

Wandstructuren

Van het allereerste belang voor de indeling zijn aard en opbouw van de kamerwand. Hierop zijn de subordes gebaseerd. De diverse hoofdcategorieën en hun relaties met de systematiek zijn aangegeven in tabel I.

1. De forams met een organische wand rekent men tot de meest primitieve vormen. Ze zijn vanwege hun slechte fossiliseerbaarheid van weinig belang voor de geoloog.
2. De agglutinanten, of zandschaligen, vormen hun skelet door toevoeging van minerale korrels - vanuit het omringende sediment - met een organisch bindmiddel.
3. De microgranulaire foraminiferen speelden een belangrijke rol in het Paleozoïcum. De wand bestaat uit kleine, dicht opeengestapelde calciëtkristalletjes van gelijke afmetingen en slechts enkele microns in diameter.

Waarschijnlijk komen ze reeds vanaf het Cambrium voor. 4. De porceleinige vormen worden voor het eerst vermeld in het Carboon. Ze worden zo genoemd omdat hun schaal porceleinig aan doet (wit, doorschijnend) en niet van poriën is voorzien. De minerale korrels, die vanuit een organische wand worden afgescheiden, liggen ongeoriënteerd.

5. De foraminiferen met een van talloze poriën voorziene kalkschaal vormen de grootste groep binnen de foraminiferen. Binnen deze suborde kunnen, op grond van de wandstructuur, nog subgroepen onderscheiden worden, hoewel het merendeel over een zgn. bilamellaire wand beschikt (twee kalklamellen, resp. afgezet aan de binnen- en buitenzijde van een organische tussenlaag). Ook de meest complex gebouwde foraminiferen zijn bilamellair. Deze groep wordt van grote betekenis in Mesozoïcum en Kenozoïcum, hoewel primitieve vertegenwoordigers bekend zijn vanaf het Boven-Carboon.

Wandstructuur	Suborde	Voorkomen	Aantal genera (TAPPAN, 1976)
1. Organisch, onverhard	Allogromiina	vanaf Cambrium	47
2. Geagglutineerd (verkitte sedimentkorrels)	Textulariina	vanaf Cambrium	293
3. Microgranulair (nonlamellaire calciëtkristal)	Fusulinina	Cambrium - Trias	180
4. Porceleinig (imperforate calciëtkristal)	Miliolina	vanaf B. Carboon	150
5. Hyalien (perforaat; lamellaire calciëtkristal)	Rotaliina	vanaf B. Carboon	550

De systematiek in een notedop

door A.R. Fortuin

Inleiding

In dit korte bestek is het onmogelijk om de systematiek van de foraminiferen ook maar enigszins uitvoerig te behandelen. De ruim 30.000 soorten die thans bekend zijn, zijn verspreid over een 1200 genera (of geslachten), die op hun beurt gebundeld zijn in ruim 100 families. Er moest dus een selectie gemaakt worden, waarbij met name aandacht besteed wordt aan de regelmatig voorkomende groepen en/of soorten. Voor een meer uitvoerige behandeling verwijzen wij naar het Nederlandstalige boekje van Dr. E.Th. Spiker (1973), getiteld "Foraminiferen - fossiel en recent", verschenen als bundel 99 in de serie Wetenschappelijke Mededelingen van de Kon. Ned. Natuurhistorische Vereniging. Wie zich echt wil wijden aan de studie van foraminiferen-groepen, ontkomt niet aan de

aanschaf van de grotere handboeken, als bij Literatuur vermeld. De bundel van Dr. Spiker is handig, daar deze een elementaire behandeling van het hele terrein geeft.

De tegenwoordig meest gebruikte classificatie is die van Loeblich en Tappan. Hun uit 1964 daterende indeling behandelt alle toen bekende genera. Deze indeling werd overigens door dezelfde auteurs in 1974 nog wat verbeterd.

De vijf in tabel I genoemde subordes omvatten tezamen 19 superfamilies, die vermeld zijn in tabel II. De onderlinge relaties en verspreiding over de geologische tijdperken van deze superfamilies is aangegeven in afb. 14. Dit schema is ontleend aan Tappan, 1976. Een overzicht van de bestaande families en hun onderlinge relaties (de „familieverhoudingen“) geeft afb. 15, naar Loeblich en

TABEL II		
SUBORDE	SUPERFAMILIE	TE BEHANDELEN ALS CATEGORIE
Allogromiina	Lagynacea	niet verder te behandelen
Textulariina	Ammodiscacea Lituolacea	I de zandschaligen
Fusulinina	Parathuramminacea Fusulinacea Endothyracea	II de "Paleozoische foraminiferen" (groot/klein)
Miliolina	Miliolacea	III de "milioliden"; kalkschalig, imperforaat (groot/klein)
Rotaliina	Duostominacea	een onbekende groep van vnl. Triasvormen (kalkschalig); niet verder te behandelen
	Spirillinacea	IV kalkschalig, met sterk uitgegroeide tweede kamer
	Nodosariacea Buliminacea Cassidulinacea Discorbacea Nonionacea Rotaliacea (ten dele)	V de kalkschalig - perforate kleine foraminiferen (met benthonische leefwijze)
	Robertinacea Carterinacea (?)	VI als V, doch met een schaal uit aragoniet
	Globigerinacea	VII de planktonische foraminiferen, (kalkschalig - perforaat)
	Rotaliacea (ten dele) Orbitoidacea	VIII de kalkschalig - perforate grote foraminiferen

Tappan, 1974. Met arceringen is in deze figuur aangegeven welke eenheden wij in deze handleiding - en zoals in tabel II is aangegeven - achtereenvolgens zullen behandelen. Van deze eenheden omvatten de groepen V, VI en VII de meest algemene genera voor de Krijt- en Tertiair-stratigrafie.

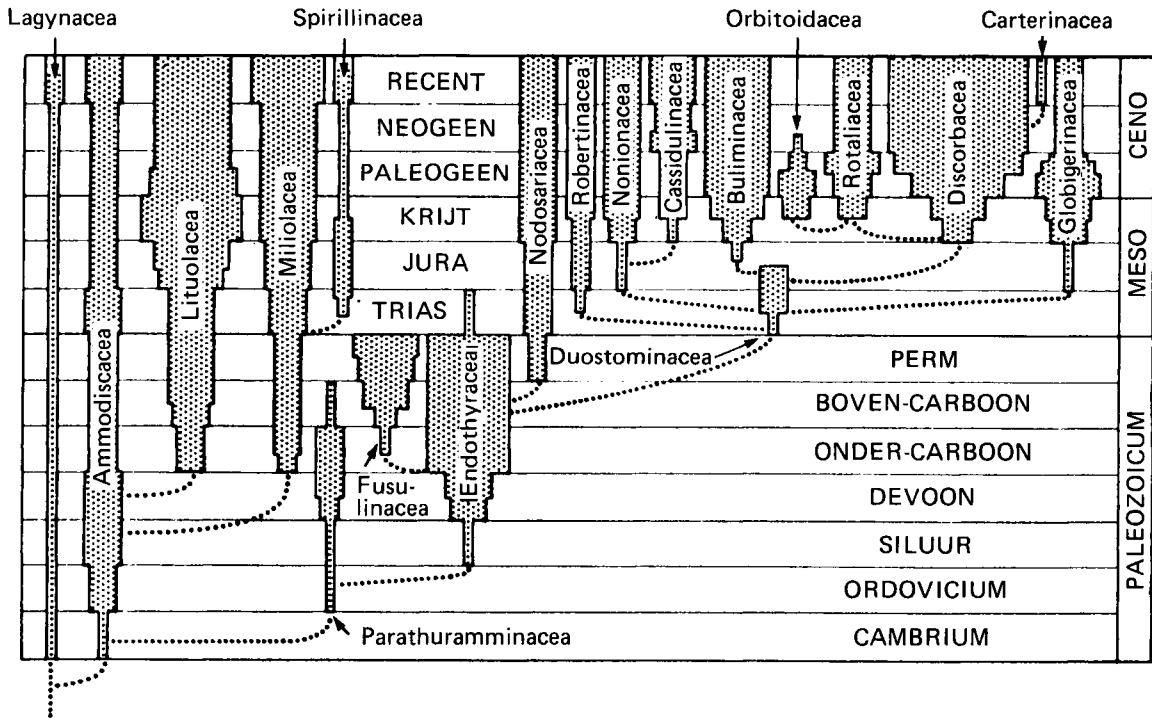
I. De Zandschaligen (afb. 16)

De tot deze groep behorende foraminiferen zijn ten dele minder populair in micropaleontologenkringen. Vooral de vrij primitieve zandschaligen zijn vaak lastig te determineren door hun nogal onduidelijke bouw, terwijl lang niet alle vertegenwoordigers van stratigrafisch belang zijn. Veel zandschaligen zijn zo delicaat gebouwd (door het organische kitmiddel), dat de schaalpjes na de dood van het organisme spoedig uiteen vallen. Dit laatste geldt vooral voor vertegenwoordigers van de Ammodiscacea. Deze superfamilie wordt gekenmerkt door éénkamerige, in het algemeen onregelmatige vormen (o.a. vertakt). Afgebeeld zijn *Bathysiphon*, *Rhabdammina*, *Saccamina* en *Astrorhiza*. De eerste drie genera zijn karakteristiek voor diepwatermilieus. De stervormige *Astrorhiza* komt ook in

ondiepere zeeën, zoals de Noordzee voor. Al deze genera zijn bekend van het oudere Paleozoicum tot recent. Tot de Ammodiscacea worden ook vormen gerekend met een sterk verlengde, vaak spiralig gewonden tweede kamer, zoals bij *Ammodiscus* (regelmatig) en bij *Glomospira* (onregelmatig). Beide voorkomend vanaf het Siluur.

De superfamilie van de Lituolacea omvat alle meerkamerige vormen met een duidelijke kamerrangschikking (in spiraal gewonden, ontrold of recht en combinaties daarvan). We kunnen een onderscheid maken tussen de "gewone", kleine foraminiferen en ingewikkelder gebouwde, grote foraminiferen (van centimeters groot). De laatste zijn voorzien van inwendige kamerschotjes. Ze leveren veel goede gidsfossielen op, met name uit sedimenten, afgezet in ondiep warm water tijdens Jura en Eoceen.

Afbeelding 4 toont een "typische" kleine vertegenwoordiger van de Lituolacea. De afzonderlijke sedimentpartikels van de wand zijn goed te onderscheiden. Bij deze vorm uit de *Textularia*-groep is een overwegend biseriale kamerrangschikking te zien. *Haplophragmoides* is plan-spiraal, involuut, terwijl *Trochammina* juist trochospiraal gewonden is.



Afb. 14, naar H. Tappan (1976). Overzicht van de foraminiferen-superfamilies en hun verspreiding in de tijd. Met stippellijntjes zijn de phylogenetische relaties aangegeven (de "afstammingslijnen"). De breedte van de kolommen is een maat voor het aantal families die elke groepering omvat. De Lagynacea zijn de waarschijnlijke „voorouders” van de Ammodiscacea, die op hun beurt aan de oorsprong stonden van de Parathuramminacea (van waaruit achter-eenvolgens de Endothyracea en Fusulinacea ontstonden). De Spirillinacea stammen vermoedelijk van de Miliolacea (die een dergelijke langgerekte, buisvormige 2e kamer vertonen). De overige kalkschalige superfamilies stammen van de Endothyracea (hetzij direct, zoals de Nodosariacea, hetzij indirect via de Duostominacea. De kleine groep van de Carterinacea wordt gezien als een vrij recente aftakking uit de Discorbacea.

