

**Inhoud:**

|  |  |
|--|--|
| Coesiet, een verrassing uit grote diepte.....73                                | Verslag van een mineralogische excursie naar Polen....93 |
| Fossiele wormen .....77  | De GEA-Pionier: IV.....96                                |
| Tertiaire zeeëgel-vindplaatsen in de Médoc<br>(Bordelais, ZW-Frankrijk).....85 | Vragen staat vrij.....99                                 |
| In de greep van ijzer.....90   | Boekbesprekingen.....100                                 |
|  | Evenementsbijlage met: IJzer in Amsterdam                |

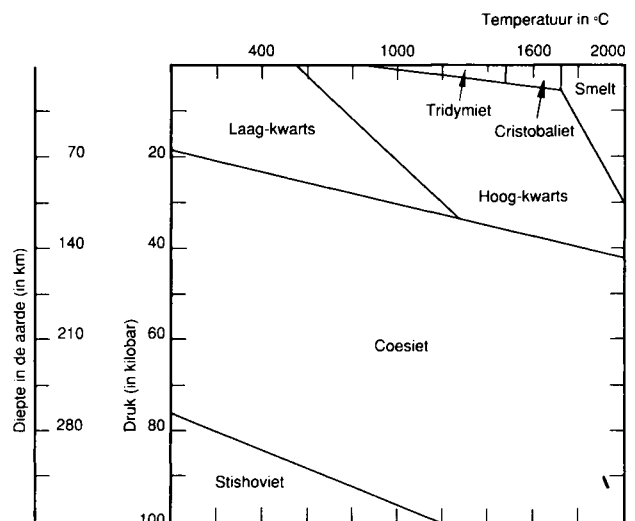
# Coesiet, een verrassing uit grote diepte

Ernst A.J. Burke, \*)  
en  
Yuexiang Cong, \*\*)

**Inleiding**

Van de verbinding SiO<sub>2</sub>, siliciumdioxide, zijn meer dan tien polymorfe modificaties bekend: atomen van silicium en van zuurstof kunnen zich in dezelfde verhouding ordelijk rangschikken in meer dan tien verschillende kristalstructuren. Deze diverse kristalstructuren van SiO<sub>2</sub> kunnen echter niet overal of tegelijkertijd voorkomen, want zij zijn stabiel bij verschillende omstandigheden van druk en temperatuur. Afb. 1 is een fasendiagram van SiO<sub>2</sub>: de verschillende gebieden in het druk-temperatuur diagram zijn de stabiliteitsvelden van de meest voorkomende SiO<sub>2</sub>-fasen, waarvan kwarts uiteraard het meest bekende mineraal is. Bij lage druk is laag-kwarts stabiel tot 573°C, en hoog-kwarts tot 870°C. De hoge-temperatuur polymorfen van SiO<sub>2</sub>, tridymiet en cristobaliet, zijn slechts stabiel bij relatief lage druk. In de natuur worden zij dus aangetroffen in gesteenten die bij zeer hoge temperatuur maar ook bij lage druk gevormd worden, zoals vulkanische gesteenten die aan het aardoppervlak uit magma kristalliseren. Fraaie kristallen van tridymiet en cristobaliet vindt men in micro-mounts van gesteenten uit bv. de Eifel. Het stabiliteitsveld

van kwarts omvat praktisch alle omstandigheden van druk en temperatuur in de aardkorst en in de bovenmantel (0 tot 20 à 40 kilobar, 0 tot 2000°C): daarom is kwarts ook een van de meest voorkomende mineralen, en wel in de meest uiteenlopende gesteenten.



Afb. 1. Fasendiagram van SiO<sub>2</sub>; de gebieden geven aan bij welke omstandigheden van druk en temperatuur de verschillende mineralen stabiel zijn.

\*) Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit, Amsterdam.

