

Immigranten uit Noord-Afrika en Zuid-Europa in de Laat-Krijtzie van Noord-Europa.

Een samenspel van warme zeestromen, verdwenen barrières en gunstige milieufactoren.

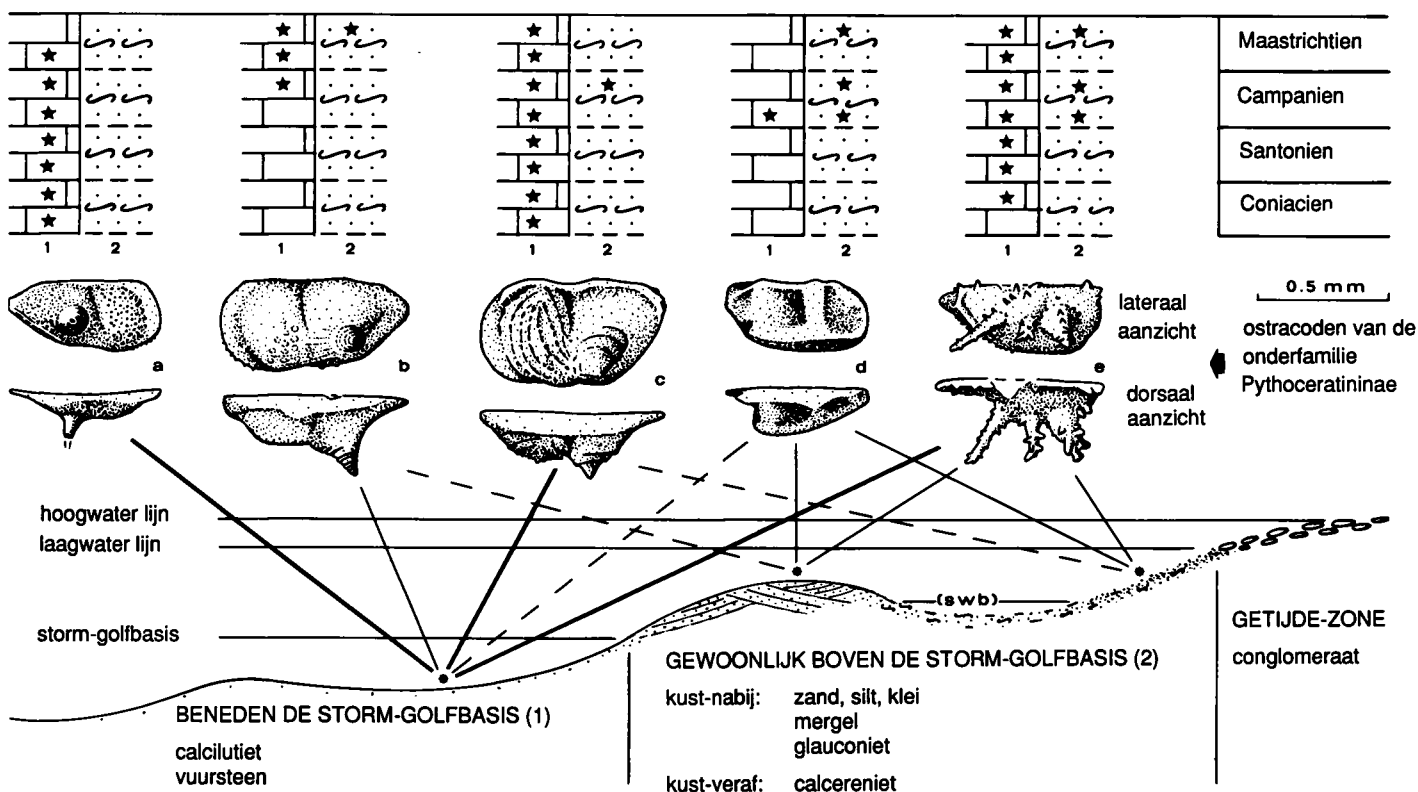
Martin J.M. Bless

In de loop der jaren hebben vele duizenden geologen uit de hele wereld beroepshalve of uit liefhebberij de Krijtzeefzettingen rond Maastricht bezocht, waar de fossiele resten van *Mosasaurus*, reuzeschildpad, koralen, bryozoën en grootforaminiferen bij wijze van spreken voor het oprapen liggen. Om het voorkomen van deze tropische of subtropische organismen zo ver naar het noorden te verklaren wordt soms aangenomen dat er in grote delen van de toenmalige wereld een warm en relatief gelijkmatig 'broeikasklimaat' heerste. In dit artikel probeert de auteur een deel van het mechanisme te doorgronden, dat deze migratie vanuit de Tethys in het zuiden naar de 'boreale' Krijtzie in Noord-Europa mogelijk maakte.

Het overgrote deel van de Boven-Krijt-afzettingen in Noord-Europa wordt gevormd door 'schrijfkrijt' (Fr.: craie, Eng.: chalk), dat in hoofdzaak bestaat uit miljarden microscopisch kleine coccolieten of fragmenten daarvan. Dit zeer fijnkorrelige sediment (coccolieten zijn meestal kleiner dan

0,01 mm) wordt met de term 'calclutiet' aangeduid. Vuursteen (Fr.: silex, Eng.: chert) komt op veel plaatsen voor in de vorm van laagsgewijze concentraties van (onregelmatige) knollen en lenzen. Met name langs de randen van het afzettingsgebied (maar ook op en rond tektonisch gevormde ondiepe delen

van het bekken) komt ook grofkorrelig kalk ('calcareeniet') voor, die voornamelijk is opgebouwd uit fragmenten van stekelhuidigen (zeeëgels, zee- en slangsterren, zeelelies), schelpen van lamellibranchiaten en brachiopoden, bryozoën en (benthonische) foraminiferen. Het onderste deel van de afzet-



Figuur 1 Relatie tussen het afzettingsmilieu en enkele geselecteerde ostracoden van de onderfamilie Bythoceratininae gedurende het Laat-Krijt in Noord-Europa (uit Bless, 1991; gebaseerd op Deroo, 1966; Herrig 1966; Neale, 1978; Jørgensen, 1979; Clarke, 1983; Nuyts, 1989). De bovenste kolommen laten zien in hoeverre deze soorten tijdens het Coniacien tot Maastrichtien een voorkeur hadden voor calclutiet (1), of voor calcareniet en glauconietrijk zand, silt, klei en mergel (2). Geselecteerde soorten: a= *Veeniceratina howensis*, b= *Bythoceratina marssoni*, c= *B. umbonatoides*, d= *B. compressa*, e= *Nemoceratina tricuspidata*.

tingen in de randgebieden bestaat vaak uit een (zeer dun) basisconglomeraat en (glauconietrijke) zand-, silt-, klei- en mergellagen (NAM-RGD, 1980).

De verdeling van deze sedimenten in het bekken en in afzonderlijke profielen maakt duidelijk dat calcilutiet werd afgezet in rustig water op enige afstand van de kust buiten het bereik van stormgolven, terwijl glauconietrijke zand, silt, klei en mergel in het algemeen vlak onder de kust werden afgezet. De grofkorrelige calcarenietenslotte werd in hoofdzaak gevormd in ondiepe delen van het bekken (buiten het bereik van de aanvoer van zand, silt en klei), waarbij golfbewegingen en stromingen ervoor zorgden dat de fijne fractie van het sediment naar elders werd getransporteerd.

Een en ander samenvattend kan gesteld worden dat in het algemeen calcilutiet wijst op een relatief diep milieu op enige afstand van de kust en

dat calcareniet, zand, silt, klei en mergel kustnabije afzettingen zijn in een relatief ondiep milieu.

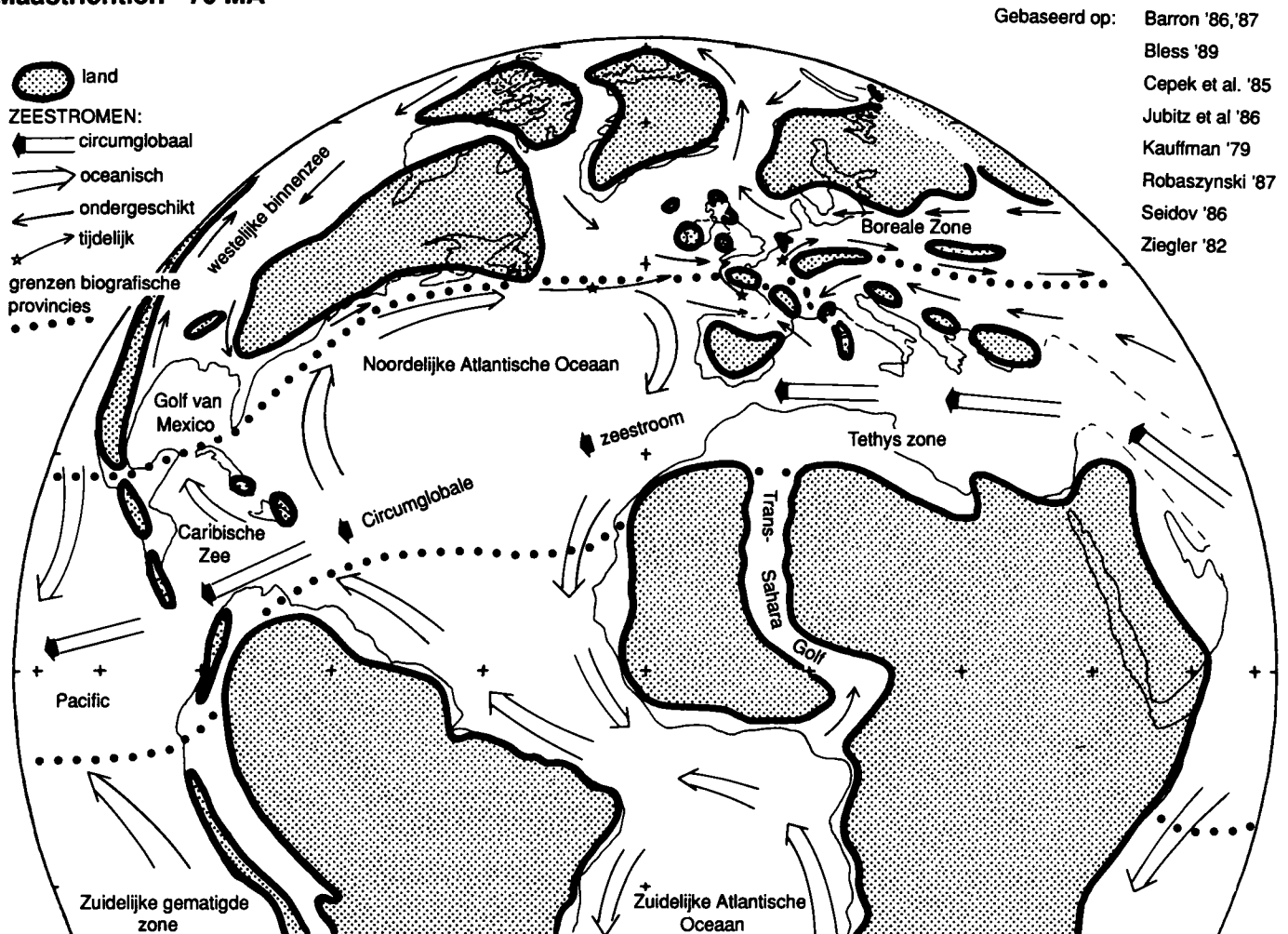
De termen 'diep' en 'ondiep' worden daarbij van elkaar gescheiden door de diepte tot waar zware stormen in het water hun invloed kunnen doen gelden. Volgens Liebau (1980, 1984) ligt deze diepte langs de kust van de oceaan op ongeveer 60 m, maar in meer beschermde binnenzeeën en lagunes op hooguit 30 m of zelfs aanzienlijk minder.