De bekendste grote Lituolacea zijn vooral de orbitolinen. *Orbitolina* heeft een lage, tot bijna vlakke kegelvorm met een soort uitstekend puntje in het midden, waarin de eerstgevormde kamers zitten. Orbitolinen kunnen massaal voorkomen in Mesozoïsche ondiepwaterafzettingen.

II. De "Paleozoïsche foraminiferen" (afb. 17)

De belangrijkste Paleozoïsche forams behoren tot de superfamilies Endothyracea en Fusulinacea. Beide groepen worden gekenmerkt door een samengestelde wand, bestaande uit ten minste twee lagen. Eén van die lagen is doorgaans donkerder in de slijpplaatjes (daar de meeste Paleozoïsche foraminiferen in harde kalken aangetroffen worden, moeten ze vooral in dunne doorsneden bestudeerd worden). De Fusulinacea zijn de bekendste en stratigrafisch nuttigste groep, maar de vertegenwoordigers van beide groepen worden vaak samen aangetroffen. Soorten van de Endothyracea worden trouwens wel gebruikt bij de onderverdeling van de Ondercarboon-kalken in België. Ze zijn niet zo complex gebouwd als de fusulinen en vertonen meerdere typen van kamerrang-

schikking. De Endothyra-familie zelf en de fusulinen zijn echter planspiraal, waarbij kenmerkend is dat de as van winding tijdens de groei draait (zgn. plectogyrale winding). Fusulinen zijn vaak spoelvormig. Deze vorm krijgen ze doordat de kamers het langst zijn dwars op het vlak van winding. Er zijn "plattere" en "uitgerekttere" vormen. De grootte ligt tussen enkele millimeters en 6 cm. In slijpplaatjes, met name in doorsneden volgens de lengteas, ontstaat vaak een soort kippegaas-structuur door het ingewikkelde, golvende verloop van de septa. Hun determinatie vereist dan ook nogal wat oefening. Fusulinen zijn de belangrijkste "gidsfossielen" voor Boven-Carboon en Perm.

III. De Milioliden (afb. 18)

Vanwege hun witte, porcelenige kleur vallen de milioliden gemakkelijk op in een foraminiferengezelschap. De kamers zijn weliswaar gewonden, maar op afwijkende manieren. Hoewel ze al vanaf het Carboon bekend zijn beginnen ze pas in de loop van het Krijt een rol van betekenis te spelen. Veel genera zijn klein (tot enkele mm); echter de familie van de Alveolinidea, met enkele vertegenwoordigers uit andere families, bereiken het kaliber van de echte grote foraminiferen. Milioliden komen in allerlei mariene milieus voor. Als ze gaan overheersen in het sediment wijzen ze op bijzondere afzettingsomstandigheden, bijvoorbeeld ondiep warm water, zonder aanvoer van kleiig of zandig sediment. Ze kunnen dan gesteentevormend worden. De meest bekende kleine milioliden vertonen, tenminste in hun jeugd stadium, een zogenaamde quinqueloculine kamerrangschikking. Dit wil zeggen dat de kamers ten opzichte van de lengteas steeds met 144° verspringen, zodat na 5 keer (dus na 2 rondes) de oorspronkelijke stand weer wordt ingenomen. Daarbij verspringt de mondopening van de ene kant naar de andere kant (zie de gestippelde kamers in afb. 18). Het genus *Triloculina* gaat na een quinqueloculine stadium over in een triloculiere rangschikking. De kamers verspringen dan met 120°. *Pyrgo*, ten slotte, doorloopt deze groeistadia eveneens in zijn

jeugd om dan zijn kamers steeds 180°, dus om en om, te laten verspringen. *Quinqueloculina*, *Triloculina* en *Pyrgo* zijn algemene vormen, die ook in Noordzeeafzettingen voorkomen en reeds vanaf de Jura bekend zijn. *Cyclogyra* representeert een primitievere groep, vanaf het Carboon voorkomend, gekenmerkt door een proloculus (kleine eerste kamer) met daarna een sterk uitgegroeide, buisvormige, plat opgerolde kamer. De alveolinen lijken oppervlakkig gezien op de fusulinen, omdat ook zij spoelvormig zijn (dus planspiraal, met een sterke verlenging in het vlak van winding). Kenmerkend is dat de kamers zijn opgedeeld in schotjes, met verbindingen daartussen, zodat één kamer wordt opgedeeld in een flink aantal kamertjes. Deze schotjes verlopen evenwijdig aan het equatoriale vlak (het vlak loodrecht op de as van winding). De alveolinen kennen twee verschillende bloeiperiodes, één in het Krijt (Cenomaan), de ander in het Tertiair (Eoceen), waarin ze gesteentevormend konden worden. Het genus *Borelis* komt ook nog recent voor. Tot de bekende bewoners van ondiepe, warme zeeën hoort ook de groep rondom *Peneroplis*. De spiraalkamers zijn waaivormig tot zeer sterk omvattend (*Archaias*) en ringvormig (zoals *Orbitolites*, bekend uit het Eoceen van het Bekken van Parijs).

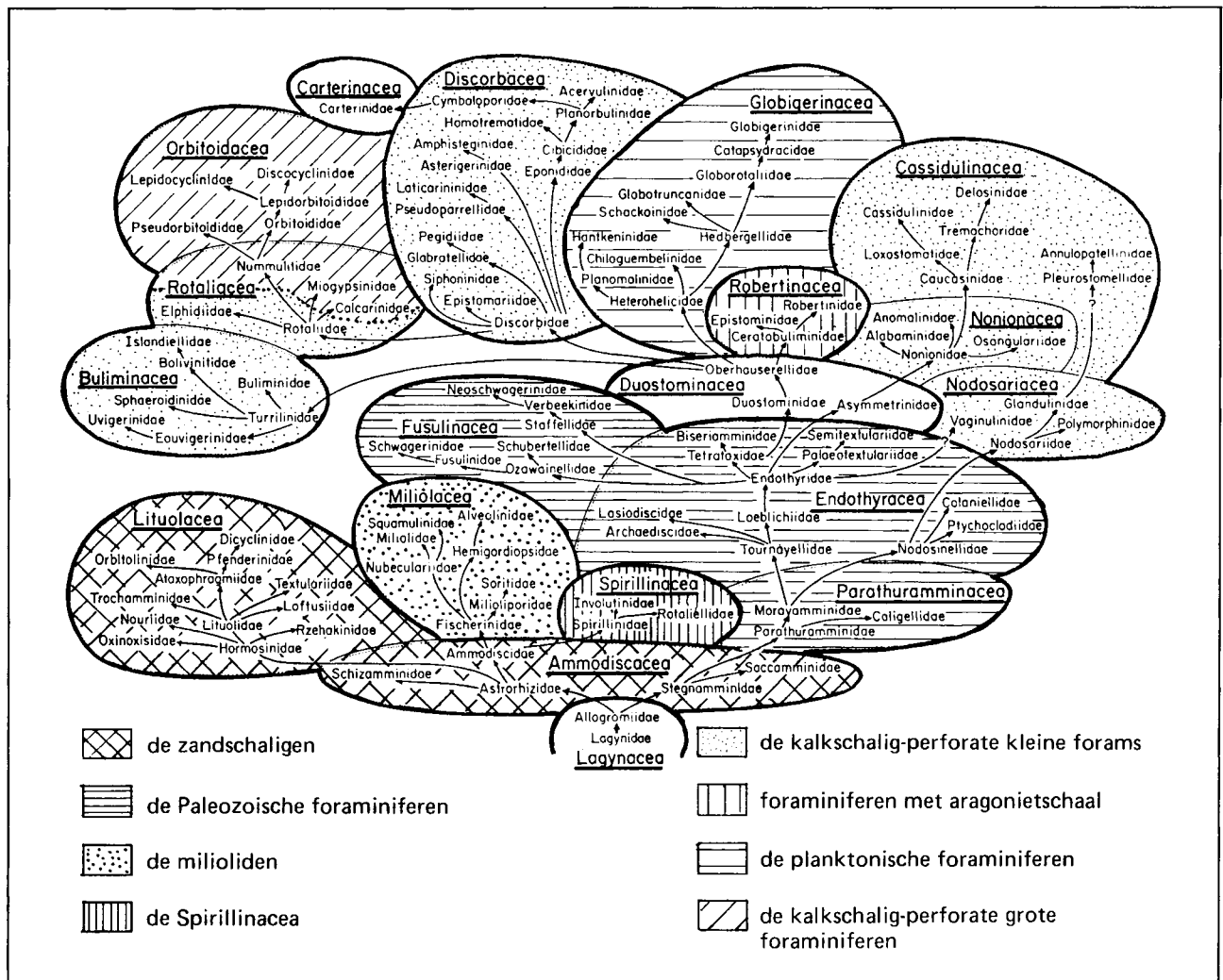
IV. De Spirillinacea (afb. 19)

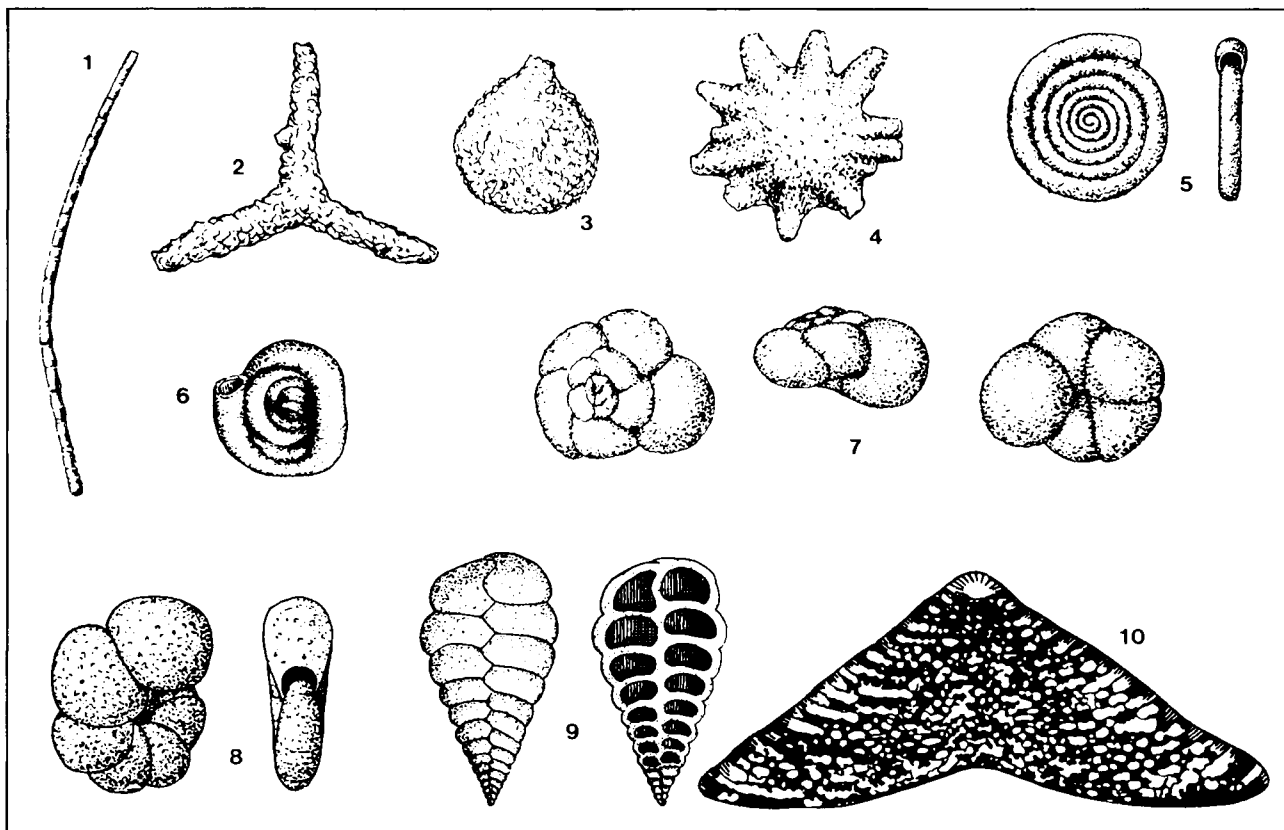
De vertegenwoordigers van deze kleine en stratigrafisch onbelangrijke superfamilie mogen dan kalkschalig en perforaat van wandstructuur zijn (evenals de hierna volgende groepen) ze staan op zichzelf, doordat ze qua afkomst meer met de milioliden te maken lijken te hebben dan met de overige perforaten. Ze vertonen namelijk dezelfde kamerrangschikking als de primitieve milioliden, in casu een ronde eerste kamer, gevolgd door een lange, buisvormige en opgerolde tweede kamer. Het vanaf de Jura algemeen voorkomende genus *Spirillina* is met deze bouw het evenbeeld van *Cyclogyra* bij de milioliden en lijkt ook sterk op *Ammodiscus* bij de zandschaligen.