\*\*\*) Geologisch Instituut, Chinese Academie voor Geologische Wetenschappen, Beijing

## Coesiet en stishoviet

Twee mineralen in afb. 1 zijn nog niet besproken: de hoge-druk polymorfen coesiet en stishoviet. Bij lage temperatuur is coesiet pas stabiel bij drukken hoger dan 20 kilobar (1 kb is ongeveer 1 atmosfeer), en stishoviet pas bij drukken hoger dan 80 kilobar. Bij temperaturen van 700-800°C, zoals in de onderkorst en in de bovenmantel, is coesiet pas stabiel vanaf 30 kilobar en stishoviet vanaf 90 kilobar: dit zijn drukken die in de aarde heersen bij diepten van respectievelijk 100 kilometer en meer dan 300 kilometer! Coesiet werd voor het eerst synthetisch gemaakt in het laboratorium door L. Coes, Jr. in 1953 in de USA, en stishoviet in 1961 door S.M. Stishov en S.V. Popova in de USSR. In de natuur werden zij voor het eerst als mineraal gevonden door Chao en medewerkers in 1960 en in 1962, en wel op dezelfde plaats: Meteor Crater bij Canyon Diablo in Arizona (afb. 2). De inslag van een zeer grote meteoriet (geschat op 60.000 ton) heeft daar 30.000 jaar geleden een krater van 1300 m diameter en 200 m diepte gevormd in de Coconino zandsteen (Permische ouderdom). Bij die klap is de druk gedurende korte tijd zo hoog geweest dat de kwartskorrels in de zandsteen gedeeltelijk omgezet zijn in coesiet en stishoviet, en de temperatuur zo hoog dat kwarts kon smelten. Het gesteente bestaat na de inslag vooral uit laag-kwarts en uit SiO<sub>2</sub>-glas (ontstaan door het smelten), maar het bevat ook tot 25 % coesiet en ongeveer 0,5 % stishoviet. De coesietkorrels zijn makkelijk te herkennen onder de polarisatiemicroscopie (zie verder), en zijn tot 15 micrometer groot. Stishoviet is bijzonder moeilijk te herkennen omdat de meeste korrels kleiner dan 1 micrometer zijn; men maakt concentraten van het mineraal door het gesteente te behandelen met de sterke zuren HCl en HF: kwarts en coesiet lossen dan grotendeels op, en stishoviet blijft over en kan met verschillende methoden geïdentificeerd worden.

De beide mineralen zijn daarna in talrijke andere inslagkraters gevonden, het dichtst bij Nederland in de Nördlinger Ries, een enorme krater (27 km diameter) ten oosten van Stuttgart in Duitsland. Voor stishoviet zijn de inslagkraters (en materiaal daar gevormd) de enige vindplaats gebleven.



Afb. 2. Meteor Crater in Arizona (USA): typelocaliteit van de mineralen coesiet en stishoviet die onder hoge druk uit kwarts ontstaan bij de inslag van een meteoriet.

### Coesiet: volgend voorkomen

Laboratoriumstudies naar de stabiliteitsgrenzen van coesiet hebben aangetoond dat het mineraal eigenlijk niet in de aardkorst kan voorkomen, behalve bij inslagkraters waar de nodige druk "van buitenaf" geleverd wordt. De aardkorst is immers niet dik genoeg om de druk te kunnen leveren waarbij coesiet gevormd kan worden: in Tibet en in de Altiplano (Andes-gebergte) zijn de grootste dikten van de aardkorst vastgesteld, ongeveer 70 km, te weinig voor coesiet dat pas ontstaat bij een diepte van meer dan 90 km. Wel verwachtte men dat coesiet mogelijk stabiel zou zijn

in de mantel, die zich onder de korst op grotere diepte in de aarde bevindt. Sobolev en anderen publiceerden in 1976 de eerste vondst van coesiet buiten de inslagkraters, en wel als insluitel (samen met pyroop-granaat en omphaciet-pyroxeen) in diamant in alluviale afzettingen in Jakoetië (Siberië). Diamant wordt op grote diepte in de aarde gevormd, en dan door kimberlietpijpen naar het aardoppervlak getransporteerd. Een jaar later, in 1977, vonden Smyth en Hatton het eerste in situ voorkomen van coesiet in dergelijke gesteenten: de Roberts Victor kimberlietpijp in Zuid-Afrika. Coesiet komt daar voor als korrels tot 3 mm diameter in xenolieten van eclogiet\*), zij bevatten ongeveer 6 % coesiet. De coesietkorrels zijn aan de rand altijd omgezet naar kwarts, een fenomeen dat men later steeds terug zou zien. De auteurs konden met behulp van röntgendiffractiemethoden aantonen dat de korrels coesiet waren. Het gesteente is gevormd op een diepte van tenminste 100 km, bij een temperatuur van ca. 900°C en bij een druk van tenminste 30 kilobar. In afb. 1 kan men zien dat coesiet slechts bij hoge druk stabiel is; het mineraal kan alleen aan het aardoppervlak voorkomen als de vormingsomstandigheden zich snel veranderen, zodat het de kans niet krijgt om naar kwarts om te zetten. In kimberlietpijpen zakt de temperatuur tijdens de intrusie een paar honderd graden in slechts een paar uur, maar toch worden de coesietkorrels gedeeltelijk of geheel naar kwarts omgezet.

