

Vervolgens kregen de leden de mogelijkheid om de nieuwe paleontologische tentoonstelling te bezoeken, waar de heer Meijer enkele onderdelen uitvoerig toelichtte. Over deze tentoonstelling is reeds het een en ander geschreven in het Natuurhistorisch Maandblad van januari op bladzijde 6-7.

Na de pauze vertelde de heer Meijer aan de hand van dia's over enige facetten van zijn *Mosasaurus*-onderzoek in het Natuurhistorisch Museum. De noodzakelijke restauratie van de beenderen van *Mosasaurus hoffmanni*, die in 1954 door J. Vollers bij Bemeulen werden gevonden, bood een unieke gelegenheid om diverse aspecten van de tandwisseling nader te on-

derzoeken. Door het vrijprepareren van de tanden kon een beeld worden gegeven van de verschillende fasen in het bestaan van een tand, van de tandkroon in wording tot het deels resorberen, deels afstoten van de oude tand.

De al eerder gekonstateerde volgorde van wisselen (Natuurhist. Maandblad 1975, 64 (4/5)) werd ook hier aange troffen. De kennis van de volgorde van wisselen blijkt ook een praktische betekenis te hebben. Op grond van het wissel-patroon kan worden aange toond dat de rekonstruktie van de besproken kaakbeenderen die destijds door het Rijksmuseum voor Geologie en Mineralogie te Leiden werd onder nomen, wetenschappelijk onjuist is.

De kennis van de tandwisseling biedt een basis voor een betere rekonstruk tie, welke in het Natuurhistorisch Mu seum wordt uitgevoerd.

Naast de al eerder in dit blad (1980, 69 (8)) aangekondigde vondsten van *Liodon compressidens*, is nog een tweede Mosasauriër uit de Limburgse Krijtafzettingen tot nu toe over het hoofd gezien. Vermoedelijk betreft het *Mosasaurus lemonnieri* Dollo, 1889 (? = *M. conodon* Cope, 1881), een soort die van het Krijt van Belgisch He negouwen is beschreven, en die tame lijk frekwent in verzamelingen van Limburgse Krijtfossielen blijkt voor te komen. Tot op heden zijn er alleen maar losse tanden uit het Limburgse bekend.

De geologische geschiedenis van Nederland en met name de omgeving van Maastricht sinds het Cambrium

M.J.M. Bless

Natuurhistorisch Museum Maastricht

De paleografische ontwikkeling van Zuid-Nederland en Noord-België sinds het Paleozoïcum toont aan, dat het Massief van Brabant en de slenk-zone ten noorden hiervan voortdurend de sedimentatie in dit gebied hebben beïnvloed. Het Massief van Brabant is gedurende het Devoon en Carboon meermalen bedekt geweest door een dunne laag sedimenten, die echter in daarop volgende erosieve fasen weer verwijderd werden. In de slenk-zone heeft vrijwel steeds sedimentatie plaatsgevonden. Alleen op het einde van het Krijt en aan het begin van het Tertiair is deze slenk-zone tijdelijk omhooggekomen en erosie-gebied geweest.

De boringen Heugem en Kastanjelaan in Maastricht hebben duidelijk gemaakt, dat dit gebied gelegen was langs de oost-flank van het Massief van Brabant alwaar zich gedurende het Devoon en Carboon een kleine slenk ontwikkelde tussen Visé en Maastricht. Deze slenk is gekenmerkt door snelle wisselingen in de dikte en aard der gesteenten.

In de raadsvergadering van 9 mei 1921 beschrijven Burgemeester en Wet houders van Maastricht de voorge schiedenis van de waterwinning aan de Kastanjelaan bij Fort Willem.

Met behulp van een wichelroedeloper had men in 1913 de plaats bepaald waar zich op een diepte van 7-8 m een bron zou bevinden. Het (pas) in 1919

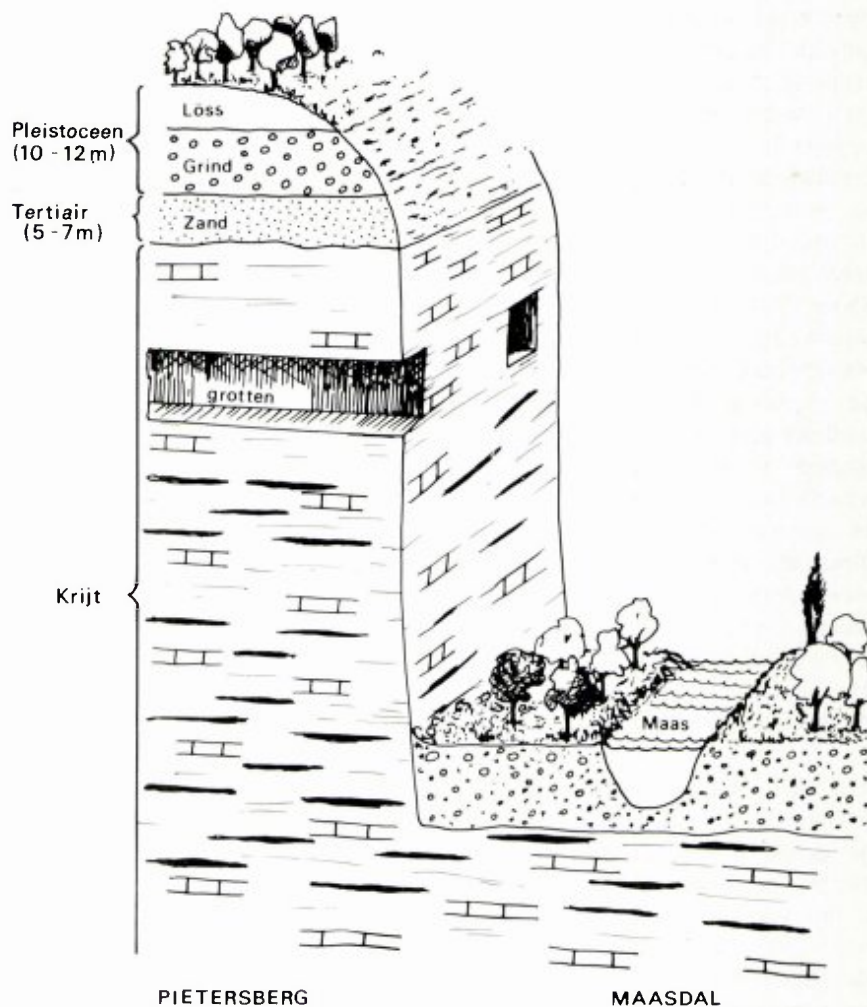
uitgevoerde onderzoek leverde echter weinig op. "Om eene grootere hoeveelheid water te verkrijgen, werd het noodig geoordeeld den put te verdiepen, temeer daar bij eene nieuwe raadpleging van den wichelroedegan ger de vermoedelijke diepte der bron nen 12 meter zoude bedragen." Op de aangegeven diepte werd inderdaad



