dit stuk hierover? Nadat de belemnieten in het kalkrijke bodemslik waren opgenomen, vonden er, naast de uiteindelijke verstening, diverse veranderingen plaats. Om te beginnen trad bij toenemende begraving door de opstapeling van nieuw sediment compactie (bodemverdichting) op. Onder invloed van de toenemende sedimentlast wordt het poriënwater in toenemende mate uitgedreven. In marien slijk kan dikteverlies door compactie meer dan 50% bedragen.

Normaliter zullen de rostra na de dood van het betreffende dier plat op de zeebodem (het latere laagvlak) liggen. Mogelijk kunnen bodemdieren naderhand die positie wat veranderen. In dit stuk is de voorkeurspositie van de rostra heel duidelijk conform het laagvlak. Door de verdichting van de lagen moeten de eventueel schuin in de voormalige zeebodem liggende rostra in de lengte-

► Afb. 12. Dit net langs de buitenkant van een rostrum geslepen vlak toont goed de botryoïdale structuur van het met chalcedoon bedekte oppervlak. Totale lengte 3,5 cm.



▼ Afb. 13. Detailfoto van een cluster van zes elkaar rakende belemnietenrostra. Het grootste rostrum links is deels verkiezeld en is via een stylolietvlak in contact met een niet verkiezeld en sterk gedeformeerd rostrum, dat op zijn beurt ook weer via een stylolietvlak in contact is met twee onderliggende, door gedeformeerde en niet verkiezelde delen van de rostra. Deze twee qua omvang flink in grootte gereduceerde rostra zijn een indicatie dat er aanzienlijke kalkoplossing heeft plaats gevonden door sterke samendrukking. De stylolietvlakken zijn niet altijd even goed zichtbaar, maar worden gekenmerkt door een concentratie van donkere sedimentkorrels. Breedte van de foto is 3,5 cm.

richting roteren. Dat kan tot breken leiden, zeker als een ander hard fossielfragment of een lithoklast bij verdere samendrukking in de weg zit en tot breekpunt wordt (afb. 11A). Maar als de rostra vooral in het laagvlak liggen, waarom zijn ze dan zo vaak gebroken?

Op zeker moment zijn de uitwendige delen van de rostra nogal aangetast door omzetting. Van dichtbij is goed te zien dat de oorspronkelijke vorm bewaard blijft, maar dat een deel van de heldere kalkmassa met de karakteristieke groeiringen op onregelmatige manier is vervangen door een donkerdere massa, waarbinnen zich ook weer allerlei grillige tot bolvormige patronen voordoen. Het ziet er naar uit dat er sprake is geweest van metasomatische vervanging van een deel van de kalk aan de buitenkant van de rostra door kiezel (bij metasomatose treedt er een scheikundige reactie in de mineralen op onder invloed van toegevoegde stoffen, zoals bijv. - kiezelhoudend - water, red.). Dit in de vorm van botryoïdaal (bolvormige

kristalvorm, red.) gevormde chalcedoon, een zeer fijnkorrelige kwartsvariëteit (afb. 12). Verkiezeling in mariene kalkige milieus is niet ongevoen als in zulke milieus ook de nodige kiezelorganismen voorkomen. De aanwezigheid van kiezelspoonsnaalden (afb. 11B) wijst hier ook op. Een kenmerk van de Duna Formatie is dan ook niet voor niets het voorkomen van vuursteenlagen.

Bij verder toenemende druk door dieper begraven, en vaak ook onder invloed van tektonische druk, zal in kalkstenen relatief makkelijk vorming van stylolieten optreden. Stylolieten zijn vlakken in het gesteente waarlangs oplossing door druk heeft plaatsgevonden. Een deel van de kalk verdwijnt dan door diffusie. Stylolieten hebben vaak een grillig verloop en worden gekenmerkt door de aanwezigheid van het niet in oplossing verdwenen residu. Hoeveel kalk verdwenen is hangt er vanaf. Een deel van het vlekke karakter van deze brok blijkt samen te hangen met stylolietvorming. Met de loep zijn deze stylolieten duidelijk zichtbaar (afb. 13, 14 en de achterplaat) en ruim aanwezig. Het is me opgevallen dat als een niet verkiezelde rostrumrand door middel van een stylolietvlak in aanraking is met botryoïdale chalcedoon van een aangrenzend rostrum, de kalk van het rostrum wel is verdwenen, maar niet van de chalcedoon. Dat betekent dat de stylolietvorming een latere fase in de diagenese moet zijn geweest dan de chalcedoenvorming. Met name de qua omvang sterk gereduceerde rostra in afb. 13 geven aan dat er flink wat kalk van deze rostra is verdwenen.