Ondertussen heeft men vastgesteld dat coesiet in bijna alle kimberlietpijpen voorkomt, als insluitel in eclogiet-xenolieten, of als insluitel in diamant.



Afb. 3. Tekening naar een foto onder de polarisatie-microscopie van een slijpplaatje van pyroop uit de kwartsiet van Parigi, Dora Maira massief. De insluitels hebben een rand van kwarts, en bevatten in het midden resten van coesiet; rond de insluitels radiale barsten in pyroop door de toename van volume bij de omzetting van coesiet naar kwarts. Schaal = 100 micrometer. Naar C. Chopin (1984, p. 110, Fig. 3d).

### Een sensatie uit de Alpen

Gedurende bijna 25 jaar werd coesiet dus alleen gevonden in inslagkraters en in kimberlietpijpen, twee extreme geologische omstandigheden. Het was dan ook geen alledaagse sensatie toen Christian Chopin van de Ecole Normale Supérieure te Parijs in 1984 bekend maakte dat hij coesiet gevonden had in de westelijke Alpen, niet in gesteenten die van de mantel afkomstig waren, maar in gesteenten die duidelijk in de korst gevormd waren; bovendien vond hij de coesiet in enorme hoeveelheden. Allereerst iets over de vindplaats in het Dora Maira massief in Italië, ongeveer 60 km ten zuid-zuidwesten van Turijn. De meest spectaculaire ontsluiting bevindt zich in Val Po bij Parigi, 2 km ten zuidwesten van Martiniana Po, op een hoogte van 850 meter. De



*Afb. 4A. Coesietinsluitel in pyroxeen in eclogiet, Siwu, Anhui provincie, Oost-China; het insluitel is 0,2 mm lang en 0,1 mm breed; let op de radiale barsten in de pyroxeen. De lichtere korrels rond de pyroxeen zijn granaat.*



*Afb. 4B. Vergrote en iets gedraaide weergave van hetzelfde insluitel, nu met gekruiste nicols: de rand van het insluitel bestaat uit radiaal gegroeide polykristallijne kwarts, de kern bestaat nog uit coesiet. Foto's: Yuexiang Cong.*

plaatselijke bevolking kan u de weg wijzen, het is er de laatste tijd vrij druk! Ingesloten in biotietgneis ziet men er opmerkelijke lenzen (tot 90 meter lang en tot 30 meter dik) van een gesteente met witte kleur. De niet-geïnformeerde kijker of verzamelaar denkt dat het gesteente iets weg heeft van een ongesorteerd conglomeraat met rolkeien die uit lichtroze kwarts lijken te bestaan. Maar in werkelijkheid is het gesteente een fijnkorrelige kwartsiet, met schilfers van phengiet (een glimmer), en de "rolkeien" zijn klompen met een diameter van 0,2 cm tot maar liefst 25 cm die uit monokristallijne pyroop-granaat bestaan. Soms zijn die klompen omgezet naar chloriet, en dan hebben ze een groenachtige kleur. De kwartsiet is een paar meter dik, en kan vervolgd worden over een afstand van maar liefst 15 km.