Figuur 1. Voor het afdiepen van de 500 m diepe boringen Heugem en Kastanjelaan in de gemeente Maastricht werd door de booronderne mer (de firma R. Gruner uit Sittard) een voor Nederland uniek boorsysteem toegepast: de "wireline". Deze oorspronkelijk in Frankrijk ontwikkelde methode wordt thans over de gehele wereld toegepast in de exploratie naar vaste delfstoffen, zoals steenkool en ertsen.

water aangetroffen. B & W schrijven dan ook enthousiast: "Aangemoedigd door het zeer gunstige resultaat werd besloten..... om te onderzoeken of de beide bronnen door de wichelroede de watertoevoer zouden vermeerderen." De waterwinning uit deze ondiepe gesteenten werd echter weldra ongunstig beïnvloed door bacteriologische verontreiniging vanaf de oppervlakte. Zeer voorzichtig stelde men dan ook enkele jaren later (6 september 1926): "Hoewel dit water nog niet bepaald als gevaarlijk voor de gezondheid beschouwd behoeft te worden, voldoet de bacteriologische samenstelling toch niet aan de hiervoor te stellen eischen." Daarop wordt besloten "om nabij het pompstation een boring te plaatsen teneinde een dieper liggend waterniveau te vinden, dat tegen verontreiniging voldoende beschermd is." Het resultaat van deze boring, die tussen 1927 en 1929 werd afgediept, kwam totaal onverwacht. In plaats van het gezochte drinkwater werd er op een diepte tussen de 258 en 330 m mineraalwater aangetroffen. Qua samenstelling bleek dit mineraalwater echter vergelijkbaar met dan van de Landesbad- en Rosenbadquellen te Aken. Op grond hiervan besloot de gemeente Maastricht om tot exploitatie ervan over te gaan. Tussen 1931 en 1959 werd het water uit Nederlands enige mineraalwaterbron gebotteld en verkocht onder de naam Trega-Water. Technische problemen, o.a. veroorzaakt door corrosie van de stalen verbuizing, waren er de oorzaak van dat de waterproductie uiteindelijk verminderde. In 1960 werd de bron dan ook definitief dichtgezet.

Het is te danken aan de ondernemersgeest van het provinciaal bestuur van Limburg dat er in 1981 een hernieuwd onderzoek naar het voorkomen van mineraalwater in de gemeente Maastricht kwam. Twee boringen tot een diepte van vijfhonderd meter (Heugem en Kastanjelaan; figuur 1) toonden niet alleen het voorkomen van mineraalwater (geschikt als tafelwater en voor drinkkuren) en thermaal water (geschikt voor balneologische toepassingen) aan, ze leverden ook een schat aan informatie op over de aard van de oudste gesteenten (Onder Carboon en



Figuur 2. De ondergrond van Maastricht bestaat uit Krijt-gesteenten, die hier ruim 70 miljoen jaar geleden werden afgezet in een ondiepe zee. In het gebied van de Pietersberg worden deze Krijt-lagen bedekt door löss, grind en zand, welke hier in het Pleistoceen en Tertiair zijn afgezet. In het Maasdal wordt het Krijt bedekt door een ongeveer 10 m dikke laag zand, grind en klei, welke door de Maas vanuit Noord-Frankrijk en België zijn aangevoerd.

Devoon) die we uit de ondergrond van Zuid-Limburg kennen. Dankzij deze gegevens zijn we nu in staat om ons een beter beeld te vormen van de geologische geschiedenis van Maastricht en omgeving sinds het Paleozoïcum.

De ondergrond van Maastricht bestaat uit Krijt-gesteenten, waarvan de dikte in noordelijke richting toeneemt. In het gebied van de Pietersberg worden deze Krijt-lagen bedekt door löss, grind en zand, welke hier in het Pleistoceen (löss en grind) en Tertiair (zand) zijn afgezet (figuur 2). In het Maasdal wordt het Krijt bedekt door een ongeveer 10 m dikke laag zand, grind en klei, welke door de Maas vanuit Noord-Frankrijk en België zijn aangevoerd.

Ook de grindlagen op de Pietersberg zijn indertijd door de Maas afgezet. Dit duidt erop, dat de Maas zich in een periode van een paar honderdduizend jaar zo'n 50 m diep in het landschap heeft ingesneden. Deze insnijding is een gevolg van de opheffing van een uitgestrekt gebied, waartoe ook de Eifel en Ardennen behoren, en waarvan het huidige Zuid-Limburgse heuvel-land de noordelijke begrenzing vormt. Deze korte schets van de geologie rond Maastricht toont ons verschillen tussen de opeenvolging en ouderdom van aardlagen (löss, grind, zand en kalksteen) in het Maasdal en op de Pietersberg. Deze verschillen worden verklaard door bewegingen van de ondergrond, waarbij een opwaartse beweging of opheffing kennelijk kan lei-

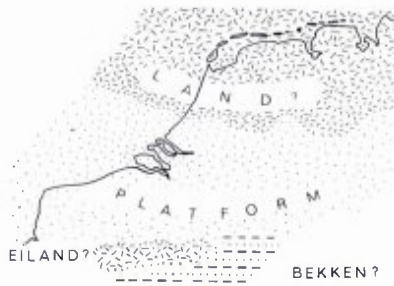
den tot het verdwijnen van eerder afgezette lagen via een of ander erosie-proces.

