

Nieuwe inzichten in de stratigrafische ontwikkeling van Jura, Krijt en Onder-Tertiair in de Achterhoek

G.F. Waldemar Herngreen, Maarten van den Bosch en Theo Lissenberg

G.F.W. Herngreen en Th. Lissenberg, TNO - Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen (TNO-NITG), Postbus 80015, 3508 TA Utrecht; g.herngreen@nitg.tno.nl en t.lissenberg@nitg.tno.nl.

M. van den Bosch, Geologisch Veldlaboratorium, Laan van Hilbelink 86a, 7101 WN Winterswijk.

1. Inleiding

Voor de afdeling Winterswijk van de NGV werd op 9 november 1998 door de eerste auteur een lezing verzorgd over de stratigrafie van de Jura-, Krijt- en Onder-Tertiair-afzettingen in de Achterhoek. Dit beeld werd geschetst tegen de achtergrond van de regionale paleogeografie en tektoniek van de diepe(re) ondergrond waarvoor verwezen wordt naar Geluk (1998). Samenvattingen van de stratigrafische ontwikkeling van het Mesozoïcum en Tertiair in de regio zijn verzorgd door Van Adrichem Boogaert (1975), Van den Bosch (1975) en Peletier & Kolstee (1986). In de lezing voor de NGV werd de nadruk gelegd op de resultaten van nieuw, vrijwel zonder uitzondering nog niet gepubliceerd, intern onderzoek door de voormalige Rijks Geologische Dienst (RGD) of zijn opvolger het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen (TNO-NITG), deels in samenwerking met het Nationaal Natuurhistorisch Museum (NNM), locatie Winterswijk, na 1995 het Geologisch Veldlaboratorium. Op verzoek van de NGV wordt deze lezing in enigszins aangepaste vorm thans gepubliceerd in 'Grondboor & Hamer'. Hoewel sinds het midden van de vorige eeuw de geologie van de Achterhoek ruim aandacht trekt van het bedrijfsleven (mijn- en waterleidingbedrijven), van amateurgeologen en professionele geologen, is het opmerkelijk dat het stratigrafisch beeld van de Jura en het Krijt zo incompleet is. Deze fragmentarische kennis wordt veroorzaakt door de talloze ondiepe boringen die uitsluitend de top van het Mesozoïcum aanboorden en de tektonisch zeer gecompliceerde situatie in de Achterhoek. Van niet één aangeboorde formatie of laagpakket was de ouderdom aan de top en/of basis bekend. Evenmin bestaat een helder inzicht in de dikte en de lithologische opbouw van de gesteentepakketten, toch een eerste vereiste als een geologische kaart gemaakt moet worden. De in onderstaande secties genoemde boringen zijn bestudeerd ná de samen-

vating in Van Adrichem Boogaert (1975). Telkens wordt de naam vermeld waaronder deze boring bij het NITG of NNM bekend staat, archiefnummer, jaar, coördinaten en welk onderzoek [micropaleontologie: foraminiferen/ostracoden (F/O); paly-nologie: dinoflagellaten/sporomorfen (D/S)], met de daarop gebaseerde ouderdomsbepaling, verricht is. Resultaten die een bevestiging geven van wat reeds bekend was worden zonder verdere bespreking genoemd, nieuwe resultaten worden kort besproken. De locaties van de boringen zijn aangegeven in afb. 1. De in de tekst genoemde lithostratigrafische eenheden als formatie e.d. zijn ontleend aan Van Adrichem Boogaert & Kouwe (1993 e.v.). Deze namen en de tijdvakken zijn samengevat in afb. 7.

2. Historie van het geologisch onderzoek in de Achterhoek

De historie van het geologisch en stratigrafisch onderzoek in de Achterhoek is uitvoerig beschreven door o.a. Harsveldt (1963) en Peletier & Kolstee (1986). Van recente datum is de beschrijving van de Diepe Ondergrond, kaartblad X (Achterhoek-Twenthe) door Geluk (1998). Samenvattend is een drietal periodes in het onderzoek te onderscheiden:

1. 1834-1887: de nadruk ligt in deze 50 jaar op de ontdekking dat oude, mesozoïsche afzettingen aan of nabij het oppervlak liggen. De bekende kalken en mergels uit de Muschelkalk, zoals thans te bewonderen in de Winterswijkse Steengroeve, werden aangezien voor Wealden-sedimenten zoals die nog worden aangetroffen in ontsluitingen tussen Bentheim en Nordhorn. Alle vooraanstaande Nederlandse geologen uit die tijd, bijvoorbeeld Van Breda en Staring, hebben zich met de Achterhoek beziggehouden.
2. 1903-1946: de tweede periode vangt aan met de conclusie van Müller (1903) dat de 'Wealden'-sedimenten, als gedacht uit het Jura/Krijt-grensgebied, in werkelijkheid veel ouder zijn,

namelijk uit de Midden-Trias, met afzettingen die in N.W.- Europa bekend staan als Muschelkalk. Dit was een belangrijke ontdekking die voor de Achterhoek een nieuw perspectief bood op de winning van steenkool. Immers, deze Carboon-lagen bevinden zich op geringere diepte dan tot op dat moment werd verondersteld. De voormalige Dienst der Rijksopsporing van Delfstoffen, een voorganger van de RGD, startte een omvangrijk boorprogramma met peil- (= verkenning-) en een drietal diepboringen, te weten Corle, Plantengaarde en Ratum, met als doel de verkenning van de diepte waarop de kolenvoerende lagen zich bevinden. Een en ander is uitvoerig gerapporteerd door Van Waterschoot van der Gracht (1918) en de resultaten zijn verwerkt in de bekende handboeken van Pannekoek en Faber.

3. 1950 - heden: de derde periode kenmerkt zich door de toepassing van seismisch onderzoek door de NAM in de jaren 1950-52 en later, gevolgd door de Craelius-boringen van de Geologische Stichting (later RGD) tussen 1958-1961 en de diepboring Winterswijk-01 (= Woold) van de NAM in 1977. Tussen 1990-1997 zijn in het kader van een samenwerkingsproject van het NNM en de RGD dat zich richtte op de kartering van de Ondiepe Ondergrond, waarbij uiteraard ook oudere afzettingen werden aangeboord, vele boringen biostratigrafisch geanalyseerd en gedateerd. Een speciaal kennisinvesteringsproject van TNO-NITG maakte het mogelijk een tweetal boringen, Hesselink (1996) en Kotten (1998), tot ca. 250 m te zetten om duidelijk herkende stratigrafische problemen op te lossen.

Over enkele detailonderwerpen zijn in deze periode specialistische publicaties verschenen: de z.g. 'Klomp klei' uit het Callovien (Herngreen *et al.*, 1983), dateringen rond de overgang Onder-/Boven-Krijt (Witte *et al.*, 1992 en 1993) en de 'Kuhfeld-Schichten' uit het Onder-Krijt (Herngreen *et al.*, 1994).

Midden Jura

		NW Europese ammonietzoning	Duitsland	Boring D/R	Klomp
Callovien	B	lamberti	Ornat-Schichten		Burloseweg
	M	athleta			
	O	coronatum jason	Macrocephalen-S		
Bathonien	B	calloviense macrocephalus	Aspidoides-S		Nieuw Siebelink II
	M	discus			
	M	orbis			
	O	hodsoni morrisoni subcontractus progracilis tenuiplicatus			
Bajocien	B	zigzag	Wuerttembergica-S		Höfkes 41F 131
	O	parkinsoni garantiana subfurcatum			
	O	humphriesianum			
Aalenien	B	sauzei laeviuscula discites			Kotten 41E 330
	O	concaum murchisonae opalinum			
Toarcien		levesquei			

Hemgreen 00W1-02

Afb. 2. Stratigrafische positie van enkele referentiesecties in de Midden-Jura.

3. Nieuwe resultaten stratigrafisch onderzoek

3.1 Rhätien-Lias: Sleen Formatie, Aalburg Formatie, Posidonia Schalie Formatie en basis Werkendam Formatie

De kleisteen met sterk terrestrische invloed uit de jongste etage van de Trias, het Rhätien, wordt tot de Sleen Formatie gerekend en ligt in de Achterhoek discordant op kalken en mergels van de Muschelkalk Formatie.

De vrij uniforme dikte en ontwikkeling markeert het begin van een nieuwe sedimentatiecyclus. De kalkhoudende kleisteen, die soms ontwikkeld is tot kleiige kalksteen, uit het Hettangien tot Pliensbachien hoort tot de Aalburg Formatie. De afzettingen uit de jongste etage van de Lias of Vroeg-Jura, het Toarcien, zijn bitumineus en gesedimenteerd onder zuurstofarme bodemcondities. Ze worden aangeduid als Posidonia Schalie Formatie en geven op de logs een hoge gamma- en weerstandslag en tonen in het seismisch

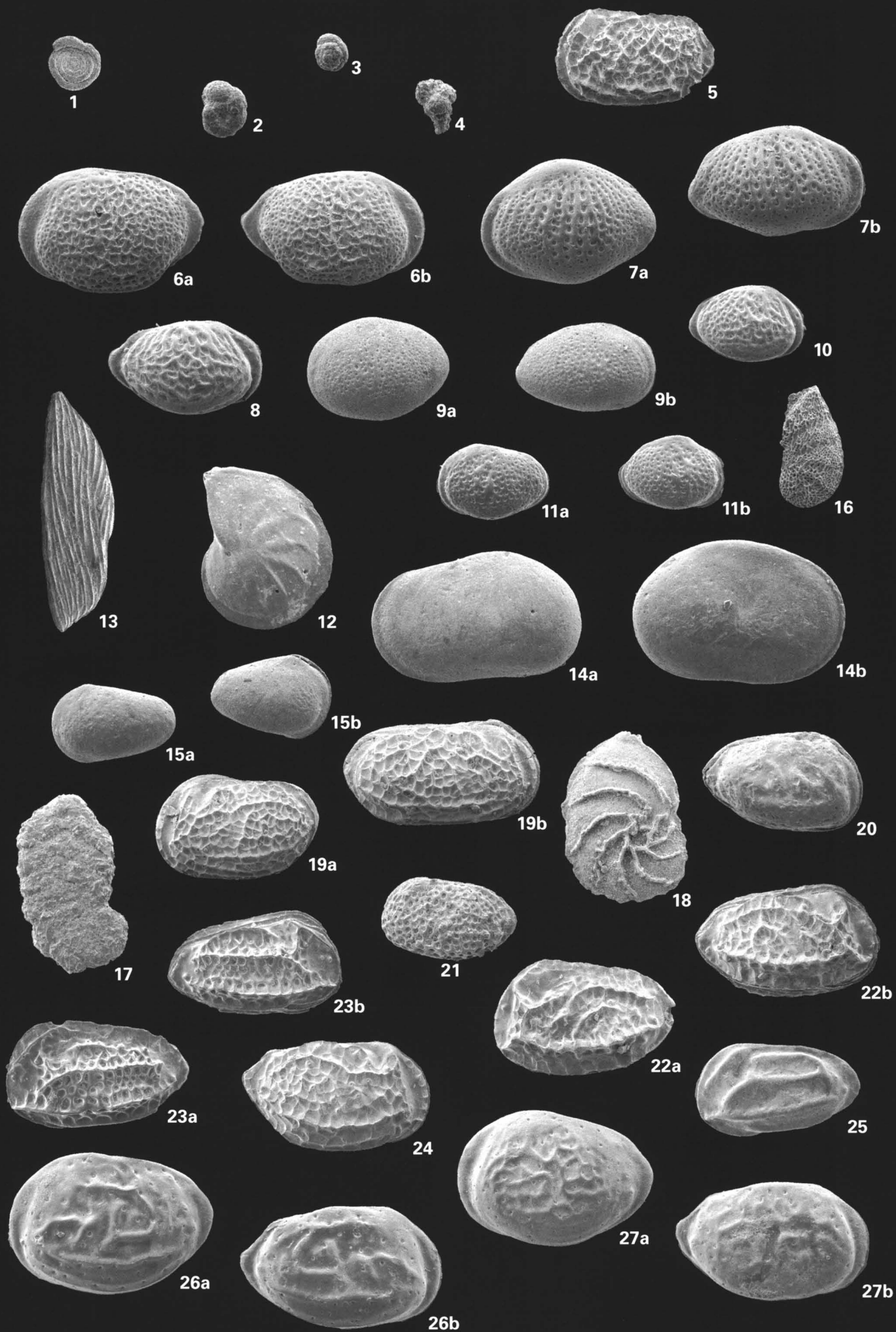
Boring	Archiefnr	Jaar	Coördinaten	F/O	D/S	Datering
Kotten	41E-330	1998	249.830-440.376	x	x	Laat-Toarcien
Proefboring K	41F-001	1907	252.225-446.760	x		Sinemur-L-Pliensbachien
Proefboring T	41E-077	1915	241.275-440.395	x	x	Laat-Pliensbachien
Ruessink-O	41E-323	1996	243.970-449.805	x	x	V/L-Pliensbachien
Aarninkweg	41E-320	1995	248.080-439.105	x	x	Pliensbachien
Kotten-15	41F-161	1992	250.150-441.180	x	x	L-Sinemur/vr Pliensbach
Nw Siebelink I	41E-317	1994	248.800-438.760		x	Sinemur-Pliensbachien
Boldermansdijk-5	41E-314	1994	248.115-446.935	x		L-Hettang/Sinemurien
Lammers, Woold	41E-266	1990	245.930-439.315	x		L-Hettang/V-Sinemurien
Mennink-4	41E-315	1989	249.500-444.475	x		L Hettang/V Sinemurien
Masterveld	41F-163	1993	251.910-446.200	x		Hettang/V-Sinemurien
Ratum	41F-129	1982	253.560-445.650	x	x	Rhätien, Hettangien
Pelkewijk-1	41E-291	1995	247.405-443.035	x	x	pre-Toarcien
Greuneweg 7	41E-332	1997	247.090-447.565		x	pre-Pliensbachien
Brummelstoete	41E-316	1990	249.870-444.665	x		Vroeg-Lias
Sikkink	41E-231	1980	241.270-441.110		x	Rhätien

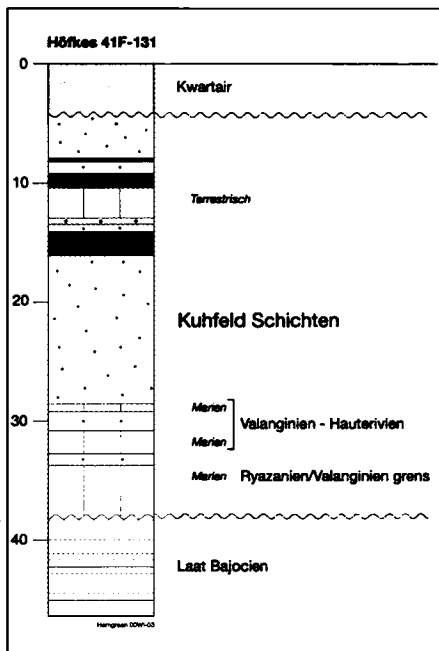
Tabel 1: Overzicht van nieuwe of opnieuw bewerkte boringen sinds 1975 met Rhätien- en Onder-Jura- (Lias-)afzettingen.

beeld een karakteristieke reflector.

Plaat I

- Glomospirella* aff. *otorica* Romanova (in Dain 1972), Kotten 230-231 m, Laat-Toarcien, 70x
- Haplophragmoides kingakensis* Tappan 1955, dorsaal, Kotten 230-231 m, Laat-Toarcien, 70x
- Trochammina semiturgida* Nagy & Johansen 1991, dorsaal, Kotten 230-231 m, Laat-Toarcien, 70x
- Verneuilinoides subvitreus* Nagy & Johansen 1991, Kotten 230-231 m, Laat-Toarcien, 70x
- Fuhrbergiella* (*Praefuhrbergiella*) *horrida bicostata* Brand & Malz 1962, linker klep, Kotten 144-145 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Glyptocythere plicata* Brand & Malz 1966, a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 144-145 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Praeschuleridea angulata* Plumhoff 1963, a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Kinkelinella adunca* (Fischer 1963), rechter klep, Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Procytheridea? punctulata* Plumhoff 1963, a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Procytheridea minima* Plumhoff 1963, rechter klep, Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Camptocythere pusilla* Triebel 1950, a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Lenticulina* (*Lenticulina*) *subalata* (Reuss 1854), Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 50x
- Cythinina flabelloides* (Terquem), Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 50x
- Cytherella* spec. B (Brand), a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 150-151 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Camptocythere? gracilis* Plumhoff 1963, a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 155-161 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Lenticulina* (*Lenticulina*) *dictyodes* (Deecke 1884), Kotten 161-166 m, Vroeg-Bajocien, 70x
- Ammopalmula infrajurensis* (Terquem 1870), Höfkes 45,05-45,55 m, Laat-Bajocien, 50x
- Lenticulina* (*Lenticulina*) *quenstedti* (Gümbel 1862), Höfkes 45,05-45,55 m, Laat-Bajocien, 70x
- Fuhrbergiella* (*Fuhrbergiella*) *projecta* Brand & Malz 1962, a) linker klep, b) carapax rechts, Höfkes 46,05-46,55 m, Laat-Bajocien, 50x
- Glyptocythere rudimenta* Brand & Malz (in Brand & Fahrion 1962), carapax rechts, Höfkes 46,05-46,55 m, Laat-Bajocien, 70x
- Ektocythere poligona* (Morris 1983), linker klep, Höfkes 46,5-46,55 m, Laat-Bajocien, 70x
- Fuhrbergiella* (*Fuhrbergiella*) *diagonalis* Brand & Malz 1962, a) linker klep, b) carapax rechts, Sikkink 42,10-42,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- Pleurocythere impar* Triebel 1951, a) linker klep, b) carapax rechts, Sikkink 42,10-42,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- Fuhrbergiella* (*Fuhrbergiella*) *gigantea gigantea* Brand & Malz 1962, rechter klep, Sikkink 42,60-43,10 m, Laat-Bajocien, 50x
- Pleurocythere richteri* Triebel 1951, linker klep, Sikkink 42,60-43,10 m, Laat-Bajocien, 70x
- Glyptocythere dorsicostata* Brand & Malz (in Brand & Fahrion 1962), a) linker klep, b) rechter klep, Sikkink 42,10-42,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- Glyptocythere meandrica* Brand & Malz 1966, a) linker klep, b) rechter klep, Sikkink 42,10-42,60 m, Laat-Bajocien, 70x





afb.3. Vereenvoudigde boorkolom van boring Höfkes met Boven-Bajocien en 'Kuhfeld-Schichten'.