Alhoewel de hier geschilderde vertaling van sedimenten in de begrippen 'diep' en 'ondiep', of 'rustig' en 'onrustig' uiteraard gebaseerd is op oversimplificatie van de werkelijkheid, lijkt deze indeling bruikbaar voor statistisch onderzoek naar de ecologische voorkeur van allerlei mariene organismen. Zo blijken ostracoden of mosselkreeftjes van de onderfamilie Bythoceratini nae hoofdzakelijk voor te komen in calcilutieten (figuur 1). De Bythoceratini nae zijn gemakkelijk herkenbaar door

de aanwezigheid van stekels of doornachtige uitstulpingen op hun pantser.

De voorkeur van de Bythoceratini nae voor relatief diep, rustig water buiten bereik van de invloed van golfslag of stormgolven kan worden afgeleid uit de volgende cijfers. In de hoofdzakelijk uit calcilutiet bestaande sedimenten in het centrale deel van het Noordeuropese bekken vormen de Bythoceratini nae niet minder dan 20-22% van het totaal aantal soorten ostracoden. (26 van de 130 soorten op Rügen, Herrig, 1966: 19 van de 95 soorten in Denemarken, Jørgensen, 1979: 20 van de 91 soorten in de omgeving van Hamburg, Clarke, 1983; 12 van de 55 soorten in Noord-Nederland, Bonnema, 1940-1941). In de calcilutieten in het zuidelijk randgebied van dit bekken in ZO-Nederland (Zuid-Limburg) en België (sedimenten behorend tot de Gulpen Formatie of daarmee gelijk te stellen) vormen de Bythoceratini nae ongeveer 13-14% van het totaal aantal soorten (8 van de 55 soorten bij Van Veen,

Maastrichtien - 70 MA



Figuur 2 Paleogeografie tijdens het Maastrichtien (uit Bless, 1991). Verdeling der continenten volgens Cepek et al. (1985). Verdeling land-zee volgens Barron (1987), Bless (1989), Christensen (1988), Jubitz et al. (1986), Robaszynski (1987) en Ziegler (1982). Oceaanstromen volgens Seidov (1986). Zeestromen op het continentale platform gebaseerd op veronderstelde heersende windrichting (deels volgens Barron, 1986) en op migratieroutes van organismen (deels volgens Babinot et al., 1985; Bless, 1989; Christensen, 1988)

1983; 9 van de 66 soorten bij Deroo, 1966; 13 van de 100 soorten bij Nuyts, 1989). Maar in de calcarenieten van ditzelfde gebied (Maastrichts 'tufkrijt', Krijt van Kunrade) zijn deze ostracoden veel zeldzamer en is het percentage soorten (0-11%) beduidend lager (26 van de 241 soorten bij Van Veen, 1935-1936); 7 van de 138 soorten bij Deroo, 1966; geen van de 81 soorten bij Nuyts, 1989).

Bythoceratininae zijn meestal zeldzaam of schijnbaar zelfs afwezig in glauconietrijke zand-, silt-, klei- en mergellagen in dit randgebied, zoals de Vaals Formatie, het 'Zandig krijt van Benzenrade' of de 'Pre-Valkenburg afzettingen'. De aanwezigheid van sommige soorten Bythoceratininae in grofkorrelige calcarenieten en/of detritische sedimenten duidt waarschijnlijk op 'post mortem' transport (ontbindingsgassen in het tweekleppig pantser van dode ostracoden zorgen ervoor dat deze tijdelijk kunnen zweven), of op het bestaan van voor deze soorten gunstige micromilieus in overigens ondiep, onrustig water (Bless et al., 1991a).

Het voorbeeld van de Bythoceratininae illustreert hoe uit de koppeling van fossielen en sedimenten bepaalde milieufactoren zijn af te leiden. Dezelfde werkwijze wordt hier verder gevolgd om de oorzaken te achterhalen van de herhaalde migratie van organismen vanuit de Tethys (de zee, die destijds Europa en Azië scheidde van Afrika en India) naar Noord-Europa op het einde van de Krijt-Periode.

Tijdens het Laat-Krijt (Cenomanien-Maastrichtien) heerste er een tropisch tot subtropisch klimaat in de Tethys als gevolg van de ononderbroken, equatoriale ('circumglobal') zeestroom, die weliswaar door de ligging van Afrika ietwat naar het noorden werd afgebogen tot ongeveer 20-25° N.B., maar niet gehinderd werd door bijvoorbeeld de pas later ontstane landverbindingen tussen ZW-Azië en het Arabisch schiereiland, of tussen Noord- en Zuid-Amerika (figuur 2).

Zowel ten noorden als ten zuiden van de Tethys heerste er een meer gematigd klimaat. De zuidelijke gematigde zone omvatte vrijwel heel Zuid-Amerika en Afrika (met uitzondering van het noordelijkste deel dat tot de Tethys gerekend wordt), India, Australië en Nieuw-Zeeland. De noordelijke gematigde zone (ook wel de 'boreale' zone genoemd) omvatte Noord-Amerika, Noord-Europa (Zuid-Europa behoorde tot de Tethys) en het grootste deel van Azië (ZW-Azië vormde een onderdeel

van de Tethys). Over het klimaat in de Arctische en Antarctische gebieden is nog maar weinig bekend. Maar de gemiddelde jaartemperatuur in Alaska (tijdens het Laat-Krijt op 70°-85° N.B.) zou slechts 10° C geweest zijn tijdens het Cenomanien en hooguit 5°C op het einde van het Krijt, zodat (korte?) vorstperiodes in winter en lente normaal moeten zijn geweest (Spicer, 1987; Brouwers et al., 1987).

De hier geschetste klimaatzones waren natuurlijk niet scherp begrensd. Zo plaatste Kauffman (1979) ZW-Frankrijk en N-Spanje in de noordelijke gematigde zone, maar rekenen Voigt en Babinot (1982) dit gebied tot de noordelijke invloedssfeer van de Tethys, een opvatting die hier ook gevolgd wordt (figuur 2). Vanuit dit deel van Zuid-Europa konden allerlei organismen verschillende malen tot ver in Noord-Europa doordringen.

Een van de bekendste voorbeelden vormt de massale invasie van Tethys-organismen (o.a. benthonische organismen, ostracoden, lamellibranchiaten, ammonieten, mosasauriërs, zeeëgels, zeeschildpadden, bryozoën, etc.) in ZO-Nederland en NO-België op het einde van het Maastrichtien, die tot uiting komt in een spectaculaire toename van het aantal soorten. Alleen de typisch boreale ('koud' water minnende?) belemnieten vertonen in diezelfde tijd een zowel kwalitatieve als kwantitatieve neergang. Deze Tethys-invloed tijdens het Laat-Maastrichtien beperkte zich overigens niet tot ZO-Nederland en NO-België, maar is ook terug te vinden in Duitsland (Voigt, 1983), Polen (Bless, 1989) en de USSR (Andreev & Mandelstam, 1971).

Over de oorzaken van deze invasie is regelmatig gespeculeerd. Vier verschillende mogelijkheden komen daarbij aan bod:

- 1- Een zich over Noord- en Zuid-Europa uitstrekkend vrij uniform klimaat tijdens een dergelijke invasie (o.a. Voigt, 1983), mogelijk als gevolg van een voor die tijd vaak gepostuleerde broeikas-situatie (o.a. Jaeger, 1986).
- 2- Het ontstaan van (tijdelijke) corridors, waar een 'warme' zeestroom (vergelijkbaar met de moderne Golfstroom in de Atlantische oceaan) tot diep in Noord-Europa kon doordringen (o.a. Deroo, 1966).
- 3- Het wegvallen van tektonische barrières, die een dergelijke 'Golfstroom' en de daarmee gepaard gaande invasie van zuidelijke organismen tegenhielden (o.a. Bless, 1989).
- 4- Het ontstaan van voor deze zuidelijke organismen gunstige milieus in

Noord-Europa (o.a. Liebau, 1978).

Aan de hand van de verspreiding van enkele geselecteerde ostracoden en foraminiferen, die in de literatuur als karakteristieke Tethys-elementen bekend staan, zullen deze alternatieven nader bekeken worden. De keuze van deze fossielgroepen is gebaseerd op het feit, dat (benthonische) foraminiferen en ostracoden regelmatig in grote aantallen in het sediment voorkomen, terwijl er bovendien een relatief omvangrijke, deels zeer recente literatuur over bestaat.

Tethys elementen

Geselecteerd zijn hier de ostracodengeslachten *Mauritsina* en *Veenia*, en het foraminiferen-geslacht *Daviesina*. Vanaf het einde van het Albien tot aan het einde van het Maastrichtien was *Mauritsina* (samen met o.a. *Limburiina*, *Oertiella*, *Curfsina*, *Dumontina*, *Planileberis* en *Kingmaina*) een typische bewoner van het kalkige substraat in de ondiepe noordelijke randzee van de eigenlijke Tethys (Babinot & Colin, 1988). Het geslacht omvat o.a. twee relatief langlevende soortengroepen: *M. gr. hieroglyphica* en *M. gr. macrophtalmoidea*, die beide bekend zijn vanaf het Turonien tot en met het Laat-Maastrichtien. In Noord-Europa is *Mauritsina* beperkt tot het Santonien, het Vroeg-Campanien en het Laat-Maastrichtien (Nuyts, 1989; Bless, 1989; Bless et al., 1991b; Andreev & Mandelstam, 1971).