V. Het kalkschalig-perforate "kleinbenthos" (afb. 20, 21)

Dit is verreweg de soortenrijkste groep. Samen met de planktonische foraminiferen nemen ze in een gemiddelde microfauna van Krijt tot recent dan ook de grootste plaats in. We behandelen ze daarom per superfamilie. (Vele genera zijn afgebeeld als SEM-foto in afb. 21).

Afb. 15. Overzicht van de superfamilie - familierelaties bij de foraminiferen, met aanduiding van de afzonderlijk te behandelen categorieën (naar Loeblich & Tappan, 1974)





Afb. 16. Zandschalige foraminiferen. 1. *Bathysiphon filiformis*, 2. *Rhabdammina abyssorum*, 3. *Saccamina sphaerica*, 4. *Astrorhiza limicola*, 5. *Ammodiscus incertus*, 6. *Glomospira gordialis*, 7. *Trochammina inflata*, *evolute kant*, *involute kant* en *mondaanzicht*, 8. *Haplophragmoides canariensis*, *zij-aanzicht* en *mondaanzicht*, 9. *Textularia sagittula*, *uitwendig* en *mediane doorsnede*, 10. *Orbitolina texana* uit het Onder-Krijt, in *dwarse doorsnede*, de *kegelvorm tonend*. Alle genoemde genera: Mesozoicum-recent.

De Nodosariacea - De Nodosariacea hebben als gemeenschappelijk kenmerk het bezit van een radiate mondopening. De kamerrangschikking is divers.

1. Vormen met een uniseriale kamerrangschikking. Het genus *Lagena* vertegenwoordigt daarbij de eenkamerige vormen. Er zijn heel veel soorten. *Nodosaria* is de meest bekende uniseriale vorm. Het is recht en de kamers zijn rond in doorsnede. Er zijn ook gekromde uniserialen, zoals *Astacolus*, een vorm die zijdelings wat afgeplat is en waarbij de kamersuturen scheef op de lengterichting staan.
2. Vormen tenminste in het beginstadium planspiraal gewonden, daarna al of niet ontwindend. Uiterst soortenrijk is het genus *Lenticulina*, dat planspiraal gewonden is, en involuut. *Marginulina* begint net zo, maar ontwindt zich vervolgens. *Neoflabellina* groeit uit in waaiervormige, afgeplatte kamers, uniseriaal. Het is een genus van belang voor de biostratigrafie van het Boven-Krijt.
3. Vormen waarbij de kamers elkaar gedeeltelijk omvatten en spiraalsgewijs om de lengteas gegroepeerd zijn. In dwarsdoorsnede lijken ze op de milioliden vanwege de overeenkomsten in windingspatroon. Bij *Globulina* verspringen de kamers om de 144°. De kamers zijn daarbij opgebeld en sterk omvattend.

4. Vormen die naast reeds genoemde windingstypen voorzien zijn van een interne tandplaat. Het meest bekend zijn *Oolina* en *Fissurina*, beide eenkamerige genera. *Oolina* is rond, terwijl *Fissurina* een afgeplatte vorm vertoont.

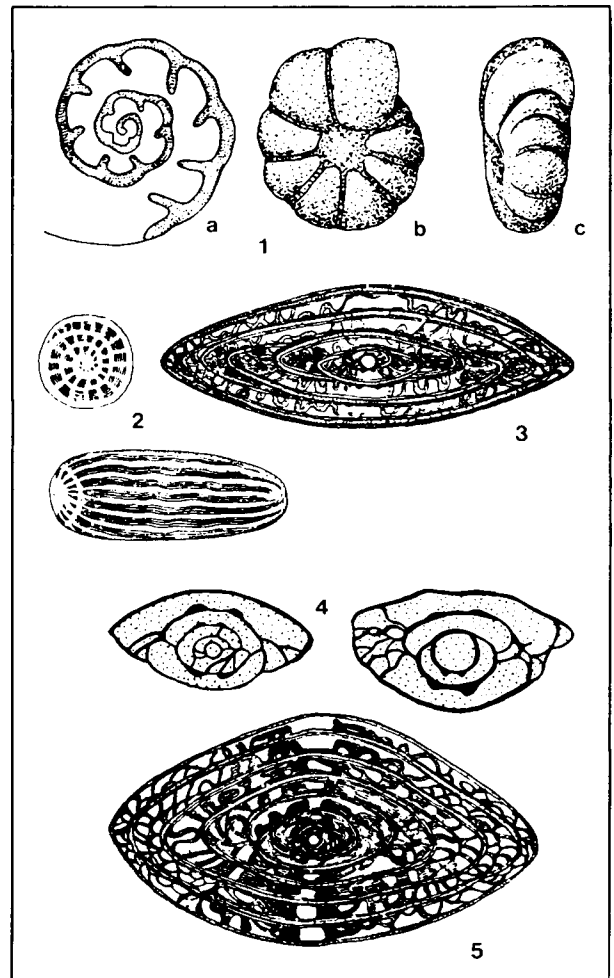
De Buliminacea - Bij deze superfamilie komen meerdere typen van kamerrangschikking voor, maar triseriale- en biseriale vormen het meest. Kenmerkend is vooral de aanwezigheid van een spleet- tot lusvormige mondopening, die voorzien is van een inwendige tandplaat of buisvormige structuur (zie ook afb. 12). Ook kan de opening eindstandig zijn, op een tuitje. De inwendige tandstructuur is ook dan aanwezig.

Trochospirale vormen zijn zeldzaam voorkomend, uitgezonderd het genus *Sphaeroidina*, dat bijna kogelrond is. Van de genera met een biseriale bouw is *Bolivina* het meest bekend. Het genus *Fursenkoina* is dit eveneens, maar hierbij zijn de kamers in de lengterichting wat gedraaid. *Bolivinoidea* tenslotte heeft een sterk ontwikkelde oppervlaktesculptuur. Het is een belangrijk genus voor de biostratigrafische onderverdeling van het Boven-Krijt van NW-Europa.

Bulimina is een zeer algemene triseriale vorm. De mondopening is lusvormig. Het genus *Uvigerina* is eveneens triseriaal, maar hierbij is de mondopening eindstandig. Sommige vormen bereiken een biseriaal tot uniseriaal eindstadium.

De Cassidulinacea - Deze superfamilie omvat de vormen met een in wezen hoog-trochospiraal tot biseriaal bouwplan, met daarbij een spleet- tot kommavormige mondopening (plus tandplaat). *Cassidulina* heeft een merkwaardige kamerrangschikking die je het best kunt omschrijven als een "planspiraal gewonden biseriale vorm".

Afb. 17. De Paleozoïsche foraminiferen. 1. *Endothyra bowmanni*, uit het Onder-Carboon van Engeland, a) doorsnede; b) van opzij; c) mondaanzicht; 2. *Fusulina cylindrica*, uit het Boven-Carboon van Rusland; 3. een geïdealiseerde doorsnede volgens de lengteas door *Fusulina*; 4. doorsnedes door een relatief simpele fusulien (*Schubertella transitoria*, resp. in micro- en macrosfere vorm); 5. geïdealiseerde doorsnede volgens de lengteas door een complexere vorm (*Fusulina girtyi*).



Cassidulina is lensvormig, waarbij de kamers met elkaar alterneren links en rechts van het windingsvlak. *Pleurostomella* is grotendeels uniserial, waarbij de suturen afwisselend in tegengestelde richting scheef staan. Zeer typerend is daarbij de mondopening, die subterminaal is gelegen in een inbocht van de laatste kamer en die voorzien is van 2 tanden (afb. 21).

De Discorbacea en de Nonionacea - Deze beide superfamilies omvatten de trochospirale vormen. Ze zijn hier bijeengenomen omdat ze onderling veel overeenkomst vertonen en beide feitelijk nogal heterogeen zijn van samenstelling. De mondopeningen zijn in het algemeen spleetvormig en aan de basis van de laatste kamer gelegen. *Nonion* - Is bij wijze van uitzondering planspiraal geworden, involuut; kan echter zeer zwak trochospiraal zijn. *Cibicides* - De Cibicidae zijn sterk vertegenwoordigd in Tertiaire benthosfauna's. Sommige leven op wieren of rotsige bodems. *Cibicides* heeft een vlakke tot iets holle spiraalkant (vanwege de aanhechting aan wieren e.d.). De mondopening is spleetvormig en loopt van de periferie van de sterk gewelfde involute kant door tot aan de spiraalkant.

Discorbis - Evenals *Cibicides* een plano-convexe vorm, nu echter afgeplat aan de involute kant, die duidelijk is voorzien van een "navel" (umbilicus). Typerend is dat er in het umbilicale gedeelte, bij het mondgebied, niet-perforate vlakke platen aanwezig zijn, die met elkaar kunnen vergroeien boven de navel. Bovendien zijn er extra openingen aanwezig langs de kamersuteren.

Baggina - Het genus is bolvormig. Er zijn weinig kamers zichtbaar en deze zijn groot en opgeblazen. De umbilicus is gesloten. Karakteristiek is de aanwezigheid van een halveaanvormig, niet-perforaat mondveld rondom een boogvormige, umbilicale mondopening.

Gavelinella - Is biconvex en bezit een afgeronde periferie. Aan de spiraalkant zijn alle voorgaande windingen zichtbaar. De navel aan de involute (ventrale) kant is gedeeltelijk afgedekt door flapjes, die de mondspleet afdekken. De mondopening is een spleet die van de omtrek tot in de umbilicus verloopt. Diverse *Gavelinella*-soorten zijn bruikbaar als gidsfossiel.

Siphoninina - Een trochospirale vorm, gekenmerkt door een tuitvormige mondopening, met gekrulde rand, die is gelegen aan de omtrek en daaraan evenwijdig. Komt vaak voor in Tertiaire en recente vol-mariene afzettingen.

Asterigerina - In tegenstelling tot het vorige genus meer indicatief voor warm, ondieper water. De naam is ontleend aan het karakteristieke stervormige patroon op de navelkant, dat is ontstaan door de afscheiding van kleine secundaire kamertjes rond de umbilicus.