De sedimentatie van de Onder-Jura-cyclus vangt reeds aan in het Rhätien. De monsters bevatten zeer rijke en gevarieerde terrestrische sporomorfen flora's met vrij schaars dinoflagellaten en andere mariene micro-organismen. Deze ondiep mariene afzettingen kenmerken zich door *Rhaetipollis germanicus*, *Ricciisporites tuberculatus*, *Ovalipollis* en dino's als *Rhaetogonyaulax* spp.

De tot voor kort jongst bekende Lias uit de Achterhoek, namelijk het 'Domerien' (= Laat-Pliensbachien, Lias δ), werd door Gerth (1955) uitsluitend aangegeven in proefboring K, 760, 64-94 m. Van het onderliggende traject werd tot 215 m, evenwel zonder ammonieten-controle, aangenomen dat het eveneens Boven-Pliensbachien-afzettingen betreft.

Micropaleontologisch onderzoek kon de datering Laat-Pliensbachien aan de top van het Lias-interval niet bevestigen, maar vond wel vanaf 70,20 m Lias δ , gevolgd door Lias γ (78,45-135 m) en Lias β (135-214 m).

In een revisie van proefboring T bleek het kerntraject 130,70-140,70 m te dateren als Laat-Pliensbachien. De micropaleontologen vonden *Lenticulina* (*Saracenaria*) *sublaevis*, *Lingulina tenera* en *Planularia arietis* en de palyologen de sporomorfen *Heliosporites altmarkensis*, *Staplinisporites*, *Stereisporites cicatricosus* en primitieve vormen van *Callialasporites* in associatie met de dinoflagellaten *Nannoceratopsis gracilis* en *N. senex*. Lithologisch betreft het een lichtgrijze en lichtroze kleisteen. Van belang is dat de door Gerth veronderstelde dikte voor het Pliensbachien in proefboring K van meer dan 100 m gecorrigeerd moet worden tot ca. 10 m! Dit pakket heeft in proefboring T dezelfde dikte.

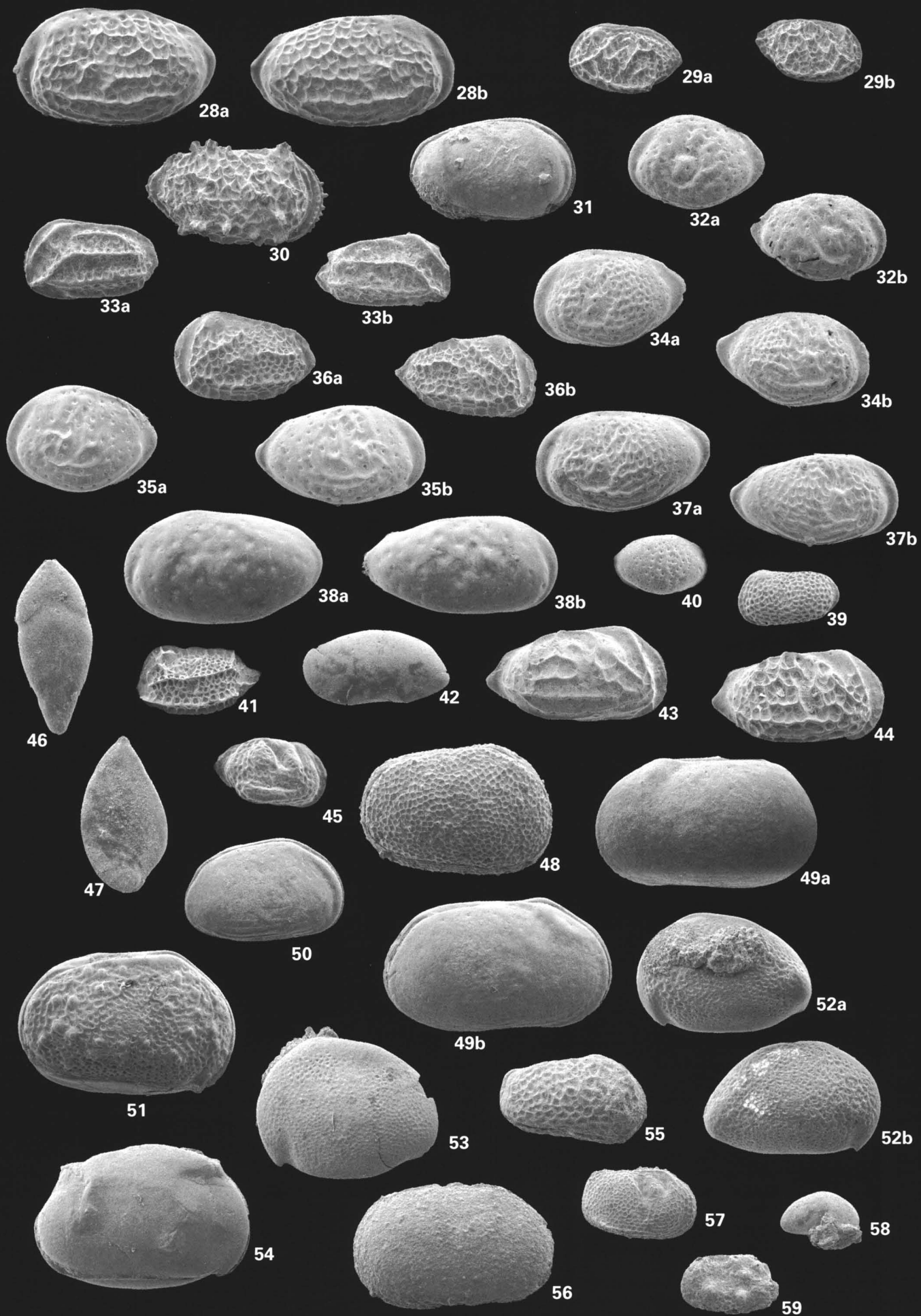
Algemeen werd aangenomen dat afzettingen uit het Toarcien (en Aalenien) niet in de Achterhoek voorkomen als gevolg van non-sedimentatie of erosie samenhangend met de Midden-Kimmerische tektonische fase. Des te groter was de verrassing toen uit het onderzoek van boring Kotten (september 1998) bleek dat een pakket van minstens 50 m aanwezig is dat dateert uit het laatste Toarcien, *Levesquei* Zone - vroegste Aalenien, *Opalinum* Zone (zie afb. 2). Deze afzettingen bestaan uit zwartgrijze, kalkvrije klei(steen) met ijzerconcreties. Rond 223 m en dieper treden verharde banken op waarvan enkele duidelijk oölitisch zijn. Dit pakket vormt de basis van het Onder Werkendam Kleisteen Laagpakket (Werkendam Formatie). De kalkbanken, zoals waargenomen in een lijn N.O.-Z.W. over Kotten 41E-330, hebben een eigen seismische karakteristiek.

De monsters zijn extreem rijk aan plantenfragmenten inclusief sporomorfen, doch microfauna's zijn schaars, een gevolg van de ongunstige, zuurstofarme condities. Sporomorfen met o.a. *Foveotrites irregularis*, *Ischyosporites variegatus*, *Heliosporites altmarkensis*, het gevarieerde *Callialasporites*-complex en *Circulina meyeriana* met daarnaast dino's als *Nannoceratopsis dictyambonis*, *N. plegas*, *N. spiculata* en *Walldinium cylindricum* zijn bepalend voor de datering. Voorts zijn kenmerkend voor dit type afzetting algen die behoren tot de Tasmanaceae en soms in groten getale zijn aangetroffen. Wisselend en beperkt komt tussen 239-190 m 'structureless organic matter' voor, dit wijst op reducerende bodemcondities. De zandschalige foraminiferen *Haplophragmoides kingakensis*, *Glomospirella* aff. *otorica*, *Trochammina semiturgida* en *Verneuilinoides subvitreus* zijn van stratigrafisch belang.

Plaet II

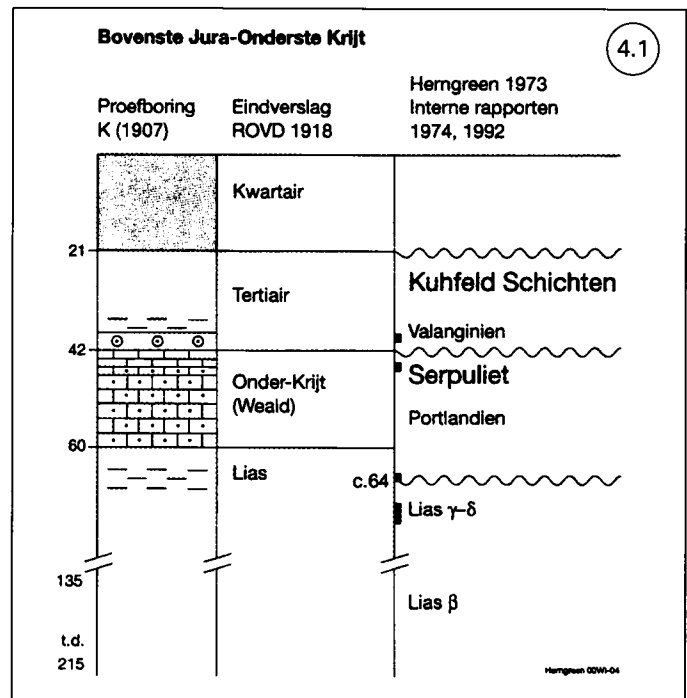
- 28 *Glyptocythere tuberosa* Brand & Malz (in Brand & Fahrion 1962), a) linker klep, b) rechter klep, Sikkink 42,10-42,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- 29 *Ektypocythere pteriformis* Blaszyk 1967, a) linker klep, b) rechter klep, Sikkink 42,10-42,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- 30 *Fuhrbergiella* (*Fuhrbergiella*) *horrida horrida* Brand & Malz 1962, rechter klep, Sikkink 43,10-43,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- 31 *Homocytheridea constricta* Bate, carapax rechts, Sikkink 43,10-43,60 m, Laat-Bajocien, 70x
- 32 *Glyptocythere tuberosa* Brand & Malz (in Brand & Fahrion 1962), a) linker klep, b) rechter klep, Proefboring D 162 m, Vroeg-Bathonien, 70x
- 33 *Pleurocythere connexa* Triebel 1951, a) linker klep, b) rechter klep, Proefboring D 162 m, Vroeg-Bathonien, 70x

- 34 *Glyptocythere comes* Brand & Malz 1966, a) linker klep, b) rechter klep, Proefboring D 168 m, Vroeg-Bathonien, 70x
- 35 *Glyptocythere similis* Brand & Malz 1966, a) linker klep, b) rechter klep, Proefboring D 168 m, Vroeg-/Midden-Bathonien, 70x
- 36 *Fuhrbergiella* (*Fuhrbergiella*) *transversiplicata minuta* Brand & Malz 1962, a) linker klep, b) rechter klep, Proefboring D 168 m, Vroeg-Bathonien, 70x
- 37 *Glyptocythere comes/obtusa*, a) linker klep, b) rechter klep, Nw Siebelink II 33,15-33,40 m, Midden-/Laat-Bathonien, 70x
- 38 *Strictocythere polonica polonica* (Blaszyk 1967), a) linker klep, b) rechter klep, Nw Siebelink II 33,15-33,40 m, Midden-/Laat-Bathonien, 70x
- 39 *Parariscus octoporalis* Blaszyk 1967, linker klep, Nw Siebelink II 34,15-34,40 m, Midden-/Laat-Bathonien, 70x
- 40 *Paleoloxoconcha bathonica* Dreyer 1967, rechter klep, Nw Siebelink II 34,15-34,40 m, Midden-/Laat-Bathonien, 70x
- 41 *Lophocythere* cf. *carinilia*, linker klep, Nw Siebelink II 34,15-34,40 m, Midden-/Laat-Bathonien, 70x
- 42 *Paracypris bajociana* Bate 1963, rechter klep, Nw Siebelink II 33,15-33,40 m, Midden-/Laat-Bathonien, 70x
- 43 *Lophocythere interrupta* spec. A. Lutze 1960, rechter klep, Mr. Brouwerweg 14,50-18,00 m, Midden-Callovien, 70x
- 44 *Lophocythere interrupta interrupta* Triebel 1951, rechter klep, Mr. Brouwerweg 14,50-18,00 m, Midden-Callovien, 70x
- 45 *Pseudohutsonia tuberosa* Wienholz 1967, rechter klep, Mr. Brouwerweg 14,50-18,00 m, Midden-Callovien, 70x
- 46 *Fronclularia franconica franconica* Gümbel 1862, Mr. Brouwerweg 14,50-18,00 m, Midden-Callovien, 70x
- 47 *Planularia cordiformis/beierana*, Mr. Brouwerweg 14,50-18,00 m, Midden-Callovien, 70x
- 48 *Scabriculocypris trapezoides trapezoides* Anderson 1941, carapax rechts, Proefboring K 63,50 m, Laat-Portlandien, 70x
- 49 *Fabianella boloniensis* (Jones 1880), a) carapax links, b) carapax rechts, Proefboring K 53 m, Laat-Portlandien, 70x
- 50 *Klieana alata* Martin 1940, carapax rechts, Proefboring K 53 m, Laat-Portlandien, 70x
- 51 *Cypridea granulosa* Jones 1878, carapax rechts, KNZ-171 (34F213) 121,60 m, Laat-Portlandien, 50x
- 52 *Cypridea postalica* Martin 1940, a) linker klep, b) rechter klep, Laat-Portlandien, KNZ-171 (34F213), 50x
- 53 *Cypridea alta alta* Wolburg 1959, linker klep, Reprise K 36,75-37,25 m, Laat-Ryazanien, 50x
- 54 *Cypridea setina* Martin 1940, carapax rechts, Reprise K 36,75-37,25 m, Laat-Ryazanien, 50x
- 55 *Macrodentina mediostriata transfuga* Malz 1958, carapax rechts, Reprise K 36,75-37,25 m, Laat-Ryazanien, 50x
- 56 *Pachycytheridea compacta* Wolburg 1962, linker klep, Reprise K 37,25-37,60 m, Laat-Ryazanien, 50x
- 57 *Bisulcocypris silvana* Pinto & Sanguine 1962, rechter klep, Reprise K 37,25-37,60 m, Laat-Ryazanien, 50x
- 58 *Damonella pygmaea* Anderson 1966, rechter klep, Reprise K 36,75-37,25 m, Laat-Ryazanien, 50x
- 59 *Bisulcocypris fittoni germanica* Wolburg 1962, rechter klep, Reprise K 36,75-37,25 m, Laat-Ryazanien, 50x



3.2 Dogger: Werkendam Formatie, Brabant Formatie en 'Klomp' laagpakket

De afzettingen van Aalenien- en Bajocien-ouderdom in de Achterhoek kunnen het beste vergeleken worden met de Werkendam Formatie. Deze formatie is beschreven als jongste Toarcien tot Bajocien, lokaal zelfs vroegste Bathonien, met aan de basis een lithologische karakteristiek die ten dele overeenkomt met die van de Posidonia Schalie Formatie uit het Toarcien. De in de Roerdal Slenk (Brabant) wat mergelige kleisteen tot schalie was onbekend uit de Achterhoek waar het gesteentepakket gekenmerkt wordt door vette klei met ijzerconcreties die naar de top geleidelijk worden vervangen door kalkconcreties. De afzettingen worden gecorreleerd met het Onder Werkendam Kleisteen Laagpakket. De karakteristiek van de Bathonien-sedimenten stemt goed overeen met die van de Brabant Formatie.