Ook *Veenia* is karakteristiek voor het Laat-Krijt in de Tethys. Verschillende soorten zijn bekend uit het Cenomanien en Turonien van Zuid-Europa (Babinot et al., 1985), maar zijn grootste verbreiding kent dit geslacht (samen met o.a. *Buntonia* en *Brachycythere*) in Noord-Afrika, waar het vanaf het Cenomanien tot aan het einde van het Krijt algemeen voorkomt (Babinot & Colin, 1988). Met name vanaf het Coniacien verspreidt deze 'Afrikaanse' ostracode zich langs de kusten van geheel Afrika, India en Zuid-Amerika, en dringt dan ook via het Caribisch gebied en Noord-Amerika (Babinot & Colin, 1988) verschillende malen door tot in Noord-Europa (o.a. Deroo, 1966; Nuyts, 1989). In Zuid-Europa worden *Veenia*, *Brachycythere* en *Buntonia* echter vanaf het einde van het Turonien niet meer gesignaleerd (Babinot & Colin, 1988).

Daviesina is eveneens afkomstig uit de Tethys, waar deze foraminifeer in ieder geval vanaf het Santonien in Zuid-Europa aangetroffen wordt en daar soms zelfs tot de meest talrijke vormen be-

hoort (Hofker, 1961). In Noord-Europa komt *Daviesina* uitsluitend voor in het late Vroeg-Campanien (Hofker, 1958, 1961; Bless et al., 1991b) en in het Laat-Maastrichtien (Hofker, 1966), in beide gevallen samen met andere benthonische foraminiferen uit de Tethys, zoals 'Siderolites', *Pararotalia tuberculifera* en *Distyopsella tenuissima* (Bless et al., 1991-b).

Klimaat

Onze voorstelling van het Krijt-klimaat berust op zeer fragmentarische en vaak onvergelykbare gegevens, deels gebaseerd op zuurstofisotopen-onderzoek van (door allerlei fossilisatie- en lithificatieprocessen deels veranderde) resten van de meest uiteenlopende groepen organismen en sediment-monsters. Schattingen van de gemiddelde paleojaarstemperatuur zijn bovendien deels gebaseerd op het onderzoek van organismen, waarvan het kalkskelet alléén groeide bij een be-

paalde (vaak relatief hoge) minimum- (=zomer-?) temperatuur, of althans niet gedurende het gehele jaar gelijkmatig groeide (Pearson, 1978). De schatting van de paleotemperatuur op het land is misschien nog gewaagder, voor zover deze gebaseerd is op vergelijkingen van fossiele en recente plantenassociaties (Spicer, 1987).

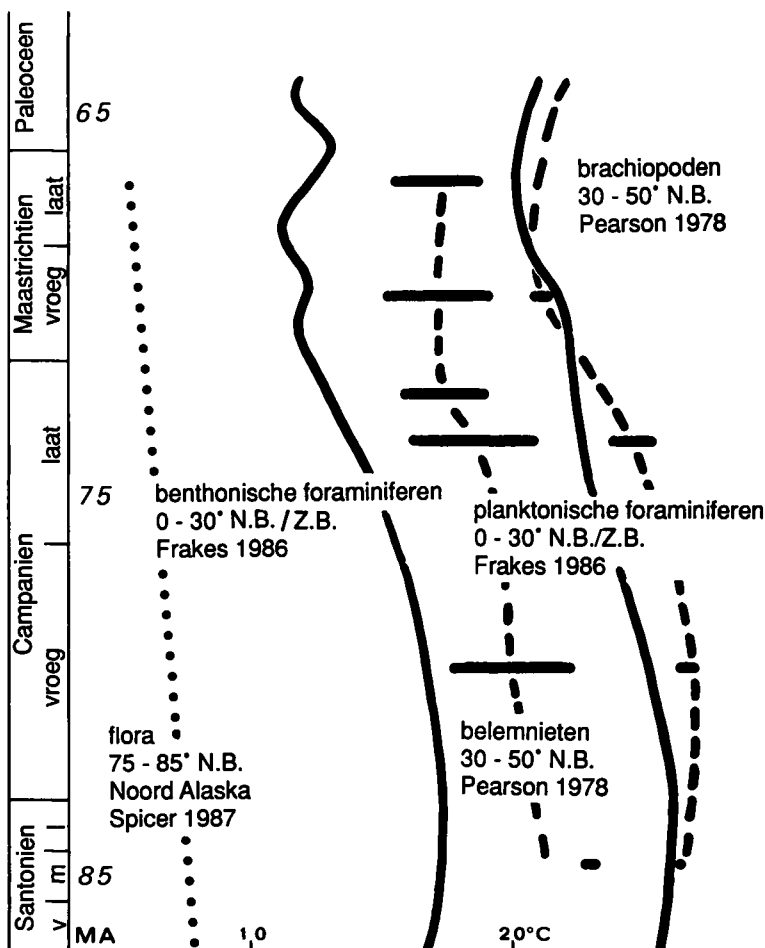
Maar ondanks al deze beperkende factoren kunnen er een paar algemene conclusies worden getrokken. Vrijwel alle gegevens tonen aan dat de paleotemperatuur zowel rond de equator en in de Tethys als in de meer gematigde streken duidelijk afnam tijdens het Laat-Krijt en met name sinds het Santonien. Spicer (1987) vermoedt, dat dit ook op het vasteland van Noord-Alaska het geval was (figuur 3). Tijdens het Maastrichtien zou deze daling van de temperatuur vrijwel tot stilstand zijn gekomen of zelfs omgebogen in een lichte stijging (figuur 3. Naidin, 1983; Boersma, 1984).

Het verschil in de oppervlakte-temperatuur van het zeewater rond de paleo-equator (en de Tethys) en Noord-Europa zal waarschijnlijk gedurende de gehele periode gelijk gebleven zijn. Dit valt af te leiden uit de vrijwel parallel lopende temperatuurcurves (figuur 3). Een verschil van pakweg 5°C tussen de Tethys en Noord-Europa lijkt aanneemelijk. Dit verschil is ook vastgesteld bij het onderzoek van planktonische foraminiferen uit het Maastrichtien in het Caribisch gebied (20-21°C) en in de Atlantische Oceaan ten Zuid-westen van New Foundland (14-16°C; Boersma, 1984).

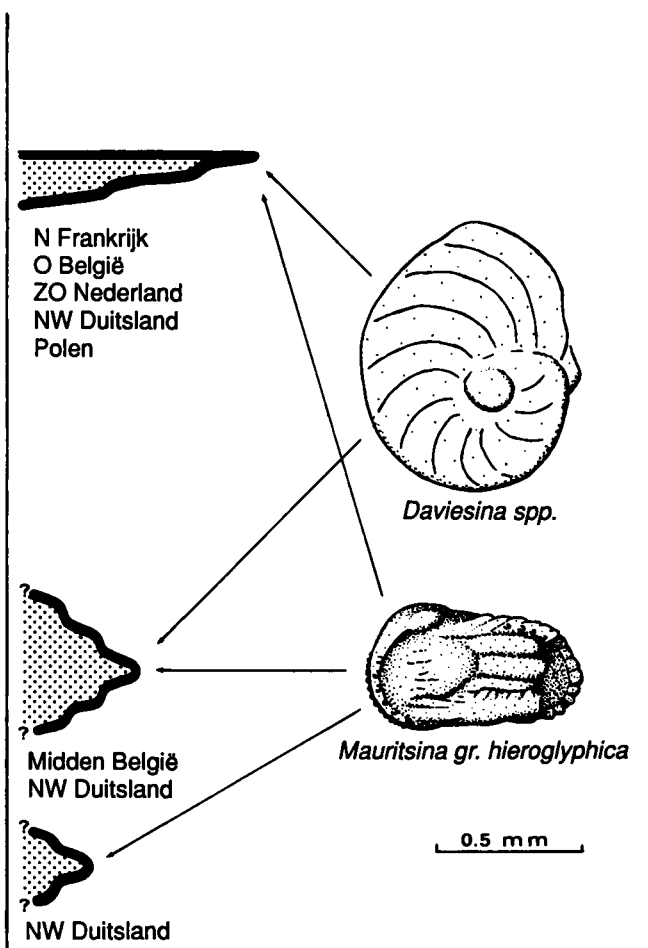
Tijdens het Santonien-Maastrichtien konden Tethys-organismen tenminste driemaal vanuit Zuid-Europa tot in Noord-Europa doordringen (figuur 3):

- Tijdens het Santonien in NW-Duitsland (omgeving Hannover; Ohmert, 1973).
- Tijdens het Vroeg-Campanien in Midden-België (Brabant-massief; Bless et al., 1991b) en NW-Duitsland (Harz;

Temperatuur curves



Invasies vanuit Zuid-Europese tethys in boreale gebieden



Figuur 3 Vergelijking tussen temperatuurcurves voor het Laat-Krijt en Paleoceen, en invasies van organismen uit Zuideuropese Tethys in de boreale Krijtze van Noord-Europa (uit Bless, 1991).

Ondanks een wereldwijde afname van de temperatuur vond de meest omvangrijke invasie plaats tijdens het Maastrichtien. Daarbij waren in enkele gevallen enkele soorten betrokken, die al eerder tijdens het Santonien en Campanien vanuit de Tethys naar Noord-Europa waren gemigreerd.

Hofker, 1958. Münsterland-bekken; Schwarzkopf, in voorber.).

- Tijdens het Laat-Maastrichtien in N-Frankrijk (Marne-streek; Margerie, 1968), NO-België en ZO-Nederland (Bless, 1989; Nuyts, 1989), NW-Duitsland (omgeving Hannover; Voigt 1951; omgeving Hamburg; Voigt, 1963; Hagn & Voigt, 1988) en Polen (Szczuchura, 1984).

Het aantal erkende Tethys-immigranten in Noord-Europa lijkt per gebied explosief te stijgen met de toename van het aantal landen, waarin deze fossielen aangetroffen worden. Kennelijk duidt een groter verspreidingsareaal op meer optimale omstandigheden. Indien het klimaat hierbij een rol zou spelen, dan zou dit betekenen dat dit in Noord-Europa tijdens het Laat-Maastrichtien aanmerkelijk gunstiger (dus warmer) zou zijn geweest dan tijdens het Santonien of Vroeg-Campanden. De thans beschikbare gegevens wijzen echter op een duidelijke teruggang van de temperatuur in de equatoriale zone en in de Tethys van ongeveer 25-26°C tijdens het Santonien en Vroeg-Campanden naar ongeveer 20-21°C tijdens het Maastrichtien (figuur 3). Ook in de boreale zone van Noord-Europa is een afname van de paleo-temperatuur vastgesteld, zodat het verschil in temperatuur tussen de

Tethys en Noord-Europa vrijwel constant gebleven moet zijn. Het lijkt daarom onwaarschijnlijk dat klimaatsveranderingen, cq klimaatsverbeteringen, de oorzaak hebben gevormd van deze migraties naar het noorden.