De kleinere pyroopkristallen (tot ca. 1 cm) bevatten een groot aantal insluitels van kyaniet, rutiel en kwarts. De kwartsinsluitels zien er vreemd uit: de rand van de insluitels bestaat altijd uit radiaal gegroeide polykristallijne kwarts, en de kwarts in het midden bevat resten van een mineraal dat onder de microscoop een duidelijk hoger reliëf heeft (afb. 3). De insluitels zijn omgeven door een opvallend radiaal patroon van barsten in de pyroop, een patroon dat ontbreekt rond de insluitels van kyaniet en rutiel. Chemische analyse van het mineraal met het hogere reliëf toont aan dat het zuiver  $\text{SiO}_2$  is. De barsten rond de insluitels wijzen op een forse volumetoename binnen het insluitel. Kortom, alles wijst erop dat de kwartsinsluitels een vervanging (pseudomorfose) zijn van een hoge-druk polymorfe van  $\text{SiO}_2$ , bv. coesiet. Dit is bevestigd met Raman microspectrometrie (zie verder) en met elektronendiffractie. De omzetting van coesiet naar kwarts gaat gepaard met een volumetoename van 10 %, voldoende om de

mechanische sterkte van de granaat te doorbreken met een patroon van radiale breuken. De granaat blijkt bij analyse bijna zuivere pyroop te zijn, zuiverder dan in gesteenten die van de mantel afkomstig zijn, tot dan toe de enige vindplaats van zulke zuivere pyroop.

Uit de mineraalassenblages kan vastgesteld worden dat de "vreemde kwartsiet" gevormd is bij een temperatuur tussen 700 en 800°C, en bij een druk die hoger was dan 28 kilobar, kortom op een diepte in de aarde van 90 km of meer! De grote druk waaraan dit gesteente onderhevig geweest moet zijn werd nog geen twee jaar later bevestigd door dezelfde Chopin, die met medewerkers in de grotere granaten (10 cm of meer) het nieuwe mineraal ellenbergeriet ontdekte, een Mg-Al-Ti-Zr-silicaat met een structuur die alleen bij extreem hoge druk gevormd kan worden. Het fascinerende mineraal heeft een prachtige paars-violette kleur, het was eerder als piemontiet beschreven ...

Deze resultaten leidden vanzelfsprekend tot een fors fronsen van een groot aantal wenkbrauwen. Men kende immers geen aardkorst die dikker was dan 70 km, en nu toonde Chopin ineens aan dat er korstgesteenten door subductie naar een diepte van meer dan 90 km gebracht waren. En bovendien, hoe moet je korstgesteenten op zo'n diepte krijgen terwijl de temperatuur relatief laag (700-800°C) blijft? Maar bovenal, hoe krijg je die gesteenten weer bijna 100 km omhoog (ze zijn nu immers aan het oppervlak) zonder dat alle coesiet naar kwarts is omgezet? Chopin en zijn medewerkers hebben er nog een paar jaar aan gewerkt, en in 1991 hebben zij een zeer lang verhaal geschreven over alle aspecten van de Dora Maira-coesiet, en van de gesteenten waarin de hoge-druk mineralen voorkomen. Er zijn nog altijd meer

problemen dan oplossingen, Chopin noemt de fameuze kwartsiet-laag, die ooit massieve coesiet geweest is, een "petrological sanity wrecker". Hij kondigde nieuwe resultaten aan, en die verschenen eveneens in 1991, gepubliceerd door Schertl en medewerkers (waaronder Chopin). De fameuze ontsluiting bij Parigi is nu helemaal uitgezocht: de gesteenten zijn onderhevig geweest aan een druk van maar liefst 37 kilobar bij 800°C. Het blijven bestaan van coesiet en andere hoge-druk mineralen is echter nog altijd een onopgeloste zaak.

Dat er in de wetenschap niet altijd echt nieuws onder de zon is bleek uit de oudere literatuur. Chopin vermeldt in zijn verhaal van 1984 dat de Russen Chesnokov en Popov al in 1965 de typische radiale breuken rond kwartsinsluitels gesignaleerd hebben in eclogieten die duidelijk in de aardkorst gevormd waren (uit de zuidelijke Oeral en uit de Münchberger Gneissmasse in Beieren). Zij hadden toen ook al de veronderstelling geuit dat die insluitels oorspronkelijk uit coesiet bestaan moeten hebben, maar zij konden het helaas niet bewijzen omdat alle coesiet volledig in kwarts was omgezet.