Alabama - Lensvormig, trochospiraal. Karakteristiek is een inbocht ("deuk") aan de involute kant, evenwijdig aan de omtrek verloopend. De mond is in deze deuk gelegen en verloopt van de navel tot de periferie.

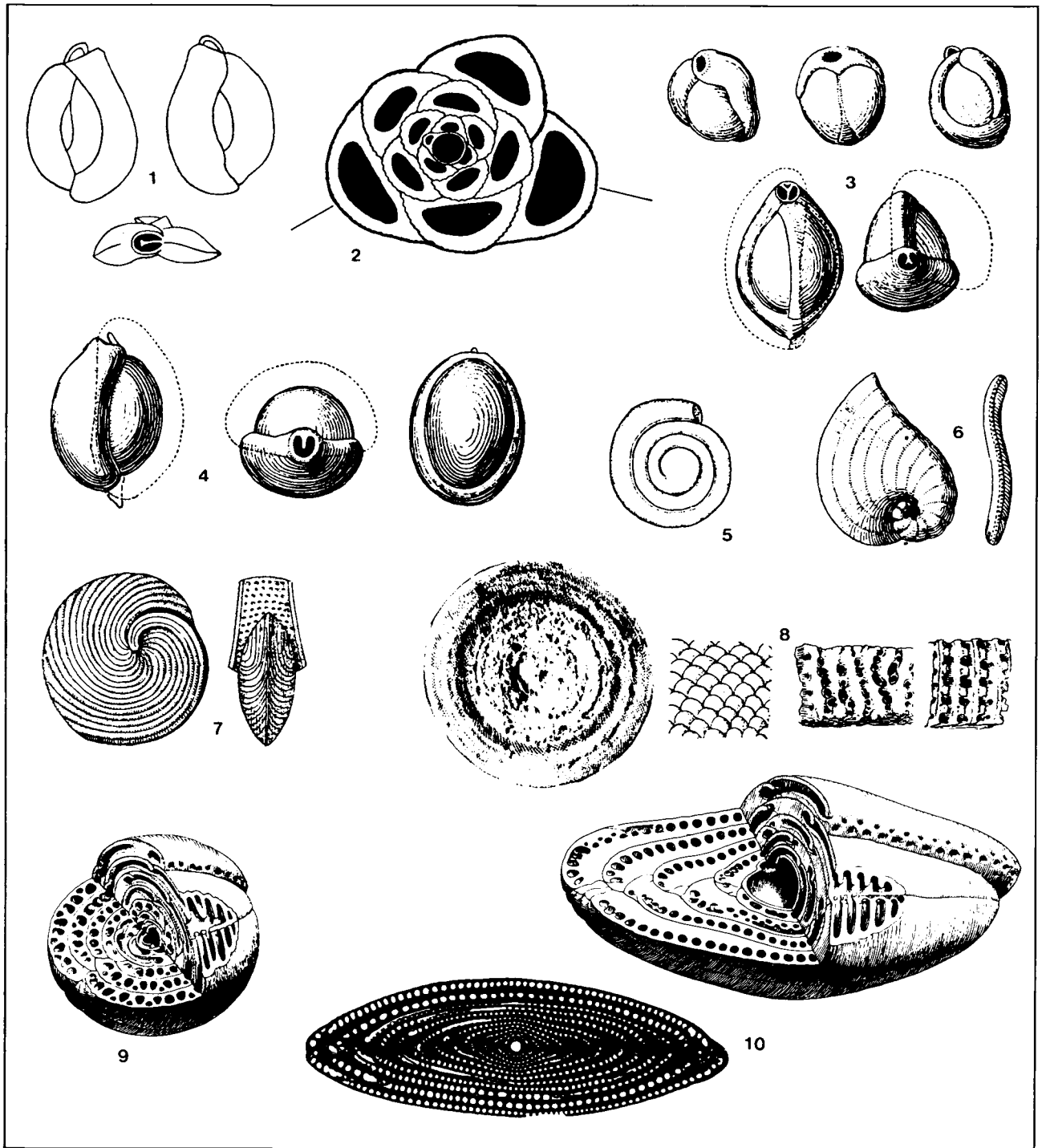
Gyroidina - Trochoid, met afgeronde periferie. De involute kant is sterk convex en voorzien van een diepe navel. De

mondopening is aan de basis van de laatste kamer, in het midden daarvan. In de navel zijn extra openingen aanwezig, die door flapjes afgedekt zijn.

Anomalinoidea - Doet wel wat aan *Cibicides* denken, maar de schaal is slechts zwak trochoid geworden. Dit betekent dat de spiraalkant ook bijna involuut is. De periferie is min of meer rond. De mondspleet begint aan de involute kant en loopt door naar de spiraalkant.

De Rotaliacea - Deze superfamilie onderscheidt zich van de overige perforate kalkschalige forams door een wat afwijkende manier van kameraanleg, waarbij de septa verdubbelen en er zo ruimte voor een kanaalsysteem ontstaat, met openingen naar buiten (suturale openingen). De schaal is planspiraal tot trochospiraal geworden. Van de 5 bestaande families behoren er drie tot de ondergroep VIII te behandelen grootforams.

Elphidium - Planspiraal en tweezijdig symmetrisch, involuut (als *Nonion*). Typerend is de aanwezigheid van achterwaarts gerichte uitsteeksel van de suturen, die als bruggetjes over de verdiepte suturen heen liggen. Deze bruggetjes zijn een duidelijk herkenningsteken voor dit genus, zij verlopen steeds evenwijdig aan de omtrek. De mondopening is een rij poriën aan de basis van de laatste gevormde kamer. *Elphidium*s leven bij voorkeur in ondiepe, wat zandige milieus, ook in de Noordzee, als de in afb. 21 afgebeelde soort. Zie ook de voorplaat.

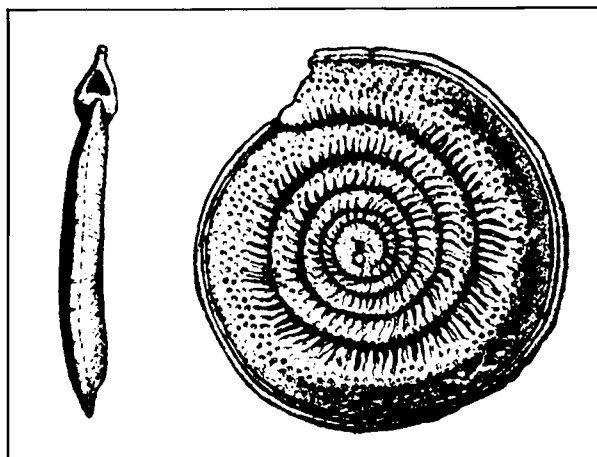


Afb. 18. Milioliden (kalkschalig imperforaat). 1. Quinqueloculina seminulum, beide zijaanzichten en mondaanzicht; 2, doorsnede door een Quinqueloculiene kamerrangschikking. De hoek tussen de middens van de twee laatstgevormde kamers (zie streepjes) bedraagt 144° ; 3. Triloculina trigonula, verschillende aanzichten; de stippellijntjes geven de positie van de nog te vormen kamer aan; 4. Pyrgo bulloides, beide zijaanzichten en mondaanzicht; de stippellijn geeft de positie van de nog te vormen kamer aan; 5. Cyclogyra planorbis; 6. Peneroplis planatus, zij- en mondaanzicht; 7. Archaia angulatus, zij- en mondaanzicht; 8. Orbitolites complanatus, met resp. zijaanzicht, een detail van de kamerrangschikking en twee aanzichten van de periferie, de laatste op doorsnede; 9.

Borelis melo; 10. Alveolina schwageri, Onder-Eoceen. De doorsnede volgens de lengteas is van Alveolina boscii. Fig. 9 en 10 naar afbeeldingen van Reichel in Loeblich & Tappan, 1964. Zie voor de stratigrafische gegevens de tekst.

Rotalia - Trochospiraal. Naast een septaal kanaalsysteem is er ook een spiraal kanaalsysteem, waardoor een vrij complex systeem van inwendige ruimtes is ontstaan. De spiraalkant is glad. De umbilicale kant is voorzien van een duidelijke navel. Verdere kalkafzetting daarop kan het hele kamerpatroon vertroebelen. Tussen de kalkknobbels in liggen zich vertakkende groeven. De eerste Rotaliden traden in het Boven-Krijt op, ze bloeiden in Paleoceen en Eoceen (ondiepe milieus) en leverden daarbij verscheidene gidsvormen op.

Ammonia - Verschilt van *Rotalia* door de aanwezigheid van een open groef rondom de umbilicus. Dit in tegenstelling met het bedekte spiraalkanaal bij *Rotalia*. Deze umbilicale groef staat in verbinding met septale groeven, die tot de periferie kunnen verlopen. Deze groeven staan op hun beurt in verbinding met het inwendige van de kamers. *Ammonia* (Mioceen - recent) is algemeen voorkomend, vooral in ondiepe, tot zelfs brakke milieus.



Afb. 19. De Spirillinacea. Afgebeeld is *Spirillina decorata*, een recent levende vorm (naar Brady), x 50.

VI. Foraminiferen met aragonietschaal (afb. 22)

De Carterinacea zijn met een groot vraagteken hierbij geplaatst. Het is een zeer onbeduidend groepje rondom één recent genus, met onduidelijke wandconstructie. De Robertinacea staan niet alleen apart door hun wand van aragoniet (aragoniet is de orthorhombische vorm van calciumcarbonaat), het constructiepatroon van de wand is ook iets anders. De schaal lijkt porceleinig. De bouw is trochospiraal. De kamers zijn inwendig van kleinere of grotere tussenschotjes voorzien. De oorspronkelijke mondopening wordt bij de vorming van een nieuwe kamer afgesloten, waarna er in het betreffende septum een nieuw gat wordt aangelegd. Het onderscheid tussen de 3 families is vooral gebaseerd op de plaats van de mondopening. *Ceratobulimina* heeft zijn mondopening basaal, aan de involute kant. Deze komt uit in een open umbilicus. Bij *Epistomina* (*Hoeglundina*) ligt de mondopening aan dezelfde kant, maar tegen de periferie aan. Naast de mondopening zijn er, zeer karakteristiek, additionele openingen, ook bij de overige kamers. Deze zijn spleetvormig en verlopen parallel aan de omtrek.

VII. De planktonische foraminiferen (afb. 23, 24)

De tot de superfamilie van de Globigerinacea behorende foraminiferen hebben alle een planktonische levenswijze, hetgeen betekent dat zij in het zeewater zweven, meedrijvend met de golfstromen. Door deze vrije levenswijze, die een wereldwijde verspreiding mogelijk maakt, zijn zij bij uitstek geschikt voor ouderdomsbepalingen. Vooral ook omdat de soorten elkaar vrij snel in tijd opvolgen. Ze komen door hun planktonische leefwijze echter voornamelijk in goed mariene afzettingen voor. Recent komen slechts een 30-tal planktonisch levende foraminiferensoorten voor. Ondanks de geringe soortenrijkheid ten opzichte van de benthonische foraminiferen zijn zij uitermate talrijk in het diepzeeslik. Tegenwoordig staan ook hun leefwijze en verspreiding in de oceanen sterk in de belangstelling en zijn al vrij geslaagde pogingen ondernomen om ook voor oudere tijden oceaancirculatiepatronen te reconstrueren. Hun belang voor zo nauwkeurig mogelijke ouderdomsbepalingen had echter ook een maar. Naarmate zich meer micropaleontologen specialiseerden in deze groep werd ook het soortbegrip steeds nauwer en dreef dit vakgebied af in de richting van een vèrgaand specialisme.

