

elkaar gedreven. De reputatie van Wegener was kennelijk niet zodanig dat men hem geloofde, zeker niet zijn ideeën over het hoe. Wegener zag de continenten zich als grote ijsbrekers een weg banen door een vaste ondergrond van bazalt. Geen wonder dat men hem niet geloofde.

Met name de snelle ontwikkeling van het paleomagnetisme heeft ertoe geleid dat Wegeners theorie steeds minder absurd overkwam. Het heeft echter tot de jaren '60 geduurd voor het principe van de platentektoniek algemeen aanvaard werd: de continenten en de zeeën bevinden zich op een aantal grote platen, en deze platen bewegen zich van elkaar af en naar elkaar toe.

Platentektoniek

Wat heeft platentektoniek met de vorming van gesteenten te maken? Een eenvoudige voorstelling van zaken wordt gegeven door afb.3. Daar waar magma uit de aarde omhoog welt drijven de platen uit elkaar. Het magma stroomt via spleten uit als lava, stolt tot bazalt en vormt zo nieuwe oceanische korst. Deze spleten worden voornamelijk in het midden van de grote oceanen aangehouden, ze worden dientengevolge mid-oceanische ruggen genoemd. Het proces van uit elkaar drijven wordt ook wel "seafoor-spreading" genoemd.

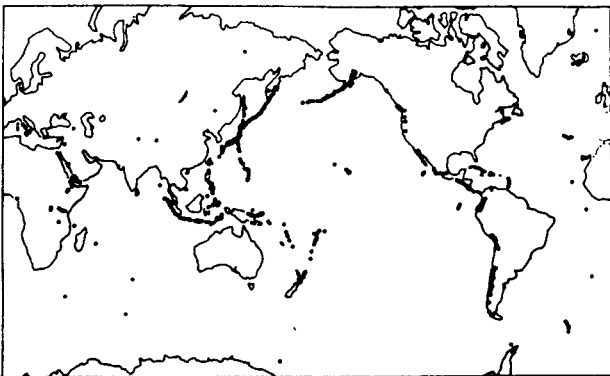
Waar de platen tegen elkaar drijven kunnen verschillende processen optreden. Vaak verandert één der platen van richting om langzaam onder, of over, de andere plaat te schuiven. Schuift de ene plaat onder de andere, zoals in afb. 3, dan wordt dit subductie genoemd. Subductie vindt plaats in de zogenaamde subductiezones. Waar de naar beneden schuivende plaat van

richting verandert ontstaan vaak diepe troggen. In deze troggen kunnen, indien zij dicht genoeg bij een continent gelegen zijn, dikke lagen sediment afgezet worden. Waar de platen elkaar raken worden de gesteenten gemetamorfoseerd, gedeformeerd en geplooid. Er ontstaan gebergten, vaak bestaande uit dikke pakketten metamorfe gesteenten. In de plaat die naar beneden afbuigt stijgen de druk en de temperatuur met toenemende diepte. De temperatuur kan zo hoog oplopen dat het smeltpunt van de gesteenten bereikt wordt. Er ontstaat een smelt, die als gevolg van zijn lager soortelijk gewicht langzaam gaat stijgen. Stolt deze smelt op grote diepte dan ontstaan dieptegesteenten. Bereikt de smelt het aardoppervlak dan ontstaan vulkanische gesteenten.

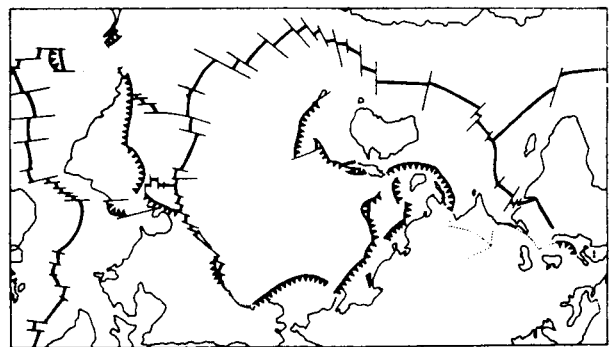
Uiteraard hebben niet alle gesteenten op deze aarde hun ontstaan te danken aan processen die direct of indirect het gevolg zijn van de platentektoniek. Echter, om processen die in het verleden plaatsgevonden hebben te kunnen begrijpen, is begrip van de processen van nu onontbeerlijk.