Blijft tenslotte de vraag waarom er überhaupt zoveel organismen vanuit de Tethys naar dit deel van de gematigde boreale zones trokken, als de paleojaartemperatuur hier zo'n 5°C lager was. Misschien omdat het voor hen voldoende was (voor bijvoorbeeld seizoensgebonden groei), dat er hier althans gedurende een deel van het jaar een 'zomer'-temperatuur heerste, die de gemiddelde jaartemperatuur in de Tethys benaderde of zelfs overtrof? Dit zou in ieder geval de relatief hoge temperatuurschattingen verklaren, die gebaseerd zijn op het zuurstofisotopen onderzoek van brachiopodenschalen uit het Boven-Krijt van Noord-Europa (figuur 3; Pearson, 1978). En mogelijk waren deze organismen tot op zekere eurytherm en bezaten ze dus een grotere tolerantie voor temperatuurschommelingen dan soms wordt verondersteld.

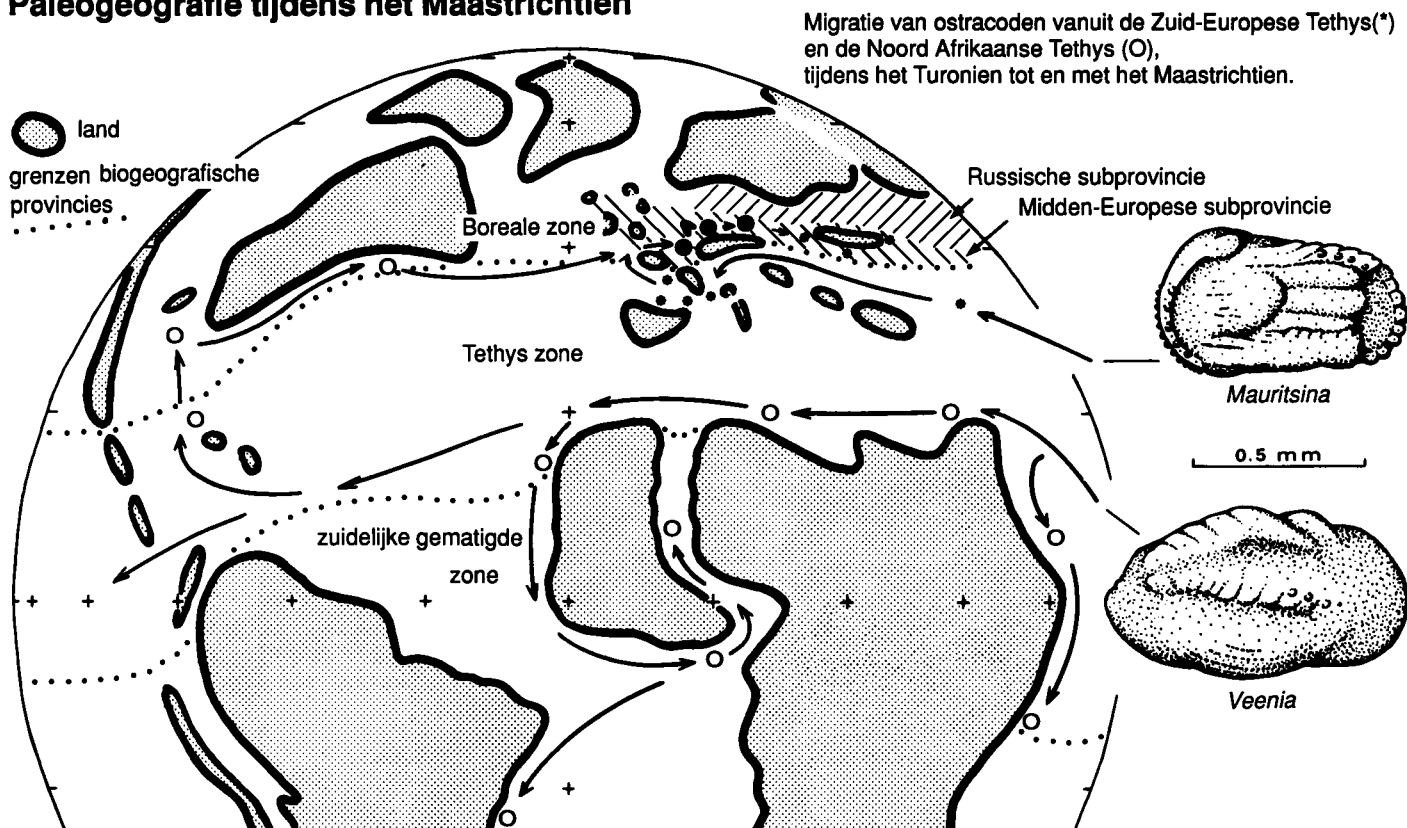
Zeestromen

Ostracoden-associaties met *Mauritsina*

na (en *Limburgina*, *Kingmaina*, etc.) zijn in het noordelijke (Zuideuropese) deel van de Tethys aangetroffen in Noord-Spanje (Rodriguez Lazaro, 1985), Zuid-Frankrijk (Babinot et al., 1985) en het zuiden van de USSR bij de Kaspische zee (Andreev & Mandelstam, 1971). Tijdens het Santonien-Maastrichtien dringt *Mauritsina* verschillende malen door tot het zuidelijke deel van de gematigde boreale zone, dat overeenkomt met de 'Centraal-Europese Sub-provincie', zoals Christensen (1988) die gedefinieerd heeft op grond van zijn belemnietonderzoek. Via Noord-Frankrijk, België, ZO-Nederland, NW-Duitsland en Polen bereikt *Mauritsina* zelfs het gebied tussen de Zwarte Zee en het Oekraïne Blok (figuur 4; Andreev & Mandelstam, 1971).

De herhaalde oostwaartse migratie van *Mauritsina* langs de zuidrand van de boreale zone past bij een (warme) zeestroom (mogelijk gevoed door warm Tethys-water vanuit het Caribisch gebied) in dezelfde richting, zoals deze op grond van de rond 40° NB heersende windrichting vanuit het zuidwesten (Barron, 1986) verwacht zou mogen worden. Langs de noordrand van de Noordeuropese (boreale) shelfzee (in die tijd rond de 50° N.B.; figuur 2) kan de heersende polaire wind vanuit het Noordoosten voor een westwaartse

Paleogeografie tijdens het Maastrichtien



Figuur 4 Migratie-routes van ostracoden vanuit de zuidelijke (Noordafrikaanse) Tethys (O) en noordelijke (Zuideuropese) Tethys (*) gedurende het Turonien-Maastrichtien. (Uit Bless, 1991; deels volgens Babinot & Colin, 1988. Paleogeografie als in figuur 2.

(koudere) zeestroom gezorgd hebben, waarin de temperatuur te laag was voor de meeste Tethys-organismen. Dit model van zeestromen op de Noord-europese shelf verklaart in ieder geval waarom *Mauritsina* en andere Tethys-elementen niet verder naar het noorden zijn doorgedrongen.

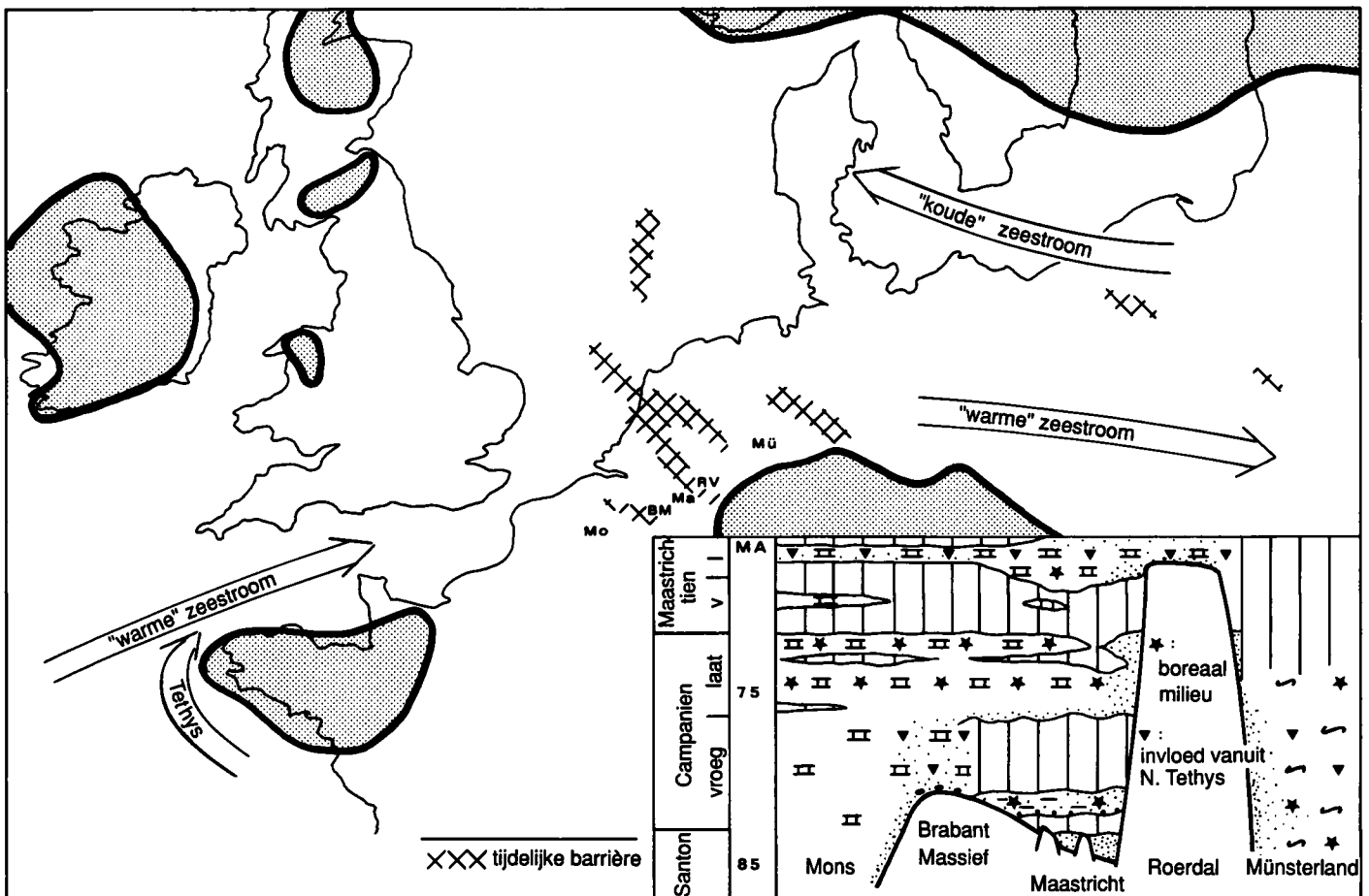
In de zuidelijke Tethys is een 'Noordafrikaanse' ostracoden-associatie aangetroffen met onder andere *Veenia*, *Buntonia*, *Brachycythere* (Babinot & Colin, 1988). Verschillende van deze ostracoden konden zich langs een groot deel van de kusten op het zuidelijk halfrond (inclusief de zuidelijke gematigde zone) verspreiden, met uitzondering van Australië. De migratie naar Noord-Europa tijdens het Coniacien-Maastrichtien lijkt echter via een omweg (Caribische Zee, oostkust van Noord-Amerika) te zijn gegaan. Kennelijk heeft het via de Caribische zee en de Westelijke Atlantische Oceaan naar het oosten afbuigende deel van de circumglobale zeestroom (figuur 2) hier een belangrijk aandeel in gehad. Deze warme