De bewegingen van de ondergrond zijn niet op alle plaatsen dezelfde. Dat wordt veroorzaakt door het feit, dat de aardkroon uit een groot aantal kleinere "blokken" of "schollen" bestaat, die onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen als de trappen van een cake-walk op de kermis. De verschillen in bewegingsrichting (opwaarts, neerwaarts of kantelend) en bewegings-snelheid tussen al deze grotere en kleinere schollen veroorzaken verschillen in de relatieve opeenvolging en dikte van de lagen op iedere schol. Opwaartse bewegingen worden weer-spiegeld door de erosie van eerder afgezette sedimenten of door zeer dunne (vaak incomplete) afzettingen. Neerwaartse bewegingen leiden vaak tot zeer dikke sediment-lagen (figuur 3).

Door de opeenvolging en dikte van sedimenten in de verschillende gebieden met elkaar te vergelijken kan de geoloog zich een beeld vormen van de op- en neerwaartse bewegingen van iedere schol in de ondergrond. Aan de hand hiervan is hij bovendien in staat om de geografische wordingsgeschiedenis van een gebied als Nederland of Europa te reconstrueren. Daarbij doet zich echter het probleem voor, dat tengevolge van erosie veel van de oorspronkelijke sedimenten volledig zijn verdwenen. Hierdoor is er in het betreffende gebied geen informatie meer aanwezig over vroegere bewegingen en sedimentatie. Bovendien zijn er nog veel te weinig gegevens over met name de oudere - vaak op grote en nog niet door boringen verkende diepte



Figuur 3. Schematische voorstellingen van horsten en slenken en hun invloed op de dikte van het sediment-pekkel. Op de horsten vindt geen of vrijwel geen sedimentatie plaats (soms worden oudere sedimenten hier zelfs geërodeerd). De relatief snel dalende slenken worden gekenmerkt door een dik pakket afzettingen.



Figuur 4. De vermoedelijke verdeling van land en zee tijdens het begin van het Cambrium, ongeveer 570 miljoen jaar geleden. Het gebied van het huidige Maastricht lag toen waarschijnlijk langs de zuid-rand van een ondiepe zee, die vermoedelijk door een eilanden-gordel van een sneller dalend bekken in het zuiden gescheiden werd.

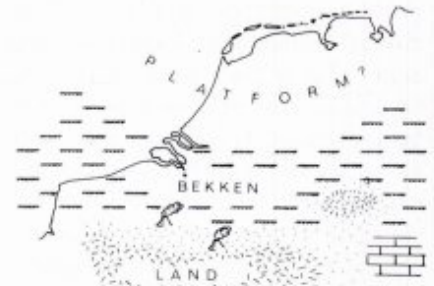


Figuur 5. Schematische doorsnede van Nederland en België ten tijde van het begin van het Cambrium.

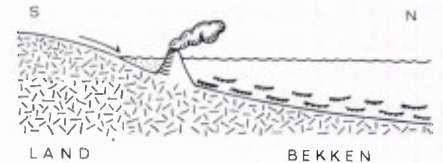
liggende - gesteenten in de ondergrond. Dat betekent, dat een paleogeografische reconstructie van bijvoorbeeld de verdeling land-zee tijdens een willekeurig geologisch tijdperk soms bevestigd, maar vaak ook grondig gewijzigd kan worden door nieuwe gegevens verkregen uit boringen is nog niet eerder onderzochte gebieden of gesteenten. Dankzij de boringen Heugem en Kastanjelaan zijn we nu in staat om de geologische geschiedenis van Maastricht en zijn omgeving beter in te passen in het ingewikkelde mozaiek van de bodem van Nederland, zoals uit de hierna komende voorbeelden mag blijken.

Oud-Paleozoïcum

De paleogeografische ontwikkeling van Nederland tijdens het vroegste Paleozoïcum zal voorlopig wel vaag blijven. Geen enkele boring heeft immers gesteenten van deze ouderdom in ons land bereikt. De paleogeografische kaarten berusten dan ook op gegevens uit de ons omringende landen.



Figuur 6. De vermoedelijke verdeling van land en zee tijdens het Siluur, ongeveer 425 jaar geleden. Het gebied van het huidige Maastricht lag toen waarschijnlijk binnen een snel-dalend bekken, waarin donkere kleien zich ophoopten. Tot de bekendste fossielen uit dit tijdperk behoren de graptolieten.



Figuur 7. Schematische doorsnede van Zuid-Nederland en België ten tijde van het Siluur. Let op de omkering van het reliëf, die sinds het begin van het Cambrium (figuur 5) heeft plaatsgevonden!

Zo'n 570 miljoen jaar geleden, tijdens het begin van het Cambrium (figuur 4 en 5), maakte het noorden van Nederland waarschijnlijk deel uit van een grote landmassa, die voor een belangrijk deel uit stollingsgesteenten (graniet?) was opgebouwd. De erosieproducten hiervan werden in de vorm van veldspaat-rijke zanden in Zuid-Nederland en Noordwest-België afgezet in een ondiepe zee, die verder naar het zuiden overging in een sneller dalend bekken, waarin zich meer fijnkorrelige sedimenten ophoopten. De grens tussen deze ondiepe zee en het mogelijk diepere bekken werden gevormd door een eilanden-gordel, die ongeveer over de plaats van het huidige Maastricht gelopen heeft.