Planktonische forams zijn in een monster gemakkelijk her-

kenbaar door de wat stekelig aandoende wandsculptuur en de meestal bolvormige kamers (zie afb. 24). Ze komen als stratigrafisch bruikbare groep voor vanaf het Onder-Krijt. De Krijtvormen verschillen van de Tertiaire en recente vormen.

Globigerina is het bekendste genus (optredend vanaf de Krijt - Tertiairgrens). De kamerrangschikking is trochospiraal, waarbij de kamers bolvormig zijn. De mondopening is meestal vrij groot en boogvormig, umbilicaal van positie. De wat op globigerinen lijkende vormen uit het Krijt worden *Hedbergella* genoemd. *Globigerinoides* verschilt van *Globigerina* door de aanwezigheid van extra openingen in de suturen aan de spiraalkant. Dit genus komt recent het meest algemeen voor; het treedt voor het eerst op rond de grens Oligoceen - Mioceen. *Orbulina* ziet er uit als een ronde, grof perforate en stekelige bol. (afb. 7). Het jeugd stadium is als *Globigerinoides*. *Hastigerinella* is een tropische vorm (alleen recent voorkomend) waarbij de jongere kamers sterk uitgerekt worden.

Globorotalia is representant voor de groep planktonische forams met een vlakkere vorm en een hoekige periferie. In zijaanzicht zijn globorotalia's vaak conisch. De wanden van *Globorotalia* zijn in het algemeen gladder dan van *Globigerina*, terwijl de mondpositie eveneens iets verschillend is (tussen umbilicus en periferie in). *Globorotalia* is een Tertiaire vorm, zijn "plaatsbekleder" voor het Krijt was *Globotruncana*. Dit wordt gekenmerkt door een dubbele kiel aan de periferie, terwijl de involute kant is voorzien van een brede navel, waarin ook de mondopening uitkomt.

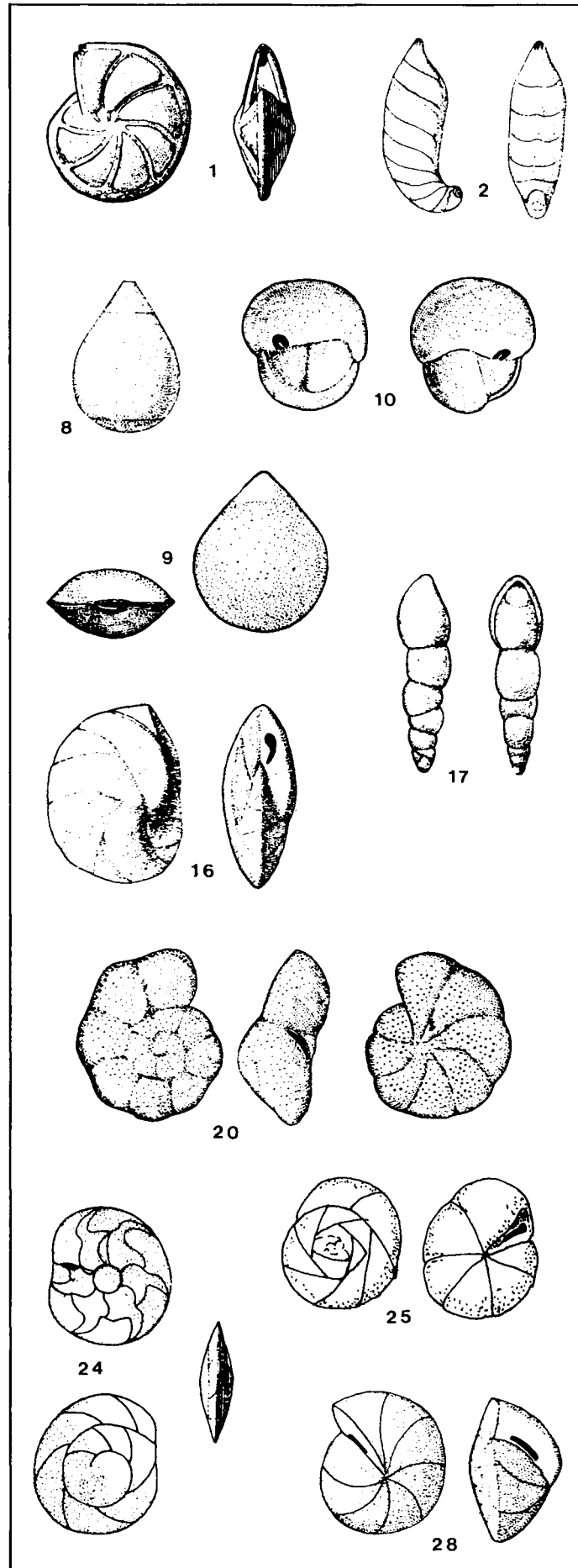
VIII. De kalkschalig- perforate grote foraminiferen (afb. 25)

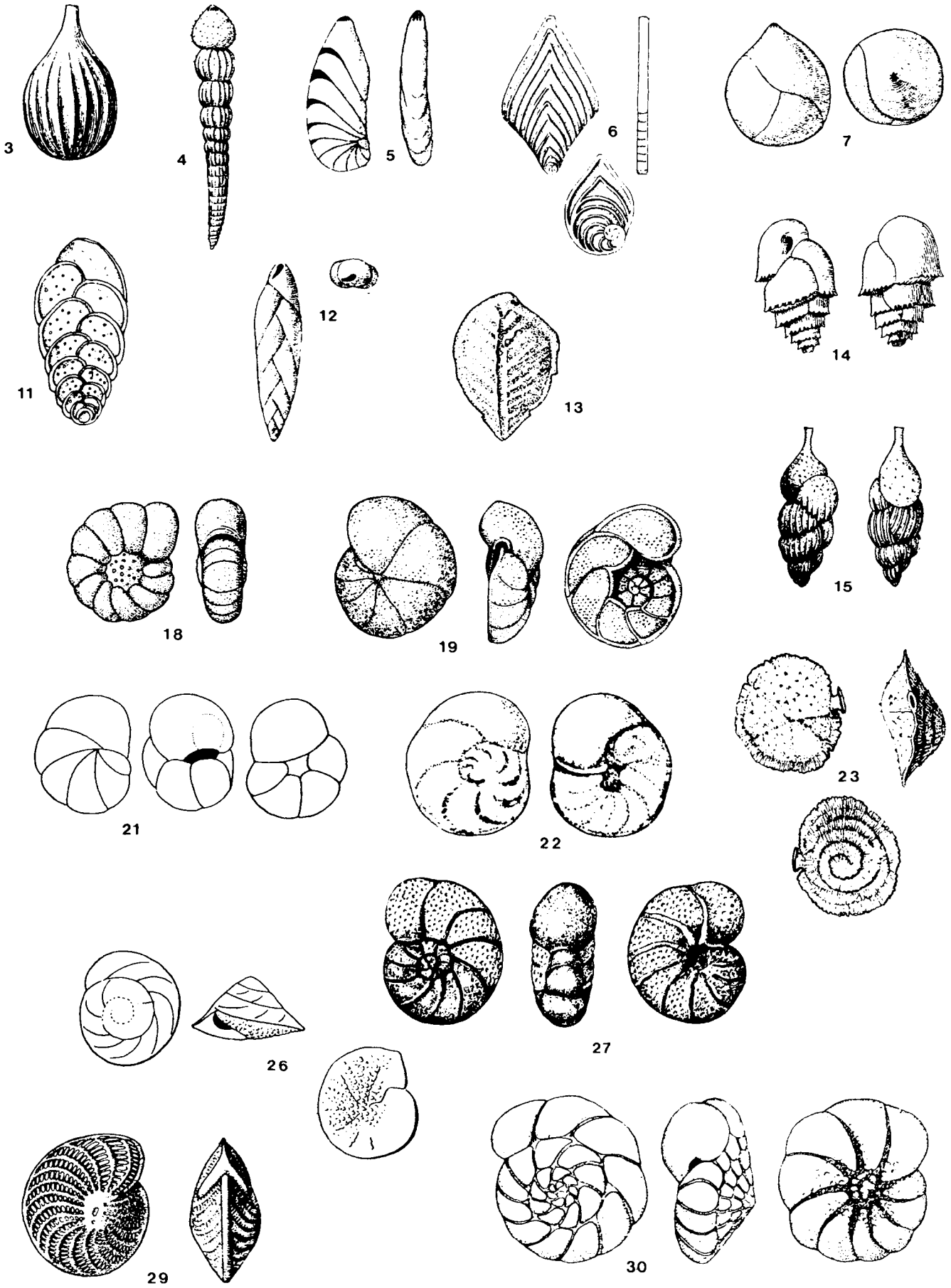
De grootforams hebben het grote voordeel dat ze in het veld al goed waarneembaar zijn. Evenals de reeds eerder genoemde categorieën van grote foraminiferen leveren de vertegenwoordigers van deze categorie in het algemeen veel goede "gidsfossielen" op. In verband met hun ingewikkelder bouw is de soortdeterminatie en hun toepassing

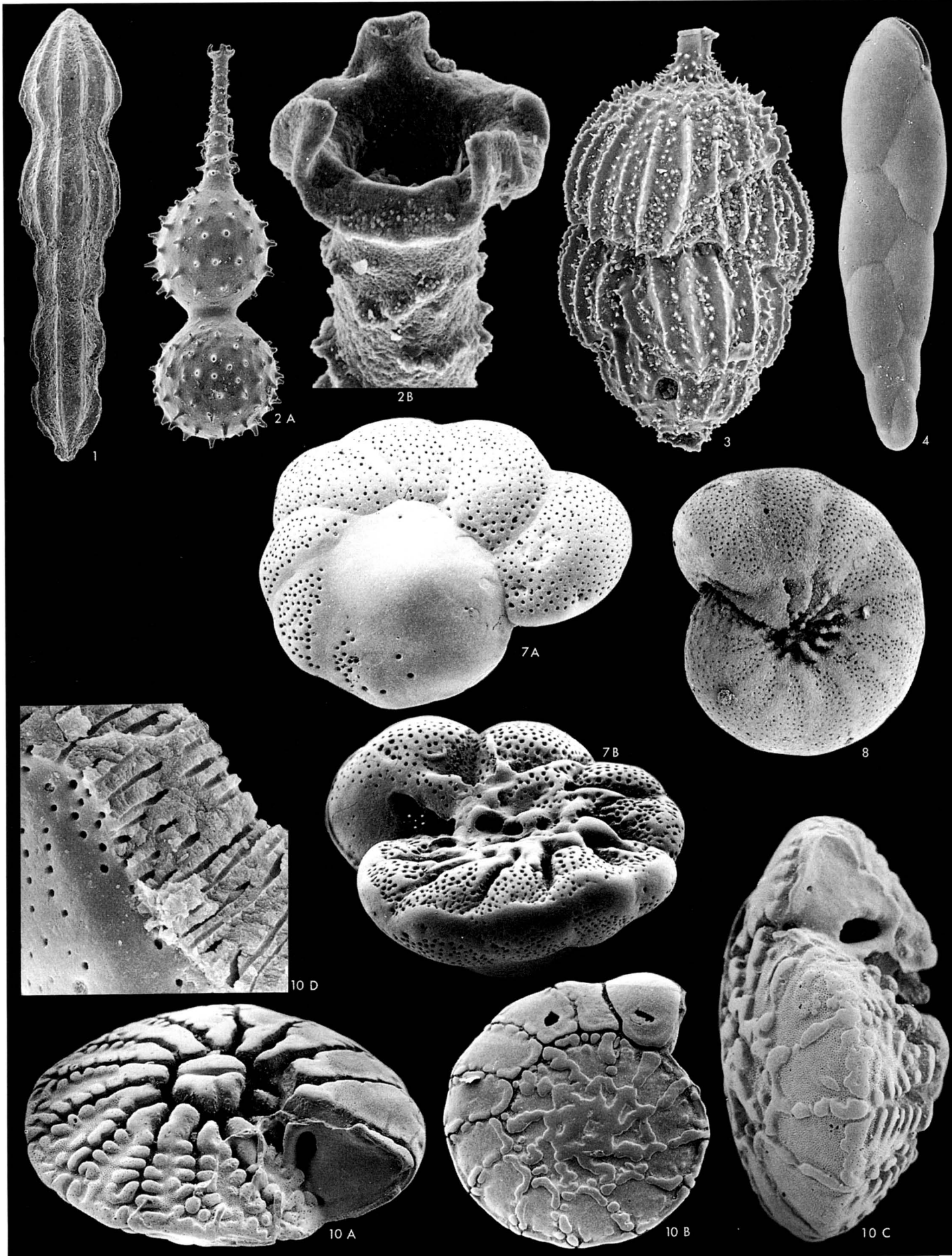
vervolg pag. 109

Afb. 20. Kalkschalige kleine benthonische foraminiferen. De vergroting is doorgaans 25 of 50 x. N.B. De geslachten komen over het algemeen veel langer voor dan de afgebeelde soorten.