Afb. 4 geeft aan waar ter wereld op dit moment sprake is van vulkanische activiteit. Uit een vergelijking met afb. 5 blijkt, dat deze magmatische activiteit gebonden is aan de randen van de actieve platen, in situaties vergelijkbaar met afb. 3. De kans dat dergelijke processen in het verleden, op toen actieve plaatranden, eveneens hebben plaatsgevonden is natuurlijk vrij groot en in vele gevallen bewijsbaar.

De verschillende gesteentetypen, die onder andere onder invloed van de hiervoor beschreven processen kunnen ontstaan, zullen in een volgende Gea aan de orde komen.



Afb. 4: Verspreiding van actief vulkanisme. (Naar: A. Hall, *Igneous Petrology*)



Afb. 5: Huidige ligging van de belangrijkste platen. (Naar: A. Hall, *Igneous Petrology*)

Een Eocrinoïde uit de U.S.A., een bijzondere "vondst"

door Dr. J. van Diggelen

Tijdens onze laatste reis naar Amerika bezochten wij in Arizona het beroemde versteende woud, vaak beter bekend onder de naam "Petrified Forest". Aan de ingang daarvan is een groot bezoekerscentrum en daar tegenover ligt een enorme souvenirswinkel. Behalve allerlei snuisterijen en veel fraai indiaans kunstwerk, verkopen ze in zulke shops ook zakken met versteend hout en soms ook allerlei fossielen, die met het eigenlijke versteende woud weinig of niets te maken hebben. Soms lukt het in die "Rock Shops" Europese fossielen tegen lokaal materiaal te ruilen. (Daarom nemen wij op onze reizen naar de U.S.A. altijd het nodige ruilmateriaal mee). Uiteraard gingen we ook in de souvenirswinkel bij het Petrified Forest een kijkje nemen. Hier werden inderdaad behalve veel versteend hout ook een aantal

trilobieten en twee platen met zo op het oog een fraaie crinoïdekelk te koop aangeboden. Ruilen lukte niet, maar de prijzen waren heel redelijk en daarom kocht ik de fraaiste van de twee kelken. Naam en vindplaats waren achterop de plaat keurig vermeld. Thuisgekomen heb ik de boeken er eens op nageslagen en tot mijn vreugde en verbazing bleek het fossiel geen echte crinoïde, maar een andere, zeer bijzondere verwant van deze klasse fossielen. Het was een "Eocrinoïde". Eocrinoïdea zijn verwanten van zeeëgels en zeelelies. Het zijn de oudste vertegenwoordigers van de klasse van de Crinozoa en de oudste groep van de Echinodermata (Stekelhuidigen). Eocrinoïdea komen voor vanaf het begin van het Onder-Cambrium tot in het Siluur. Het is een betrekkelijk zeldzame groep fossielen, die

Afb. 1. Een "rock shop" in Utah, niet ver van de plaats waar zich de Wheeler Shales bevinden.



zeer heterogeen is en waarvan de onderlinge soorten nogal wat variëren.

Crinoïden en Eocrinoïden (afb. 2 en 3)

Crinoïden of zeelilies zijn meestal opgebouwd uit drie delen: de kroon of **corona**, de steel of **pelma**, bestaande uit een groot aantal steelfragmentjes, en het wortelstelsel, waarmee het vastzittende dier in de zeebodem is verankerd. Sommige soorten missen bepaalde delen of zijn vrijzwemmend. De kroon bestaat uit een kelk of **theca** en een aantal vangarmen. De klasse der Crinoïdea behoort tot het subphylum Crinozoa. Er zijn echter nog meer klassen, zoals bijvoorbeeld de Blastoïdea en de Cystoïdea. Het door ons op de kop getikte fossiel behoort tot de Eocrinoïdea. Eocrinoïdea zijn opgebouwd uit een stam, een kelk of theca en een aantal zeer eenvoudige vangarmen, de **brachiolen**. De kelk is opgebouwd uit plaatjes van calciet. Het aantal plaatjes kan van soort tot soort variëren. De meest primitieve soorten hebben veel plaatjes zonder een vaste rangschikking. Langs de sluitlijnen, waar die plaatjes aan elkaar passen, zitten soms openingen, die waarschijnlijk gediend hebben voor zuurstofopname e.d. Deze sutuurporiën zijn elliptisch van vorm en 0,15 tot 0,5 mm groot. De grote as van de ellipsjes staat dwars op de sluitlijnen. Meestal zijn er op de kelk geen orale of aborale delen zichtbaar. De kelk is hoogstens 6 à 7 cm lang en kan allerlei vormen vertonen: bolvorm, eivorm, kegelvorm, subcylindrisch, enz. Boven in het midden om de mondopening zit een peristoom, waarvan de plaatjes in vorm enigszins afwijken van de overige. Het is een breed, plat en slechts licht gebogen deel van de kelk. De preciese structuur is tamelijk onbekend.