Nu, slechts een paar jaar na de sensatie van Chopin, is coesiet bijna een gewoon mineraal geworden. Men heeft het meteen in 1984 ook gevonden in Noorwegen, en meer recentelijk in de streek rond Zermatt, in het Saksische Erzgebirge, en vooral op veel plaatsen in een 1000 km lange bergketen in het oosten van China.

## Coesiet in China

In het oosten van China, ruwweg ten zuidwesten en ten noorden van Nanjing, komen verschillende eclogietmassieven voor langs de 1000 km lange Tanlu breukzone. Sinds 1989 zijn op een aantal plaatsen van het Dabie Shan massief in de provincie Anhui en van de Jiaoliao en Jilu massieven in de provincie Shandong coesiet en pseudomorfofen van kwarts naar coesiet gevonden. Met name in het Dabie Shan massief is op zoveel plaatsen coesiet (of pseudomorfofen van kwarts naar coesiet) in de eclogieten vastgesteld, dat men moet aannemen dat een schol aardkorst van meer dan 1000 km<sup>2</sup> oppervlakte naar een diepte van meer dan 90 km gebracht is.

In het kader van wetenschappelijke uitwisseling tussen Nederland en China verblijft Yuexiang Cong een jaar aan het Instituut voor Aardwetenschappen van de Vrije Universiteit. Hij bestudeert daar onder leiding van Prof. J.L.R. Touret een aantal zelf verzamelde monsters van eclogiet uit het Dabie Shan massief, en vooral de fluïde insluitels in die gesteenten. Tot zijn grote vreugde, want zo gewoon is coesiet nu ook weer niet, vond hij in een monster van Siwu, een plaats ten zuiden van Yuexi, fraaie insluitels van coesiet tot 0,2 mm groot (afb. 4 en de voorplaat van dit Gea-nummer). De coesiet bevindt zich in pyroxeen; het bekende patroon van radiale barsten is ook in dit mineraal goed ontwikkeld.

De insluitels van coesiet zijn geïdentificeerd met onze Raman microspectrometer. Bij deze methode wordt een sterke laserstraal van één bepaalde golflengte door middel van een microscoop gefocuseerd op een zeer klein oppervlak (enkele micrometers) van het mineraal dat men wil determineren. Wisselwerking tussen de krachten in het licht en de bindingen tussen de atomen in het mineraal veroorzaken afwijkingen van de oorspronkelijke golflengte, dat is het Raman effect. Dit effect is verschillend voor ieder mineraal: men krijgt een aantal pieken van verschillende intensiteit op verschillende golflengten. De meeste mineralen hebben slechts een of twee echt sterke pieken in hun Raman spectrum; kwarts heeft een zeer sterke piek op 466 cm<sup>-1</sup> (= reciproke waarde van het verschil in golflengte met de oorspronkelijke laser-golflengte) en coesiet een zeer sterke piek op 521 cm<sup>-1</sup>, een verschil dat ruim voldoende is om de twee mineralen ondubbelzinnig van elkaar te kunnen onderscheiden. Raman spectra van verschillende plaatsen van het insluitel in afb. 4 staan in afb. 5 weergegeven.

Afb. 5. Raman spectra van kern en rand van het insluitel in afb. 4; kwarts heeft een sterke piek bij 466 cm<sup>-1</sup> en coesiet bij 521 cm<sup>-1</sup>. Opnamen: E.A.J. Burke.

## Het kan nog dieper

In 1990 maakten de Russen Sobolev (dezelfde die in 1976 als eerste coesiet in diamant beschreef) en Shatsky in het blad *Nature* bekend dat zij diamant (met een gemiddelde korrelgrootte van 12 micrometer) gevonden hadden als insluitels in zirkoon en granaat in gneis en schisten (metamorfe korstgesteenten) van het Koktsjetaf massief in Noord-Kazachstan (USSR). Ook die vondst sloeg in als een bom: de omstandigheden waarbij deze gesteenten en hun insluitels gevormd zijn komen overeen met die van de mantel: een druk van meer dan 40 kilobar bij temperaturen van 900-1000°C! In dezelfde publikatie vermeldden zij ook dat zij op een aantal andere plaatsen in alluviale afzettingen microdiamanten gevonden hadden met dezelfde samenstelling van koolstofisotopen als in de Koktsjetaf insluitels. Samen met de ouderdom van deze gesteenten, Precambrium, vormen deze gegevens voldoende stof tot nadenken voor geologen, want al vroeg in de geologische geschiedenis van de aarde blijken zich zeer ingrijpende subductieprocessen voorgedaan te hebben. Het ziet er naar uit dat die geschiedenis in de komende jaren op sommige onderdelen grondig herschreven zal worden ...