1. *Lenticulina cushmani*, genus: *Mesozoicum*-recent
2. *Astaculus procera*, Midden-Tertiair
3. *Lagena sulcata*, recent
4. *Nodosaria gomphiformis*, Tertiair
5. *Marginulina crepidulus*, recent
6. *Flabellina rugosa*, Boven-Krijt, Bekken van Parijs
7. *Globulina gibba*, Tertiair
8. *Oölina laevigata*, recent
9. *Fissurina laevigata*, Midden-Mioceen
10. *Sphaeroidina bulloides*, Oligoceen-recent
11. *Bolivina lingua*, genus: *Jura*-recent
12. *Fursenkoina squamosa*, Pliocene, o.a. Italië
13. *Bolivinaoides draco*, Boven-Krijt
14. *Bulimina marginata*, recent
15. *Uvigerina pygmaea*, Pliocene, o.a. Italië
16. *Cassidulina laevigata*, genus: Mioceen-recent
17. *Pleurostomella subnodosa*, gidsfossiel voor het Albien (Onder-Krijt)
18. *Nonion incrassatus*, recent
19. *Cibicides lobatulus*, recent
20. *Discorbis vesicularis*, Eoceen, o.a. Bekken van Parijs
21. *Baggina californica*, Mioceen
22. *Gavelinella sp*, Boven-Krijt
23. *Siphonina reticulata*, Mioceen
24. *Asterigerina carinata*, recent
25. *Alabama sp*, Tertiair
26. *Rotalia trochidiformis*, Eoceen, o.a. Bekken van Parijs
27. *Anomalinoidea granosa*, Eoceen
28. *Gyroidina orbicularis*, recent
29. *Elphidium crispum*, recent
30. *Ammonia beccarii*, recent



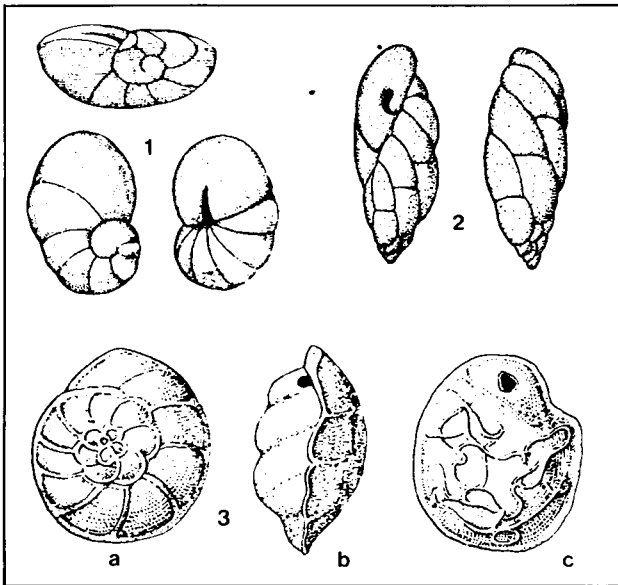






Afb. 21. SEM-foto's van enkele kalkschalig-perforate foraminiferen.

1. *Nodosaria obscura*, uit het Albien (Onder-Krijt) van Zuidoost-Frankrijk, lokaliteit Vergons, x 150.
2. Jonge *Amphicoryna hirsuta*, een aan *Nodosaria* verwante vorm uit het Pliocen van Italië, A geheel, x 160; B, detail mond, x 1150.
3. *Uvigerina proboscida*, een geribde soort uit het Pliocen van Italië, x 215.
4. *Fursenkoina squamosa*, eveneens uit het Pliocen van Italië, x 100.
5. *Pleurostomella subnodosa*, afkomstig uit een diepzeeboring in de Atlantische Oceaan, Albien (Onder-Krijt), x 175.
6. *Bulimina aculeata*, uit het Pliocen van Italië, x 240.
7. *Lamellodiscorbis dimidiata*, een trochospirale vorm met sterk uitgegroeide umbilicale flappen. Holoceen, Australië. A de spiraalkant, B scheef van opzij gezien; beide x 70.
8. *Anomalinoidea colligerus*, een grof-perforate foraminifeer. Opvallend bij deze soort zijn de niet-perforate mondflappen bij de umbilicus. Pleistoceen, Indonesië, x 100.
9. Een soort uit de groep *Bolivina alata*. Vertegenwoordigers van deze groep hebben een wereldwijd voorkomen. Afgebeeld exemplaar komt uit het Holoceen van de zeebodem bij Australië; x 175.
10. *Ammonia beccarii*, van het strand van Rimini, Italië; A involute kant van opzij gezien, x 65; B spiraalkant, x 57; C mondaanzicht (de laatste kamer ontbreekt echter, zodat alleen het foramen, de opening naar de voorgaande kamer, zichtbaar is), x 80; D detail van de afgebroken wand van de laatste kamer. Te zien is het verloop van de poriën door de wand heen, x 1000.
11. *Elphidium articulatum*, afkomstig uit Holocene kustafzettingen bij Den Haag. A geheel, x 90. Het kader geeft foto B aan; B een detail van de septale „bruggen“ over de kamersuteren, x 450; C mondaanzicht. De mondopening bestaat uit een combinatie van kleine openingen aan de basis van de laatste kamer. Typisch voor de soort zijn de kleine kalkknobbeltjes bij mondopening, suturen en navels; x 180.