In de loop van het Ordovicium en Siluur veranderde deze verdeling land-zee volledig. Op de plaats waar zich eens een snel-dalend bekken bevond ontwikkelde zich een landmassa, die zich op het eind van het Siluur (figuur 6 en 7) van Frankrijk, via Zuid-België tot in Duitsland uitstreekte. Een deel van de sedimenten, die hier eerder tijdens het Cambrium en Ordovicium waren afgezet, werd weer naar het noorden ge-

transporteerd. We kunnen dit afleiden uit het voorkomen van microscopisch kleine gidsfossielen (behorende tot de "acritarchen") uit het Ordovicium in de silurische sedimenten langs de noordrand van deze landmassa. Verder naar het noorden (Noord-België en Zuid-Nederland) was de bodem van de oorspronkelijk ondiepe zee sinds het Ordovicium sneller gaan dalen. In dit bekken hoopten zich donkere, kleiïge sedimenten op, waarin op veel plaatsen graptolieten voorkomen. Het is onbekend hoever dit bekken zich naar het noorden uitstrekte. Misschien ging het in Noord-Nederland over in een langzamer dalend, door grote breukzones doorsneden platform dat door een ondiepe zee bedekt werd. De breukzones, die langs de zuid-rand van het bekken liepen, werden gekenmerkt door een actief vulkanisme. Het is aannemelijk, dat sporen van dit vulkanisme in de vorm van tuf-lagen teruggevonden zullen worden in de diepe ondergrond van Maastricht, waar ze waarschijnlijk ingebed zullen liggen tussen graptolieten-schalieën.

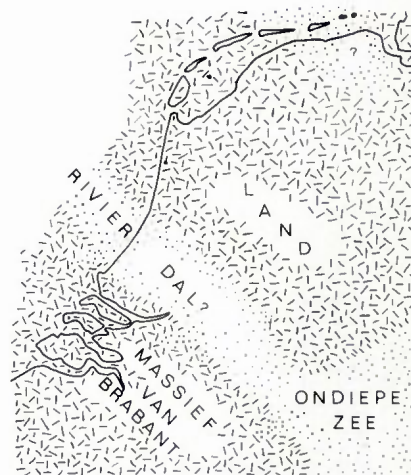
Uiterlijk tijdens de laatste fasen van de Caledonische orogenese, aan het begin van het Devoon (ruim 400 miljoen jaar geleden), is de ondergrond van Noordwest-Europa opgebroken in een schollen-mozaïek, dat - voorzover het Nederland betreft - tot in onze tijd in de sedimentatie patronen weerspiegeld is. Dit schollen-mozaïek werd gedurende het Devoon en Carboon aan de zuid-rand begrensd door een mobiele zone. Aanvankelijk hoopten zich hierin sedimenten op in een snel-dalend bekken. Maar gedurende het Carboon werd dit gebied tijdens de Varistische of Hercynische orogenese omhooggeheven en geplooid tot een gebergte.

De hierboven beschreven laat-Caledonische bewegingen hadden tot gevolg dat grote delen van Noordwest-Europa werden opgeheven tot boven de zeespiegel. Aan het begin van het Devoon heeft zich hier een landmassa gevormd, die zich uitstrekte van Noord-Amerika via Groenland tot in Noord-Europa. De "ruggegraat" van deze landmassa vormde de Caledonische gebergte-keten, waarvan we de resten terugvinden in oostelijk Cana-

da, Groenland, Schotland en Scandinavië. Deze gebergte-keten werd nog tijdens het Devoon grotendeels afgebroken door erosie. Een belangrijk deel van de vaak rode sedimenten, die hierbij ontstonden, werd afgezet in continentale bekkens binnen deze landmassa. Dergelijke continentale bekkens zijn misschien te vergelijken met de huidige grote binnen-zeeën zoals de Kaspische Zee en het Aral Meer. De meestal rode sedimenten in dit gebied hebben ook gezorgd voor de naam van deze uitgestrekte landmassa: het Old Red Continent. Ook langs de zuid-rand van dit Old Red Continent werden sedimenten opgehoopt in een ondiepe zee. Deze sedimenten kwamen voornamelijk van een tweede, zich verder naar het zuiden bevindende landmassa: de "Mitteldeutsche Schwelle". Maar het lijkt aannemelijk, dat tenminste een klein deel van deze sedimenten ook via rivieren vanaf het Old Red Continent kwam. Deze rivieren volgden dan waarschijnlijk grote slenken, zoals de Rijn nu in Duitsland door een uitgestrekte slenk, de Oberrhein-Graben, stroomt. Een van deze slenken liep mogelijk van het noord-westen naar het zuid-oosten in Zuid-Nederland langs de noord-flank van een uitgebreid horsten-gebied, dat bekend staat als het Massief van Brabant (figuur 8 en 9). Ook ten noorden van deze slenk, die de geologen wel het Kempen-Brabant Bekken noemen, moet een complex van grotere en kleinere horsten gelegen hebben.

Deze verdeling van de ondergrond in horsten en slenken heeft zich zeer lang gehandhaafd, zoals hierna zal blijken. De sedimentatie in de slenken moet vrijwel continu geweest zijn. Op de horsten werden alleen sedimenten afgezet tijdens de hoogtepunten van de grote transgressies van het Midden-Devoon en Dinantien.

Tijdens het Midden- en het begin van het Boven-Devoon (Eifelien, Givetien en Frasnien) drong de zee door tot ver in het Old Red Continent via de slenkgebieden, die o.a. al in Zuid-Nederland bestonden. Aanvankelijk werden er nog klei, zand en grind vanaf de horsten naar de toenmalige kust gevoerd. Maar op het hoogtepunt van de



Figuur 8. De vermoedelijke verdeling van land en zee tijdens het Onder-Devoon, zo'n 400 miljoen jaar geleden. Het is niet onmogelijk, dat er toen al een slenk liep langs de noord-flank van het Massief van Brabant, waardoor een rivier erosie-producten van het Caledonisch Gebergte uit de omgeving van Schotland of Noorwegen tot in de zee langs de zuid-oost flank van het Old Red Continent kon transporteren. Het gebied van het huidige Maastricht was toen onderhevig aan erosie.



Figuur 9. Schematische doorsnede van Zuid-Nederland en Noord-België ten tijde van het Onder-Devoon.

transgressie tijdens het Frasnien (figuur 10 en 11) zijn ook deze horst-complexen grotendeels door de zee bedekt.