Tektonische invloed

Volgens Harahap en Poedjoprajitno (2006) zijn de oudere formaties in het door hen onderzochte westelijke deel van Buru matig geplooid in doorgaans open en symmetrische vormen. Het eiland heeft anders dan bijv. Timor niet heel zwaar in de (tektonische) verdrukking gezeten en grootschalige overschuivingen zijn hen dan ook niet bekend. Bij plooiing ondergaat het gesteente enige vervorming door hetzij rek of druk. Uit de Jurakalken van de Alpen zijn voorbeelden bekend van belemnieten die onder invloed van rek flink uit elkaar zijn getrokken, waarbij de ontstane tussenruimtes met calciet zijn opgevuld. Voor structureel geologen is dit een hulpmiddel om de mate van rek in de betreffende structuur te bepalen. Tijdens Alpenexcursies met onze VU-studenten heb ik dit fenomeen ook mogen waarnemen. Voor mij blijft de vraag vooral in hoeverre deze gebroken rostra nu primair een diagenetisch effect zijn, dan wel dat tektonische spanning de vervorming grotendeels veroorzaakte. Met name de in het bovenvlak goed zichtbare rostra zijn niet alleen gebroken, maar ook deels wat verwrongen.

Een speurtocht op internet naar gedeformeerde belemnieten leverde niet veel op. Met als uitzondering een poster (Mezger, 2017) over belemnieten uit het Krijt van Alaska, die onder een overschuivingsbreuk in de verdrukking zijn gekomen. Die rostra zijn veel sterker gedeformeerd dan bij dit materiaal het geval is, maar verbuiging wordt ook gerapporteerd. De mate van tektonische beïnvloeding moet ik daarom vaag houden, maar die was er zeker. Alleen al het feit dat Buru als eenmaal afgebroken microcontinent heeft meebewogen in dit tektonisch zo actieve gebied, zichtbaar door de aanwezigheid van plooiing en langsverhuivende breuken in de oudere ondergrond, spreekt voor zich. Eigenlijk fantastisch dat zo'n blokje steen zo'n verhaal kan vertellen.

Alle foto's zijn gemaakt door de auteur.



Referenties

- Diggelen, 1986. Belemnieten. *Gea*, 19(1), 1-25.
Lees online via: <https://natuurtijdschriften.nl/pub/414675>
- Fortuin, A.R., de Smet, M.E.M., Sumosusastro, P.A., van Marle, L.J. en Troelstra, S.R., 1988. Late Cenozoic geohistory of NW Buru, Indonesia and plate tectonic implications. *Geologie en Mijnbouw*, 67: 91-105.
- Harahap, B.H. en Poedjoprajitno, S., 2006. The stratigraphy and lithology of the Kuma river area Buru island, Maluku. *JSDG*, vol. XVI: 62-74.
- Hoffmann, R., and Stevens, K., 2020. The palaeobiology of belemnites – foundation for the interpretation of rostrum geochemistry. *Biological Reviews*, 95: 94-123.
- Lissajous, M., 1925. Répertoire alphabétique des Belemnites Jurassiques précédé d'un essai de classification. *Travaux du Lab. de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon. Fasc. VIII, Mém. 7*, 175 p.
- Mezger, J.E., 2017. GSA 2017 (Seattle) poster on deformed belemnites in the Talkeetna Mts., Alaska. DOI: 10.13140/RG.2.2.15902.02881
- Riegraf, W., 1999. Taxonomic status of the belemnite genus *Belemnopsis* Bayle 1878. *Paläontologische Zeitschrift*, 73 (1/2): 59-76.
- Wanner, J., 1922. Geologische Ergebnisse der Reisen K. Deninger's in den Molukken. I. Beiträge zur Geologie der Insel Buru nach den Tagebüchern und Sammlungen K. Deninger's. In: *Beiträge zur Geologie von Niederländisch-Indien, Abt. III. Palaeontographica, Supplement IV*, p. 59-110.

▲ Afb. 14. Overzicht van vier met elkaar in contact zijnde rostra. Merk op dat de positie van de ventrale holte willekeurig is. De rostra in de linkerbenedenhoek zijn weinig aangetast door oplossing. Stylietvorming is goed zichtbaar bij de overige drie rostra. Bij de letters A en B is te zien dat wel kalk is opgelost van het niet verkiezelde rostrumdeel en juist niet bij het al door verkiezeling aangetaste rostrum. Beeldbreedte 2,7 cm.