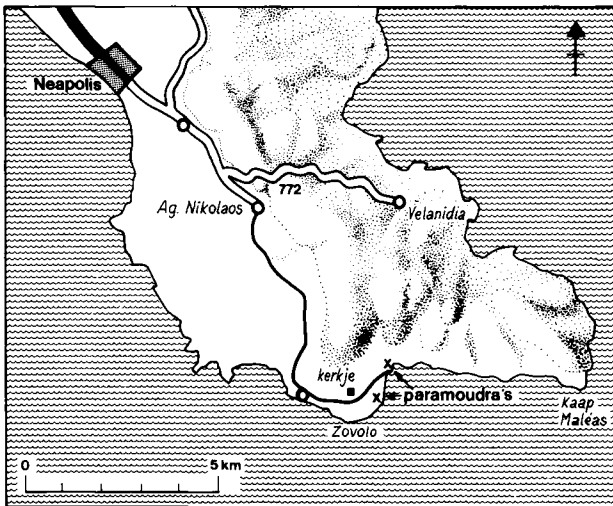


# Paramoudra's in de Peloponnesos (Griekenland)

door J. Stemvers-van Bommel

foto's: P. Stemvers



Afb. 1. De zuidelijke punt van Krithina, ZO-Peloponnesos, met de ligging van de beschreven paramoudra-voorkomens. Tekening: J.G. Schilthuizen.

We waren op onze trektocht op het uiterste zuidpuntje van Krithina aangeland, daar, waar de bergen van deze zuidoostelijke "vinger" van de Peloponnesos ophouden en een tamelijk vlakke strook land de bergen van de zee scheidt. En daar, vlak bij het water, stonden raadselachtige structuren. Nog nooit eerder hadden we zo iets gezien. Het leken wel stoelen, ook wat het formaat betreft, zodat we beiden er dan ook een uitzochten om even uit te blazen. Ze pasten precies, maar waren daar zeker niet voor ons neergezet.

Wel vaker heb je in Griekenland het gevoel, op door de historie geheiligde grond te vertoeven. Hier kon je denken, dat saters en nimfen achter de rotsen gluurden, dat de zeilen van Oudgriekse boten het eindeloze blauw van de zee verbraken en legendarische helden gingen landen om op hun zetels plaats te nemen. De verbeelding is gauw gewekt in een cultureel zo zwaar geladen gebied als de Peloponnesos, maar, goed beschouwd, waren de enigen die ons vanachter de rotsen begluurden de alomtegenwoordige geiten, en op zee koersten alleen wat roestige vrachtaandrijvers en witte cruiseschepen van de ene windstreek naar de andere.

Wel was op deze eenzame plaats waar we ons bevonden ooit op zijn minst enige scheepvaart en bedrijvigheid geweest. Op veel plaatsen: langs een kleine baai uit de wind aan zee, op een weggetje-van-niks, maar wie weet hoe oud al -- liggen namelijk splinters, afslagen en resten van werktuigjes uit obsidiaan, de geliefde grondstof voor allerlei huishoudelijke zaken van de prehistorische mens. Obsidiaan? Vulkanisch glas, waar in geen velden of wegen een vulkaan voorkomt? Maar op het eiland Milos, zo'n 120 km oostelijker, komt wèl obsidiaan voor -- een zwart, hard, homogeen gesteente -- en die vond in de Oudheid als handelswaar naar vele kusten langs de Middellandse Zee zijn weg. Kennelijk had die ook hier, aan het einde van het vasteland, zijn dienst bewezen. En de stenen "zetels"? Misschien dienden

die ooit wel als richtstoel, of verklaarde een orakel er het ruisen van de zee. Geologische fenomenen zijn wel vaker een kapstok geweest voor mythen en legenden. Niet-begrepen objecten krijgen wel vaker iets magisch.

Niet erg gevoelig voor magie, maar wel voor geologische fenomenen, maakten we foto's, verzamelden gesteentemonsters en probeerden, eenmaal weer thuis gekomen, bij deskundigen de ware aard van de raadselachtige structuren aan de weet te komen.