Boring	Archiefnr	Jaar	Coördinaten	F/O	D/S	Datering
Burloseweg	41E-327	1996	249.840-439.920	-	x	L-Call-vr Oxfordien
Klomp 3	41E-251	1983	247.740-440.090	x	x	M-Callovien
4		1982	247.775-440.350	x	x	M-Callovien
Mr Brouwerweg	41E-324	1997	248.235-440.952	x	x	M-Callovien
Nw Siebelink II	41E-318	1994	248.845-438.790	x	x	M/L-Bathonien
Proefboring D	41E-119	1907	247.610-441.820	x	x	V-Bathonien
Proefboring R	41E-148	1915	248.640-439.580	x	x	L-Bajocien
Sikkink	41E-269	1991	249.890-439.160	x		L-Bajocien
Höfkes	41F-131	1990	251.025-440.000	x		L-Bajocien
Handb-110 Kotten		1960		x		V-Bajocien
Kotten	41E-330	1998	249.830-440.376	x	x	Aalenien-V-Bajocien

Tabel 2: Overzicht van nieuwe of opnieuw bewerkte boringen sinds 1975 met Midden-Jura- (Dogger-) afzettingen.

Ook hier bleek boring Kotten 41E-330 weer de sleutel tot het beter begrijpen van voordien enkele geïsoleerde dateringen (bijv. Handboring 110 Kotten). In de grijze klei van boring Kotten tussen 190-141 m zijn lithologisch en micro-paleontologisch twee eenheden te onderscheiden. Van 190-165 m klei met ijzerconcreties, zeer rijke spormorfen-associaties en kleine zandschalige foraminiferen-fauna's. Tussen 165-141 m kalkhoudende klei met arme palynoflora's en rijke ostracoden-associaties. Het diepste interval kan met het eerste verschijnen van de dinoflagellaat *Pareodinia ceratophora* en de top van *Wallodinium cylindricum* gedateerd worden als Aalenien (jonger dan *opalinum* Zone) - vroegste Bajocien. Het hierboven liggende traject wordt gedomineerd door de foraminifeer *Lenticulina* (L.) *subalata* met in associatie *Cytharina flabelliformis* L. (L.) *dictyodes/dorbignyi* en *Fronicularia lignaria*. Dit interval is met ostracoden nauwkeurig te dateren als Laat-Aalenien (*concauum* Zone) - Vroeg-Bajocien (*discites-laevisculula* zones) op grond van met name *Camptocythere? gracilis*,

Camptocythere pusilla, *Cytherella* sp. B, *Fuhrbergiella* (P) *horrida bicostata*, *Glyptocythere plicata*, *Kinkelinella adunca*, *Praeschuleridea angulata*, *Procytheridea minima* en *Procytheridea? punctulata*. Echter het ontbreken van soorten die exclusief voorkomen in de *concauum* Zone pleit voor de *discites-laevisculula* zones.

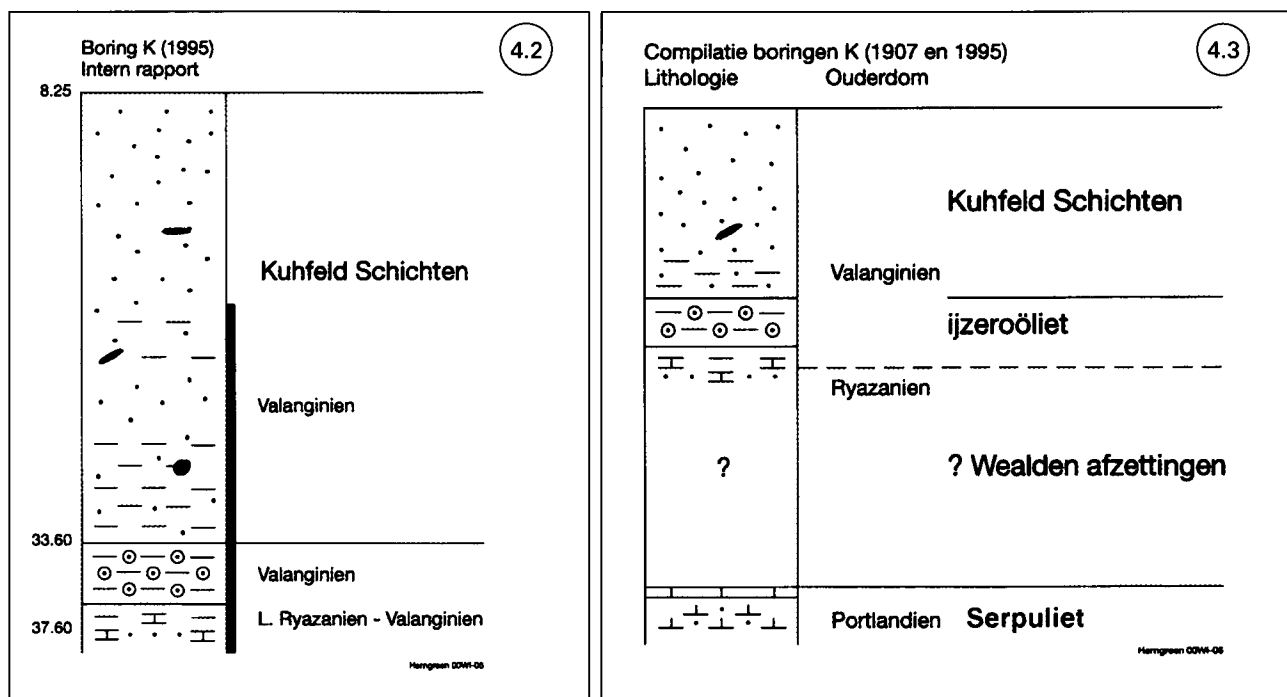
Het Boven-Bajocien is, in aanvulling op proefboring R (Gerth 1955), aangetoond in de boringen Höfkes en Sikkink (Afb. 3).

De revisie van proefboring R bevestigt op grond van forams en/of ostracoden, dat op 70 m associaties aanwezig zijn die thuishoren rond de overgang *subfurcatum/garantiana* Zone. Op 75 m evenwel wordt reeds de *humphriesianum* Zone bereikt, een beeld dat zich nogmaals voordoet op 107 m. Hiermee wordt de interpretatie van Gerth (1955), die dit traject correleert met de Duitse 'Coronaten-Schichten', bevestigd, maar er is geen enkele aanwijzing, zoals Gerth meende, dat de 'Sonnen-Schichten' uit het laat Vroeg-Bajocien (*sauzei* Zone) bereikt worden. In Höfkes is tussen 37,50-47,30 m (einde boring) een vette, harde klei

aangeboord. Bruikbare fauna's worden in de kalkhoudende monsters 45,05-47,30 m gevonden; in associaties met o.a. de foraminiferen *Ammopalmula infrajurensis*, *Lenticulina* (L.) *quenstedti* en L. (L.) *subalata* zijn stratigrafisch van belang de ostracoden *Ektyphocythere poligona*, *Fuhrbergiella* (F) *projecta*, *Glyptocythere meandrica*, *G. rudimenta* en *Pleurocythere regularis*. De ostracoden-associatie wijst op een Laat-Bajocien-ouderdom en kan in het grensgebied *niortense/garantiana* Zone worden geplaatst. Deze analyse stemt overeen met associaties aan de top van het Dogger-traject in proefboring R.

In Sikkink (41E-269) is eveneens een dun pakket klei aangetroffen tussen 42,10-45,05 m (einde boring). De donkergrijze tot bruine klei is zwak tot matig kalkhoudend; in de spoelresidu's zijn ijzeroöliten gevonden. De rijke foraminiferen-fauna's worden gedomineerd door vertegenwoordigers van *Lenticulina*. Onder de ostracoden zijn als gidssoorten aangetroffen *Fuhrbergiella* (F) *gigantea gigantea*, F. (F) *diagonalis*, F. (P) *horrida horrida*, *Pleurocythere impar*, P. *richteri*, *Glyptocythere dorsicostata*, G. *meandrica*, G. *tuberosdentina*, *Ektyphocythere pteriformis* en *Homocytheridea constricta praecursor*. Deze maken een nauwkeurige datering Laat-Bajocien, *parkinsoni* Zone (ca. grens *acris/densicostata* Subzone) mogelijk. Het resultaat van Sikkink en de analyse van de basis (177-189 m) in proefboring D komen goed overeen.

De afzettingen in proefboring D, Höfkes, proefboring R en Sikkink behoren alle tot de Werkendam Formatie (Laat-Toarcien tot vroegste Bathonien) en wel tot het hoogste deel ervan, het Boven Werkendam Kleisteen Laagpakket. Volgens de oude N.W.-



Duitse lithologische indeling behoren de diepere Jura-afzettingen van D tot de 'Obere Parkinsoni-Schichten'. Deze conclusie komt in grote lijnen overeen met die van Gerth (1955), ware het niet dat in de ostracoden-fauna's tevens enkele aanwijzingen zijn gevonden voor de 'Untere Parkinsoni-Schichten'. Met zekerheid kan worden vastgesteld dat de Jura-afzettingen van Sikkink behoren tot de 'Untere Parkinsoni-Schichten'. Het sedimentpakket in Höfkes en de hoogste jurassische van R zijn rond de overgang 'Subfurcaten/Garantianen-Schichten' te plaatsen.

De Bathonien-afzettingen worden gekenmerkt door fijnzandige kleiige mergels met banken kalkzandsteen (te vergelijken met de uit Engeland bekende 'Cornbrash facies'). In de 'Stratigraphic Nomenclature of the Netherlands' worden deze pakketten gerekend tot de Brabant Formatie. De stratigrafie van proefboring D (Gerth 1955) behoeft, in aansluiting op Herngreen *et al.* (1974), die de 'Parkinsoni-Schichten' al plaatsten in het jongste Bajocien, geen verdere revisie o.g.v. foraminiferen/ostracoden-onderzoek. De associaties uit het interval 158-175,50 m met *Glyptocythere tuberosa* en *Fuhrbergiella (F.) gigantea quarta* op 158 m, dezelfde soorten nogmaals op 162 m in gezelschap van *Pleurocythere connexa* en op 166 m *Glyptocythere comes* en *G. similis* bevestigen de Vroeg-Bathonien (zig-zag-tenuiplicatilis zones)-ouderdom.

In dit verband moet erop gewezen worden dat tussen ca. 45-66 m in proefboring D mogelijk opnieuw een (Midden-) Bathonien-microfauna wordt aangetroffen. Enkele Bathonien-gidssoorten als vermeld voor proefboring D met *Fuhrbergiella transversiplicata minuta*,

Afb. 4. Vereenvoudigde boorkolom van de bovenste Jura en het onderste Krijt in proefboring K uit 1907 (Afb. 4.1), de herhaling ter plekke van K uit 1995 (Afb. 4.2) en de compilatie van de stratigrafische interpretaties (Afb. 4.3).

Glyptocythere comes/obtus, *Lophocythere carinilia*, *Paleoloxoconcha bathonica*, *Paracypris bajociana*, *Parariscus octoporalis regularis* en *Strictocythere polonica polonica* worden gevonden in het sterk kalkhoudende, violetgrijs gekleurde kleitraciet 33,15-35,00 m in Nieuw Siebelink II en wijzen daar op een ouderdom die gezocht moet worden rond de grens Midden-/Laat-Bathonien. In het palynologisch onderzoek ontstaat nu eens de indruk dat gedacht moet worden aan het grensgebied Midden-Laat-Bathonien (op grond van *Carpathodinium predae* en *Nannoceratopsis spiculata*), dan weer suggereren de gegevens (*Endoscrinium galeritum reticulatum* en *Rhynchodiniopsis cladophora*) een datering rond de grens Bathonien/Callovien.

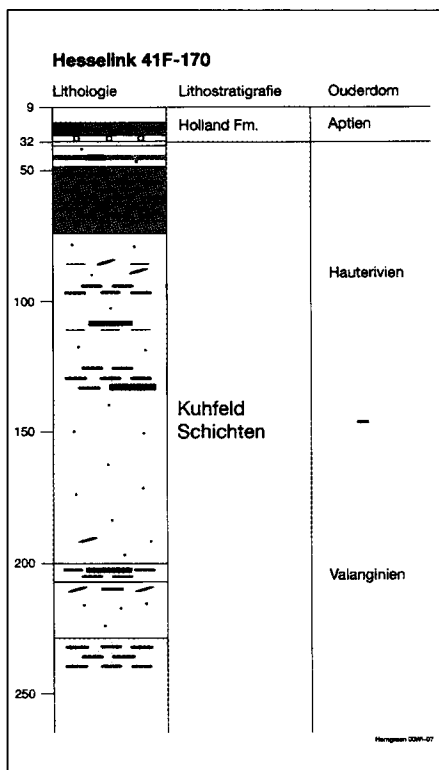
Het Callovien van de 'Klomp member', een donkergrijze, vette, sterk kalkhoudende klei, werd reeds beschreven in Herngreen *et al.* (1984). Vanwege mogelijke scheefstelling van de lagen nabij een even ten zuiden van de boorlocatie gelegen breuk, is de werkelijke dikte van het doorboorde klei-pakket tot 53,50 m onbekend. Een bevestiging van het voorkomen van Midden-Callovien werd gevonden in de lithologisch identieke klei 14,00-18,00 m in boring

Mr. Brouwerweg. Het gelijktijdig voorkomen van de dinoflagellaten *Ctenidodinium coronatum*, *Pareodinia prolongata* en *Stephanelytron scarburghensis* geeft waarschijnlijk het jongste deel van het Midden-Callovien, het equivalent van de *coronatum* (standaard ammonieten) Zone. Met zekerheid blijkt deze datering uit de fauna's die duidelijke 'markers' bevatten, te weten *Lophocythere interrupta interrupta*, *L. interrupta* sp. A, *Pseudohutsonia tuberosa* en de foraminiferen *Fronicularia franconia franconia*, *Lenticulina (L.) ectypa* en *Planularia cordiformis/ beierana*. Een duidelijk wat jonger Callovien kan aangetoond worden in boring Burloseweg, Kotten, waar op 18,00-18,50 m in een harde, grijze, kalkige siltsteen frequent *Ctenidodinium*, vnl. *C. ornatum*, wordt gevonden in associatie met *Liesbergia liesbergensis* en *Wanaea acollaris* die de datering beperken tot Laat-Callovien tot Vroeg-Oxfordien. De stratigrafisch minder bekende *Meiourugonyaulax reticulata* suggereert dat het Vroeg-Oxfordien is uit te sluiten.

3.3 Jura/Krijt-grensgebied: Serpuliet Laagpakket en nog onbenoemde lithostratigrafische eenheden

Boring	Archiefnr	Jaar	Coördinaten	F/O	D/S	Datering
Proefboring K	41F-001	1907	252.235-446.765	x	x	Laat-Portlandien en Valanginien
Reprise K	41F-169	1995	252.190-446.790	x	x	Laat-Ryazanien en Valanginien

Tabel 3: Overzicht van nieuwe of opnieuw bewerkte boringen uit het Jura/Krijt-grensgebied.



Afb. 5. Vereenvoudigde boorkolom van Hesselink met 'Kuhfeld-Schichten' en Aptien.

In zijn samenvatting van de stratigrafie van de Achterhoek geeft Van Adrichem Boogaert (1975) een 18 m dik pakket Portlandien in proefboring K. Deze boring is de laatste decennia diverse malen onderwerp van (bio)stratigrafisch onderzoek geweest. De samenvatting van de conclusies bracht een viertal opmerkelijke feiten aan het licht (Afb. 4.1):

1. De Cyrenenkalk van 41,85-45,10 m, Cyrenenbreccie, kalk- en kalkzandsteen tot 63,50 m, een pakket dat gedateerd kon worden als Laat-Portlandien, kan elders in de Achterhoek niet bevestigd worden.

De zes getelde sporomorfen-spectra bevatten 30-76% *Classopollis* en lage waarden, ca. 1-2%, van *Cicatricosisporites*. De ostracoden geven naast een *Cypridea*-fauna met *C. granulosa* en *C. posticalis* tevens de vormen *Fabanella boloniensis*, *Klieana alata*, *Scabriculocypris trapezoides* en voorts *Serpula*'s en charofyten.

2. Deze Boven-Portlandien- (Serpuliet-) afzetting betreft een stratigrafisch geïsoleerd voorkomen: eronder ligt met een groot hiaat Lias (Pliensbachien), erboven Valanginien.

3. De aanwezigheid van Valanginien-ijzeroöliten in een bank tussen 39,60-41,90 m is, afgezien van een vergelijkbare lithologische ontwikkeling op 27,95-29,00 m in boring Legters 41F0165 uit 1994, een unicum voor de Achterhoek.

4. Het vermeende Tertiair tussen 21-42 m berust op een interpretatiefout van de Rijksopsporing van Delfstoffen. Reeds in 1973 werd duidelijk dat het basale deel met zekerheid is te dateren

als Vroeg-Krijt, mogelijk Valanginien. Nader onderzoek uit 1992 maakte deze ouderdomsbepaling zeker; voor het interval 21-39 m wordt dit vermoed.