zeestroom bereikte de Westeuropese kust in de buurt van Zuid-Engeland en NW-Frankrijk. Met name *Veenia* kon via deze weg herhaalde malen tot diep in Noord-Europa doordringen (figuur 4). Maar tijdens het Laat-Maastrichtien bereikten ook *Buntonia* en *Brachycythere* dit gebied (Deroo, 1966; Nuyts, 1989). De warme zeestromen hebben dus een hele duidelijke rol gespeeld in de migratie van Tethys-elementen naar Noord-Europa. Deze migratie is echter geen continu proces geweest, maar heeft zich beperkt tot bepaalde, relatief korte perioden. Dit kan veroorzaakt zijn door twee verschillende mechanismen. Het 'ideale' circulatiepatroon van de warme zeestromen kan regelmatig geblokkeerd zijn geweest door tektonische barrières. En tenslotte is het denkbaar, dat organismen weliswaar ongehinderd vanuit de Tethys naar Noord-Europa konden trekken, maar dat de ecologische omstandigheden daar niet altijd geschikt waren voor een kolonisatie van deze migranten.

Tektonische barrières

Op het einde van het Krijt traden er enorme veranderingen op in de bewegingen van de ondergrond in Noord-Europa. In een aantal van de belangrijkste dalingszones, zoals de Centrale Noordzeeslenk, het Broad Fourteensbekken, het Westnederlandse bekken, de Roerdal slenk, het Middennederlandse bekken, de Osning zone (ten oosten van Münsterland) en de Poolse slenk, maakte de vaak al sinds het Perm of eerder bestaande dalende beweging plaats voor een opwaartse (tektonische inversie), terwijl er daaromheen juist een versnelde daling optrad (onder andere het oostelijk deel van het Brabants Massief in Midden-België). Hierdoor ontstonden er met name gedurende het Campanien en Maastrichtien eilanden en ondiepten in de Noordeuropese Krijtzeë, die als tijdelijke barrières de 'warme' zeestroom vanuit de Tethys konden afremmen. Tegelijkertijd verdwenen andere hindernissen van diezelfde zeestroom (zoals het oostelijk deel van het Brabant Mas-

Paleogeografie tijdens het Campanien en het Maastrichtien



Figuur 5 Tijdelijke barrières in Noord-Europa tijdens het Campanien en Maastrichtien als gevolg van tektonische inversie (uit Bless, 1991; deels volgens Ziegler, 1982 en Jubitz et al., 1986). Mo= Mons, BM= Brabant Massief, Ma= Maastricht, RV= Roerdal (Rur Valley) Blok, Mü= Münsterland. Het diagram rechtsonder toont de relatie tussen het begin van de sedimentatie op respectievelijk het Brabant Massief en het Roerdal Blok, en de wijdverbreide invasie van organismen vanuit de Zuideuropese Tethys.

sief) langzaam onder water, waardoor hun rol als barrière uitgespeeld was (figuur 5).

Alhoewel er pas tijdens het Tertiair een definitief einde kwam aan de actieve inversie, blijkt daarvoor soms al onderbroken te zijn door perioden van verlaagde tektonische activiteit of mogelijk zelfs een kortstondige daling. Op het Roerdal blok is dit bijvoorbeeld herkenbaar door de hernieuwde sedimentatie sinds het midden van het Laat-Maastrichtien. Deze overstrooming van het Roerdal blok tijdens het Laat-Maastrichtien valt vrijwel samen met het begin van een massale invasie van Tethys-organismen in Noord-Europa (Bless, 1989). Een soortgelijke correlatie kan gemaakt worden tussen een dergelijke migratie halverwege het Vroeg-Campanien en het begin van de Krijt-sedimentatie op het centrale (in die tijd hoogste?) deel van het Brabant Massief (figuur 5). Kennelijk speelde het onder water verdwijnen van derge-

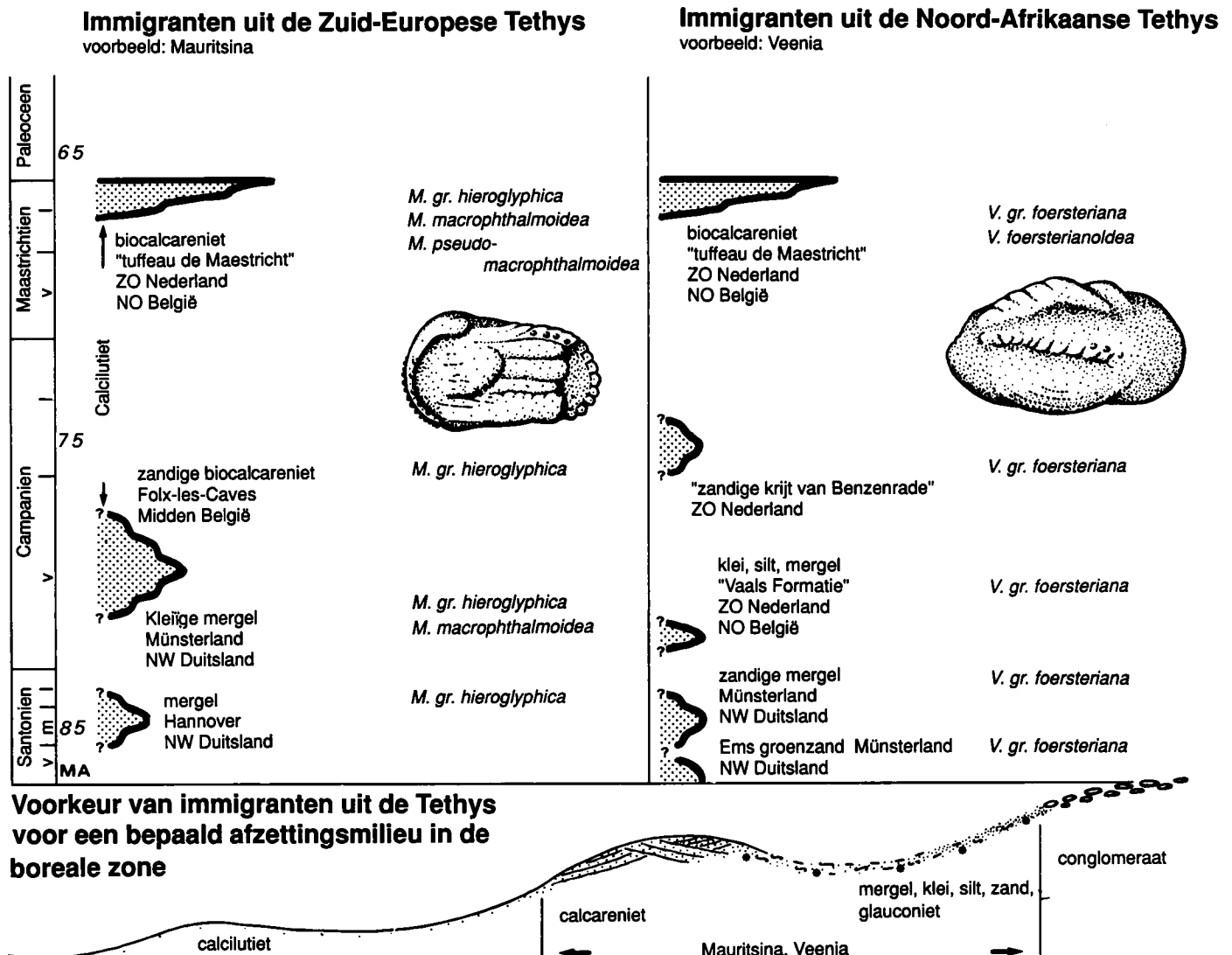
lijke hindernissen een belangrijke rol bij de verspreiding van immigranten vanuit de Zuideuropese Tethys.

Maar ook het wegvallen van dergelijke tektonische barrières geeft geen afdoende verklaring voor alle voorkomen van Tethys-organismen in Noord-Europa. De stratigrafische verspreiding in dit gebied van het uit de Noord-Afrikaanse Tethys afkomstige ostracodengeslacht *Veenia* bewijst dit (figuur 6). In het Campanien van België en ZO-Nederland lijkt het optreden van *Veenia* juist gekoppeld te zijn aan dat van typisch boreale associaties en niet aan het massale optreden van organismen uit de Zuideuropese Tethys (waaronder *Mauritsina*). Natuurlijk kan dit veroorzaakt zijn door een zich herhaaldelijk wijzigend patroon van zeestromen vanuit de Zuideuropese Tethys en de Atlantische Oceaan. Maar het lijkt meer voor de hand te liggen om dit (gedeeltelijke) verschil in timing in het optreden van *Veenia* en *Mauritsina* toe te

schrijven aan verschillen in het paleomilieu, voorzover dit in de sedimenten herkenbaar is.

Afzettingsmilieu

De 'Zuideuropese' ostracode *Mauritsina* verschijnt in ZO-Nederland halverwege het Laat-Maastrichtien op het moment, dat de sedimentatie op het Roerdal blok begint. Maar dit optreden blijft in eerste instantie beperkt tot de zogenaamde 'Kunrade-facies' op het Roerdal blok en onmiddellijke omgeving. Pas aan het einde van het Maastrichtien wordt *Mauritsina* ook aangetroffen in de omgeving van Maastricht (Bless, 1989; Nuyts, 1989). Kennelijk waren de ecologische omstandigheden in de Gulpen/Maastricht-facies (calculutieten) in de omgeving van Maastricht minder gunstig dan in de Kunrade-facies rond het Roerdal blok. De temperatuur van het zeewater schijnt daarbij geen door-



Figuur 6 Correlatie tussen het afzettingsmilieu en het voorkomen van twee geselecteerde immigranten uit Zuid-Europa en Noord-Afrika in de Noordeuropese Krijtze tijdens het Santonien-Maastrichtien (uit Bless, 1991).

slaggevende rol te hebben gespeeld. Enerzijds lijken in dit gebied relatief hoge temperaturen ook te hebben gehoorst tijdens het Laat-Campanien (frequent optreden en diversiteit van het thermofiele ostracodengeslacht *Cytherelloidea*; Bless, 1989).