## Literatuur

*De eerste beschrijvingen van coesiet en stishoviet als mineraal:*

E.C.T. Chao, E.M. Shoemaker & B.M. Madsen (1960) First natural occurrence of coesite. *Science* 132, 220-222.

E.C.T. Chao, J.J. Fahey & J. Littler (1962) Stishovite, SiO<sub>2</sub>, a very high pressure new mineral from Meteor Crater, Arizona. *Journal of Geophysical Research* 67, 419-421.

*Overzicht van coesiet in kimberlieten:*

D.J. Schulze & H. Helmstaedt (1988) Coesite-sanidine eclogites from kimberlite: products of mantle fractionation or subduction? *Journal of Geology* 96, 435-443.

*Artikelen over het Dora Maira-massief:*

C. Chopin (1984) Coesite and pure pyrope in high-grade blueschists of the Western Alps: a first record and some consequences. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 86, 107-118; uitg. Springer Verlag GmbH en Co.

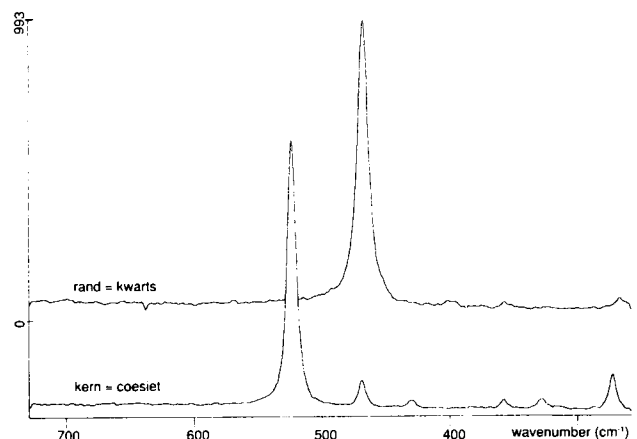
C. Chopin, R. Klaska, O. Medenbach & D. Dron (1986) Ellenbergerite, a new high-pressure Mg-Al-(Ti,Zr)-silicate with a novel structure based on face-sharing octahedra. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 92, 316-321.

C. Chopin, C. Henry & A. Michard (1991) Geology and petrology of the coesite-bearing terrain, Dora Maira massif, Western Alps. *European Journal of Mineralogy* 3, 263-291.

H.-P. Schertl, W. Schreyer & C. Chopin (1991) The pyrope-coesite rocks and their country rocks at Parigi, Dora Maira Massif, Western Alps: detailed petrography, mineral chemistry and PT-path. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 108, 1-21.

*Coesiet in China:*

A.I. Okay, X. Shutong & A.M.C. Sengör (1989) Coesite from the Dabie Shan eclogites, central China. *European Journal of Mineralogy* 1, 595-598.



X. Wang, J.G. Liou & H.K. Mao (1989) Coesite-bearing eclogite from the Dabie Mountains in central China. *Geology* 17, 1085-1088.

M. Enami & Q. Zang (1990) Quartz pseudomorphs after coesite in eclogites from Shandong province, east China. *American Mineralogist* 75, 381-386.

*Raman analyse van coesiet:*

H. Boyer, D.C. Smith, C. Chopin & B. Lasnier (1985) Raman microprobe (RMP) determinations of natural and synthetic coesite. *Physics and Chemistry of Minerals* 12, 45-48.

H. Mao, R.J. Hemley & E.C.T. Chao (1987) The application of micro-Raman spectroscopy to analysis and identification of

minerals in thin section. *Scanning Microscopy* 1, 495-501.

*Diamant in metamorfe gesteenten:*

N.V. Sobolev & V.S. Shatsky (1990) Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment for diamond formation. *Nature* 343, 742-746.