Deze successie met Portlandien-kalk en Valanginien-ijzeroölite paste niet in het regionale beeld en riep de veronderstelling op dat proefboring K (1907) wellicht verwisseld was met boring L (1908) nabij Buurse in Twente. Teneinde zekerheid te verkrijgen over de stratigrafische opeenvolging op locatie K is in oktober 1995 een nieuwe puls- en counterflush-boring (41F-169) gezet. In dit verband moet worden opgemerkt dat de exacte positie van proefboring K niet bekend is: wel is de kadastrale aanduiding vermeld (sectie C, nummer 1973), doch de coördinaten binnen dit perceel nabij grenspaal 791 zijn niet aangegeven.

Voor de boorkolom van 41F-169 wordt verwezen naar afb. 4.2.

De kalkrijke kleisteen, schelpenbreccie en kalkzandsteen 37,60-36,75 m wordt gekenmerkt door het veelvuldig, deels massaal, o.a. in tetradeverband voorkomen van de pollenkorrel *Classopollis* én de dinoflagellaat *Muderongia microporata*, voorts is de zoetwateralg *Botryococcus* goed vertegenwoordigd. De microfauna levert ostracoden uit een zoet en brak milieu als *Bisulcocypis silvana*, *Cypridea alta*, *C. setina*, *C. valdensis/alta*, *C. valdensis*, *Damonella pygmaea*, *Haplocytheridea delicatula*, *Macrodentina mediostricta transfuga*, *Pachocytheridea compacta*, *Paranotacythere (P.) auricula*, *Procytheropteron granatum*, *Schuleridea thoerenensis*, en *Theriosynoecum fittoni germanica* en massaal optreden van de brak tot mariene *Fabanella boloniensis* op 37,25-36,0 m. Deze 'Wealden'-achtige sedimenten zijn afgezet in een kustnabij lagunair, brakke 'setting' en zijn te dateren als Laat-Ryazanien, het equivalent van de *albidum* Zone. Van het geelbruin tot rode pakket kalkhoudende klei en ijzeroölite 36,75-33,60 m kon uitsluitend op 36,25-35,75 m de ouderdom vastgesteld worden. *Batioladinium varigranulosum*, *Oligosphaeridium asterigerum* en *O. complex* geven in combinatie met vooral de foraminifeer *Ammovertella cellensis* marien Valanginien rond de grens Vroeg-/Laat-Valanginien.

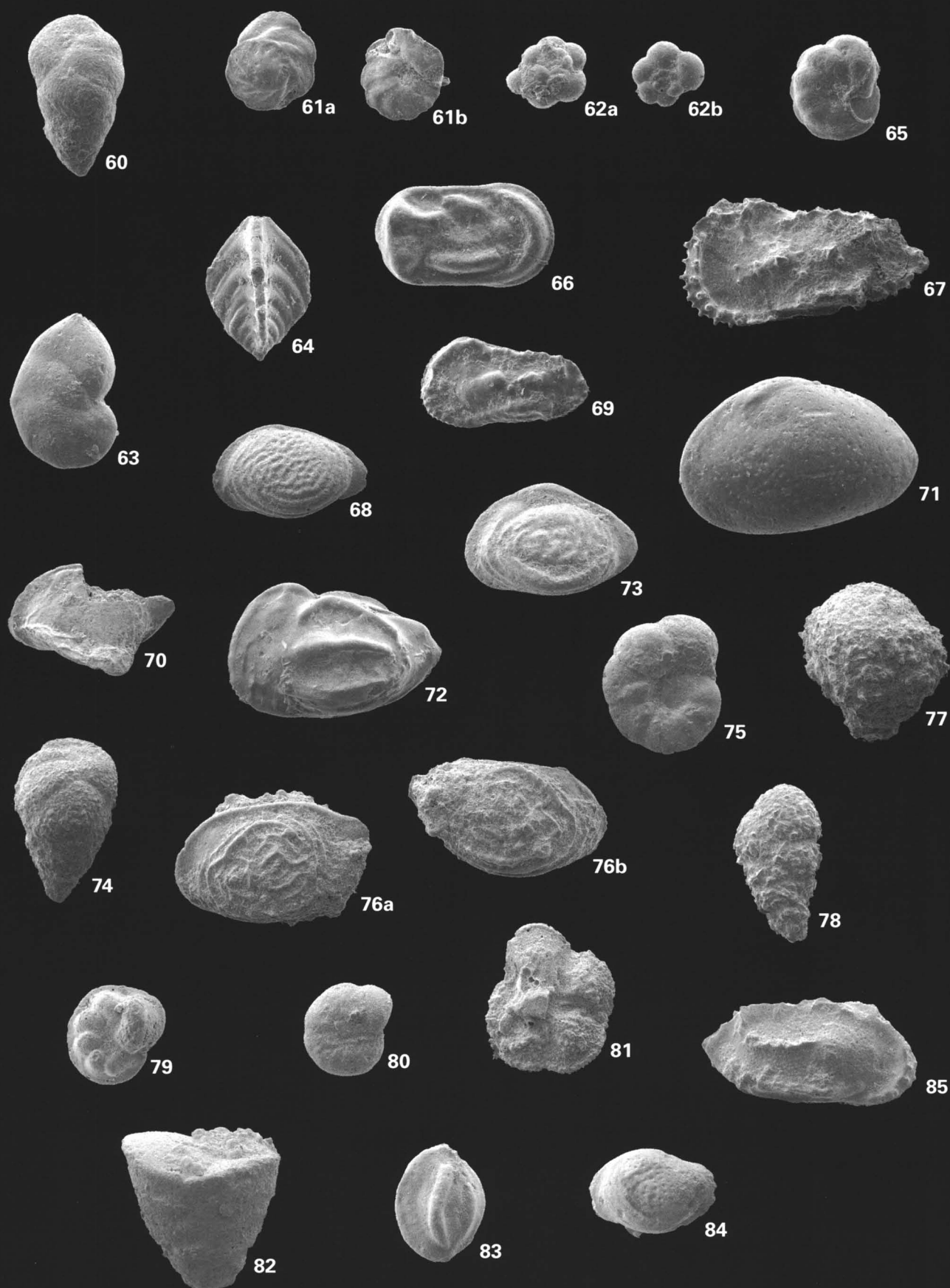
De resultaten van boring 41F-169, een reprise van proefboring K, leiden tot drie conclusies:

1. De lithologische successie in 41F-169 bevestigt in grote lijnen die van K en er mag dus worden aangenomen dat K inderdaad geboord is op kadastrale locatie K1973.

2. De associaties uit de schelpkalk met kleiige en zandige inschakelingen (K) en sterk kalkhoudende kleisteen met schelpafdrucken, schelpenbreccie en

Plaat III

- 60 *Arenobulimina macfadyeni* Cushman 1936, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 61 *Osangulatia schloenbachi* (Reuss 1863), a) dorsaal, b) ventraal, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 62 *Hedbergella infracretacea/delrioensis*, 2 exempl., beide dorsaal, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 63 *Lenticulina (Lenticulina) cephalotes* (Reuss 1863), Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 64 *Tristix acutangula* (Reuss 1863), Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 65 *Lingulogavelinella albiensis* Malapris 1965, dorsaal, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 66 *Cytherelloidea chapmani* Stchepinsky 1955, rechter klep, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 67 *Rehacythereis luermannae* Gründel 1973, linker klep, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 68 *Physocythere semiconcentrica* Gründel 1966, linker klep, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 69 *Rehacythereis gatyensis* Neale 1978, linker klep, Kotten 110-111 m, Midden-Albien, 70x
- 70 *Cytheropteron (Eocytheropteron) protonsa* Kaye 1965, linker klep, Damkot 3,00-3,50 m, laat Midden-Albien, 70x
- 71 *Schuleridea jonesiana* Mertens 1956, linker klep, Damkot 4,00-4,50 m, laat Midden-Albien, 70x
- 72 *Protocythere lineata striata* Gründel 1966, carapax links, Damkot 3,00-3,50 m, laat Midden-Albien, 70x
- 73 *Neocythere semilaeva* Kaye 1963, linker klep, Kotten 95-96 m, Laat-Albien, 70x
- 74 *Arenobulimina chapmani* Cushman 1936, Kotten 95-96 m, Laat-Albien, 70x
- 75 *Gavelinella baltica* Brotzen 1942, dorsaal, Kotten 95-96 m, Laat-Albien, 70x
- 76 *Physocythere steghausi* Gründel 1966, a) linker klep, b) rechter klep, Kotten 50-51 m, Vroeg-Cenomanien, 70x
- 77 *Flourensina intermedia* ten Dam 1950, Kotten 50-51 m, Vroeg-Cenomanien, 70x
- 78 *Plectina mariae* (Franke 1928), Kotten 50-51 m, Vroeg-Cenomanien, 50x
- 79 *Lingulogavelinella jarzevae* (Vasilenko 1954), dorsaal, Kotten 50-51 m, Vroeg-Cenomanien, 70x
- 80 *Lingulogavelinella globosa* (Brotzen 1945), dorsaal, Kotten 6,50-7,00 m, Midden-Cenomanien, 70x
- 81 *Rotalipora cushmani* (Morrow 1934), ventraal, Kotten 6,50-7,00 m, Midden-Cenomanien, 70x
- 82 *Pseudotextulariella cretosa* (Cushman 1932), Kotten 6,50-7,00 m, Midden-Cenomanien, 70x
- 83 *Quinqueloculina antiqua* (Franke 1928), Kotten 50-51 m, Vroeg-Cenomanien, 70x
- 84 *Phthanoloxoconcha bluebellensis* (Weaver 1982), linker klep, Kotten 6,50-7,00 m, Midden-Cenomanien, 70x
- 85 *Mandocythere spec.* A Weaver 1982, rechter klep, Kotten 6,50-7,00 m, Midden-Cenomanien, 70x



Boring	Archiefnr	Jaar	Coördinaten	F/O	D/S	Datering
Ammeloe 32			R25.60900 H57.69300	-	x	Laat-Hauterivien
Ammeloe 33			R25.60710 H57.67670		x	Hauterivien
Hesselink	41F-170	1996	251.488-440.425	-	x	Valanginien-Hauterivien
Höfkes	41F-131	1990	251.025-440.000		x	L-Ryzanien-Valanginien
Proefb. K	41F-001	1907	252.235-446.765	x	x	Valanginien
Reprise K	41F-169	1995	252.190-446.790	x	x	Valanginien
Grensk. Kotten	41F-168	1995	251.610-439.840		x	Valanginien-Hauterivien
Legters	41F0165	1994	252.065-446.385		x	?Vroeg-Hauterivien
Meenzicht	41F0127	1986	251.240-446.890		x	Valang-vroegste Hauteriv
Sloetjes-Nijman	41F0130	1986	250.730-446.995		x	?Vroeg(ste) Valanginien
Te Winkel	41F0128	1987	251.335-447.160		x	vroeg Vroeg-Valanginien
					x	Valang-vroegste Hauteriv

Tabel 4: Overzicht van nieuwe of opnieuw bewerkte boringen sinds 1975 met 'Kuhfeld-Schichten' (pre-Aptien Vroeg-Krijt).

kalkzandsteen met veel schelpen (41F-169) zijn micropaleontologisch zeer verschillend van samenstelling en ouderdom.

3. Het bovenstaande betekent dat in 1995 weliswaar nabij K is geboord, doch stellig niet op exact dezelfde locatie. Dit vormt tevens de verklaring voor het feit dat twee verschillende kalkvoerende en schelprijke pakketten zijn aangeboord, waarbij de vraag rijst wat zich hiertussen (?equivalenten van Wealden 1-3) kan bevinden (Afb. 4.3).

3.4 Onder-Krijt: 'Kuhfeld-Schichten'

De aanwezigheid én ouderdom van terrestrische afzettingen uit het Onder-Krijt, die in de aangrenzende gebieden rond Alstätte bekend staan als 'Kuhfeld-Schichten', is lange tijd een punt van discussie geweest. Bentz (1930 en 1930-1933) beschreef de 'Kuhfeld-Schichten' als een opeenvolging van limnische afzettingen (= zoetwater-afzettingen) van Valanginien-ouderdom in het Alstätter Bekken. Ze bestaan voornamelijk uit witte, zandige klei of kleiig fijnkorrelig zand met veelvuldig pyriet en houtresten in het noordelijk deel van het bekken; in het zuidelijk deel overheersen gele zanden met grindlenzen en -lagen en komen regelmatig bruinkoollagen voor.

Nader onderzoek in het gebied rond de Barlerberg wees uit dat belangrijke delen van de 'Kuhfeld-Schichten' van mariene oorsprong zijn en bovendien tot in het Boven-Hauterivien kunnen reiken (Herngreen *et al.* 1994). In het overzicht van de boringen worden, vanwege het grote belang, ook enkele boringen uit Duitsland opgenomen.

De oudste Kuhfeld-afzettingen worden gevonden in boring Höfkes (Afb. 3) en gedateerd in violetgrijze klei als laatste Ryzanien-vroegste Valanginien (*albidum-Paratollia* zones). Dit op grond van de dino's *Ctenidodinium elegantulum*, *Hystrichosphaerina schindewolfii*, *Kleithriasphaeridium fasciatum/corrugatum*, *K. porosispinum*, *Muderongia*

extensiva, *Pseudoceratium pelliiferum* en *Tubotuberella apatela*. Het mariene karakter wordt bevestigd, zij het meestal als ongedifferentieerd Valanginien-vroegste Hauterivien, in een reeks andere boringen: K (1995; Valanginien), Legters, Meenzicht (vroegste Valanginien), Sloetjes-Nijman en Te Winkel. Terrestrische pakketten van Valanginien-Hauterivien-ouderdom zonder aantoonbare mariene inschakelingen zijn aanwezig in boring grenskantoor Kotten en Hesselink (Afb. 5). In de monsters van deze boringen is regelmatig de zoetwater-alg *Botryococcus* gevonden en enkele soorten die karakteristiek zijn voor poeltjes, vochtige bodems, e.d. milieus als *Lecaniella* (een fossiele vertegenwoordiger van het recente geslacht *Debarya*) en *Schizosporis reticulatus* (beide Zygnemataceae). Een Laat-Hauterivien-ouderdom kon als jongste datering aangetoond worden in een dunne (enkele dm dikke) mariene intercalatie in een kleilaag van boring Ammeloe-32 met o.a. *Callaiosphaeridium asymmetricum*, *Canningia duxburyi*, *Chlamydothorella*