In de sneller dalende slenken werden grote hoeveelheden kleiïge en siltige sedimenten opgehoopt, terwijl er op de horsten carbonaten (kalk, dolomiet) werden afgezet. Deze carbonaten ontstonden uit de kalk-skeletten van koralen, kalk-algen en allerlei schelpdieren. De Maastrichtse boringen hebben deze carbonaat-gesteenten van het Midden- en Boven-Devoon niet bereikt. Maar we kennen ze 15 km zuidelijker uit de oude kalksteen-groeven rond Visé.

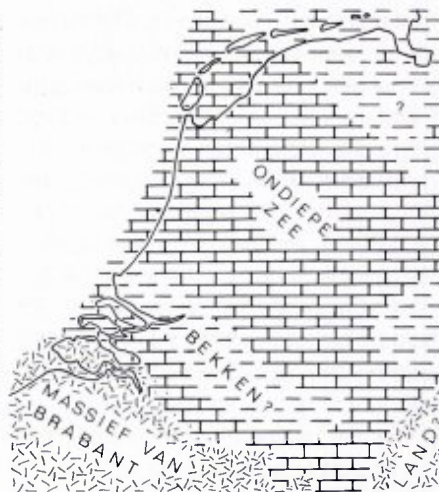
Op het einde van het Boven-Devoon, tijdens het Famennien (figuur 12 en 13), trok de zee zich weer terug. De horst-complexen - waaronder het Massief van Brabant - kwamen weer droog te liggen, waarbij het grootste



Figuur 10. De vermoedelijke verdeling van land en zee tijdens het begin van het Boven-Devoon (Frasnien), ongeveer 375 miljoen jaar geleden. Slechts de hoogste delen van het Massief van Brabant werden niet door de zee bedekt. In deze periode ontwikkelde zich een uitgestrekt carbonaat-platform, dat tot ver in het gebied van de huidige Noordzee reikte. In de slenken werden nog klastische sedimenten afgezet, die vanaf het Caledonisch Gebergte werden aangevoerd.



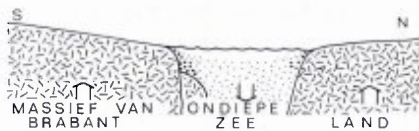
Figuur 12. De vermoedelijke verdeling van land en zee tijdens het einde van het Devoon (Famennien), ongeveer 360 miljoen jaar geleden. Op de plaats van het huidige Maastricht moet zich toen al een kleine slenk hebben gevormd, waarin zich peri-mariene sedimenten ophoopten. Enkele kilometers verder naar het zuiden bevond zich een uitloper van het Massief van Brabant in de omgeving van Visé. Hier ontwikkelde zich een karst-landschap in de carbonaat-gesteenten, die tijdens het Midden-Devoon en het begin van het Boven-Devoon waren afgezet.



Figuur 14. De vermoedelijke verdeling van land en zee tijdens het Onder-Carboon of Dinantien, ongeveer 325 miljoen jaar geleden. Op het einde van deze periode bedekte de zee waarschijnlijk het grootste deel van het Massief van Brabant, waarvan verschillende stukken als eilanden zichtbaar bleven tot laat in het Dinantien. Dit was onder andere het geval met de omgeving van Visé ten zuiden van Maastricht. Het gebied van het huidige Maastricht vormde toendertijd een kleine baai, die naar het noord-oosten overging in een ondiepe zee.



Figuur 11. Schematische doorsnede van Zuid-Nederland en Noord-België tijdens het Frasnien. Op de horsten werden dikke lagen van kalkige sedimenten afgezet, waarin vele rif-vormende organismen (korelen, kalk-algen e.d.) als fossielen zijn teruggevonden. Aan de basis van deze carbonaat-afzettingen vindt men vaak een basaal-conglomeraat, dat in hoofdzaak bestaat uit gerolde fragmenten van de onderliggende Cambro-Silurische gesteenten.



Figuur 13. Schematische doorsnede van Zuid-Nederland en Noord-België ten tijde van het Famennien. Niet alleen in de ondergrond van Maastricht, maar ook op verscheidene plaatsen in Noord-België heeft men de klastische sedimenten van het Famennien in de slenk ten noorden van het Massief van Brabant teruggevonden in diepboringen. De lokaal optredende rijkdom aan planten-sporen in deze sedimenten suggereert, dat zich o.a. op het Massief van Brabant toen al een rijke vegetatie heeft ontwikkeld.



Figuur 15. Schematische doorsnede van Zuid-Nederland en Noord-België ten tijde van het Dinantien. Dit beeld herinnert sterk aan dat van het Frasnien in figuur 11. Via de slenk langs de noord-flank van het Massief van Brabant kon een grote golfstroom allerlei organismen vanuit Azië en Noord-Afrika via Ierland en Midden-Engeland tot in de omgeving van het huidige Maastricht aanvoeren.

deel van de hier tijdens het Frasnien afgezette carbonaten weer verdween ten gevolge van erosie. Ten zuiden van Maastricht ontstond er een karst-landschap rond Visé, waarin tientallen meters hoge kalkrotsen overeind bleven staan. Ten noorden hiervan lag een inham van een ondiepe zee, waarin afwisselend zandige, kleiige en kalkige sedimenten werden afgezet. De zandige sedimenten moeten door de slenk langs de noord-flank van het

Massief van Brabant vanuit Schotland en Scandinavië zijn aangevoerd.