De brachiolen zijn aanhangsels van de theca en brengen voedseldiertjes naar de mondopening. In tegenstelling tot de armen van de Crinoïdea zijn ze nooit vertakt. Ze zijn opgebouwd uit twee rijen alternerende skeletelementen, de **brachiolaren**. Aan het eind zit een stukje apart. Iedere brachiool kan aan zijn basis bewegen om een brachiolair facet. Het dier vertoont in allerlei opzichten de van Echinodermata zo bekende vijfzijdige symmetrie.

In 1918 bracht Otto Jaekel deze groep fossielen onder bij de Crinoïdea als subklasse. Daarover is men het in vakkringen echter niet eens. Regnèll creëerde er in 1945 een aparte klasse voor. Zijn argumenten waren de volgende:

1. Deze dieren lijken op Crinoïdea omdat ze op hun theca geen poriën bezitten. De Cystoïdea hebben die wel en daarom behoren de Eocrinoïdea niet bij die laatste klasse. Dit argument is door latere vondsten min of meer ontkracht.

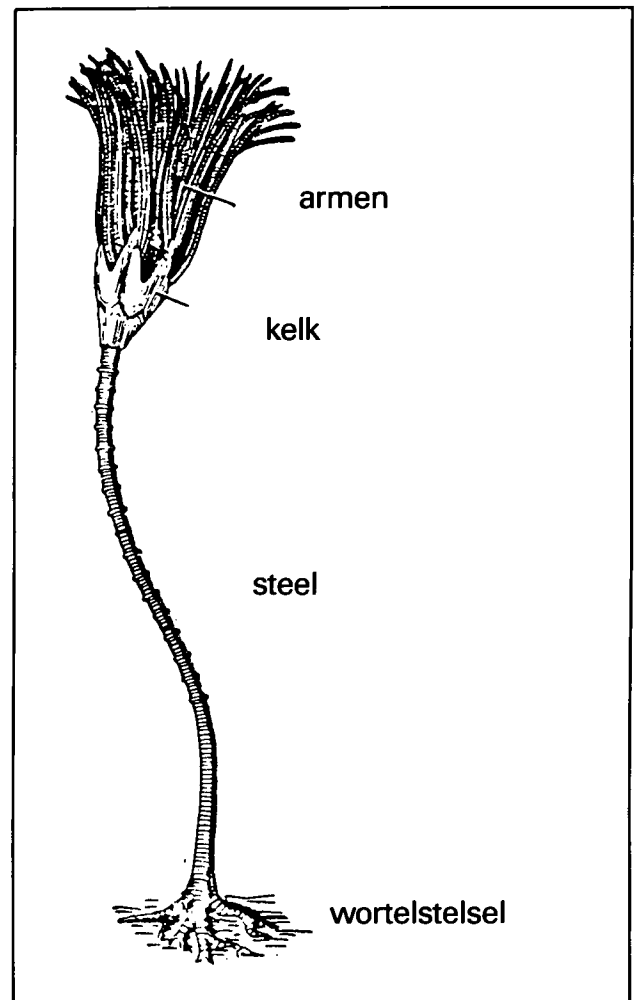
2. Ze hebben geen armen opgebouwd uit brachialen, zoals de Crinoïdea, maar heel eenvoudige, onvertakte armen, de reeds genoemde brachiolen, waarmee ze het voedsel naar de mond van de kelk kunnen brengen.

Waarschijnlijk dient de klasse Eocrinoïdea toch nog nader te worden onderverdeeld, want er zijn intussen enkele soorten aangetroffen, die wel poriën op hun theca bezitten, maar die poriën zijn dan heel anders van vorm dan die van de Cystoïdea.