Plaat IV

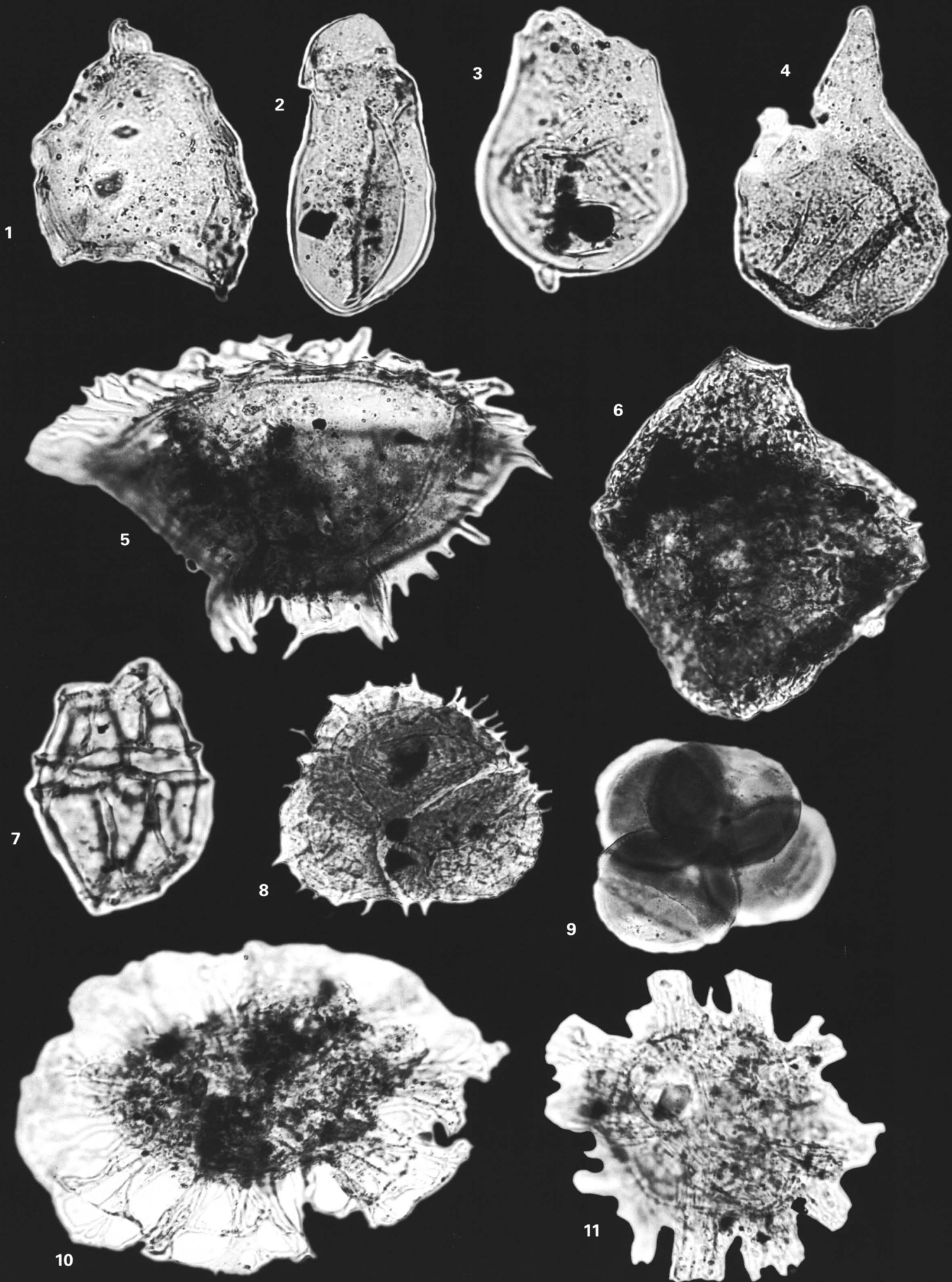
- 1 *Nannoceratopsis dictyambonis* Riding 1984, Kotten 215 m, laatste Toarcien-vroegste Aalenien, 1000x
- 2 *Wallodinium laganum* Feist-Burkhardt & Monteil 1994 (de jurassische vorm van *W. cylindricum*), Kotten 200 en 195 m, laatste Toarcien-vroegste Aalenien; met nog vastzittend operculum, 1100x
- 3 Dito, met apicale archeopyle, 1100x
- 4 *Parodinia ceratophora* Deflandre 1947, Kotten 170 m, Aalenien-vroegste Bajocien, 1100x
- 5 *Ctenidodinium ornatum* (Eisenack) Deflandre 1939, Nieuw Siebelink II 34,85-35,00m, Midden-/Laat-Bathonien, hypocyst en antapex, 900x
- 6 *Endoscrinium galeritum* (Deflandre) Vozzhennikova 1967 subsp. *reticulatum* (Klement) Górka 1970, dito, 800x
- 7 *Carpathodinium predae* (Beju) Drugg 1978, proefboring D 162 m, Vroeg-Bathonien, 1000x
- 8 *Heliosporites altmarkensis* Schulz 1962, Craelius 2 (=Winterswijk 41F-030) 18,20 m, overgang Rhätien/Lias, 750x
- 9 *Circulina meyeriana* Klaus 1960, proefboring F 90 m, Lias γ, in tetradeverband, 1000x
- 10 *Hystrichosphaerina schindewolfii* Alberti 1961, Te Winkel 20,80-21,25 m, Valanginien-vroegste Hauterivien, 800x
- 11 *Kleithriasphaeridium corrugatum* Davey 1974, Meenzicht 32,55-33,05 m, vroegste Valanginien, 1000x

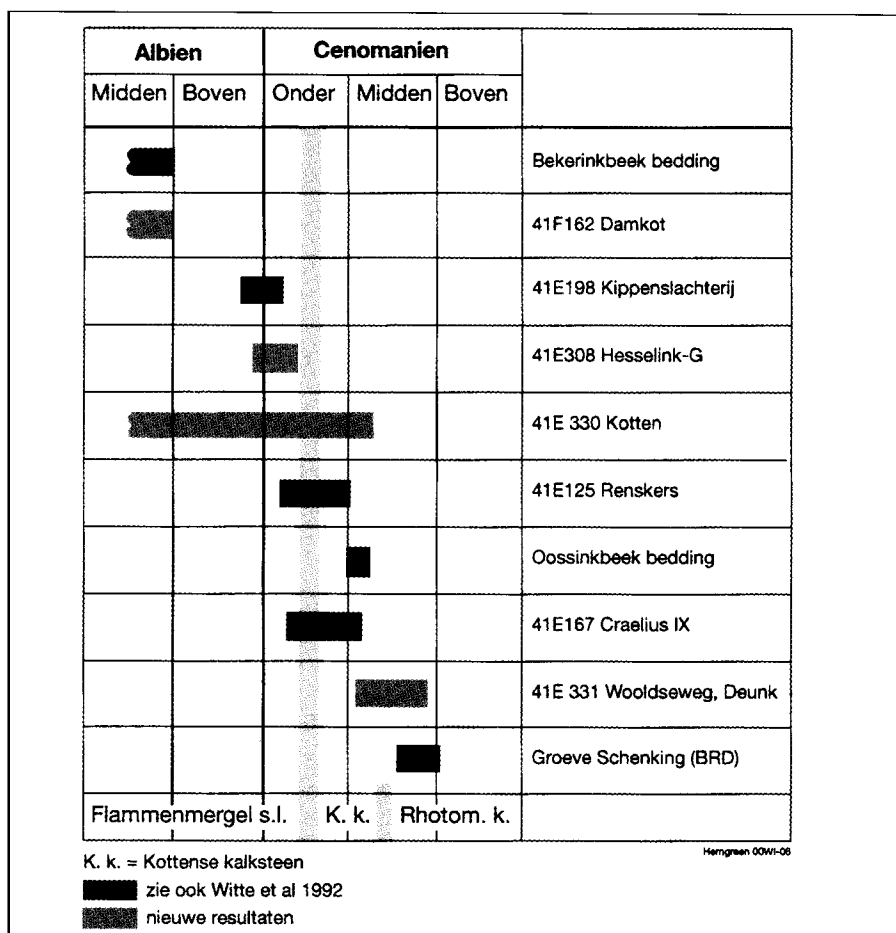
trabeculosa, *Coronifera oceanica*, *Nelchinopsis kostromiensis*, *Pterodinium cingulatum* en *Subtilisphaera terrula*.

Na correctie i.v.m. het hellingsbedrag wordt de dikte van de 'Kuhfeld-Schichten' in continentale faciës geschat op 200 m (Hesselink), hierbij komt ca. 10 m marien beïnvloede afzettingen en nog een pakket van onbekende dikte, ?40 m, witte zanden, zodat de totale dikte in de Achterhoek

Boring	Archiefnr	Jaar	Coördinaten	F/O	D/S	Datering
Wooldseweg, Deunk	41E-331	1998	246.165-441.175	x	x	Midden-Cenomanien
Oossinkbeek		1990	250.175-440.150	x		Midden-Cenomanien
Renskers	41F-125	1984	250.420-440.890	x		Vroeg-Cenomanien
Mr Meinenweg 5	41F-173	1997	250.295-440.140		x	Cenomanien
Kippenslacherij	41E-198	1968	248.980-441.200	x		grens Alb/Cenomanien
Hessel.-Geessink	41E-308	1993	249.470-440.590	x		L-Albien, V-Cenomanien
Craelius IX	41E-167	1961	249.730-440.640	x		L-Albien-V-Cenomanien
Wiebersweg	41F-171	1997	250.633-439.934		x	L-Albien(?-Cenomanien)
Staring Centrum-DLO, 56028	41F-172	1997	251.115-439.540		x	Laat-Albien
Bekerinkbeek		1990	250.825-440.850	x	x	Midden-vr Laat-Albien
Proefb. D	41E-119	1907	247.610-441.820	x		?Aptien, M-en L-Albien
Damkot	41F-162	1992	251.780-440.395	x		laat Midden-Albien
Boven Slinge		1990	250.725-440.725		x	laatste Aptien
Beskers	41F-123	1988	251.000-440.840		x	Laat-Aptien
Kotten	41E-330	1998	249.830-440.376	x	x	Aptien, grens A/A, M-Albien-M-Cenomanien
Nijenhuis II	41F-133	1991	251.570-440.540	x	x	?V, laat L-Apt, gr A/A, M-Albien
Corle 2 VB2	41E-307	1993	242.025-441.915	-	x	laat Vroeg-Aptien
Hesselink	41F-170	1996	251.488-440.425	x	x	V-Aptien, Aptien
Wilterdink	41F-124	1989	251.280-440.575	-	x	Aptien, grens A/A
Seismische lijn NAM 751068		1975		x	x	Aptien, Albien

Tabel 5: Overzicht van nieuwe boringen sinds 1975 met Aptien-, Albien- of Cenomanien-afzettingen.





6. Stratigrafische positie van boringen en ontsluitingen in het Midden-Albien tot Boven-Cenomanien (naar Witte et al. 1992).

uitkomt op ten minste 250 m. Uit de aangrenzende delen in Duitsland zijn dikten bekend van ruim 200 m.

3.5 Aptien-Albien: Holland Formatie

Aptien- en Albien-afzettingen zijn uit Noord-Nederland, het Midden-West-Nederland en het Noordzegebied beschreven als de Holland Formatie. Een klassieke driedeling is van oud naar jong: Onder Holland Mergel (Aptien), Midden Holland Schalie (vooral Vroeg- en Midden-Albien) en Boven Holland Mergel (Laat-Albien). Voorts kunnen in dit gehele stratigrafisch bereik groenzanden voorkomen die evenwel uitsluitend bekend zijn uit het West Nederland en Breeveertien Bekken. De stratigrafische positie van de verschillende boringen en ontsluitingen waarin Albien-Cenomanien is gevonden wordt in afb. 6 aangegeven.

Aptien: Holland Groenzand Laagpakket

Afzettingen van Aptien-ouderdom zijn uit de Achterhoek nog niet beschreven of herkend. Monsters van verschillende ontsluitingen of boringen bleken 'fossielloos' waarmee bedoeld werd dat er geen macrofossielen in gevonden werden of, zoals later bleek, ontkaakt, waardoor geen sporen van bijv. foraminiferen met een kalkskelet achterbleven. De palynomorfen zijn

evenwel goed bewaard en met name de dinoflagellaten maken betrouwbare dateringen mogelijk.

Het betreft kalkvrije, groene en donkergrijze klei en fosforieten met in de spoelresidu's een aanzienlijke component glauconitisch zand en glauconietvoerende zandsteen met, zoals in de boringen Hesselink (Afb. 5) en Kotten (Tabel 5) werd aangetroffen, een tot 1 meter dik basisconglomeraat. Slechts in Corle 2 is kalkrijke klei aanwezig. De dikste pakketten, gemeten langs het boorgat, zijn tot nu toe gevonden in Hesselink (22 m), Kotten (maximaal ca. 25 m), Beskers (max. 40 m), Wilterdink (ca. 60 m) en Nijenhuis II (ca. 68 m). De dino-associaties zijn zeer rijk en gevarieerd. De meer gedetailleerde dateringen geven Laat-Aptien en het grensgebied Aptien/Albien (*jacobi-tardefurcata* zones). In verschillende andere boringen is ongedifferentieerd of laat Vroeg-Aptien tot vroeg Laat-Aptien aangetoond. Er zijn nog geen aanwijzingen voor het oudere Vroeg-Aptien. Tot de soorten die (vrij) algemeen zijn en waarvan het gelijktijdig voorkomen tot Aptien doet besluiten, behoren *Callaiosphaeridium trycherium*, *Cauca parva*, *Cerbia tabulata*, *Chlamydophorella trabeculosa*, *C. membranoidea*, *Dingodinium cerviculum*, *Protoellipsodinium spinocristatum* en *Stephodinium daveyi/spinulosum*. *Ctenidodinium elegantulum* en

Heslertonella heslertonensis hebben hun top in het Onder-Aptien. Jongere soorten die in het Boven-Aptien verschijnen zijn *Aldorfia vectensis*, *Ovoidinium scabrosum*, *Rhombodella paucispina* en *Stephodinium coronatum*; andere lopen nog net tot in het oudste Vroeg-Albien door, bijv. *Hystrichosphaerina schindewolfii* en *Occisucysta tentoria*. Uitsluitend in boring Hesselink is een zandschalige fauna uit het (?Vroeg-)Aptien met *Gaudryinella sherlocki*, *Textularia bettenstaedti*, *Trochaminella saxonica* en *Verneuilinoides subfiliformis* gevonden.

Het door Stapert (1974) uitgesproken vermoeden dat de groene, glauconiethoudende klei in het dal van de Boven Slinge een andere laag is dan de klei ontsloten in de beek bij boerderij Bekerink wordt thans bevestigd. De Slinge-klei is Laat(ste) Aptien en de zogenoemde 'minimus-lagen' zijn van Midden-Albien-tot vroeg Laat-Albien-ouderdom. Deze laatste afzetting komt in situ voor in boring Damkot, maar in de Bekerinkbeek betreft het verspoelde belemnieten.

Albien: Boven Holland Mergel Laagpakket

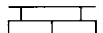
Licht- tot donkergrijze glauconitische mergels domineren in de lithologische beschrijvingen; in het Boven-Albien neemt glauconiet wat af. In de kernmonsters van proefboring D is voor het Albien-interval, ca. 66-110 m, ook grijsgroene, fijnkorrelige zandsteen vermeld tussen 94-110 m. Naast deze boring is uitsluitend in Kotten 41E-330 (Tabel 5) een aanzienlijk traject Midden- tot Boven-Albien-afzettingen doorboord. Korte, gekerde intervallen zijn voorts aanwezig in Damkot en Nijenhuis II (Midden-Albien) en Hesselink-Geessink (Boven-Albien). Van belang is dat nergens eenduidig het Onder-Albien kon worden aangetoond.

Zeer rijke microfauna's en dinoflagellaten-associaties staan nauwkeurige ouderdomsbepalingen toe. Onder de dino's zijn *Litosphaeridium arundum* en *L. conispinum* karakteristieke Albien-vormen. *Carpodinium granulatum*, *Cauca parva*, *Protoellipsodinium spinocristatum* en *P. spinosum* hebben hier hun top, terwijl *Ovoidinium scabrosum* verdwijnt rond de grens Albien/Cenomanien. Belangrijke nieuwkomers in het Laat-Albien zijn *Ellipsodinium rugulosum*, *Litosphaeridium siphoniphorum*, *Ovoidinium verrucosum*, *Palaeohystrichophora infusorioides*, *Psalignonyaulax deflandrei* en *Xiphophoridium alatum*. Kenmerkend voor het Midden-Albien is het gezamenlijk optreden van de foraminiferen *Arenobulimina macfadyeni* en *Osangularia schloenbachi*. Dit is het geval in de boringen Kotten, Damkot en D. Het Midden-Albien van Nijenhuis II is ontkaakt, zodat slechts de zand-

Achterhoek

Ma	Chronostratigrafie		Lithostratigrafie		Geschematiseerde lithologie	Tektonische fase	
			Groep	Formatie / Laagpakket			
65	TERTIAIR	V	Oligoceen	Midden Noordzee		Pyreneïsch Laramisch	
			Eoceen	Onder Noordzee			
			Paleoceen	Onder Noordzee			
	KRIJG	L	Maastrichtien	Chalk		Subhercynisch	
			Campanien				
			Santonien				
			Coniacien				
			Turonien				
			Cenomanien				
		V	Albien	Rijnland	Holland		Austrisch
			Aptien				
			Barrémien				
Hauterivien							
Valanginien							
Ryazanien							
±133	L	Portlandien			? Laat-Kimmerisch I		
		Kimmeridgien					
		Oxfordien					
	M	Callovien	Altena		Midden-Kimmerisch		
		Bathonien					
		Bajocien					
		Aalenien					
		Toarcien					
		Pliensbachien					
		Sinemurien					
	V	Hettàngien					
205	TRIAS	Rhätien			Vroeg-Kimmerisch		

V = Vroeg M = Midden L = Laat



Kalk



Mergel



Zand



Bitumineuze klei



* * Glauconiet



|| Vulkanische mineralen



○ Concreties



◉ Oölieten



■ Houtresten

Herrgreen 00WI-09

Afb. 7. Samenvatting stratigrafie van de bovenste Trias tot Onder-Tertiair in de Achterhoek. De radiometrische tijd voor de Jura/Krijt-grens loopt in de literatuur zeer uiteen.

schalige *A. macfadyeni* werd aangetroffen. De voornoemde boringen met kalkrijke afzettingen bevatten voorts foraminiferen-associaties met vormen als *Epistomina spinulifera*, *Gavelinella intermedia*, *Lenticulina* (L.) *cephalotes*, *Lingulogavelinella albiensis*, *Pleurostomella obtusa*, *Tristix excavata*, *Tritaxia pyramidata*, *Valvulinaria parva* en de planktonische *Hedbergella infracretacea/delrioensis*. Enkele kenmerkende ostracoden zijn: *Cytherelloidea chapmani*, *Cytheropteron* (E.) *protonsa*, *Physocythere semiconcentrica*, *Rehacythereis gatyensis*, *R. luermae* en *Schuleridea jonesiana*. Gidsvormen voor het Boven-Albien van D en Kotten zijn *Arenobulimina chapmani*, *Gavelinella baltica*, *G. berthelini*, *G. intermedia*, *Valvulinaria loetterei* en een massaal optreden van de planktonische soorten *Hedbergella delrioensis* en *H. planispira*. Kenmerkende ostracoden zijn hier *Cytheropteron nanissimum*, *Neocythere* (P.) *semilaeva*, *Protocythere albae* en *P. lineata striata*. Voor het Albien/Cenomanien-grensgebied van Hesselink-Geessink en Kotten zijn karakteristiek *Arenobulimina sabulosa*, *Flourensina intermedia*, *Lingulogavelinella jarzevae*, *Quinqueloculina antiqua* en de ostracode *Physocythere steghausi*.