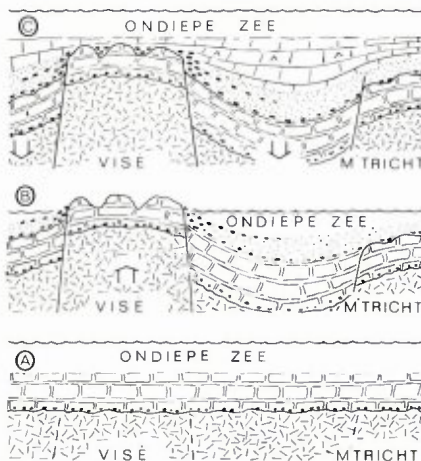
Jong-Paleozoïcum

Nog voordat het Devoon geheel voorbij was steeg het zee-niveau weer. We kunnen dit in het gebied van Maastricht afleiden uit de toename van kalkige sedimenten in de jongste Devoon-gesteenten, die in de boring Kas-

tanjelaan zijn aangetroffen. Ook de fossiel-inhoud van de kalkstenen ondergaat een verandering. Aanvankelijk vinden we slechts een aantal soorten mosselkreeftjes, een enkele schelp en wat van de horst-gebieden ingespoelde planten-resten. Maar in de allerjongste Devoon-afzettingen komen ook zeelelies, koralen en een grote variatie aan schelpdieren voor. Deze hernieuwde transgressie van de zee bereikte haar hoogtepunt tijdens

het Onder-Carboon of Dinantien (figuur 14 en 15), zo'n 350-325 miljoen jaar geleden. Opnieuw werden de horst-complexen langzamerhand bedekt door een ondiepe zee, waarin zich carbonaten afzetten. In de grote slenken werden daarnaast ook nog kleiige sedimenten aangevoerd.

Tot laat in het Dinantien bleef een deel van het karst-landschap rond Visé als een eiland boven water. Maar uiteindelijk werd ook dit gebied door de zee overstroomd. Ten noorden hiervan lag een ondiepe baai in een kleine slenk, waarin zich vele honderden meters carbonaat-gesteenten ophoopten (figuur 16). De hierin aangetroffen fossielen tonen aan, dat er toendertijd een grote golfstroom moet hebben bestaan, die vanuit Azië via Noord-Afrika, Ierland en Midden-Engeland tot in Zuid-Nederland liep. Hierdoor konden allerlei organismen, die oorspronkelijk in de paleozoïsche zeeën in het gebied van het huidige Azië en Noord-Afrika leefden zich ook in het gebied van Maastricht vestigen. Het klimaat moet warm tot zeer warm zijn geweest. Dit kan niet alleen worden afgeleid uit de rijke flora en fauna in deze baai, maar ook uit het feit dat hier op sommige momenten evaporieten (indampingsgesteenten) werden gevormd. Geringe schommelingen van



Figuur 16. Schematische doorsneden van de slenk tussen Visé en Maastricht ten tijde van het Frasnien (A), Fennien (B) en Dinantien (C). Het is niet uitgeloten, dat toekomstige boringen zullen eentonen, dat deze slenk al eerder, tijdens het Frasnien, bestond. Deze doorsneden maken duidelijk, waarom er rond Visé geen Fennien-afzettingen worden aangetroffen. Het gebied was toen een eiland langs de zuid-rand van de baai rond Maastricht.

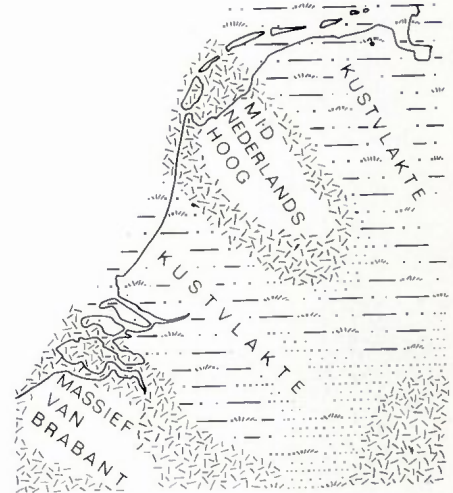
het zee-niveau resulteerden verschillende keren in opvallende veranderingen in het leef-milieu van deze baai. Dit kan worden afgeleid uit het onderzoek van de boringen Heugem en Kastanjelaan.

Gedurende het Boven-Carboon drong de zee steeds minder frequent in Noordwest-Europa door. In het zuiden ontwikkelde zich een grote gebergteketen die in Europa van Tsjechoslowakije tot in Zuid-Engeland liep: het Varistich Gebergte. Van hieruit werden enorme hoeveelheden sediment naar Noordwest-Europa getransporteerd, die zich vooral in de slenken ophoopten tot een vele duizenden meters dik gesteente-pakket. Ook horst-complexen zoals het Massief van Brabant moeten regelmatig door een laag zand en klei bedekt zijn geweest. Maar een belangrijk deel van deze sedimenten is hier waarschijnlijk al op het einde van het Carboon weer verdwenen door erosie.

Onder invloed van het tropische tot sub-tropische klimaat groeide er een rijke en gevarieerde vegetatie in uitgestrekte kustmoerassen. Deze zijn qua omvang het beste te vergelijken met de huidige delta's van de Mississippi, Orinoco en Amazone. Op de horsten kwam laat in het Carboon (zo'n 300 miljoen jaar geleden) een ander type flora tot ontwikkeling, die een wat droger milieu karakteriseerde.

Hoewel we nu in de ondergrond van Maastricht geen boven-carbonische sedimenten meer vinden, moeten deze hier wel zijn afgezet (figuur 17 en 18). Dit gebied vormde toendertijd de oostflank van het Massief van Brabant. Bij tijd en wijle moet er sediment vanaf dit massief in de slenk zijn getransporteerd. Maar in hoofdzaak werd hier zand, silt en klei aangevoerd door rivieren vanuit het zuid-oosten.