\*) Eclogiet is een zeer hoog-metamorf pyroop-omphaciet-gesteente, opvallend rood en groen gekleurd. De pyroop is een magnesium-granaat; omphaciet is een pyroxeen, die behalve ijzer en magnesium ook calcium, natrium en aluminium bevat. De chemische samenstelling van eclogiet is ongeveer die van bazalt.

## Fossiele wormen

door Dr. J. van Diggelen

Wormen behoren nu niet bepaald tot de meest attractieve dieren en ook bij de verzamelaars van fossielen staan ze niet hoog genoteerd. Ze mogen misschien voor de liefhebbers van de hengelsport van grote waarde zijn, als fossiel zijn ze meestal niet belangrijk.

In de 18de eeuw en daarvoor werden alle ongewervelde dieren, de Invertebraten, met uitzondering van de insecten, met de naam **Vermes**, d.w.z. Wormen, aangeduid. Tegenwoordig worden alleen al de Vermes verdeeld in 9 phyla: reusachtig grote groepen van allerlei soorten wormen. Deze zijn biologisch en structureel zeer verschillend. Veel wormen zijn zelfs uiterst moeilijk te classificeren. Paleontologisch gezien is alleen het phylum van de **Annelida** (de ringwormen) belangrijk. Niet alleen zijn de Annelida van belang omdat we uit deze groep fossielen vinden, maar ook omdat er sterke aanwijzingen zijn dat de **Arthropoda** (de geleedpotigen) van hen afstammen. Ook zijn de Annelida de meest ontwikkelde wormen.

### De bouw van de Annelida

De ons allen welbekende regenworm is een goed voorbeeld van een Annelide of ringworm. Afb. 1. Ringwormen zijn langgestrekt, min of meer rond, maar ventraal (aan de buikzijde) iets afgeplat. Hun lichaam is opgebouwd uit een zeer groot aantal (soms tot

180) bijna gelijke, ringvormige segmenten. De lengte van diverse soorten kan variëren van een paar mm tot 3 m en de allerdikste kunnen 2,5 cm dik worden.

De bouw van een ringworm is tweezijdig symmetrisch. Aan de buitenkant zijn de segmenten zichtbaar door insnoeringen van het lichaam. Ieder segment bestaat van binnen uit het *coeloom*. Dit is een met vloeistof gevulde holte, een soort grote cel. Bij een onbeschadigd exemplaar heeft ieder segment zijn eigen coeloomruimte; het is gescheiden van de naburige segmenten door *septa*. Het voorste deel van de worm heet *prostomium*, het achterste deel *pygidium*. Beide delen worden niet als echte segmenten opgevat. Het voorste echte segment heet *peristomium*; hier bevindt zich de mond. Aan de voorkant van het dier zit de kop met zintuigen. Dit prostomium is vaak vrij goed ontwikkeld en voorzien van ogen, voelsprieten en andere tastorganen.

Het voedsel gaat vanaf de mond, die juist achter het prostomium in het eerste echte segment ligt, via de *pharynx*, de keel (met hoornachtige kaken) naar de slokdarm, de *esophagus*, om daarna in de rechte darmbuis te verdwijnen en na vertering door het ingewand of maaggewand via de anus het dier te verlaten. De anus ligt in het pygidium, tenzij die tijdens de ontwikkeling van het dier naar voren verplaatst is. De darm loopt dwars door de septa, evenals enkele andere lichaamsdelen, zoals bloedvaten en zenuwen; ze zijn echter wel in een soort segmentair plan geordend. Het vocht in het coeloom isoleert de darm van de lichaamswand. Annelida bezitten doorgaans een gesloten bloedsomloop, maar meestal geen hart. Vergrote, extra gespierde delen van de bloedvaten fungeren als hart en pompen het bloed rond. Bij sommige soorten neemt het coeloom de functie van transport van zuurstof en voedsel op zich; die soorten hebben dan ook geen bloedvaten.

Afb. 1. De bouw van een Annelide. Het lange dier bestaat uit zeer veel segmenten: 1, 2, 3, 4, 5, enz., waarvan het merendeel in het midden is weggelaten. Het eerste segment wordt *peristomium* genoemd.