## Kolkaten? Buizen? Kokers?

Nu de feiten. De plaats waar de buisvormige structuren zich bevinden is de zuidkust van de meest oostelijke van de drie ver in zee stekende schiereilanden -- Krithina -- van de Peloponnesos, Griekenland. Afb. 1. Vanaf de havenplaats Neapolis loopt een goede weg naar Agio Nikolaos en dan is het nog ruim 7 km via slecht berijdbare weggetjes zuidwaarts. Eenmaal de laatste hoge berg voorbij wordt het land tamelijk vlak; ergens aan de kust is zowaar een piepklein haventje met een vuurtorenhuis, er staat daar ook een sneeuwwit kerkje en hier en daar liggen wat vakantiehuisjes. Op de kaart (Freytag en Berndt: Peloponnes - Korinth, 1:300.000) staat de naam Zovolo als enige aanduiding voor deze streek. Enkele kilometers oostelijk aanhoudend, voortsukkelend over een van de twee weggetjes in die richting, zal de bezoeker een klein, wit kerkje zien. Laat daar de auto -- in uw en zijn belang.

De structuren waar het hier om gaat zijn onderdeel van een toch al merkwaardig landschap. Het is een opgeheven zeebodem, Pliocen van ouderdom. Tamelijk jong dus, in verhouding tot het Permo-Trias van de bergen in de omgeving en het Midden-Trias van Kaap Maléas in het oosten. Door zon en wind zijn velerlei grillige verweringsvormen ontstaan. De zee heeft een profiel uitgeslepen: de afgezette lagen liggen nagenoeg horizontaal. Op veel plaatsen zijn in de bodem en de rotsen fossielen te zien. Hier en daar zijn de fossiellagen bijzonder rijk aan grote zeeëgels (doorgaans beschadigd) en pectenachtige schelpen. Ook slakken, brachiopoden, zeepokken, dentaliums, wormkokers en andere organismen, herkenbare zowel als problematische, raapten we op.

Vanaf het kerkje afdalend naar zee, westelijk van een beekje en naar schatting een 80 meter lopen, bereikten we de eerste van de twee plaatsen waar we de buis-structuren vonden. In het profiel langs de overkant van het beekje, vlakbij waar dit in zee stroomt, zijn mooie exemplaren in hun volle lengte te zien. Afb. 2.

Op de tweede vindplaats zijn de structuren op hun mooist. Op de voorplaat van dit Gea-nummer zijn er enkele afgebeeld. U bereikt dit voorkomen door vanaf het kerkje een voetpad oostelijk te volgen, zeg, een kilometer. Voor een droge rivierbedding gaat er een zijpad rechtsaf dicht langs de kust; nog even door de prikkels en u staat op een enkele meters hoog klif boven een soort abrasievlak, een door de zee schuin afgeslepen lagenpakket, waarop weer grillige verweringsvormen staan. Hiertussen bevinden zich talrijke loodrechte buizen, ongeveer 0.5 m in diameter. Afb. 3. De harde, uitstekende wanden bestaan uit een lichtgekleurde, kalkige laag van enkele tot ongeveer 10 cm dikte. Hier en daar dachten we in deze wanden levenssporen te zien in de vorm van grillige wormkokers. Het kalkig-zandig-kleiige sediment



Afb. 2. In het profiel langs het droge beekje ten Z van het kerkje zijn zeer lange buis-structuren te zien.

onderscheidt zich duidelijk van de kalkige buiswanden. In het sediment binnen de wand, dat ietwat verhard is en donkergrijs van kleur, merkten we geen fossielen op. Het iets compactere sediment erbuiten verschilde op het oog niet zo veel van dat erbinnen, zij het dat het wat harder was en dat daar juist heel veel fossielen waren.

De hoogte van de buizen varieerde sterk. Sommige buizen waren slechts in doorsnee op de bodem te zien (afb. 4), vele waren tot zo'n 30 - 60 cm hoogte door de zee uitgerepareerd, soms aan de ene kant hoger dan aan de andere, vandaar de gelijkenis met stoelen. Enkele, die in de luwte stonden van de achterwand van de kustvlakte, hadden het tot zo'n 2 m hoogte gebracht (afb. 5). De zee kolkte rondom en schuurde in enkele lage buisstructuren stenen rond. Bij sommige buizen vlak bij zee ontbraken de kalkwanden; het water klotste er in de diepte, zodat even de gedachte aan kolkaten zich aan ons opdrong. Maar hoe waren dan de kalkwanden bij de overige exemplaren te verklaren? Met een hoofd vol vraagtekens verlieten we de kust. Op de terugweg naar het kerkje merkten we ditmaal op, dat tussen de ruige begroeiing overeenkomstige buizen stonden, die overigens maar enkele centimeters tot decimeters hoog waren.

Zoals gezegd, werd in Nederland naar een oplossing van het buizenraadsel gezocht. Dit bleek niet eenvoudig. Via Prof. J.D. de Jong werd uiteindelijk een promovendus gevonden, drs. J.J.P. Zijlstra te Utrecht, die uit hoofde van zijn studieopdracht kennis van zaken heeft. Wij laten hem hier graag aan het woord.