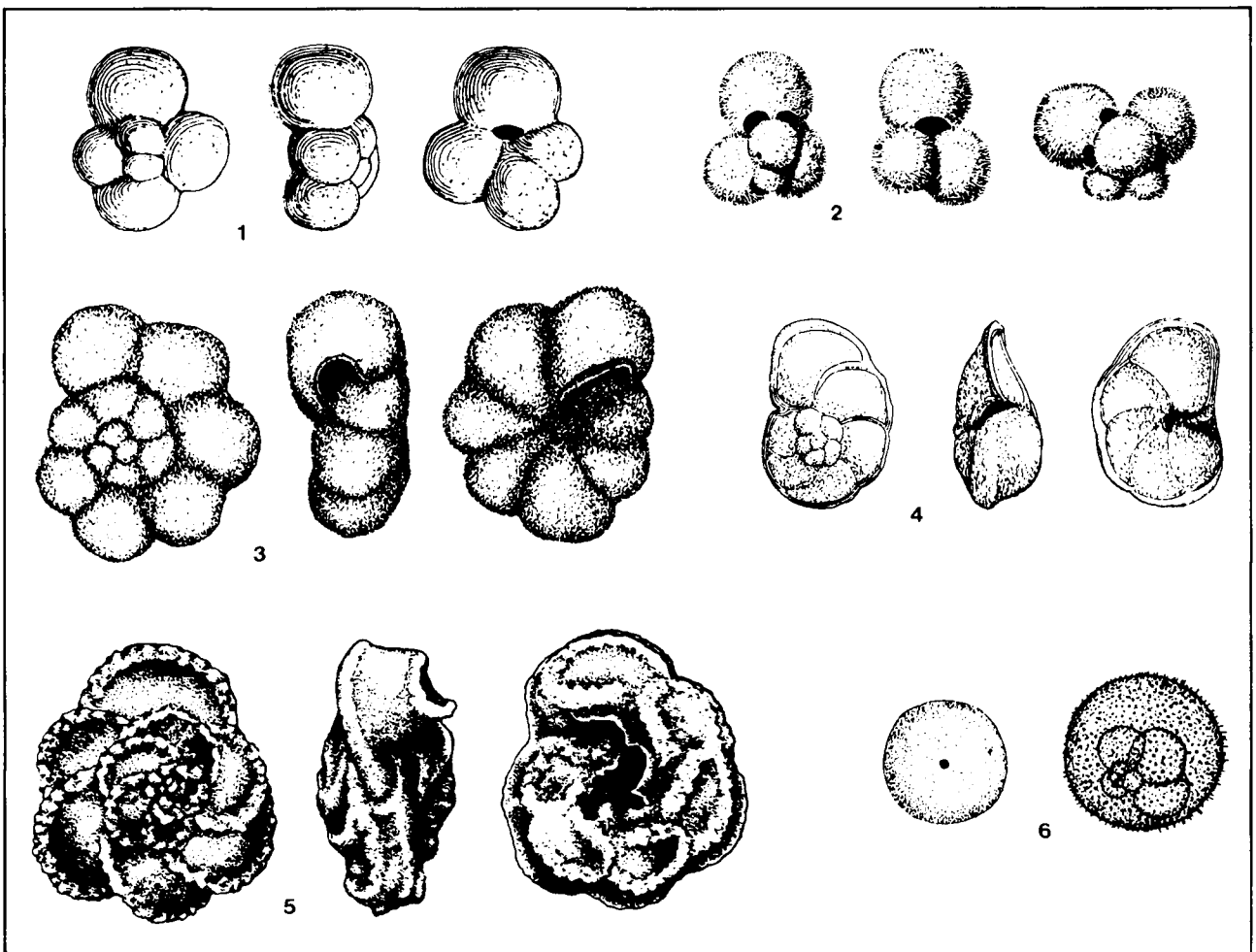


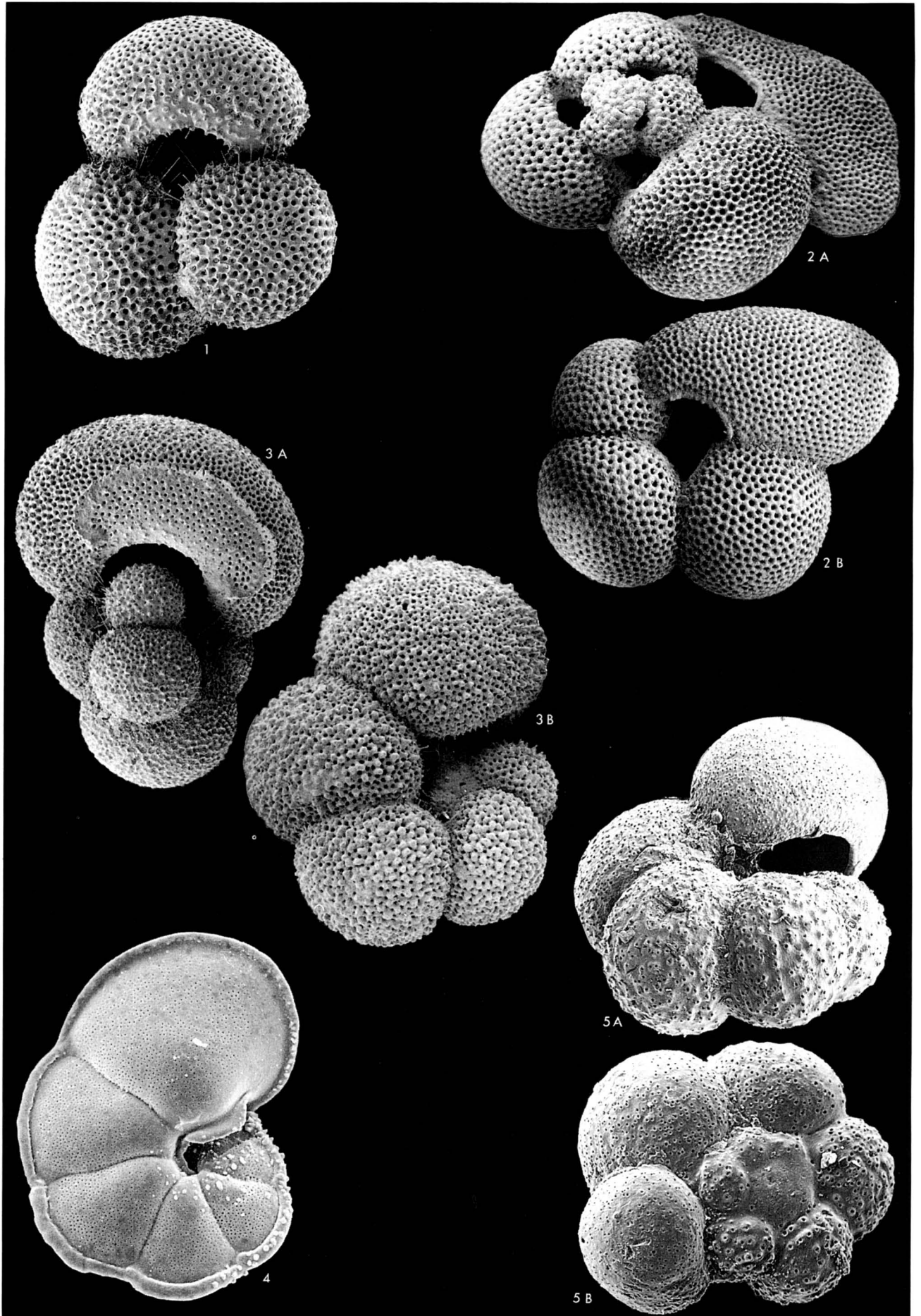
Afb. 24. SEM-foto's van enkele planktonische foraminiferen.

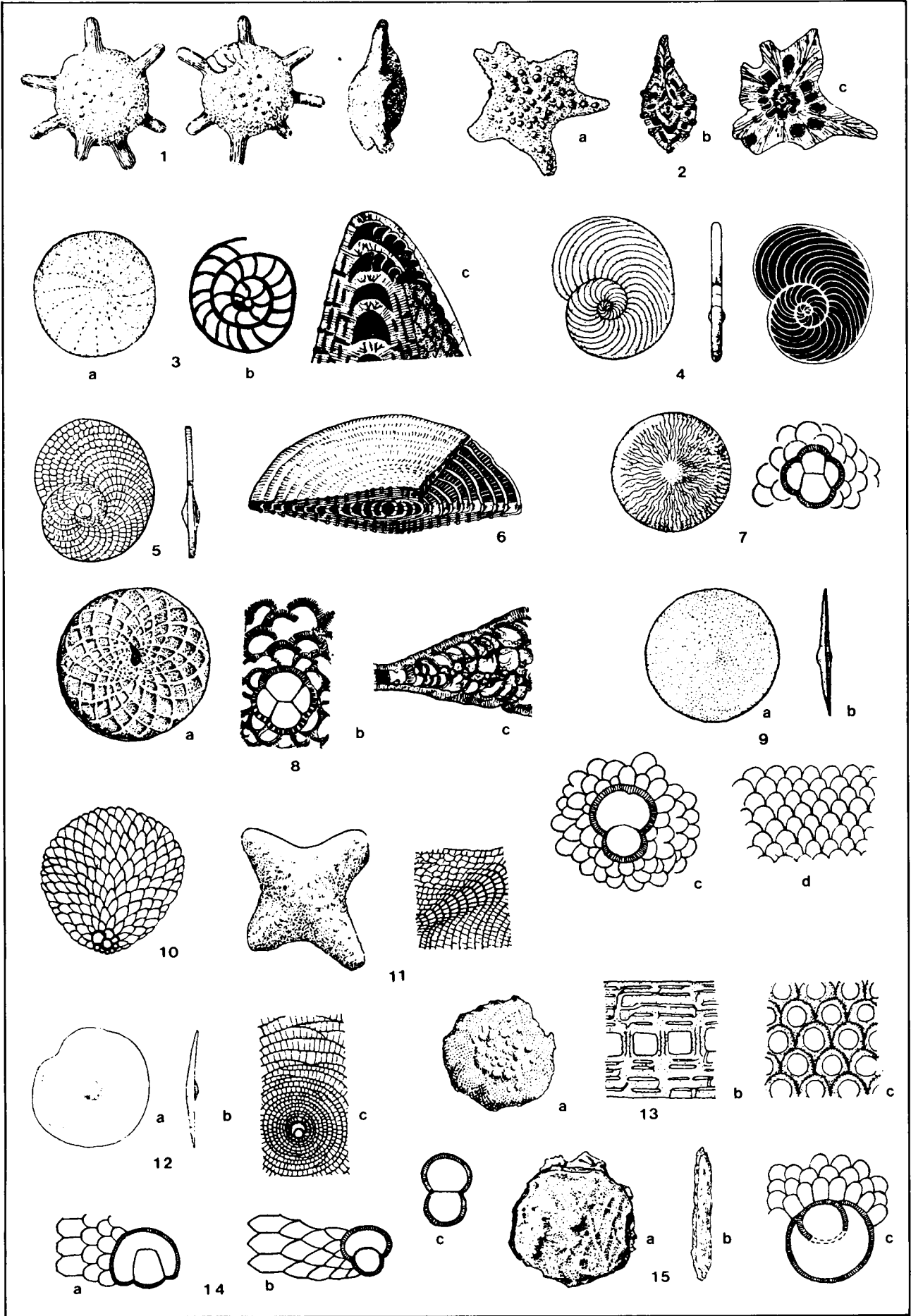
1. *Globigerina bulloides*, x 125, recent, Zuidchinese Zee. Merk op hoe zeer tere stekels nog in het umbilicale gedeelte aanwezig zijn. De zeer tere stekels breken doorgaans af.
2. *Globigerinoides sacculifer*, recent, Pacific. A. spiraalkant, x 70; B. umbilicale kant, x 65. Deze soort wordt zo genoemd naar de zakvormige laatste kamer.
3. *Hastigerina equilateralis*, recent, Pacific. A. mondaanzicht. De laatste kamer is afgebroken bij dit exemplaar, x 110; B. zijaanzicht, x 115.
4. *Globorotalia menardii*, recent, Zuidchinese Zee. Involute kant van jong exemplaar (de oudere exemplaren zijn ruwer door meer kalkafzetting), x 90.
5. *Hedbergella aptica*, Onder-Krijt, U.S.S.R., beide ex. x 400, dus aanzienlijk kleiner dan de vorige vormen. A. involute kant van opzij gezien; B. spiraalkant.

Afb. 22. Foraminiferen met aragonietschaal. 1. *Ceratobulimina contraria*, uit het Oligoceen van Duitsland; 2. *Robertina arctica*, recent, Noordelijke IJszee; 3. *Epistomina regularis* uit de Onder-Jura van Frankrijk, a) spiraal kant; b) in zij-aanzicht; c) involute kant met mondopening.

Afb. 23. Planktonische foraminiferen. 1. *Globigerina bulloides*, 2. *Globigerinoides ruber* (Tertiair-recent), 3. *Hedbergella planispira* (x 100), Albiën (Onder-Krijt), (naar Neagu), 4. *Globorotalia tumida*, recent, Pacific, 5. *Globotruncana linneiana*, Boven-Krijt (naar v. Hinte), x 50. 6. *Orbulina universa*. In het rechter specimen is in de bol het jeugd stadium (als *Globigerinoides*) aangegeven. Mioceen-recent.







Afb. 25. De grote foraminiferen (kalkschalig-perforaat). De afbeeldingen zijn onderling niet op schaal.

1. *Calcarina spengleri*, x 10, karakteristiek voor jong-Plioceen tot recent van het Pacifische gebied.
2. *Siderolites calcitrapoides*, x 10. a. uitwendig; b. verticale doorsnede; c. horizontale doorsnede. Maastrichtien (Boven-Krijt).
3. *Nummulites sp.*, Eoceen. a. uitwendig; b. spiraaldoorsnede; c. deel van verticale doorsnede.
4. *Operculina complanata*, Mioceen (uitwendig, van opzij, in doorsnede).
5. *Heterostegina depressa*, Mioceen.
6. *Cycloclypeus carpenteri*, recent; genus: Eoceen - recent.
7. *Orbitoides faujasi*, Boven-Krijt.
8. *Omphalocyclus macropora*, Maastrichtien (Boven-Krijt). a. uitwendig; b. embryo; c. verdubbeling van kamers naar periferie.
9. *Lepidorbitoides socialis*, Maastrichtien. a. uitwendig; b. van opzij; c. embryonale kamers; d. equatoriale kamers (boogvormig).
10. *Miogypsina globulina*, Mioceen.
11. *Asterocyclina asterisca*, Eoceen
12. *Discocyclina pratti*, Eoceen. a. bovenaanzicht; b. zij-aanzicht; c. equatoriale doorsnede met grote beginkamers.
13. *Lepidocyclina sp.*, Onder-Tertiair. a. uitwendig; b. fragment van verticale doorsnede met onderscheid tussen mediane en equatoriale kamers; c. horizontale doorsnede van equatoriaalkamers.
14. Enkele typen van embryonale kamers bij *Lepidocyclina*. a. „tryblio-lepidien“; b. „nephro-lepidien“; c. „iso-lepidien“.
15. *Eulepidina dilatata*, vooral Onder-Mioceen. a. uitwendig; b. van opzij; c. het embryo.

vervolg van pag. 101.

voor gedetailleerde stratigrafie een tamelijk specialistische aangelegenheid. Determinatie op genusniveau levert echter geen problemen op, tenminste niet bij losse exemplaren. In slijpplaatjes kan dit iets moeilijker zijn. We behandelen 3 vormgroepen. Groep 1 en 2 behoren tot de Rotaliacea, groep 3 tot de Orbitoidacea.