Gogia spiralis (afb. 4 en 5)

Het door ons aangeschafte fossiel behoort tot de voornaamste familie van de Eocrinoïdea: de Eocrinida, en heet *Gogia spiralis*, Robison, 1965. Het dier is afkomstig uit het Midden-Cambrium. De theca bestaat uit een groot aantal onregelmatig gerangschikte platen en is conisch van vorm. Tussen die platen zijn met een loep duidelijk poriën zichtbaar. Die poriën zijn bovenin de theca dieper en talrijker. Boven de kelk steken een aantal brachiolen uit; minstens 10 zijn er zichtbaar, mogelijk zelfs 12.

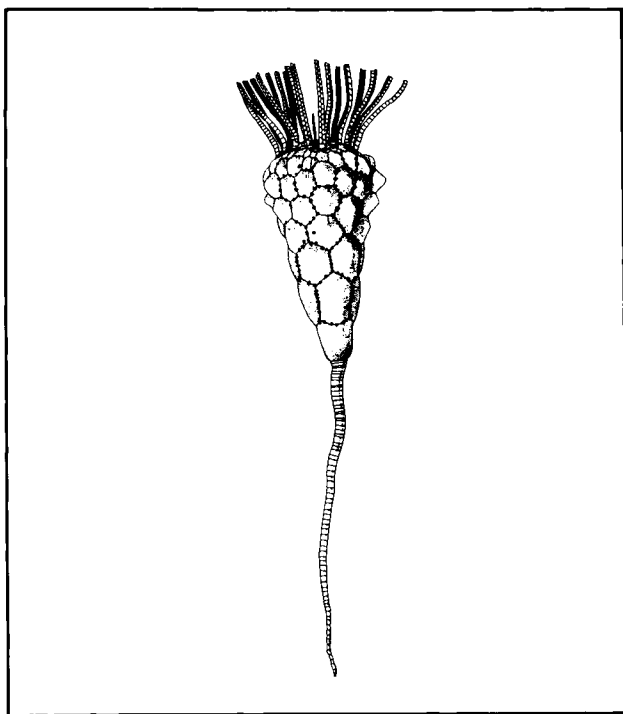
Uit het feit dat de delicate structuur van het dier zo fraai bewaard is gebleven concludeert men, dat het na zijn dood niet getransporteerd is en ter plaatse waar het leefde met sediment is bedekt. Op dezelfde zeebodem leefden trilobieten, zoals *Elrathia kingii* en *Peronopsis interstincta* en de brachiopode *Acrothele subsidua*. Er waren echter maar weinig diersoorten in dat milieu. Het sediment



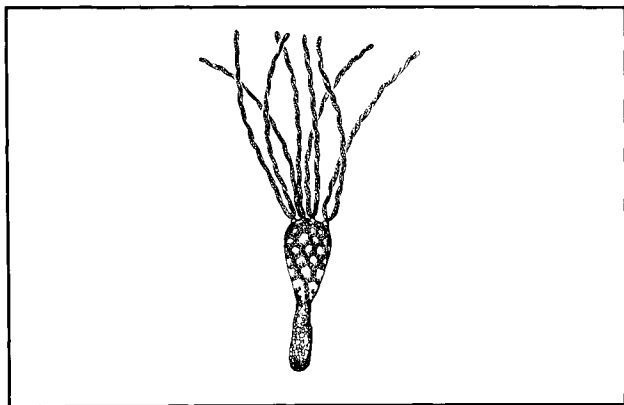
Afb. 2. Een crinoïde is gewoonlijk opgebouwd uit drie delen: de kroon, de steel en de wortels. De kroon bestaat uit een kelk en een aantal armen.

fossiliseerde tot een donkere, kleihoudende matrix met enig pyriet. Sporen van golfribbels zijn nergens ontdekt. Dat wijst er allemaal op dat het een modderige zeebodem geweest is, ongunstig voor allerlei levensvormen, met weinig zuurstof (een reducerende omgeving) en vrij weinig zonlicht (een laag-energetische mariene omgeving), waarschijnlijk een aan de zee kant gelegen deel van een continentaal platform.