3.6 Cenomanien: Texel Formatie

De Boven-Krijt-sedimenten zijn sterk kalkhoudend en staan bekend als Texel Formatie (Cenomanien) en Ommelanden Formatie (Turonien-Maastrichtien). De Texel Formatie is overwegend mergelig van karakter (Texel Mergel), naast het Texel Groenzand, in tegenstelling tot de kalksteen van de Ommelanden Formatie. Op de grens van beide formaties bevindt zich de Plenus Mergel (jongste Cenomanien) die evenals de Ommelanden Formatie tot dusver niet in de Achterhoek aantoonbaar is. De lithologische ontwikkeling in de Achterhoek sluit goed aan bij die in de rest van Nederland, waarbij vooral naar voren komt dat geen glauconiet meer aanwezig is. Voor de locaties met Cenomanien wordt verwezen naar Tabel 5 en Afb. 6.

Het Onder-Cenomanien is goed ontwikkeld in boring Kotten, 50-10 m (Afb. 6). Onder de dino's worden *Litosphaeridium siphoniphorum* en *Palaeohystrichophora infusorioides* nu algemeen. Nieuw is *Cyclonephelium*

membraniphorum; *Ovoidinium scabrosum* en *O. verrucosum* hebben hun top in respectievelijk de *mantelli* en *dixoni* Zone. Het Midden-Cenomanien is in 1999 voor het eerst aangetroffen in de vrijwel witte kalk van boring Deunk. *Epelidosphaeridia spinosa*, *Euridinium saxoniensis*, *Isabelidinium magnum* en *Pterodinium* cf. *crassimuratum* in Marshall 1983 bepalen hier de ouderdom. De foraminiferenfauna uit deze boring bevat gidsvormen voor het Midden-Cenomanien als *Lingulogavelinella globosa*, *Plectina mariae*, *Pseudotextulariella cretosa* en de planktonische *Rotalipora cushmani* en *R. greenhornensis*. Enkele kenmerkende ostracoden zijn *Mandocythere* sp. A en *Phthanoloxoconcha bluebellensis*.

3.7 Paleoceen-Eoceen: Formatie van Dongen

Paleocene en eocene afzettingen zijn niet eerder uit de Achterhoek beschreven en het voorkomen werd vrij algemeen voor onwaarschijnlijk gehouden gezien de opheffing (de Pyreneïsche tektonische fase) rond de grens Eoceen/Oligoceen die, vooral in centraal Nederland, werd gevolgd door aanzienlijke erosie. Des te verrassender zijn enkele zeer recente resultaten als samengevat in Tabel 6. Ook in Meddo komt Eoceen voor (Van den Bosch 1999).

Paleoceen

Onder de Formatie van Ratum is op de locatie Bessinkgoorweg tussen 84,95-87,25 m een pakket sterk kalkhoudende-kalkige klei met wisselende hoeveelheden glauconiet aangeboord. Het gesteente is opmerkelijk licht van gewicht. Dit doet in combinatie met de datering vermoeden dat het om een tuffiet zou kunnen gaan. Karakteristiek is de sterke dominantie van *Areoligera gippingensis* met daarnaast het voorkomen van *Deflandrea oebisfeldensis* en *Glaphyrocysta exuberans* én de afwezigheid van soorten uit het geslacht *Apectodinium* en het *Wetzeliella* s.l. complex. Deze associatie maakt duidelijk dat de ouderdom zeer Laat-Paleoceen is. Dit wordt bevestigd door een kleine foraminiferenfauna die gedomineerd wordt door *Bulimina trigonalis*, een gidssoort voor het Paleoceen. In het onderzoek op zware mineralen worden beperkt augieten gevonden. De augiet wijst op een vulkanische oorsprong van ten minste een deel van het materiaal.

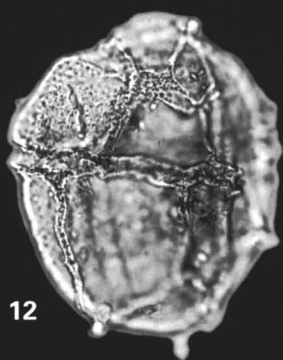
Plaat V

- 12 *Lithodinia callomonii* (Sarjeant) Gocht 1976, Klomps-3 2,50 m, Midden-Callovien, 600x
- 13 *Mendicodinium groenlandicum* (Pocock & Sarjeant) Davey 1979, Klomps-3A 53,00 m, Midden-Callovien, 600x
- 14 *Tubotuberella dangeardii* (Sarjeant) Stover & Evitt 1978 subsp. *primitiva* Sarjeant 1982, Klomps-3 2,00 m, Midden-Callovien, 700x
- 15 *Ctenidodinium elegantulum* Milloud 1969, Te Winkel 28,15-28,65 m, Valanginien-vroegste Hauterivien, hypocyst, de archeopyle wordt gevormd door de epicyst, 1000x
- 16 *Gardodinium trabeculosum* (Gocht) Alberti 1961, Hesselink 29,25 m, Aptien, 1000x
- 17 *Muderongia extensiva* Duxbury 1977, Sloetjes-Nijman 29,60-30,10 m, Valanginien-vroegste Hauterivien, 900x
- 18 *Psalignonyaulax deflandrei* Sarjeant 1966, Deunk, 35,50-36,00 m, laat Midden-Cenomanien, 1000x
- 19 *Ovoidinium scabrosum* (Cookson & Hughes) Davey 1970, Kotten 60 m, Laat-Albien, 1000x
- 20 *Stephodinium coronatum* Deflandre 1936, Kotten 110 m, Vroeg-/Midden-Albien, 1000x
- 21 *Cauca parva* (Alberti) Davey & Verdier 1971, Kotten 135 m, Aptien/Albien-grensgebied, 1000x
- 22 *Litosphaeridium conispinum* Davey & Verdier 1973, Kotten 90 m, Laat-Albien, 1000x

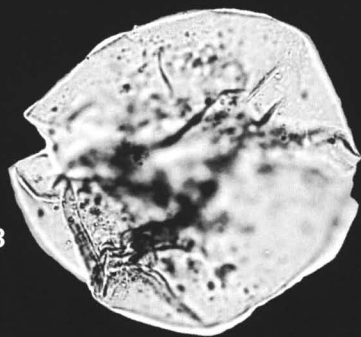
Ook de aangetroffen epidoot en hoornblende kunnen een magmatische oorsprong hebben. De habitus van de lichtefractie wijst niet in de richting van een normale as; mogelijk betreft het een puimsteenachtig gesteente dat door diagenetische processen verdicht is. Afgaande op de vulkanische mineralen zou het voorkomen aan de Bessinkgoorweg met het Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket gecorreleerd kunnen worden. Dit laagpakket heeft een grote verbreiding in het Noordzeegebied en is in mindere mate in N.O.- Nederland aangetroffen. Voor de ouderdom wordt Ypresien (Vroeg-Eoceen) aangenomen, doch hiervoor is geen biostratigrafische bevestiging aanwezig. De datering Laat-Paleoceen spoort veel beter met de Formatie van Landen en sluit goed bij gegevens uit Jutland. Alleen reeds uit Denemarken zijn ruim 170 aslagen uit het Paleoceen-Eoceen bekend die vaak in 'clusters' voorkomen. Afgaande op de ouderdom moet dan vooral aan het vroege deel van fase 2.1 (Knox 1997) gedacht worden. Dit vulkanisme hangt samen met de opening van de noordelijke Atlantische Oceaan en vindt zijn oorsprong in het gebied dat reikt van Oost-Groenland tot even ten N.W. van de Shetlandeilanden.

Boring	Archiefnr	Jaar	Coördinaten	F/O	D/S	Datering
Klooster	41E-311	1994	240.940-441.905		x	M/L-Eoceen (Bart/Priab)
Gruneweg	41E-325	1996	247.265-446.800		x	V-Eoceen (vr-Ypresien)
De Vlijt	41E	1983	244.600-441.230		x	als reworking: grens Paleoceen/Eoceen
Bessinkgoorweg	41E-310	1994	242.435-441.725	x	x	Laat-Paleoceen

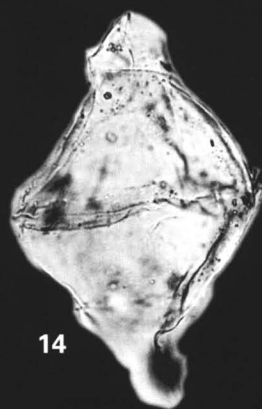
Tabel 6: Overzicht van boringen met Paleoceen of Eoceen.



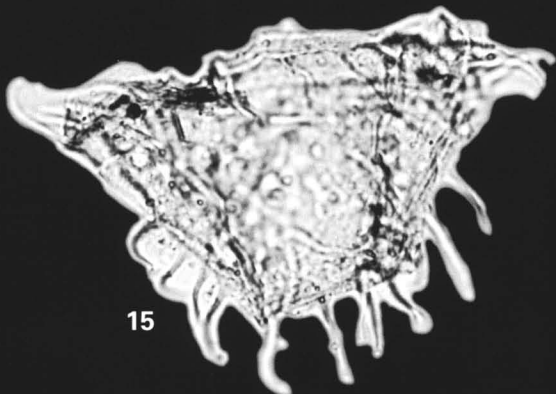
12



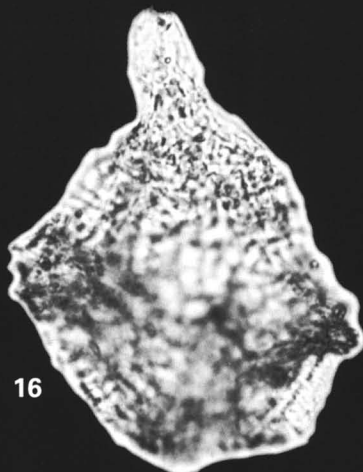
13



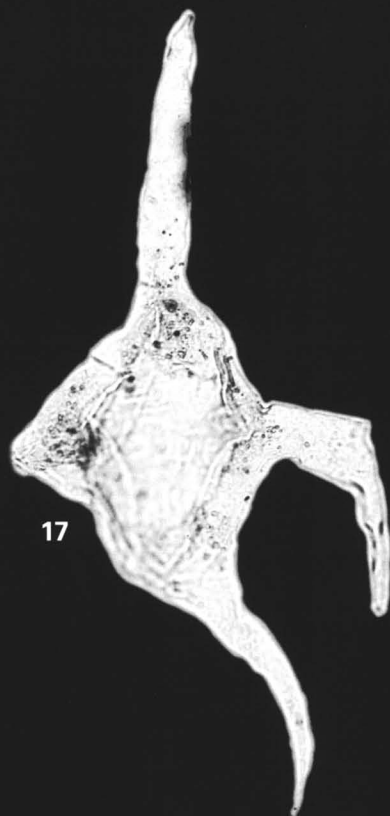
14



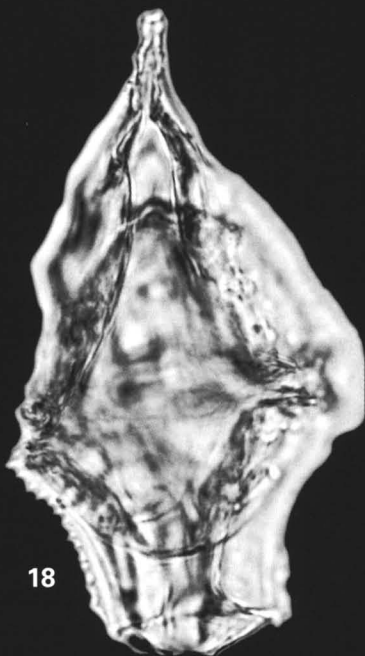
15



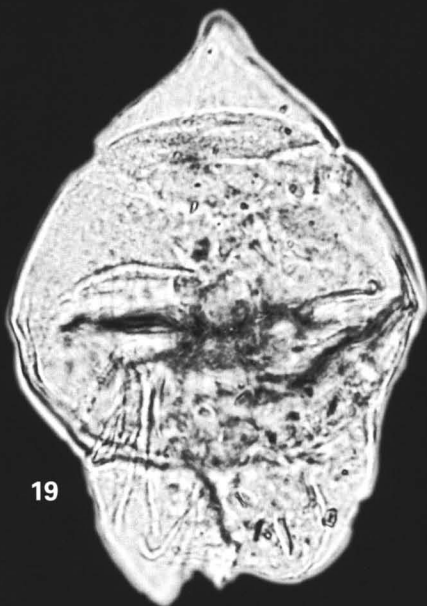
16



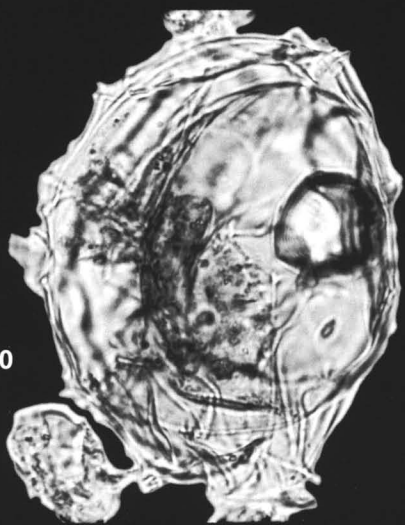
17



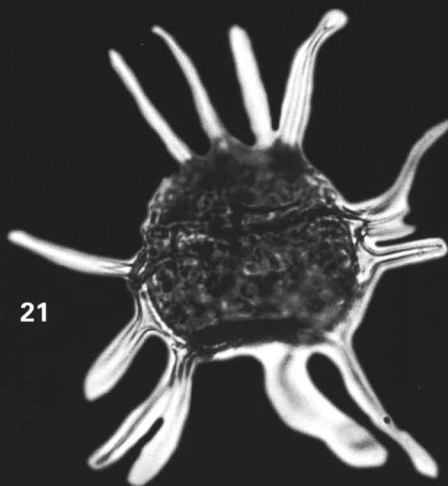
18



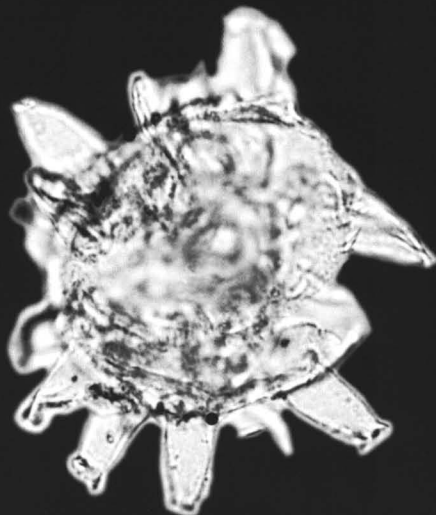
19



20



21



22

EOCEEN

In twee boringen is wat glauconiet-houdende klei aangetroffen: een sterk siltige magere klei in boring Gruneweg en een vette in Klooster. De dinoflagellaten-associaties en de lithologie maken duidelijk dat het om twee verschillende delen van de Formatie van Dongen gaat.

Monster 50,00-50,50 m op locatie Gruneweg geeft diverse soorten van *Apectodinium*, *Charlesdownia* en *Wetzeliella* en dit bepaalt de ouderdom op Vroeg-Eoceen, meer specifiek het vroeg-Ypresien jonger dan Nannoplankton Zone 10 (NP10). Tussen 115,75-117,25 m in boring Klooster toont, naast *Deflandrea phosphoritica*, het gelijktijdig voorkomen van soorten die in het laat Midden-Eoceen (Bartonien) verschijnen als *Cordosphaeridium cantharellum*, *Rhombodinium draco*, *Tectatodinium pellitum* en *Wetzeliella symmetrica*, ook vormen die hun top in het Laat-Eoceen hebben als *Lentinia serrata* en *Melitasphaeridium pseudorecurvatum*. De ouderdom ligt rond de grens Bartonien/Priabonien. Opvallend in de monsters van Klooster zijn donkerder dinoflagellaten die rond de grens Paleoceen/Eoceen thuishoren en waarvan het voorkomen aan 'reworking' wordt toegeschreven. Afzettingen van die ouderdom kunnen de verbinding vormen tussen die van Bessinkgoorweg en Gruneweg. Ook het resultaat van De Vliet 63,50-65,00 m, waar naast oligocene elementen een meer beperkte component uit het Boven-Paleoceen tot onderste Eoceen voorkomt, lijkt hier op te wijzen.