Anderzijds komen 'eurytope' immigranten uit de Tethys in het stratigrafisch met de Kunrade-facies vergelijkbare deel van de Gulpen/Maastricht-facies voor. Maar de afwezigheid van dergelijke Tethys-elementen in het oudere deel van de Gulpen-facies (Laat-Campanien tot vroegste Laat-Maastrichtien) laat óók zien, dat een in principe gunstig paleomilieu alléén niet voldoende was om een (succesvolle) immigratie/kolonisatie te bewerkstelligen.

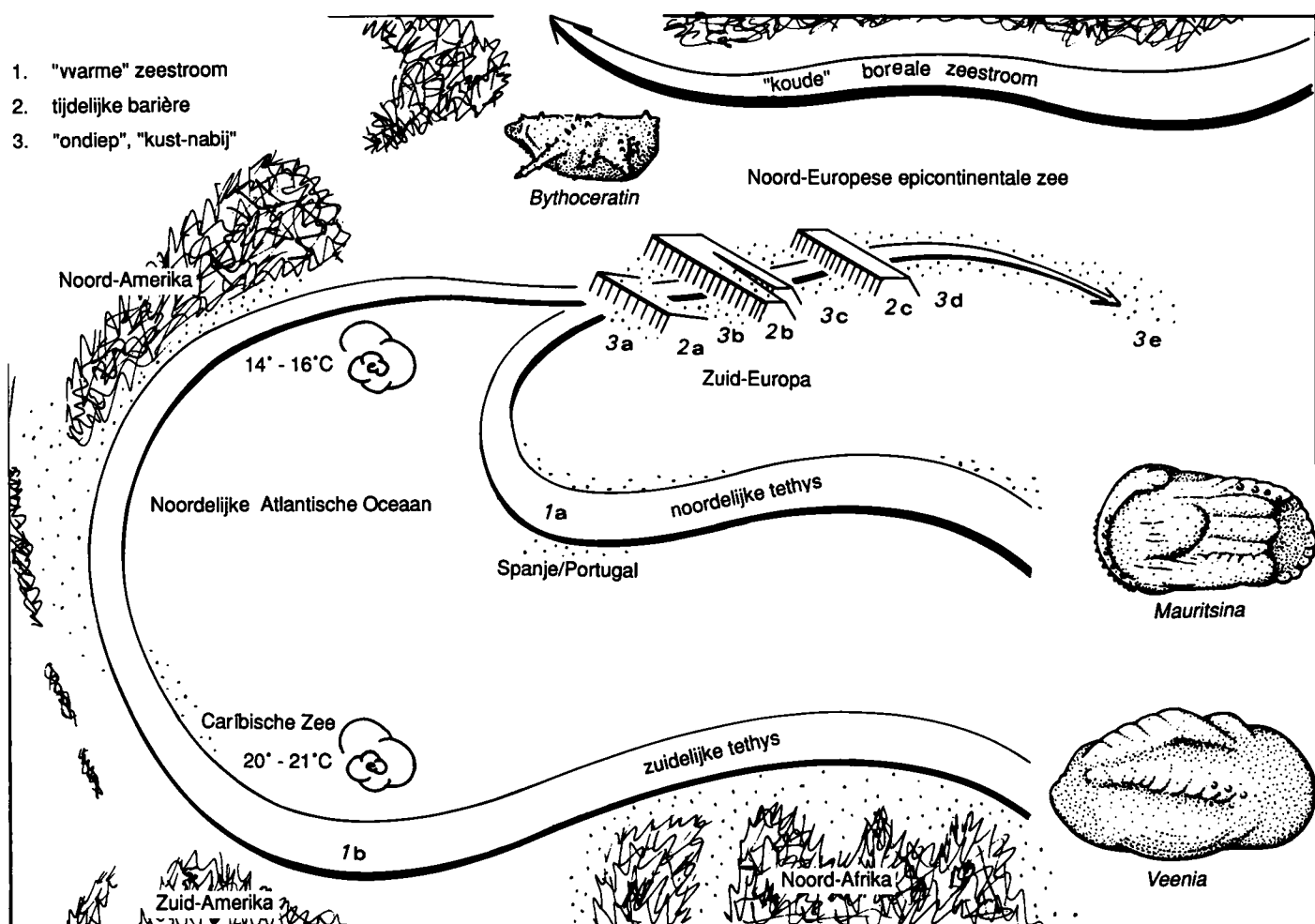
Mauritsina lijkt in het Santonien-Maastrichtien van Noord-Europa het vermoedelijk zachte, zeer fijnkorrelige

kalksubstraat van calcilutiet onder de golfbasis gemeden te hebben. *Mauritsina* wordt dan ook niet gemeld van de fijnkorrelige 'schrijfkrijt-facies' in Engeland (Neale, 1978), Denemarken (Jørgensen, 1979) en Noord-Duitsland (Herrig, 1966; Clarke 1983). Deze 'stenotope' ostracode had kennelijk een voorkeur voor enerzijds een relatief ondiep, grofkorrelig kalksubstraat (Laat-Maastrichtien calcareniet van NO-België en ZO-Nederland; Nuyts, 1989; Bless, 1989; Vroeg-Campanien zandige calcareniet van Midden-België; Bless et al., 1991) en anderzijds een bodem van (kleiige) mergel (Vroeg-Campanien en Santonien van NW-Duitsland; Ohmert, 1971; Schwarzkopf, in voorber.).

Ook in het Coniacien-Santonien van Noord-Spanje schijnt *Mauritsina* voornamelijk voor te komen in 'kustnabije', zandige calcareniet en in mergels, die

beide waarschijnlijk afgezet werden op de grens tussen het 'ondiepe' (infralittorale) en 'diepe' (circalittorale) deel van het toenmalige continentale platform (Rodriguez Lazaro, 1985). In het Turo-nien van Zuid-Frankrijk toonde deze ostracode een voorkeur voor vergelijkbare milieu's (Babinot & Tronchetti, 1982).

Ook het 'Noordafrikaanse' geslacht *Veenia* is een normale verschijning in de calcareniet van het Laat-Maastrichtien van ZO-Nederland en NO-België (Deroo, 1966; Nuyts, 1989). Maar in tegenstelling tot *Mauritsina* komt deze ostracode niet alleen voor in de Kunrade-facies, maar óók in het stratigrafisch daarmee gelijk te stellen deel van de Gulpen/Maastricht-facies (Deroo, 1966). *Veenia* is kennelijk afwezig in de zandige calcareniet van het Vroeg-Campanien van Midden-België, waar *Mauritsina* wel aangetroffen is (Bless et



Figuur 7 Migratie van organismen uit de noordelijke (voorbeeld: *Mauritsina*) en zuidelijke (voorbeeld: *Veenia*) Tethys naar Noord-Europa (waar *Bythoceratinae* de boreale schrijfkrijt-facies kenmerkten) tijdens het Laat-Krijt ondanks de temperatuurverschillen tussen deze gebieden (geïllustreerd door temperatuur van oppervlaktewater in het westelijke deel van de Atlantische oceaan tijdens het Maastrichtien; gebaseerd op zuurstofisotopenonderzoek van planktonische foraminiferen door Boersma, 1984). Overgenomen uit Bless (1991). 1: Gunstige warme zeestromen (1a vanuit noordelijke, Zuideuropese Tethys; 1b vanuit zuidelijke, Noordafrikaanse Tethys). 2: Tijdelijke barrières (2a Brabant Massief; 2b Roerdal Blok, Westnederlands Blok, Broad Fourteens Blok en Mid-Nederlands blok; 2c Osning Blok). 3: Gunstig (relatief ondiep en kustnabij) afzettingsmilieu langs zuidrand van Noordeuropese, epicontinentale zee (3a Marne; 3b Maastricht; 3c Münsterland; 3d Harz; 3e Zuideuropese deel van USSR)

al., 1991b). Daarentegen is *Veenia* een van de meest frequent voorkomende ostracoden in het (soms glauconietrijke) 'zandige krijt van Benzenrade' (vroeg Laat-Campanien van ZO-Nederland) en het hiermee te correleren deel van de Pre-Valkenburg afzettingen (glauconiet-rijke, siltige tot zandige mergels) in NO-België (Bless et al., 1987), en in de glauconietrijke, mergelige klei, silt en zand van de Vaals Formatie uit het Vroeg-Campanien van ZO-Nederland en NO-België (Bless et al., 1987). In Duitsland is *Veenia* ook gevonden in zandige mergel en glauconietrijke, zandige klei van het Santonien (Rescher, 1968; Bless & Robaszynski, 1988). *Veenia* is (net als *Mauritsina*) niet vermeld van de schrijfkrijt-facies van Engeland (Neale, 1978), Denemarken (Jørgensen, 1979) en Noord-Duitsland (Herrig, 1966; Clarke, 1983). Het voorkomen van deze ostracode in het Santonien-Maastrichtien van Noord-Europa is dus beperkt tot ondiepe, relatief zuivere calcareniet, en veelal glauconietrijk zand, silt, klei en (zandige) mergel, die mogelijk vlak onder de kust werden afgezet.

Samenvattend kan gesteld worden dat *Mauritsina* een voorkeur heeft gehad voor het overgangsbereik tussen de infralittorale (kustnabije) en circalittorale (kustveraf, relatief diepe) facies en de daar voorkomende lokale ondiepten, terwijl *Veenia* beperkt bleef tot het infralittorale bereik, inclusief de ondiepten die dit bereik scheidden van de circalittorale zone. De 'vertaling' van de begrippen 'infralittoraal' en 'circalittoraal' in termen als 'kustnabij/kustveraf' of 'relatief diep/relatief ondiep' is uiteraard onder voorbehoud. Liebau (1980) correleert de grens infra-/circalittoraal min of meer met de diepte van de stormgolfbasis, die hij in een van de oceaan duidelijk afgescheiden binnen-zee (waartoe we de Noordepartese epicontinentale zee tijdens het Laat-Krijt toch mogen rekenen) op 30 m of minder stelt. Met name de aanwezigheid van phytobenthos (planten cq algengroei op het substraat) in de infralittorale zone kan deze stormgolfbasis enorm beïnvloed (en op aanmerkelijk minder dan 30 m gesitueerd) hebben.