Vanaf het jongste Carboon tot laat in het Mesozoïcum vormde het Massief van Brabant inclusief zijn oostelijke uitlopers in het gebied rond Maastricht een plateau dat aan een min of meer intensieve erosie blootstond (figuur 19). Een gesteente-pakket van bijna 2000 m boven-carbonische sedimenten en enkele honderden meters van de Dinantien-kalkstenen verdwenen rond Maastricht door erosie. Vervol-



Figuur 17. De vermoedelijke verdeling van land en zee op het einde van het Boven-Carboon (Boven-Westfalen), ongeveer 300 miljoen jaar geleden. Vanuit het zuid-oosten voerden rivieren sedimenten aan, die bestonden uit de erosieproducten van het Varistich Gebergte en van een landmassa die op de plaats van het huidige Rheinische Schiefergebirge lag. Onderzoek heeft uitgewezen, dat sedimenten, die daar tijdens het Devoon en Dinantien waren afgezet, tijdens het Boven-Carboon weer verdwenen naar o.a. de omgeving van het huidige Maastricht ten gevolge van erosie. Op het Massief van Brabant en het Mid-Nederlands Hoog ontwikkelde zich een flora, die een iets droger milieu kenmerkte dan de vegetaties in de uitgestrekte kustvlakten.



Figuur 18. Schematische doorsnede van Zuid-Nederland en Noord-België ten tijde van het Boven-Westfalen, ongeveer 300 miljoen jaar geleden. Het Massief van Brabant en het Mid-Nederlands Hoog moeten nauwelijks boven de kustvlakten hebben uitgestoken en kunnen afwisselend bedekt zijn geweest door een dun laagje sediment en bloot hebben gestaan aan erosie van de even daarvoor aangevoerde sedimenten.

gens werd een deel van de dieperliggende carbonaten, die hier tijdens het Dinantien waren afgezet, aangetaast door karst-vorming.

Mesozoïcum

Gedurende een periode van ruim 200 miljoen jaar, vanaf het einde van het Carboon tot laat in het Krijt-tijdperk,



Figuur 19. De vermoedelijke verdeling van sedimentaire en erosieve gebieden tijdens het Onder-Perm, ongeveer 275 miljoen jaar geleden. Onder invloed van de Varistische Orogenese waren grote gebieden langs de noord-rand van het Varistisch Gebergte, waarin tijdens het Carboon nog sedimentatie plaatsvond, opgeheven. Hier werden sinds het jongste Carboon en Perm enorme pakketten sediment van soms een paar duizend meter dik weer geërodeerd. Deze sedimenten werden iets verder naar het noorden afgezet in een uitgestrekt woestijngebied waarin zich ten noorden van ons land een groot zoutmeervormde. Het gebied rond het huidige Maastricht was toen waarschijnlijk een grote steenwoestijn, waar wind en regen voor een snelle erosie van de Boven-Carboon-afzettingen zorgden.

vond er geen sedimentatie plaats op het Massief van Brabant en zijn oostelijke uitlopers rond het huidige Maastricht. Ten noorden van deze zone ontwikkelde zich tijdens het Onder-Perm aanvankelijk een zandwoestijn, die in de loop van het Boven-Perm alweer door de zee overspoeld werd. De afzettingen van het Trias in dat gebied tonen aan, dat de zee zich in die periode verschillende keren terugtrok. Ook gedurende het Jura en Onder-Krijt bleef het gebied ten noorden van het Massief van Brabant regelmatig onder de mariene invloed, waarbij zich vele honderden meters sediment ophoopen in een slenk-zone in een groot deel van Zuid-Nederland.

Tijdens het Boven-Krijt trad er echter een verandering op in de bewegingen van de ondergrond. De slenk-zones, die sinds het Devoon vrijwel voortdurend een dalende beweging hadden vertoond, kwamen op het einde van het Krijt langzaam omhoog om -vooral tijdens het vroegste Tertiair- tijdelijk in



Figuur 20. De vermoedelijke verdeling van land en zee op het einde van het Krijt, ongeveer 70 miljoen jaar geleden. Voor het eerst sinds bijna 200 miljoen jaar werden het gebied rond het huidige Maastricht en ook het Massief van Brabant weer overspoeld door een ondiepe zee. Op het einde van deze periode stopte de sedimentatie in de slenken ten noorden van het Massief van Brabant. Hier vond een "inversie" plaats, waardoor de dalende bewegingen van deze gebieden tijdelijk veranderde in een opwaartse. Daardoor vond er op het einde van het Krijt en tijdens het begin van het Tertiair erosie plaats in die hier als land (?) aangeduide zone.

erosieve gebieden te veranderen. Tegelijkertijd begonnen de vroegere horst-complexen -waaronder het Massief van Brabant en de omgeving van het huidige Maastricht- langzaam te dalen. Deze omkering van de bodem-bewegingen ("inversie" genoemd door de geologen) had tot gevolg dat de zee gedurende het Boven-Krijt steeds meer in dit gebied doordrong.

Aanvankelijk was de invloed van een landmassa in het zuid-oosten nog duidelijk merkbaar. Er vormden zich duinen, waarin allerlei planten en zelfs metershoge bomen groeiden. Maar allengs werden er in Zuid-Limburg (en ook in het gebied rond Maastricht) steeds meer mariene sedimenten afgezet. In het begin waren deze nog zandig. Maar tenslotte werden er (evenals in grote delen van de rest van Nederland) kalken afgezet op een ondiepe zee-bodem. Dankzij de intensieve kalksteen-winning rond Maastricht kunnen we ons een goed beeld

vormen van de grote rijkdom aan organismen, die in dit gebied de zee bevolkt moeten hebben: honderden soorten schelp- en schaaldieren; kolonievormende organismen zoals mosdier-tjes, sponzen en koralen; zee-egels en andere stekelhuidigen; vissen, vis-hagedissen (waaronder diverse soorten *Mosasaurus*-achtigen) en reuzeschildpadden; mosselkreeftjes en foraminiferen.

Kenozoïcum

In de loop van het Tertiair begonnen de oude slenk-zones opnieuw sneller te dalen dan de vroegere horst-complexen (waaronder het Massief van Brabant). Tengevolge hiervan drong de zee steeds zeldzamer door tot in de omgeving van het huidige Maastricht. Ongeveer 40 miljoen jaar geleden, tijdens het Oligoceen, moet de kustlijn vrijwel onmiddellijk ten zuiden van Maastricht hebben gelegen. In het gebied van de huidige Pietersberg werden toen nog mariene zanden afgezet. In de loop van het Tertiair werden grote delen van België en het aangrenzende Rijnland en Zuid-Limburg opgeheven. In deze schiervlakte vormden de rivieren diepe dalen, waarvan de loop soms sterk is gewijzigd. Zo stroomde de Maas aanvankelijk van Luik via Gulpen en Kerkrade naar de Rijn. Pas



Figuur 21. De vermoedelijke verdeling van land en zee in Zuid-Limburg tijdens het Oligoceen, ongeveer 40 miljoen jaar geleden.