4. Geologische geschiedenis

In hoofdlijnen wordt de geologische geschiedenis van de Achterhoek voor de in deze bijdrage behandelde geologische tijd (jongste Trias, Jura tot Eoceen) besproken; zie ook afb. 7. Tegen het einde van de Trias wordt de sedimentatie die leidde tot Bontzandsteen-, Muschelkalk- en Keuper-afzettingen, afgesloten met de Vroeg-Kimmerische fase. Deze tektonische beweging veroorzaakt opheffing en erosie. Daardoor rusten in de Achterhoek de oudste afzettingen van de nieuwe sedimentatiecyclus, die begint in het Rhätien, discordant op de Muschelkalk. De sedimentatie, die aanvankelijk nog een sterk terrestrische invloed ondergaat, wordt vol-marien in de Lias. Op veel plaatsen is de overgang van Lias naar Dogger niet continu als gevolg van de Midden-Kimmerische fase. Deze ontwikkelingen zijn, met lokale varianten, in geheel Nederland aantoonbaar. Voor de volgende sedimentatiecycli met o.a. Dogger-mergels en kalkzandsteen ('Cornbrash faciës') en 'Kuhfeld-Schichten' uit het Vroeg-Krijt lopen de

opvattingen uiteen. Reeds Hergreen *et al.* (1983) wezen er op dat de 'Cornbrash faciës' nauw aansluit bij de ontwikkeling in de Roerdal Slenk, terwijl de boven- en onderliggende afzettingen meer verwantschap vertonen met de pakketten uit het Nedersaksisch Bekken. Voorts wordt in de regionale literatuur met name de ontwikkeling in het Vroeg(st)-Krijt van de oostelijke Achterhoek, steeds in relatie gebracht met de sedimentatie in de Bocht van Alstätte. In hoeverre dan een verbinding bestaat met het Centraal Nederlands Bekken (zoals gesuggereerd door Heybroek 1974 of aangenomen door Burgers 1991 en Geluk 1998) blijft o.i. vooralsnog onzeker. Door aanzienlijke tektonische bewegingen met opheffing, kanteling, erosie en zelfs non-depositie, zijn de afzettingen uit het Centraal Nederlands Bekken relatief slecht bekend en hierover is weinig gepubliceerd. Dit geldt in het bijzonder voor het gebied van de Veluwe, dat als kaartblad IX Diepe Ondergrond nog gekarteerd moet worden en mogelijk meer helderheid kan verschaffen in de veronderstelde relatie van het Achterhoek-gebied met Midden-Nederland.

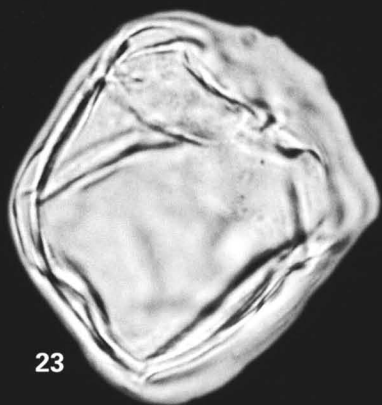
Wat precies de invloed is geweest van de elders uit Nederland en het offshore-gebied goed bekende Laat-Kimmerische fases I en II in de Achterhoek is vooralsnog onduidelijk, daar voor grote delen van het Malm geen gegevens beschikbaar zijn en rond de Jura/Krijt-grens de informatie schaars is. De beperkte gegevens die uitsluitend gebaseerd zijn op de boringen K, lijken het best te passen bij de ontwikkeling in het Nedersaksisch Bekken.

Als gevolg van hernieuwde bodemdaling en zeespiegelstijging sluit de nieuwe, vrij continue, sedimentatiecyclus met glauconietvoerende klei en zand in het Aptien-Albien en mergels en kalk in het Cenomanien, goed aan bij die elders in Nederland. Het Onder-Albien lijkt echter afwezig; dit wordt toegeschreven aan de invloed van de Austrische fase. De transgressie bereikt zijn hoogtepunt in het Laat-Krijt, zodat de Krijt-zee dan reikt tot aan het Massief van Brabant in het zuiden en het Munsterland in het oosten. Grote delen van het Boven-Krijt zijn evenwel geërodeerd door de latere Subhercynische (vooral Santonien) en Laramische (Paleoceen) fases. Deze opheffing was het sterkst in een W.N.W.-O.Z.O. gerichte zone, reikend van de Achterhoek tot Noord-Holland en aangrenzende delen in de Noordzee, ongeveer ter plekke van het vroegere West en Centraal Nederlands Bekken, een fenomeen dat als inversie (omgekeerde beweging) bekend staat. Tot voor kort werd algemeen aangenomen dat de tertiaire sedimentatie in de Achterhoek aanvangt in het Oligoceen.

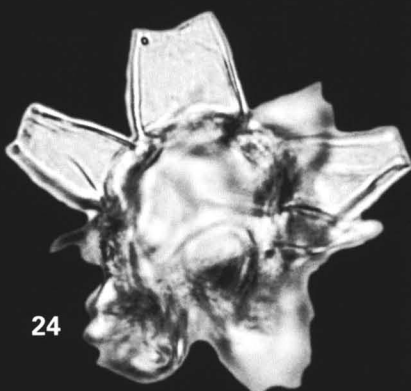
Plaat VI

- 23 *Eurydinium saxoniense* Marshall & Batten 1988, Deunk 35,50-36,00 m, laat Midden-Cenomanien, 1400x
24 *Litosphaeridium siphoniphorum* (Cookson & Eisenack) Davey & Williams 1966, dito, 1200x
25 *Epelidosphaeridia spinosa* Cookson & Hughes 1964, Deunk 41,50-42,00 m, laat Midden-Cenomanien, apicale archeopyle, 1100x
26 *Pterodinium* cf. *crassimuratum* in Marshall 1983, Deunk 35,50-36,00 m, laat Midden-Cenomanien, 1000x
27 *Clavifera tuberosa* Bolchovitina 1968, Hesselink 41,80 m, Valanginien-Hauterivien, 1100x
28 *Stoverisporites lunaris* (Cookson & Dettmann) Burger in Norvick & Burger 1976, Hesselink 127,05 m, Valanginien-Hauterivien, 1500x
29 *Aequitriradites* sp., Hesselink 236,10 m, Valanginien-Hauterivien, 1000x
30 *Clavifera triplex* (Bolchovitina) Bolchovitina 1966, Kotten 41F-069 4,15-4,25 m, Valanginien-Hauterivien, 1000x
31 *Classopollis* Pflug 1953, proefboring K 39,00 m, Valanginien, in tetradeverband, 1000x
32 *Lecaniella* sp., zygospore van een groenalg (vergelijk *Debarya*), Hesselink 58,15-58,20 m, Valanginien-Hauterivien, 1000x
33 *Gleicheniidites feronensis* (D & S) Delcourt & Sprumont 1959, Kotten 41F-069, 2,45-2,60 m, Valanginien-Hauterivien, 1000x
34 *Aequitriradites verrucosus* (C & E) Cookson & Eisenack 1961, Twenthe I 34F-138 65,50 m, 500x, een gidsvorm voor het onderste Krijt
35 *Densoisporites* sp., Kotten 41F-069 2,45-2,60 m, Valanginien-Hauterivien, 500x
36 *Densoisporites perinatus* Couper 1958, Kotten 41F-069 2,45-2,60 m, Valanginien-Hauterivien, 500x

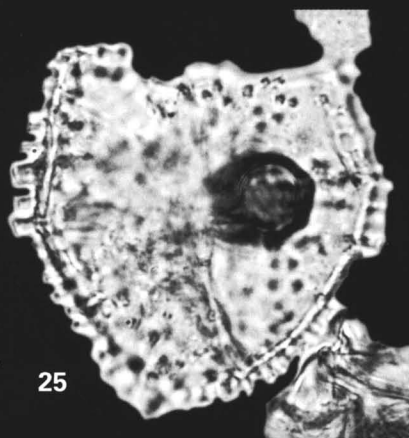
Enkele zeer recente resultaten (waarvan in deze publicatie voor het eerst melding wordt gemaakt) maken evenwel duidelijk dat het begin van deze sedimentatiecyclus aanzienlijk eerder gesteld moet worden en ligt in het Laat-Paleoceen. Veel van de boven-paleocene en eocene afzettingen verdween weer tegen het einde van het Eoceen door erosie gerelateerd aan 'pulsen' tijdens de Pyreneïsche tektonische fase. Van den Bosch (1999) constateert een hoekdiscordantie tussen de Formatie van Landen/?Basale Tuffiet van Dongen Laagpakket in boring Bessinkgoorweg met een helling van 10° en de horizontaal liggende jongere, eocene afzettingen. Dit wijst op meerdere, niet constante, bodembewegingen gedurende het Vroeg-Tertiair.



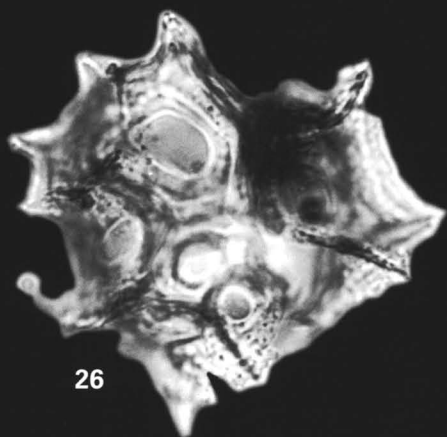
23



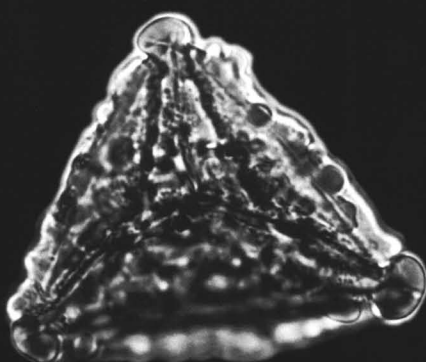
24



25



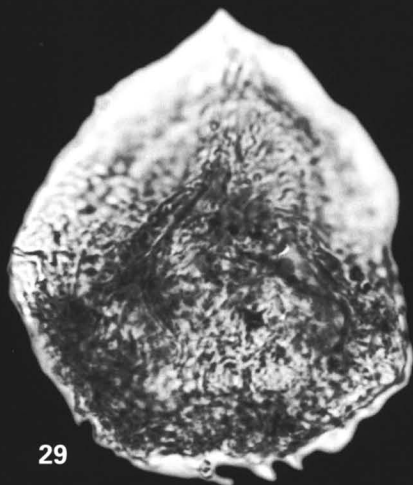
26



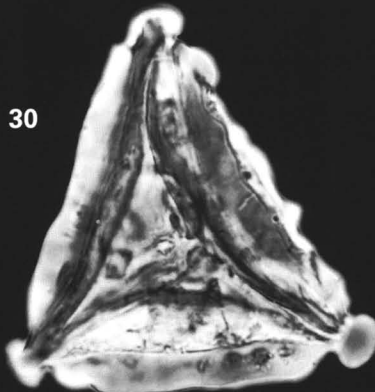
27



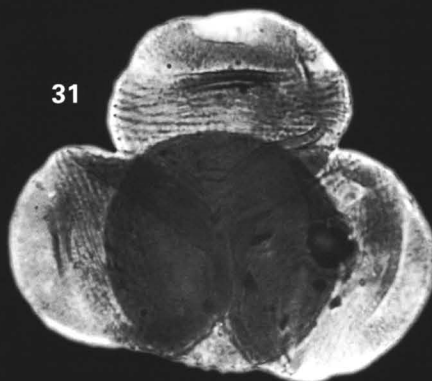
28



29



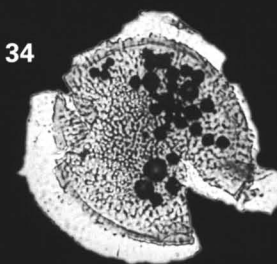
30



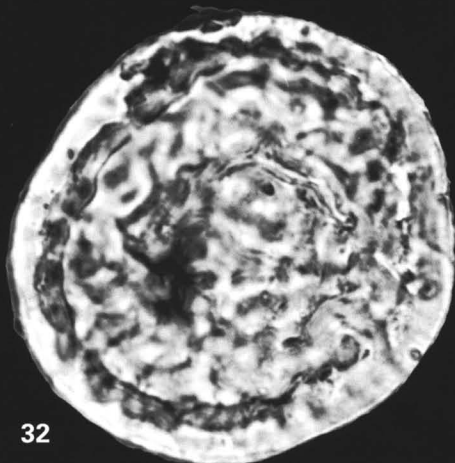
31



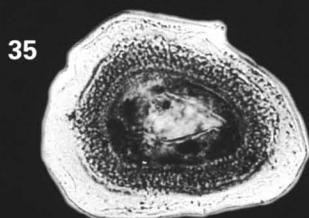
33



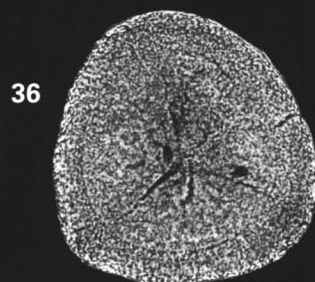
34



32



35



36

Ouderdom	Lithologie	Formatie	Dikte in m
Cenomanien	kalk en mergel	Texel	>70
Albien	mergel, glauc. klei en zand		
Aptien	ontkalkte, glauconitische klei, zandige klei en zand (steen) met fosforieten	Holland	120
~~~~~Barremien~~~~~			
Hauterivien	kwartszanden, klei	Kuhfeld Sch.	>250
Valanginien	bruinkool- en grindlenzen		
Jura/Krijt-grens (Portland-Ryazan.)	Fe-oöliet en schelpvoerende kalk(zand)steen		>25
~~~~~Laat Jura~~~~~			
Callovien	kalkhoudende klei	'Klomps laagp.'	>5
V-M Bathonien tot Laat-Bajocien	harde zandsteen, zandige kalk, mergels en schelpgruisafzettingen	Brabant	115
Vroeg-Bajocien	kalkhoudende klei met kalkconcreties		
Aalenien	klei, ijzerconcreties	Werkendam	94
Laat-Toarcien	klei, kalkbankjes, oöliet		
Lias	aan de top kalkbanken kalkige klei(steen)	Aalburg	360
Rhätien	kalkige klei	Sleen	11

Tabel 7: Dikte van de afzettingen uit het Rhätien tot Cenomanien.

5. Dikte van de afzettingen

In de bovenstaande tabel zijn voor de sedimentpakketten uit Jura (incl. het Rhätien)-Krijt de diktes vermeld. De meeste zijn gebaseerd op vrij recente gegevens en geven de werkelijke (soms minimale) dikte aan. Voor de oudere ROvD-boringen uit de Lias en Boven Bajocien-Bathonien zijn geen hellingsbedragen bekend, zodat de waarden betrekking hebben op het doorboorde traject ('along hole'). Benadrukt moet worden dat het om benaderde, ten dele minimale, bedragen gaat. Waar sterke aanwijzingen zijn voor een hiaat is een discordantie (~~~~) en de geschatte duur aangegeven.