Wat ook de uitkomst van deze discussie moge zijn, het lijkt erop dat de succesvolle immigratie/kolonisatie van organismen vanuit de noordelijke (Zuid-europese) en zuidelijke (Noordafrikaanse) Tethys voornamelijk beperkt is gebleven tot de relatief dunne en vaak ook incomplete afzettingen van de infralittorale/kustnabije/ondiepe shelfzee (inclusief de overgang naar circalittoraal/kustveraf/diep). In dit milieu kon de opwarming van de watermassa gedu-

rende althans een deel van het jaar (zomer) mogelijk gemakkelijker tot stand komen dan in de relatief diepere/verder van de kust afgelegen/infralittorale ('axiale') delen van het continentale platform, waarin vaak zeer dikke pakketten schrijfkrijt (calcilutiet) werden afgezet.

Conclusies

Ondanks de wereldwijd vastgestelde teruggang in de temperatuur tijdens het Santonien-Maastrichtien hebben er in de Noordepartese epicontinentale Krijtzees gedurende deze periode verschillende succesvolle immigraties cq kolonisaties plaatsgevonden van organismen uit zowel de noordelijke (Zuid-europese) als zuidelijke (Noordafrikaanse) Tethys (figuur 7). Omdat hierbij in sommige gevallen dezelfde soorten betrokken zijn (geïllustreerd door het voorkomen van *Mauritsina gr. hieroglyphica* en *Veenia gr. foersteriana*) mag aangenomen worden, dat deze Tethys-organismen tot op zekere hoogte eurytherm en dus tolerant waren voor veranderingen in de temperatuur. Een geringe temperatuurstijging, zoals op het einde van het Maastrichtien (ongeveer 1-2°C volgens Boersma, 1984), lijkt nauwelijks invloed te kunnen hebben gehad op dit migratiepatroon, omdat hij in het niet valt bij de wereldwijde temperatuurdaling sinds het Santonien (5-6°C volgens Pearson, 1978, en Frakes, 1986).

De geografische en stratigrafische verspreiding van organismen uit de noordelijke en zuidelijke Tethys stemt verrassend goed overeen met bestaande modellen van warme zeestromen tijdens het Laat-Krijt (figuren 2 en 4). Het ligt dan ook voor de hand om aan te nemen dat deze organismen van dit circulatiepatroon gebruik gemaakt hebben. De praktische afwezigheid van Tethys-invloeden in het noordelijke deel van deze boreale Krijtzees (o.a. Denemarken en Noord-Duitsland) kan verklaard worden door een westwaartse stroom van het (toch al ondiepe) oppervlakte-water in dat gebied onder invloed van de daar heersende polaire windrichting (vgl. model van Barron, 1986).

Met name in het zuidwestelijke deel van de boreale Krijtzees (Nederland, Duitsland, Polen) ontstonden als gevolg van de 'inversie-tektoniek' soms tijdelijke barrières voor immigranten uit de Tethys. Dit wordt afgeleid uit het feit, dat de succesvolle invasie vanuit de Zuid-europese Tethys althans in twee gevallen (Vroeg-Campanien/Brabant Massief en Laat-Maastrichtien/Roerdal

blok) samenviel met het overstromen van voormalige eilanden (begin van sedimentatie op deze plaatsen; Bless et al., 1991b).

Maar de belangrijkste factor voor een succesvolle kolonisatie van bepaalde delen van de Noordepartese Krijtzees vormde het afzettingsmilieu. In het algemeen hebben immigranten uit de Tethys een voorkeur gehad voor 'ondiepe' en/of 'kustnabije' delen van de Krijtzees, waarin met name grofkorrelige kalk (calcareniet) en/of (vaak glauconietrijke) zand, silt, klei en mergel werden afgezet (figuur 6). De diepere (veelal onder de stormgolfbasis) en vaak ver van de kust af gelegen delen van de Krijtzees, met een substraat van in hoofdzaak fijnkorrelige kalk (calcilutiet), vormden het domein van boreale en kosmopolitische organismen, zoals belemnieten en de al eerder beschreven ostracoden van de onderfamilie Bythoceratininae (figuur 1).

Een samenspel van verschillende factoren heeft dus bepaald waar en wanneer bepaalde organismen uit de Tethys in de boreale Krijtzees konden doordringen om er zich (tijdelijk) te vestigen. Het paleo-ecologisch onderzoek van het Krijt in Zuid-Limburg draagt ertoe bij om dergelijke factoren op te sporen en hun onderlinge samenhang te begrijpen.

Adres van de auteur:
Laboratoire de Paléontologie végétale
UL, 7 Place du Vingt Août, B-4000
Liège, België.

Abstract

Tethyan immigrants in the Late Cretaceous shelf sea of Northern Europe.

Martin J.M. Bless, Lab. Paléontologie végétale UL, 7 Place Vingt Août, B-4000 Liège, Belgium

Despite the global temperature decline there have been several successful migratory waves from the northern (South European) and southern (North African) Tethys to the North European temperate ('Boreal') realm during the Santonian-Maastrichtian. Most likely the organisms involved were either eurytherm or stenotherm taxa taking benefit from relatively high 'summer' temperatures in the North European shelf sea (approaching or exceeding the mean annual temperature in the Tethys margins).

The presumed migratory ways to Northern Europe differ for organisms from

the Northern and Southern Tethys (as illustrated by the dispersal of, respectively, the ostracod taxa *Mauritsina* and *Veenia*), but they match existing models of oceanic and atmospheric paleocirculation suggesting that these organisms took advantage of 'warm' sea currents for their migration.

Inverse tectonic movements created various temporary barriers against this migration, especially in the south-western part of the North European shelf sea. At least in two cases, the inundation of such barriers coincided with the massive invasion of immigrants from the Northern Tethys.

The depositional environment formed perhaps the most important factor controlling a successful colonisation of certain parts of the North European shelf by Tethyan immigrants. These seem to have preferred relatively shallow and/or nearshore environments with a substrate of calcarenite and/or glauconitic sand, silt, clay and marl. The calcilutites in the deeper (usually below storm wave base) offshore areas formed the domain of cosmopolitan and boreal organisms, such as belemnites and ostracods of the subfamily Bythoceratininae.

The timing and place of invasion and colonisation of the boreal shelf sea by Tethyan organisms was determined by the interaction of these factors.

Literatuur

- Andreev, Yu.N. & Mandelstam, M.I., 1971. Biogeographical associations of Cretaceous ostracods in the USSR. *Bull. Centre Rech. Pau, SNPA* 5, suppl.: 615-629.
- Babinot, J.F., 1982. Essai de synthèse paléocéologique sur les associations d'ostracodes du Crétacé supérieur marin de France méridionale et péninsule ibérique. *Geol. Médit.*, 9: 167-169.
- Babinot, J.F. & Colin, J.P., 1988. Palaeogeography of Tethyan Cretaceous marine ostracods. In: T. Hanai, N. Ikeya & K. Ishizaki (eds.), *Evolutionary biology of ostracoda - its fundamental and applications*. Kodansha, Tokyo and Elsevier Sci. Publ., Amsterdam: 823-839.
- Babinot, J.F. & Tronchetti, G., 1982. Paléocéologie des associations de foraminifères et d'ostracodes du Turonien: l'exemple de la Provence. *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 49: 49-56.
- Babinot, J.F., Colin, J.P. & Damotte, R., 1985. Crétacé supérieur. In: H.J. Oertli (ed.), *Atlas des ostracodes de France (Paléozoïque-Actuel)*. Bull. Centres Rech. Explor., Prod. Elf-Aquitaine, Mem. 9: 211-255.
- Barron, E.J., 1986. Physical paleoceanography: a status report. In: K.J. Hsü (ed.), *Mesozoic and Cenozoic Oceans*, Geodynamic Ser. 15, Am. Geophys. Un. & Geol. Soc. Am.: 1-9.
- Barron, E.J., 1987. IGCP Project No. 191 - Cretaceous palaeoclimatic atlas. *Geol. Correlation*, 15 (ISSN 0302-069X): 36-40.
- Bless, M.J.M., 1989. Event-induced changes in Late-Cretaceous to Early Palaeocene ostracode assemblages of the SE Netherlands and NE Belgium. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 112: 19-30.
- Bless, M.J.M., 1991. Tethyan immigrants in the Late Cretaceous of Northern Europe. *Ann. Soc. Géol. Belg.* in voorbereiding.
- Bless, M.J.M. & Robaszynski, F., 1988. Microfossils from the Vaals Greensand (Lower Campanian) in NE Belgium and south Limburg from the Ems Greensand (Santonian) in SW Münsterland (FRG). In: M. Streel & M.J.M. Bless (eds.) *The Chalk district of the Euregio Meuse-Rhine, selected papers on Upper Cretaceous deposits*, ISBN 9070705044: 85-93.
- Bless, M.J.M., Djaiz, R., Felder, P.J., Jagt, J.W.M. & Roebroeks, W., 1987. 'Session extraordinaire' of the two Belgian Geological Societies on the Late Cretaceous and Quaternary in the Liège-Maastricht-Heerlen area, 12-14 June 1987. *Bull. Soc. belge Géol.*, 96: 309-323.
- Bless, M.J.M., Demoulin, A., Felder, P.J., Jagt, J.W.M. & Reynders, J.P.H., 1991a. The Hauts Fagnes area (NE Belgium) as a monadnock during the Late Cretaceous. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 113: 75-101.
- Bless, M.J.M., Felder, J.P. & Jagt, J.W.M., 1991b. Repeated Tethyan influences in the Early Campanian to middle Late Maastrichtian successions of Folx-les-Caves and Orle-Petit (Eastern Brabant Massif, Belgium). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 113: 179-197.
- Boersma, A., 1984. Campanian through Paleocene paleotemperature and carbon isotope sequence and the Cretaceous-Tertiary boundary in the Atlantic Ocean. In: W.A. Berggren & J.A. Van Couvering (eds.) *Catastrophes and earth history, the new Uniformitarianism*. Princeton Univ. Press: 247-277.
- Bonnema, J.H., 1940-1941. Ostracoden aus der Kreide des Untergrundes der nord-östlichen Niederlande. *Nat. Hist. Maandblad*, 29: 91-95, 104-108, 115-118, 129-132; 30: 8-10, 21-24, 26-29, 40-43, 56-60, 70-72.
- Brouwers, E.M., Clemens, W.A., Spicer, R.A., Ager, T.A., Carter, L.D. & Sliter, W.V., 1987. Dinosaurs on the North Slope, Alaska: High latitude, latest Cretaceous environments. *Science*: 1608-1610.
- Cepek, P., Köthe, A., Weiss, W. & Wolfart, R., 1985. Paleogeographic evolution of the Atlantic Ocean during the Late Cretaceous, a synthesis of micropaleontological and lithological data from the Deep Sea Drilling Project and from adjacent continental areas. *Geol. Jrb.*, B62: 3-89.
- Christensen, W.K., 1988. Upper Cretaceous belemnites of Europe: state of the art. In: M. Streel & M.J.M. Bless (eds.) *The Chalk district of the Euregio Meuse-Rhine, selected papers on Upper Cretaceous deposits*, ISBN 9070705044: 5-16.
- Clarke, B., 1983. Die Cytheracea (Ostracoda) im Schreibkreide-Richtprofil von Lägerdorf-Kronsmoor-Hemmoor (Coniac bis Maastricht: Norddeutschland). *Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg*: 65-168.
- Deroo, G., 1966. Cytheracea (Ostracodes) du Maastrichtien de Maastricht (Pays-Bas) et des régions voisines; résultats stratigraphiques et paléontologiques de leur étude. *Mémoires. Geol. Sticht.*, Ser. C 46: 197 pp.
- Douglas, R.G. & Woodruff, F., 1981. Deepsea benthic foraminifera. In: C. Emiliani (ed.), *The Sea*, John Wiley, NY: 1233-1327.
- Frakes, L.A., 1986. Mesozoic-Cenozoic climatic history and causes of the glaciation. In: K.J. Hsü (ed.), *Mesozoic and Cenozoic Oceans*, Geodynamic Ser. 15, Am. Geophys. Un. & Geol. Soc. Am.: 33-48.
- Hagn, H. & Voigt, E., 1988. Ein weiteres Hornsteingeschiebe mit Grossforaminiferen der höchsten Oberkreide aus dem Hamburger Raum. *Mitt. Bayer. Staatslg. Paläont. hist. Geol.*, 28: 13-21.
- Herrig, E., 1966. Ostracoden aus der Weissen Schreibkreide Unter-Maastricht) der Insel Rügen. *Paläont. Abh. A*, 2: 693-1024.
- Hofker, J., 1958. *Daviesina voighti* n.sp., eine gesteinsbildende Foraminifere aus dem Campan der subherzynen Kreidemulde. *Mitt. geol. Staatsinst.*, Hamburg, 27: 69-73.
- Hofker, J., 1961. Les foraminifères du Tuffeau arénacé de Folx-les-Caves. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 84: 549-579.
- Hofker, J., 1966. Maastrichtian, Danian and Paleocene Foraminifera. *Palaeontographica*, Suppl. A10: 376 pp.
- Jaeger, H., 1986. Die Faunenwende Mesozoikum/Känozoikum, nüchtern betrachtet. *Z. Geol. Wiss.*, 14: 629-656.
- Jørgensen, N.O., 1979. The ostracod fauna from the Maastrichtian white chalk of Denmark. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 27: 93-98.
- Jubitz, K.B., Znosko, J. & Franke, D. (eds.) 1986. Lithologic-palaeogeographical map Turonian, 1:1,500,000, IGCP Projekt No. 86, south-west border of the East European Platform. *Zentrales Geol. Institut*, Berlin, G.D.R., 2 sheets.
- Kauffman, E.G. 1979. Cretaceous. In: R.A. Robinson & C. Teichert (eds.), *Treatise on invertebrate paleontology, part A, introduction, fossilization (taphonomy), biogeography and biostratigraphy*. Geol. Soc. Am.: A418-A487.
- Liebau, A., 1978. Paläobathymetrische und paläoklimatische Veränderungen im Mikrofaunenbild der Maastrichter Tuffkreide. *N. Jb. Geol. Paläont.*, Abh. 157: 233-237.
- Margerie, P., 1968. Inventaire des ostracodes conservés dans les couches inférieures des formations post-campaniennes du Mont-Aimé (Marne) (suite et fin). *Mém. Soc. Agr. Comm. Marne*, 83: 7-36.
- Naidin, D.P. 1983. Late Cretaceous transgressions and regressions on the Russian Platform. *Zitteliana*, 10: 107-114.
- NAM-RGD, 1980. Stratigraphic nomenclature of the Netherlands. *Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen.*, 32: 77 pp.
- Neale, J.W., 1978. The Cretaceous. In: R. Bate & E. Robinson (eds.), *A stratigraphical index of British Ostracoda*, Seel House Press, Liverpool: 325-384.
- Nuyts, H., 1989. Studie van de ostracoda uit Bo-