## Rapport van drs. J.J.P. Zijlstra betreffende buisvormige structuren

"Mij werd een viertal dia's voorgelegd met afbeeldingen van Pliocene mariene gesteenten, die dagzomen bij Kaap Maléas, zuidkust Krithina, Peloponnesos, Griekenland.

Hierop zijn een groep en enkele losse cilindervormige structuren goed zichtbaar. De cilinders staan overwegend verticaal, hebben een lengte van enkele meters en een doorsnede van 0.5 à 1.0 m. De wand heeft een dikte van enkele cm tot dm en onderscheidt zich van het omringende en interne gesteente, doordat deze lichter is gekleurd en bij verwerking meer resistent is. Het omringende gesteente is donker gekleurd en lijkt fijnkorrelig zonder structuren.

Al is het voorhanden zijnde materiaal niet voldoende voor een exacte beschrijving van de raadselachtige buisvormige structuren, toch kunnen we deze met enige zekerheid determineren als *Bathichnus paramoudrae*. Deze is mij ook bekend uit het Boven-Krijt van Noordwest-Europa. Volgens Bromley et al. (1975) was paramoudra een worm, die het sediment verticaal penetreerde tot diepten van 9 meter. Volgens Zijlstra (1989) introduceerde het organisme vers zeewater in oudere, "dode" sedimenten en daardoor zuurstof ( $O_2$ ) en sulfaat ( $SO_4^{2-}$ ). Het resultaat hiervan was de groei van bacteriën. Deze werden vervolgens door de graver geogst.

De gelede worm, die tijdens zijn leven in het sediment naar beneden groeide, had een doorsnede van minder dan 1 cm. De buisvormige structuur rondom de centimeter-dunne en meters-lange graafgang is dan ook het resultaat van chemische verandering in het omringende gesteente, als gevolg van de activiteit van de bacteriën rondom de graafgang.

Bekijken we de linker bovenhoek van een van de dia's, dan zien we een doorsnede van een buis met in het centrum de graafgang en daaromheen de door bacterieel metabolisme veroorzaakte chemische neerslag. De buitenste, lichtgekleurde ring bestaat uit gesteente dat is verkit door kalkneerslag. Op de dia is zichtbaar, dat aan de binnenkant van deze ring het sediment bruin is gekleurd door geoxideerde pyriet.

De vroeg-diagenetische, chemische veranderingen van het sediment, resulterend in bovengenoemd verschijnsel, verliepen als volgt. Oxidatie van het sediment in de directe omgeving van de graafgang en kleimineraal-vorming in het zwak oxiderende sediment (niet zichtbaar op de dia). Op enige afstand van de graafgang reduceerden bacteriën sulfaat en produceerden  $H_2S$ , dat vervolgens met ijzer oxideerde tot pyriet ( $FeS$ ). (Dit oxideerde recent tot de roestbruine verkleuring.) Buiten de zone met sulfaat-reducerende bacteriën bevond zich een zone met kooldioxide- ( $CO_2$ ) reducerende bacteriën, die vervolgens methaan (biogas,  $CH_4$ ) produceerden. De verlaging van de  $CO_2$ -concentratie, als gevolg van de omzetting in  $CH_4$ , leidde tot de afname van de

Afb. 3. Enkele uitverweerde buizen met hun harde, kalkige wanden.



oplosbaarheid van kalk in poriënwater. Hierdoor sloeg de kalk neer en werd een verkitten cilinder gevormd, die nu als verwerings-resistente buis in het veld voorkomt.

In het geval dat silica (opgelost siliciumdioxide, SiO<sub>2</sub>) aanwezig is, kan in plaats van kalk ook vuursteen worden gevormd. Een zeer mooie, 9 meter lange paramoudra met vuurstenen cilinder uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg is beschreven door W.M. Felder (1980) en kan tegenwoordig in het Natuurhistorisch Museum te Maastricht worden bekeken.

### Referenties

Bromley, R.G., Schulz, M.G. en Peake, N.B. (1975): Paramoudras: giant flints, long burrows and the early diagenesis of chalks; Kong. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Skr. 20, 10, Kobenhavn; 31 pp.  
Felder, W.M. (1980): Merkwaardige vuursteen en graafgangen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg; Grondboor en Hamer 1980, nr. 5, p.142-154.  
Zijlstra, J.J.P. (1989): Antwoord van Zijlstra op kritiek van v.d. Weijden et al. betreffende "Early diagenetic silica precipitation, in relation to redox boundaries and bacterial metabolism, in late Cretaceous chalk of the Maastrichtian type locality"; Geol. en Mijnb. 66 (1987) in Geologie en Mijnbouw 68 (1989), nr. 2."