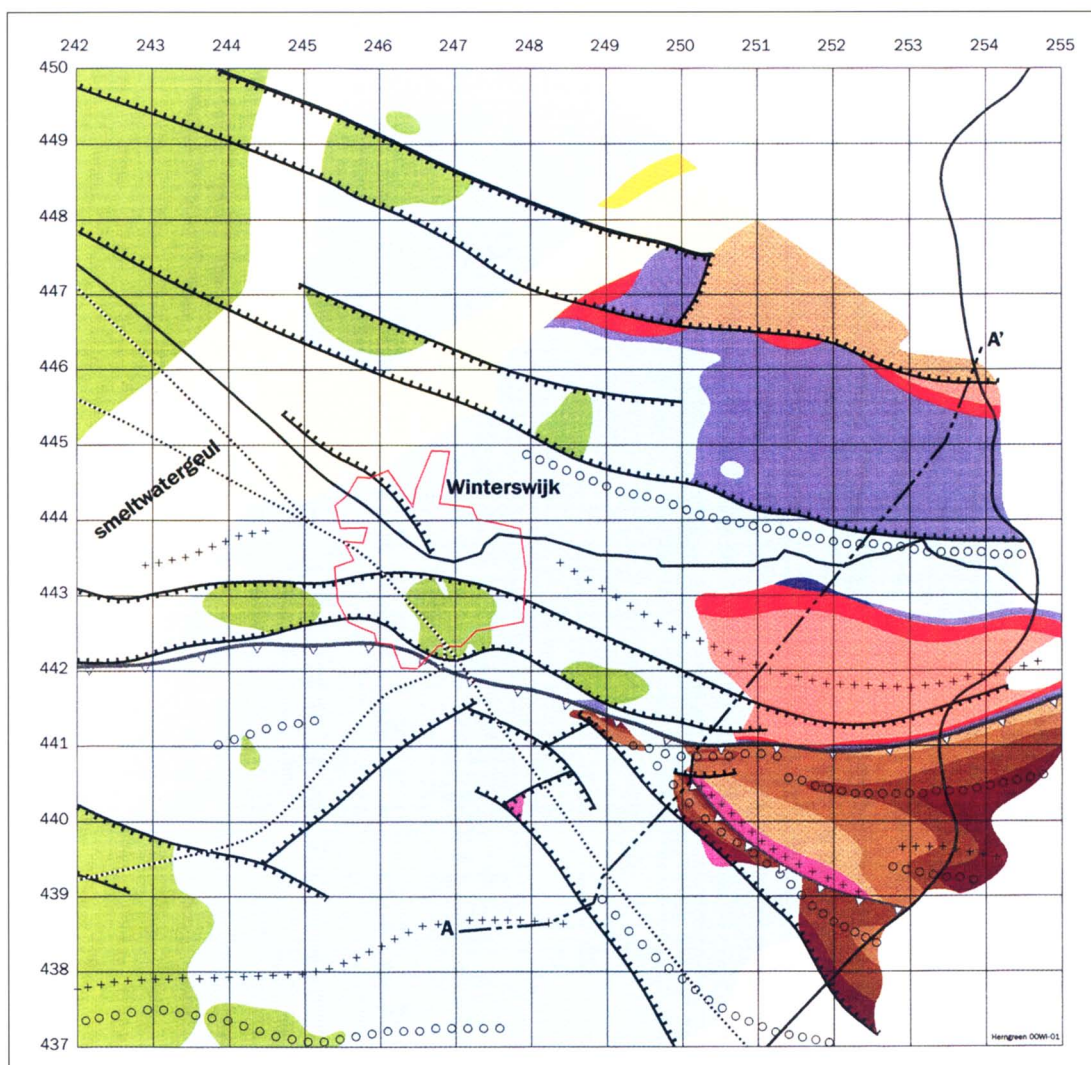
6. Samenvatting

De resultaten van nieuw stratigrafisch onderzoek in de Achterhoek voor de periode Laat-Trias tot Vroeg-Tertiair worden gepresenteerd (Afb. 7). De

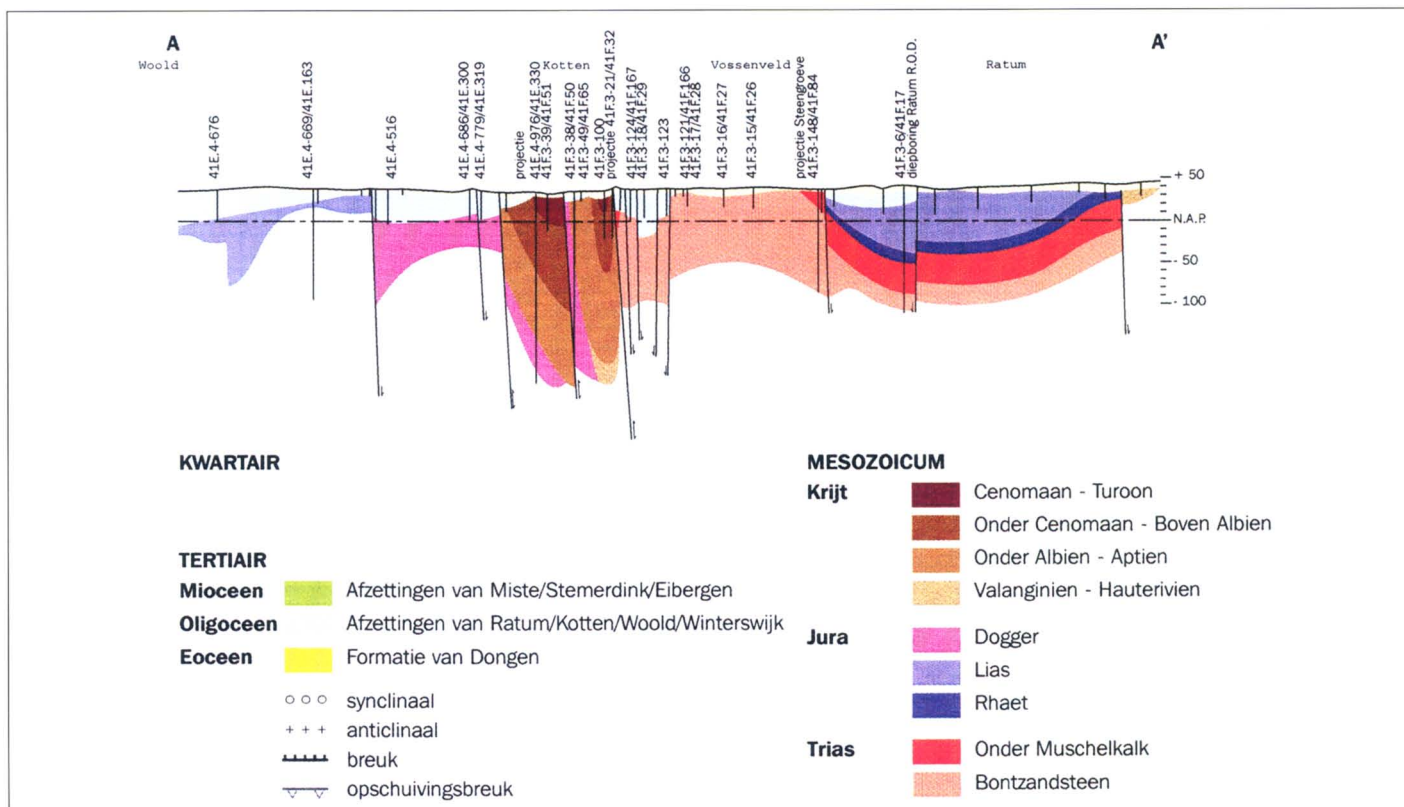
ouderdomsbepalingen zijn gebaseerd op dinoflagellaten-/ sporomorfen- en foraminiferen-/ostracoden-analyses door het NITG (voorheen RGD). Diverse geologische gegevens komen voort uit de samenwerking met het NNM/Geologisch Veldlaboratorium. Mede op grond van deze werkafspraken komt een nieuw geologisch kaartje (Afb. 8) en profiel (Afb. 9) beschikbaar. De nieuwe gegevens en inzichten zijn:

1. De wat zandige, mergelige klei-steen (Aalburg Formatie) uit het -Laat-Pliensbachien is ca. 10 m dik en niet, zoals eerder werd verondersteld, meer dan 100 m.
2. Een circa 95 meter dik kleipakket met pyrietconcreties en kleiijzersteen, met ijzeroöliet aan de basis, uit het laatste Toarcien tot Vroeg-Bajocien is aanwezig in boring Kotten 41E-330. Dit gesteente wordt gerekend tot het Onder Werkendam Kleisteen Laagpakket en vormt een nieuwe, voor de Achterhoek niet eerder beschre-

3. ven, lithostratigrafische eenheid. Het basale deel van de Onder Werkendam Kleisteen, 239-190 m in boring Kotten 41E-330, toont variaties in de preservatie van het palynologisch materiaal. Dit wijst op zuurstofarme (dysaërobe) bodemcondities die afwisselen met periodes van betere doorluchting. De meer euxinische sedimentatie sluit aan bij die, welke karakteristiek is voor de Posidonia Schalie Formatie uit het Vroeg-Toarcien. Dit sedimentatiepatroon wordt toegeschreven aan het samenkomen van warm, zout water uit de Tethys en koud, Arctisch water. Dit leidde tot een gelaagdheid in de waterkolom, waarbij in de diepere lagen anoxische omstandigheden gingen heersen.
4. Herngreen & De Boer (1974), daarin gevolgd door diverse andere auteurs, concludeerden voor de Achterhoek tot een Midden-Kimmerische tektonische fase die tenminste het tijdsinterval Toarcien-Aalenien omvat. Een verrassende conclusie uit het onderzoek van boring Kotten is dat, mogelijk lokaal, het hiaat van aanzienlijk geringere omvang is (kan zijn) dan algemeen wordt aangenomen. Slechts de Posidonia Schalie Formatie uit het Vroeg-Toarcien tot vroeg Laat-Toarcien, die bestaat uit organisch-rijke sedimenten die in grote delen van N.W.-Europa werden afgezet en het moedergesteente vormen voor de olie-voorkomens in de Jura en het Krijt, lijkt in de Achterhoek te ontbreken.
5. Hoe de afzettingen uit het Callovien naar onder aansluiten op de kalken en mergels van de Brabant Formatie is (nog) onbekend, zoals eveneens onduidelijk is gebleven hoe we ons de overgang naar het jongere Serpuliet Laagpakket (Portlandien) moeten voorstellen.
6. Vooral nog wordt een groot hiaat, dat bijna de gehele Boven-Jura omvat, verondersteld na de als Callovien gedateerde klei en mergel van het informele 'Klomps laagpakket'. Het hiaat zou kunnen corresponderen met de Laat-Kimmerische fase I.
7. Rond de Jura/Krijt-grens zijn in de boringen K kalkafzettingen van verschillende ouderdom aanwezig en een bank ijzeroöliet.
8. De 'Kuhfeld-Schichten' van Valanginien/Hauterivien-ouderdom zijn tenminste 250 m dik.
9. Een hiaat dat waarschijnlijk het Barrémien omvat, scheidt deze voornamelijk terrestrische afzettingen van, tot nu toe niet gedateerde, ontkalkte, glauconietvoerende kleien en zanden uit het Aptien.



Afb. 8. Vereenvoudigde geologische kaart van de oostelijke Achterhoek, schaal 1:100.000 (naar Van den Bosch 1994, 1999 en interne aanvullende gegevens 1994-1999).



Afb. 9. Geologisch profiel langs de lijn A-A' in afb. 8 (naar Van den Bosch 1996 en aanvullende gegevens TNO-NITG).

- Hiertoe behoort de z.g. Slinge-klei.
10. Na een klein hiaat dat de Austrische tektonische fase uit het Vroeg- (?-vroeg Midden-) Albien vertegenwoordigt, volgt in boring Kotten 41E-330 een continu pakket Midden-Albien tot Midden-Cenomanien. De bekende ontsluiting in de beek bij boerderij Bekerink maakt hier deel van uit.
 11. De zeespiegelstijging in het Albien wordt gerelateerd aan de in geheel West-Europa herkende Albien-transgressie (Crittenden, 1987). Geleidelijk neemt de aanvoer van klastisch materiaal af en het kalkgehalte neemt alsmaar toe, omdat de hogen (brongebied voor de klastische sedimenten) op grotere afstand komen te liggen of overspoeld worden.
 12. Het jongste, eveneens nog niet eerder beschreven, Midden-Cenomanien is aangetroffen in boring Deunk.
 13. Ook nieuw voor de Achterhoek is het voorkomen van afzettingen uit het Laat-Paleoceen en Eoceen. Een hoekdiscordantie, toegeschreven aan de Pyreneïsche fase, scheidt deze gesteenten.

7. Dankbetuiging

De auteurs betuigen hun dank aan de Directeur van TNO - Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen voor toestemming tot publicatie.

8. Keuze uit de literatuur

- Adrichem Boogaert, H.A. van, 1975. Het Mesozoïcum in Oost-Nederland. In: Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (eds), Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland, p. 72-76.
- Adrichem Boogaert, H.A. van & W.F.P. Kouwe, 1993 e.v.. Stratigraphic nomenclature of the Netherlands. - Mededelingen RGD, 50.
- Bosch, M. van den, 1975. Lithostratigraphical and biostratigraphical subdivision of Tertiary deposits (Oligocene-Pliocene) in the Winterswijk-Almelo region (eastern part of The Netherlands). Scripta Geologica 29: 1-167.
- Bosch, M. van den, 1994. Bovenkant Tertiair en Mesozoïcum, breukenpatroon, kaartblad 41E, 41F en 41G, 1:25.000. Rapport Nationaal Natuurhistorisch Museum/Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk.
- Bosch, M. van den, 1996. Boorlocatiekaarten-Overzichtsprofielen (Achterhoekproject NNM-RGD, kaartblad 41E, 41F, 41G). Rapport Nationaal Natuurhistorisch Museum, Geologisch Veldlaboratorium Winterswijk, 14 pp.
- Bosch, M. van den, 1999. Een analyse van bodembewegingen tijdens het Tertiair ten

noorden van Winterswijk (provincie Gelderland, Nederland). Contr. Tert. Quatern. Geol. 36(1-4): 109-132.

- Burgers, W.F.J. & G.G. Mulder, 1991. Aspects of Late Jurassic and Cretaceous history of The Netherlands. Geologie en Mijnbouw 70: 347-354.
- Crittenden, S., 1987. The 'Albian transgression' in the southern North Sea Basin. J. Petrol. Geol. 19: 395-414.
- Geluk, M.C., 1998. Toelichting bij kaartblad X Almelo-Winterswijk. Geologische Atlas van de Diepe Ondergrond van Nederland, 145 pp.
- Gerth, H., 1955. Die Fossilführung des Jura in den Bohrungen der 'Rijksopsporing van Delfstoffen' bei Winterswijk und ihre stratigraphische Bedeutung. Mededelingen Geologische Stichting, N.S. 9: 45-54.
- Harsveldt, H.M., 1963. Older conceptions and present view regarding the Mesozoic of the Achterhoek, with special mention of the Triassic limestones. Verh. KNGMG 21(2): 109-130.
- Herngreen, G.F.W. & K.F. de Boer, 1974. Palynology of Rhaetian, Liassic and Dogger strata in the eastern Netherlands. Geologie en Mijnbouw 53(6): 343-368.
- Herngreen, G.F.W., K.F. de Boer, B.J. Romein, Th. Lissenberg & N.C. Wijker, 1983. Middle Callovian beds in the Achterhoek, Eastern Netherlands. Mededelingen RGD 37(3): 95-123.
- Herngreen, G.F.W., C. Hartkopf-Fröder & G.H.J. Ruegg, 1994. Age and depositional environment of the Kuhfeld Beds (Lower Cretaceous) in the Alstätte Embayment (W Germany, E Netherlands). Geologie en Mijnbouw 72: 375-391.
- Peletier, W. & H.G. Kolstee, 1986. Winterswijk, Geologie deel I; Inleiding tot de geologie van Winterswijk. Wetenschappelijke Mededelingen KNNV 175, 136 pp.
- Stapert, D., 1974. Over het onderkrijt in de omgeving van Winterswijk. Grondboor & Hamer 28(4): 62-77.
- Waterschoot van der Gracht, W.A.J.M. van, 1918. Eindverslag over de onderzoekingen en uitkomsten van den Dienst der Rijksopsporing van Delfstoffen in Nederland 1903-1916. Amsterdam ('t Kasteel van Aemstel), 664 pp.
- Witte, L., Th. Lissenberg & H. Schuurman, 1992. Ostracods from the Albien/Cenomanian boundary in the Achterhoek area (eastern part of the Netherlands). Scripta Geologica 102: 1-84.

Verklaring van enige termen

Charofyten: Charophyta of Kranswieren. Deze kalkalgen behoren tot de groenwieren en komen vooral in zoet water voor. In afzettingen van het Krijt tot en met het Oligoceen zijn fossielen van charofyten

vooral ecologisch van belang.

Counterflush-boring: boring waarbij omgekeerde circulatie van de spoelvloeistof wordt toegepast.

Euxinisch: een aquatisch milieu is euxinisch als er door geringe watercirculatie zuurstofarme omstandigheden heersen.

Gamma-uitslag: resultaat van de meting van de natuurlijke gamma-straling. Deze is doorgaans het sterkst bij aanwezigheid van klei-mineralen.

Groenzand: glauconiethoudend zand.

Intercalatie: tussenlaag.

Interval: het gesteentepakket tussen twee stratigrafische gidslagen ('markers').

Log: verticaal profiel waarin veranderingen worden geregistreerd in de wand van een boorgat met behulp van geofysische meetapparatuur.

Marker: gidsfossiel of gidslaag.

Mergel: gesteente bestaande uit een mengsel van klei en carbonaat-delen, zoals fijnkorrelige kalk.

Posidonia-schalie: een bitumineuze, sterk fossielhoudende schalie, welke in zuurstofarme omstandigheden is ontstaan. De schalie is genoemd naar de tweekleppige *Steinmannia* (synoniemen: *Posidonia* en *Posidonomya*) *bronni*, gidsfossiel voor de Midden-Europese Lias _ (Toarcien). Zeer beroemd is de Posidonia-schalie van Holzmaden.

Pulsboren: door het op en neer bewegen van een buis met een klep onderin worden grondmonsters naar boven gebracht.

Reflectiemethode: vorm van seismisch onderzoek waarbij de ligging van aardlagen in de ondergrond wordt vastgesteld door teruggekaatste geluidsgolven op verschillende plaatsen aan het oppervlak te registreren.

Reworking: verspoelen van materiaal naar jongere afzettingen.

Sedimentatiecyclus: terugkerende opeenvolging van sedimentlagen met dezelfde lithologische kenmerken.

Serpuliet: gesteente dat grotendeels bestaat uit wormkokers.

Sporomorfen: sporen en stuifmeelkorrels.

Tuffiet: een geconsolideerde pyroklastische afzetting (tuf) met een aanzienlijke hoeveelheid niet-vulkanische bestanddelen.

Verspoeld materiaal: geërodeerd uit een oudere formatie dan die waarin het is aangetroffen.