Tijdens die periode lag de omgeving van het huidige Maastricht aan de zuid-rand van een ondiepe zee, waarin zich hier in hoofdzaak zandige sedimenten ophoopen.

gedurende de laatste 500.000 jaren zocht de rivier zich een weg, die in grote lijnen overeenkomt met haar huidige loop. In het begin werden toen zanden en grinden afgezet op het niveau van de huidige Pietersberg. Maar naarmate de Maas zich verder in haar huidige dal insneed werden de sedimenten, die vanuit Noord-Frankrijk en de Ardennen werden aangevoerd, op lagere niveaus ("terrassen") afgezet. Pas in de laatste honderduizend jaar heeft het Maasdal haar huidige vorm verkregen.

Dankbetuiging

De schrijver is zeer erkentelijk voor de hulp, die hij mocht ontvangen van de zijde van Mevr. Th. Verboeket, die het manuscript meermalen moest uittypen, en van Dhr. J.C. Franssen bij het afwerken der figuren.

Summary

The paleogeographic evolution of the southern Netherlands and northern Belgium since the Paleozoic shows the continuous influence on the sedimentation pattern of the two principal tectonic elements in that area: the Brabant Massif in the south and a complex graben zone to the north. Presumably, during the Devonian and Carbonife-

rous the Brabant Massif has been covered several times by a relatively thin and incomplete sequence of sediments. These deposits disappeared almost completely as a result of subsequent erosion phases. Thick, and more or less complete sequences accumulated in the grabens to the north. This overall sedimentation pattern has been only interrupted during the Late Cretaceous and Early Tertiary when inversion movements caused temporary uplift of the graben area. During that period the Brabant Massif was flooded by a shallow sea.

The boreholes Heugem and Kastanjelaan in Maastricht have proved that this area was located at the eastern flank of the Brabant Massif. During the Devonian-Carboniferous a narrow graben or depression existed between Visé and Maastricht. This graben is characterized by rapid local changes in the thickness and facies of the deposits.

Trilobites from the Dinantian Tn2b-c of the Kastanjelaan-2 borehole (Maastricht, the Netherlands)

C. Brauckmann

Fuhlrott-Museum, Auer Schulstrasse 20, 5600 Wuppertal 1, Federal Republic of Germany

The trilobites from the 335.10 - 335.25 m interval of the Kastanjelaan-2 borehole in the municipality of Maastricht (South Limburg, the Netherlands) belong to four different genera: *Cummingella maastrichtensis* Brauckmann nov.sp., *Phillipsia* (*Phillipsia*) sp., *Piltona*? sp. and *Archegonus*? nov.sp. The conodonts and corals in this interval suggest a Dinantian Tn2b-c age.

Up to present, Carboniferous trilobites from the Netherlands have only been regarded by DORSMAN (1945), who briefly described some fragments from the marine Aegir level (base of Westphalian C; Upper Carboniferous) as *Griffithides* sp. (now probably better determined as *Paladin* sp.). Lower Carboniferous (Dinantian) trilobites were hitherto completely unknown. The more surprising was the discovery of trilobite fragments from several levels of the borehole Kastanjelaan-2 in the municipality of Maastricht (cf. BLESS *et al.*, 1981). The better preserved ones, to be described in this paper, are from the 335.10 - 335.25 m level, which is dated as Dinantian Tn2b-c by means of conodonts and corals. It should be noted that in equivalent strata in Belgium only different trilobite taxa have been found yet, while comparable species occur in slightly youn-

ger strata (Tn3a-b) of the Tournai region. Striking is the difference between the low number of specimens and the high number of different taxa.

Family PHILLIPSIDAE OEHLERT 1886
Subfamily CUMMINGELLINAE G. & R. HAHN 1967
Genus *Cummingella* Reed 1942.

Type species: *Phillipsia jonesii* Portlock 1843.

Diagnosis: G. & R. HAHN (1972), p. 341-342 ("Beziehungen").

Cummingella maastrichtensis Brauckmann nov.sp. (fig. 1-4, ?5).

Bollandia n. sp.?; BRAUCKMANN in: BLESS *et al.*, 1981, p. 352, pl. 15, (fig. 1).

Holotype: Pygidium (steinkern) NHMM 198243 (fig. 2a-b, 4a-c).

Type location: Borehole Kastanjelaan-2 in the municipality of Maastricht (South Limburg, the Netherlands).

Type horizon: The 335.10 - 335.25 m level of borehole, Dinantian Tn2b-c (see BLESS *et al.*, 1981, p. 348).

Distribution: Known only from the type locality and the type horizon.

Other specimens: *Cranidium* NHMM 198244 (fig. 1a-b, 3a-c), and perhaps free cheek NHMM 198245 (fig. 5).

Derivation of name: After the type locality.

Diagnosis: A species of *Cummingella* with the following characteristics. Glabella very compact, subquadratic in dorsal view, strongly convex both in longitudinal and transverse section, scarcely contracted at mid-length; 4 pairs of very shallow glabella furrows; anterior border covered by the overhanging glabella. Pygidium with 11 rings on the rhachis and 11 pairs of ribs on the pleural fields; pleural furrows broad (exsag.), reaching the border; interpleural furrows passing onto the border; anterior band of all ribs distinctly continuing on the border. Steinkern surface of the glabella densely granulated, pygidial rhachis (steinkern) with well marked irregular, rather spinous nodes.

Description: **Glabella** (paratype NHMM 198244; other parts of the cranidium are not preserved). Lateral