### Kalkige paramoudra's

De "Griekse buizen" zoals de structuren in de wandeling zijn gaan heten, blijken dus, indirect, het werk van een worm: paramoudra. Een bepaald niet alledaagse oplossing van het vraagstuk. Met grote waardering aanvaarden we de lezing van drs. Zijlstra en

*Afb. 4. Dicht bij zee waren verscheidene buizen in kolkpaten veranderd, waarin de kalkwand was verdwenen. Het afgebeelde exemplaar bezat zijn kalkwand nog wel.*



*Afb. 5. Sommige buizen zijn zo'n 2 m hoog bij 40 cm doorsnee.*

danken hem van harte voor zijn bemoeienissen. Uit zijn referenties, en uit de literatuuropgaven die we naderhand onder ogen kregen, bleek, dat het fenomeen nog pas sinds kort goed bestudeerd is (vooral sinds 1975: R.G. Bromley e.a.) en dan wel voornamelijk (?) aan vuursteen-exemplaren. We hoeven ook niet eens zo ver te reizen om zo'n vuursteen-paramoudra te zien. Van de kalkige paramoudra's van Krithina worden geen evenknieën vermeld. Zijn zij in hun soort apart? Zij staan daar als monumentale zetels, alsof zij wachten op hun orakel.

\* \* \*

### Microanalyse van Paramoudra-materiaal

door P. Stemvers

Het oplossen van een geologisch fenomeen via een paar dia's is natuurlijk altijd een hachelijke zaak en graag hadden we de heer Zijlstra meer gegevens ter beschikking gesteld. Zijn rapport viel helaas bij ons in de bus toen we Krithina voor de tweede keer bezochten om nieuwe foto's en monsters te nemen. Kunnen we het rapport aanvullen met gegevens uit een chemische micro-analyse? Ook dat is een hachelijke zaak, omdat alleen de monsternamen al één van de moeilijkste zaken voor een geoloog is. Doch wie niet waagt die niet wint....

De monsters werden genoemd: **B** van **Binnen** in het fenomeen, **R** van **Ring** en **F** van de **Fossiel**-bevattende laag buiten het fenomeen.

Bij het afbreken van de monsters viel tegelijk een verschil op. Van **B** konden stukjes afgebroken worden tussen het vlees van de vingers, bij **F** was dat minimaal nagelwerk en bij **R** kwam er een

tang aan te pas. De zachtheid van **B** verklaart dan ook dat, wanneer er door de zee brokken van **F** in **B** komen, deze brokken hier kolkgenen in uitslijpen. Zie afb. 4.

Ook het oplossen in zoutzuur gaf verschillen te zien. **B** had het minste zoutzuur nodig, bruisde matig fel en gaf veel troebeling, die langzaam bezonk. **F** had meer zoutzuur nodig, bruisde fel en gaf een snel bezinkende troebeling. **R** bruisde zeer fel, het schuim van de bruis was kleurloos (in tegenstelling tot dat van **B** en **F**, die beide een vieze, donkere schuimlaag gaven). Residu van **F** was er heel weinig. Alleen al op basis van dit oplossen kan gesteld worden, dat **R** grotendeels uit kalk bestaat en daar zijn grotere hardheid aan te danken heeft. Een hardheid, die op zijn beurt weer mede verantwoordelijk is voor de vorm van onze fenomenen in het landschap.

Waar het oplossen plaats vond in een reageerbuisje met behulp van 10% zoutzuur, ontstonden nu twee lagen: een bovenlaag die chloriden en zoutzuur bevat, en een onderlaag die omgezegt sediment, chloriden en zoutzuur bevat.

Enkele druppels van de bovenlaag werden op een objectglasje boven een theelichtje drooggedampt en gaven onder de microscoop, wanneer het glaasje nog heet was, prachtige kristallen van **calciumchloride** te zien. Deze stof, die we in de winkel als vocht-

vreter kunnen kopen, is razend hygroscopisch en vervloeit tijdens het kijken tot dikke druppels. Na toevoeging van een paar druppels water en één druppel 10% zwavelzuur lieten **gipskristallen** (calciumsulfaat) niet lang op zich wachten. Maar er waren ook hier verschillen. Bij **B** duurde het lang en werden er relatief weinig gevormd, bij **R** ging dat snel en was de opbrengst aan gips het grootste. Iets minder groot dan bij **R**, maar duidelijk groter dan bij **B**, was de opbrengst aan gipskristallen bij **F**. Deze ruwe calcium-bepaling onderschrijft wat we bij het oplossen al zagen.