Uit een onderzoek van Clark is gebleken, dat het aantal armen bij Crinoïdea soms gecorreleerd is met temperatuur en diepte van het levensmilieu. Bedraagt het aantal armen 40 dan leefde het dier in tropische of subtropische litorale zeeën. Lag het tussen de 15 en 30 dan leefde het in een meer gematigde temperatuur en matig diep. Bedroeg het aantal slechts 10 dan leefde de Crinoïde in koud, diep water. Weliswaar is *Gogia spiralis* slechts een verre verwant van de Crinoïdea, toch lijkt het interessant en niet al te gewaagd de conclusies van Clark ook hier eens toe te passen. Er zijn bij dit dier 8 tot 12 brachiolen en dat wijst dus op een vrij diep leefmilieu met uiteraard weinig zonlicht, een treffende bevestiging van wat uit andere aanwijzingen naar voren kwam. De vindplaats van deze soort, waarvan tot nu toe slechts een zeer klein aantal individuen bekend zijn, ligt 2 km oost van Antelope



Afb. 3. Een Eocrinoïde is opgebouwd uit een stam, een kelk en een aantal brachiolen, die als zeer primitieve vangarmen kunnen worden beschouwd.

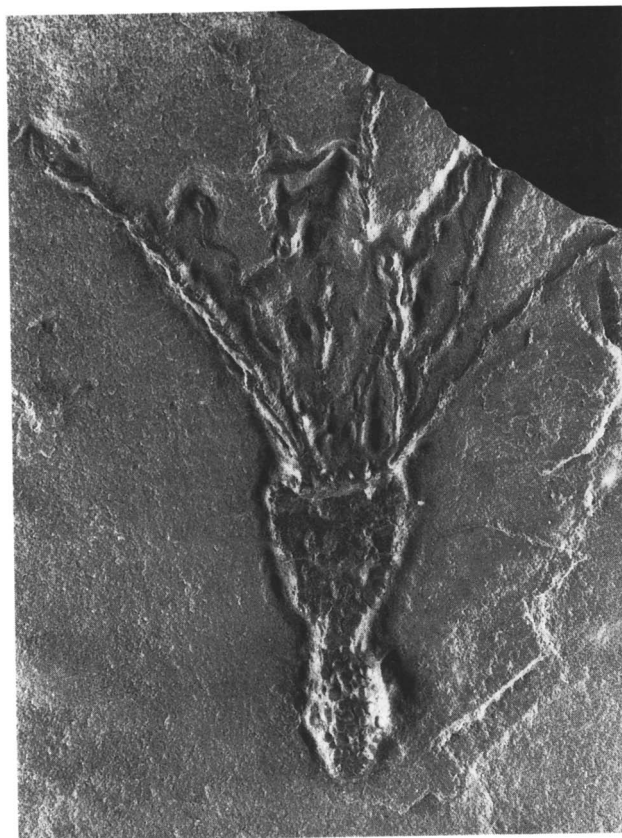


Afb. 4. *Gogia spiralis* volgens een tekening uit de *Treatise*.

Spring bij House Range in de staat Utah, in de zogenaamde Wheeler Shales.

LITERATUUR

- R.A. Robison: Middle Cambrian Eocrinoid from Western North America; *Journal of Paleont.*, v39, no. 3, p. 355 - 364, 1965.
 R.C. Moore ed.: *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part S: Echinodermata 1* (Vol. 2), p. 455 - 495, 1967.
 A.H. Clark: *U.S. Nat. Mus. Bull.*, 82, Vol. 1, pt. 2, 1921.



Afb. 5. Een foto van onze *Gogia spiralis*, ware hoogte 4 cm.

Duftiet op de foto

Op de voorplaat van dit *Gea*-nummer staan secundaire mineralen, gevormd in de diepere oxidatiezone (dieper dan 850 m onder het oppervlak) van de koper-lood-zinkerts mijn te Tsumeb.

Het gefotografeerde handstuk (RGM 209101) bevat, in volgorde van kristallisatie, de volgende mineralen:

- relatief grote, kleurloze tot honingkleurige, "platte" **cerussiet**-kristallen (PbCO_3), plaatselijk in associatie met fijnkorrelige calciet- (CaCO_3 -) rhomboëders;
- dunne overkorsting van (licht)groene **duftiet**, $\text{PbCu}(\text{AsO}_4)\text{OH}$;
- kleine, radiaalstralige **malachiet**-bolletjes, $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$;
- kleurloze, enkelvoudige kristallen (rhomboëders) en tot overkorstingen samengegroeide kristallen **smithsoniet**, ZnCO_3 .

De cerussietkristallen zijn na de kristallisatie van de duftiet-overkorsting op enkele plaatsen in oplossing gegaan, waarna de holruimten weer gedeeltelijk zijn opgevuld met duftiet, malachiet en smithsoniet.

De mineralen die op de voorplaat zichtbaar zijn, zijn vet gedrukt.

C.E.S. Arps