- ven-Krijtafzettingen in Noord-België (systematiek, biostratigrafie, paleoecologie). Thesis Rijksuniv. Gent, Fac.Wetensch.-Lab.Pal.: 367 pp.
- Ohmert, W., 1971. Ecology of some Trachyleberididae (Ostracoda) from the Bavarian Upper Cretaceous. Bull.Centre Rech. Pau, SNPA, 5 suppl.: 601-614.
- Pearson, R., 1978. Climate and evolution. Acad.Press, London: 274 pp.
- Robaszynski, F. 1987. Biostratigraphy and events at the Campanian-Maastrichtian boundary. Ann.Soc.Géol.Belg., 109: 325-331.
- Rodriguez Lazaro, J.M., 1985. Los ostracodos del Coniacense y Santoniense de la Cuenca Vasco-Cantabrica occidental. Thesis Fac.Ciencias Univ. Pais Vasco Leioa: 527 pp.
- Schwarzkopf, J. (in voorbereiding). Untersuchungen an der Ostracoden-Fauna der bohrung Metelen 1001 mit besonderer Berücksichtigung ihrer faziellen Aussagekraft.
- Sczzechura, J., 1984. Arthropoda. In: L. Malinowski (ed.), Bu dowa geologiczna Polski, III, Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych Mesozoik, Kreda, Wyd.Geol. Warszawa: 408-434.
- Seidov, D.G., 1986. Numerical modelling of the ocean circulation and paleocirculation. In: K.J. Hsü (ed.), Mesozoic and Cenozoic Oceans, Geodynamic Ser. 15, Am.Geophys.Un. & Geol.Soc.Am.: 11-26.
- Van Veen, J.E., 1935-1936. Die Cytheridae der Maastrichter Tuffkreide und des Kunrader Korallenkalkes von Süd-Limburg. Nat.Hist.Maandblad 24 en 25.
- Van Veen, J.E., 1938. Die Ostracoden in der Tuffkreide ohne gelbe limonitische Färbung unter den Koproolithenschichten zu Slavante. Nat.Hist.Maandblad 27: 10-12, 15-20.
- Voigt, E., 1951. Das Maastricht-Vorkommen von Iiten bei Hannover und seine Fauna mit besonderer Berücksichtigung der Gross-Foraminiferen und Bryozoen. Mitt.Geol.Staatsinst. Hamburg 20: 15-109.
- Voigt, E., 1963. Orbitoidenführendes Kieselgestein als nordliches Geschiebe aus der Umgebung von Hamburg (Ober-Maastrichtien, Ober-Kreide), Zur Paläoklimatologie der Oberkreide. Geol.Jrb. 80: 495-512.
- Voigt, E., 1964. Zur Temperatur-Kurve der oberen Kreide in Europa. Geol. Rundschau, 54: 270-317.
- Voigt, E., 1983. Zur biogeographie der europäischen Oberkreide-Bryozoenfauna. Zitteliana 10: 317-347.
- Ziegler, P.A., 1982. Geological atlas of western and central Europe. Elsevier Sci.Publ.Co. A'dam: 130 pp.



Iets over gangen, porfieren en glazen

A. Kwarts- en calciëtgangen

L.M.J.U. van Straaten

De vroegere Subfaculteit Geologie van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit van Groningen bezat een zeer gevarieerde collectie gesteenten. In dit artikel wordt het ontstaan van kwartsganggesteenten besproken uit onder meer het Rijnse Leisteengebergte en andere gebieden van de Hercynische orogenese, die in deze collectie aanwezig zijn. Voorts het ontstaan van barietgangen, hun verkiezeling en het voorkomen van verkiezelde bariet in Nederlands riviergrind.

In het algemeen is het niet mogelijk een nauwkeurig beeld te krijgen van de mineralogische samenstelling en de structuur van gesteenten zonder er slijpplaatjes van te maken en die te bekijken door een polarisatie-microscoop. Daardoor kwam het dat de gesteentekunde pas betrekkelijk laat tot ontwikkeling is gekomen. Deze begon pas in het midden van de 19e eeuw, na de uitvinding van het polarisatieprisma door Nicol in 1828 en de invoering van het slijpplaatjesonderzoek met behulp van de met 'nicols' toegeruste polarisatie-microscoop.

In de eerste zeventig à tachtig jaar concentreerde de belangstelling van de petrologen zich sterk op kristallijne gesteenten en speciaal op de stollingsgesteenten ('magmatische' gesteenten). Zo waren in de in 1923 verschenen, door Osann bewerkte 4e druk van het klassieke werk van H. Rosenbusch, 'Elemente der Gesteinslehre', nog 508 bladzijden gewijd aan de magmati-

sche gesteenten, 92 aan de sedimentaire gesteenten (inclusief de metamorfe leistenen) en 161 aan de (overige) metamorfe gesteenten: een verhouding die niet in overeenstemming is met de gevarieerdheid van deze gesteentegroepen en ook niet met hun verbreiding aan het aardoppervlak. Pas in de laatste zestig à zeventig jaar is daar verandering in gekomen, al wordt nu de leer der sedimentaire gesteenten meestal in aparte boeken en tijdschriften behandeld en door sedimentologen beoefend. De scholing van deze laatsten laat eigenlijk onvoldoende wetenschappelijk contact toe met petrologen van 'kristallijne' gesteenten en omgekeerd.

Groningse collecties

Deze ontwikkeling in de gesteentekunde weerspiegelt zich in de aard van de Groningse gesteentecollecties. Van vóór 1850 dateren voornamelijk enkele fraaie, gekochte stukken van de Cam-

pers (o.a. obsidiaan van de Hekla) en enig vulkanisch materiaal verzameld door Adriaan Camper in Auvergne en in de omgeving van Rome en Napels. Volgens een lijst van Adriaan Camper moet het aantal gesteentemonsters in Groningen oorspronkelijk veel groter zijn geweest. Vermoedelijk zijn later veel van de minder interessante stukken uit de collecties verwijderd. Het grootste deel van de collecties is aangeschaft door Van Calker. Ze werden in hoofdzaak gekocht bij de firma Krantz in Bonn en bestaan voor meer dan 90% uit kristallijne gesteenten. Zo bij voorbeeld een collectie uit het Odenwald (117 stuks), twee collecties uit de Harz (samen 149 stuks) en een uit Saksen (vooral het Ertzgebergte en noordelijk aangrenzend gebied, 182 stuks). De aanschaf is vooral gedaan ten behoeve van het gesteentekundig onderwijs. Daarnaast zijn (mogelijk deels ook door Bonnema), in verband met het zwerfsteenonderzoek, nog collecties gekocht van Finse en Zweedse