De onderlagen met het residu werden nu zoutzuur- en chloridevrij gewassen en als korrelpreparaat onder de polarisatiemicroscoop bekeken. De beelden waren identiek. Het merendeel der kristallen bestond uit kwartskorrels die niet afgerond waren. Dit duidt op een kort transport en op een verblijf in zee buiten de brandingszone. Voorts waren aanwezig: mica, biotiet en veldspaten. Meer dan de helft was echter kwarts.

**Conclusie:** Uit deze microanalyse zou geconcludeerd kunnen worden, dat de calcium uit **B** naar **R** gemigreerd is. Siliciumdioxide ( $\text{SiO}_2$ ) is hier alleen aanwezig in de vorm van kwartskorrels en van vuursteenvorming, zoals beschreven in het rapport van drs. Zijlstra, is in dit geval geen sprake.

## GEOLOGIE VOOR IEDEREEN

### Mineralen verzamelen, hoe doe je dat? (deel II)

door H. van Dennebroek

In de vorige aflevering heb ik u het een en ander verteld over het zoeken van mineralen. Nu, bij de aanvang van het nieuwe beurzenzeizoen, wil ik u wat tips geven voor het kopen van mineralen.

In Nederland zijn veel mineralenbeurzen (te veel misschien wel). Het mineralenaanbod is in het algemeen groot, zeker voor een beginnende verzamelaar. Op beurzen waar het merendeel van de stands gevuld is met mineralen, stenen en fossielen is voor u als verzamelaar natuurlijk meer te zien en te kopen dan op beurzen waar sieraden en snuisterijen de overhand hebben.

Het is aan te raden om vooraf een lijstje te maken van mineralen die u beslist wilt aanschaffen. Probeer op de beurs uzelf zoveel mogelijk aan dit voorkeurslijstje te houden (dit is soms heel moeilijk door de vele mooie dingen die u ziet). Aarzel echter niet met aanschaffen als er een interessante aanbieding is van bijvoorbeeld een nieuw mineraal of materiaal van een nieuwe vindplaats. Veel beginnende verzamelaars hebben de neiging om voor een bepaald bedrag zoveel mogelijk mineralen te kopen. Het is de moeite van het overwegen waard of het niet beter is om voor het bedrag minder mineralen te kopen zodat de kwaliteit van het gekochte hoger kan zijn (alle waar is immers naar zijn geld). Dit komt in ieder geval de kwaliteit van de verzameling ten goede.

#### De prijs van het mineraal

Het zal u opvallen dat bepaalde mineralen soms voor totaal verschillende prijzen worden aangeboden. In eerste instantie zal men dan geneigd zijn het mineraal dat het goedkoopst wordt aangeboden te kopen. Het is goed om te weten dat de prijs van een mineraal niet alleen maar afhankelijk is van de inkoop en/of het verlangde winstpercentage van de handelaar, maar ook door eigenschappen van het mineraal zelf wordt bepaald. Een paar voorbeelden: Bergkristal uit Brazilië wordt in grote hoeveelheden (honderden kilo's) in makkelijk te exploiteren voorkomens gevonden en heeft daarom een relatief lage prijs. Alpiene bergkristal daarentegen wordt nooit in grote hoeveelheden gevonden en

zeker niet in makkelijk exploiteerbare voorkomens. De prijs van een bergkristal uit de Alpen zal vele malen hoger zijn dan een vergelijkbaar kristal uit Brazilië.

De zuiverheid en de grootte van de kristallen zijn andere gegevens die van invloed zijn op de prijs. Een bergkristal waarop enkele rutielkristallen gegroeid zijn, kan duurder zijn dan een groter kristal dat geen andere mineralen bevat. Galeniet ( $\text{PbS}$ ) is een betrekkelijk veel voorkomend mineraal. Het wordt op beurzen aangeboden als brokstukken, mooi glanzend, soms met vele kubi aan de oppervlakte. Maar vaak zijn de kubussen geen echte kristallen. Het mineraal galeniet heeft als eigenschap dat het altijd splijt in kubusvorm. Deze zogenaamde splijststukken zullen veel minder kosten dan een stuk galeniet met echte kristallen. Iets

Afb. 1. Fluoriet in kubusvorm. Deze vorm met zes vlakken komt bij fluoriet het meest voor. Tekening: J.G. Schilthuisen.