1. Gestekelde vormen (*Calcarinidae*). Typerend voor deze familie is de vorming van een stekelig uiterlijk, dit waarschijnlijk in verband met een leefwijze in niet al te rustig water (nabij riffen e.d.). De stekels zetten zich inwendig voort als pijlers tussen de kamertjes. De soorten worden slechts enkele mm groot. *Calcarina* is trochospiraal gebouwd. De suturen zijn bij volwassen exemplaren amper meer zichtbaar door sterke kalkafzetting. Komt vanaf het Eoceen voor, wordt recent veelvuldig aangetroffen in tropische wateren nabij riffen (o.a. Indonesië). *Siderolites* is een planspirale vorm. De stekels zijn voorzien van een zich vertakkend kanaalsysteem. *Siderolites calcitrapoides* is een bekende vorm uit het Maastrichtse Krijt.

2. Vormen uitgaand van een planspirale winding. Deze groep bundelt de nummulieten en hun familieleden (*Nummulitidae*). Ze zijn lensvormig, plat of bijna bolrond. Vooral in het oudere Tertiair is deze groep stratigrafisch belangrijk. *Nummulites* is een zeer soortenrijk genus. De kamers zijn in een groot aantal windingen gerangschikt (invluut tot evoluit bij sommige soorten). Vaak zijn de suturen secundair verdikt met kalkpijlertjes. Nummulietenfauna's kunnen in het Onder-Tertiair van België en Frankrijk veelvuldig aangetroffen worden. De rijkste fauna's komen uit de alpiene streken. In opengebroke nummulieten is vaak duidelijk de dimorfie (tweevormigheid) te zien: die met een macrosfere beginkamer zijn

vaak kleiner dan de microsferen. Reeds een geograaf uit de klassieke oudheid, de Griek Strabo, merkte nummulieten op, aanwezig in de bouwsteen van de pyramides bij Gizeh in Egypte. Hij en zijn tijdgenoten zagen ze overigens aan voor versteende linzen, daar achtergelaten door de slaven die de pyramides bouwden.

Het genus *Operculina* heeft een zijdelings afgeplatte schaal en telt daarbij slechts enkele windingen, die snel in hoogte toenemen. Bij *Heterostegina* is dezelfde basisvorm, maar hierbij zijn de kamers geheel of gedeeltelijk door secundaire septa verder onderverdeeld. Van Eoceen - recent voorkomend, vooral in het Mioceen. Bij *Cycloclypeus* ten slotte, is een kort *Operculina*-stadium te onderscheiden, gevolgd door een *Heterostegina*-stadium, waarna er cyclische kamers volgen. Deze platronde kamers zijn eveneens door schotjes onderverdeeld. De schalen zijn erg dun. *Cycloclypeus* komt voor van Oligoceen tot recent in het Indo-Pacifische gebied, in Europa alleen in het Mioceen.

3. Vormen die aanvankelijk met een eenvoudige kamerangschikking beginnen, maar al spoedig in alle richtingen uitgroeien, waarbij talrijke kamertjes gevormd worden. We kunnen daarbij equatoriale kamers onderscheiden (de cyclisch uitgroeïende kamers in het mediane vlak) en laterale kamers, die daar respectievelijk onder en boven gegroepeerd zijn. Bij de macrosferen is steeds een "embryon" te onderscheiden. Daarmee worden de beginkamers bedoeld die er qua grootte nogal uitspringen. Hun vorm is van veel belang bij de classificatie. Bij de microsferen is van een dergelijke afwijkende vorm geen sprake. De Orbitoidae zijn een familie met alleen vertegenwoordigers in het Boven-Krijt. *Orbitoides* en *Omphalocyclus* zijn in het Maastrichtse Krijt aanwezig. *Orbitoides* is lensvormig; er zijn zowel equatoriale als laterale kamers. Het microsferie beginstadium is biseriaal. Het embryo van de macrosfere generatie is bij de oudere vormen doorgaans vierkamerig, bij de jongere ook wel tweekamerig. Het is door een verdikte wand omgeven. De equatoriaalkamers zijn boogvormig, langer dan breed. *Omphalocyclus* is als een *Orbitoides* zonder laterale kamers. De vorm is dan ook plat-rond (tot biconcaaf). De equatoriale kamers verdubbelen of verdriedubbelen naar de omtrek toe. Orbitoiden lenen zich goed voor de studie van evolutionaire trends, zie blz. 110-111.

De Lepidorbitoidae (met genus *Lepidorbitoides*) komen eveneens in het Boven-Krijt voor. Ze verschillen door een andere opbouw van de beginkamers (ronde protoconch, niervormige, grotere tweede kamer). Ze zijn lensvormig tot soms stervormig uitgroeïend.

De Miogypsinidae - Deze familie is beperkt tot een kort tijdsinterval (Boven-Oligoceen tot Midden-Mioceen). In dat korte tijdsbestek traden er belangrijke evolutionaire ontwikkelingen op binnen de diverse vormgroepen. Deze vormgroepen zijn goed bekend, zodat ze zich goed lenen voor gedetailleerd stratigrafisch onderzoek. Bij *Miogypsina* ligt het embryo excentrisch, waarbij de schaal wat waaivormig tot ovaal is.

De Discocyclinidae onderscheiden zich van de andere families door het bezit van rechthoekige equatoriale kamers (bij de andere groepen boog - tot ruitvormig tot bijna zeskantig). Ze zijn rond en in zij-aanzicht plat tot lensvormig. Er zijn eveneens equatoriale en laterale kamers. Het embryo is tweekamerig, waarbij de protoconch voor een belangrijk deel door de tweede kamer wordt omgeven. *Discocyclina* komt alleen voor in Paleoceen en Eoceen. De radiaal verloopende kamerwanden van de equatoriale kamers van opeenvolgende ringen alterneren. Bij *Asterocyclina* (Midden- en Boven-Eoceen) heeft de schaal een stervorm.

De Lepidocyclinidae komen voor van Midden-Eoceen tot in het Mioceen. Ze lijken qua bouw erg sterk op de Lepidorbitoiden uit het Krijt. Men plaatst ze vooral apart op grond van hun gescheiden voorkomen in de tijd. De ene familie was al van het toneel verdwenen, voordat de

ander verscheen. Ze hebben dan ook aantoonbaar een verschillende afstamming. Het embryo is het meest ontwikkeld bij *Eulepidina*, waarbij de tweede kamer de protoconch bijna geheel omvat.

Evolutie bij foraminiferen

door Y.A. Baumfalk en
A.R. Fortuin

Inleiding

Uit de geologische praktijk is gebleken dat men foraminiferen (met name de planktonische soorten) uitstekend kan gebruiken voor de ouderdomsbepaling van de afzettingen. Niet alleen het feit dat foraminiferen steeds een grote verspreiding hebben en in grote aantallen voorkomen, maar ook de eigenschap van vele groepen forams dat ze een snelle evolutie doormaken, heeft ervoor gezorgd dat de zonering (tijdsindeling) van het Krijt en het Tertiair nu grotendeels gebaseerd is op het voorkomen van foram-soorten.

Over het hoe en waarom van evolutie bestaat onder biologen en paleontologen geen eenstemmigheid (meer). Het idee dat sinds Darwin overheerst heeft, namelijk dat evolutie zeer geleidelijk en langzaam verloopt en dat de ene soort via vele op zich onbetekende stapjes overgaat in een andere soort, dit idee moet tegenwoordig hier en daar plaats maken voor nieuwere evolutie-theorieën. Verschillende onderzoekers zijn aan die geleidelijkheid gaan twijfelen. Misschien moet veeleer gedacht worden aan sprongwijze, relatief plotseling verlopende overgangen tussen de soorten.

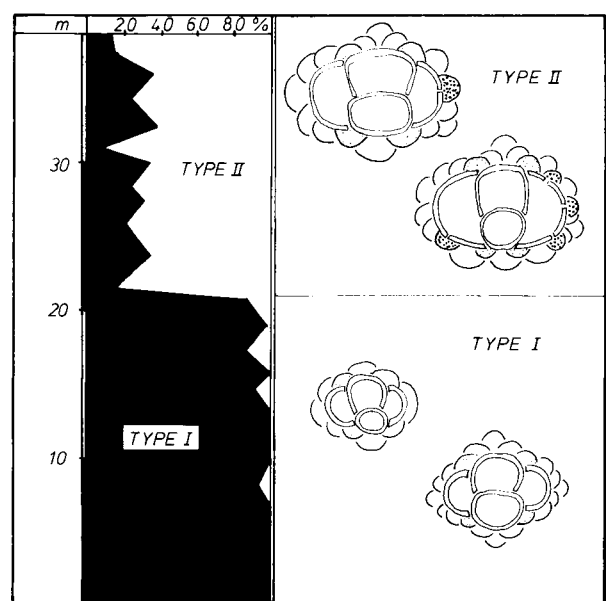
Tegenover het geleidelijke of het gradualistische model staat nu het evolutiemodel dat in het Engels de theorie van de "punctuated equilibria" wordt genoemd. Dit moeilijk vertaalbare begrip zou men wellicht het beste kunnen weergeven door "evenwichts-toestanden die, gescheiden door punten en komma's, elkaar opvolgen". Het basisidee van deze theorie is dat een gevestigde soort in evenwicht is met zijn omgeving en zichzelf blijft, niet evolueert. Wanneer door wat voor oorzaak dan ook het evenwicht verstoord raakt, zal de soort zich niet langzamerhand aan de nieuwe omstandigheden aanpassen. De milieu-verandering zal gewoonlijk tot resultaat hebben dat de soort in dat gebied waar de verandering plaatsvindt eenvoudigweg uitsterft. Vanuit een ander gebied zal de opengevallen plaats worden herbevolkt, misschien door dieren die sterk verwant zijn aan de uitgestorven groep, maar dit is niet noodzakelijk. De nakomelingen van de kolonisten van het lege gebied kunnen er gemiddeld totaal anders uitzien dan de gemiddelde vertegenwoordiger van de groep waaruit de kolonisten afkomstig waren. Op dit kolonisten-effect, het openvallen van ecologische ruimte en soortgelijke ideeën uit de moderne populatie-biologie zijn de nieuwe evolutie-theorieën gestoeld.

Hieronder zal een drietal voorbeelden worden gegeven van evolutie in de groep van de foraminiferen. Eén voorbeeld geeft de resultaten van onderzoek aan de kleine bentonische foram *Uvigerina* (Boven-Tertiair), dat werd gedaan met in het achterhoofd de klassieke, geleidelijke evolutie-opvatting. Een tweede voorbeeld is de evolutie van het ge-

slacht *Orbitoides*, een grote foraminifeer in het bovenste Krijt, waarbij voorlopige resultaten erop duiden dat de oudere opvattingen over geleidelijke ontwikkelingen binnen deze groep onjuist zijn. In het laatste voorbeeld kijken we naar de ondergang van het overgrote deel van de Krijt-foraminiferen en de kolonisatie van de lege ecologische ruimte in het allereerste begin van het Tertiair en naar de opkomst daarna van de typische Tertiair-foraminiferen.

De evolutie van Orbitoides

Orbitoiden zijn lensvormige foraminiferen die behoorlijk groot kunnen worden (0,5 - 1,5 cm). Soorten uit het Boven-Krijt hebben een opbouw uit drie lagen: een boven- en een onderlaag die bestaan uit zeer kleine hokjes en die een nogal massieve indruk maken, en een zeer dunne middenlaag die uit concentrische ringen van grotere kamers bestaat, gerangschikt rond een embryo bij de megalosferen. In afb. 6 en 25 kan men zien hoe zo'n orbitoid in elkaar zit.



Afb. 26. Vereenvoudigde weergave van de ontwikkeling binnen de populatie van *Orbitoides* media gedurende het Campanien (Boven-Krijt) in Aubeterre, ZW-Frankrijk.