MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

ADMINISTRATION DE LA QUALITE ET DE LA SECURITE

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

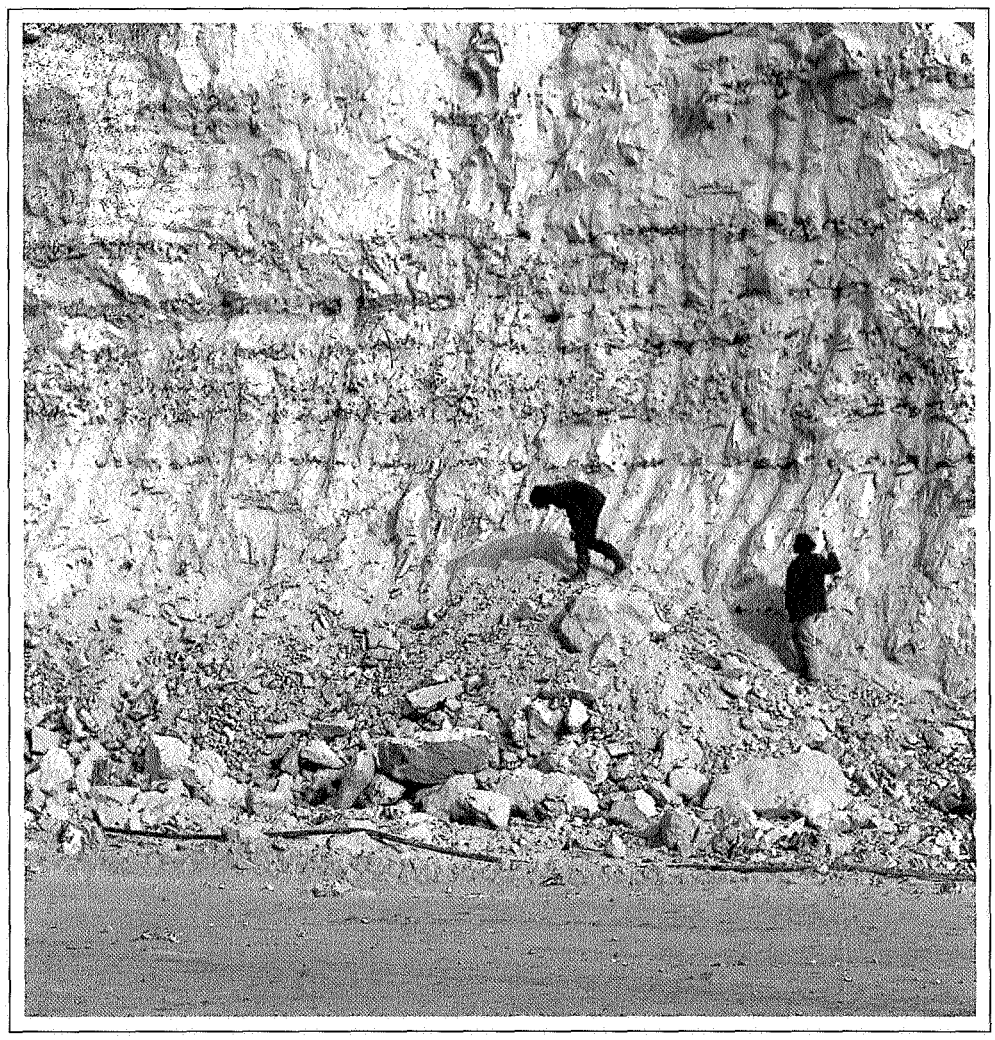
BESTUUR KWALITEIT EN VEILIGHEID

MEMOIRS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM
N. 47 - 2001

Bioklasten-stratigrafie of ecozonatie voor het krijt (Santoniaan - Campaniaan - Maastrichtiaan) van Zuid-Limburg en oostelijk België

door

P.J. 'Sjeuf' Felder



SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST

Rue Jenner 13 - 1000 Bruxelles
Jennerstraat 13 - 1000 Brussel

ISSN 0408-9510

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

ADMINISTRATION DE LA QUALITE ET DE LA SECURITE
SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

BESTUUR KWALITEIT EN VEILIGHEID
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST

MEMOIRS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM
N. 47 - 2001

Bioklasten-stratigrafie of ecozonatie voor het krijt (Santoniaan - Campaniaan - Maastrichtiaan) van Zuid-Limburg en oostelijk België

P.J. 'Sjeuf' Felder

Services associés de Paléontologie
Université de Liège au Sart-Tilman
Allée du 6 Août, B-18
B-4000 Liège – Sart-Tilman

frontispice: ENCI groeve Maastricht, type localiteit van het Maastrichtiaan

Comité éditorial : L. Dejonghe, P. Laga
Secrétaire de rédaction : M. Dusar
Service Géologique de Belgique
Rue Jenner, 13 - 1000 Bruxelles

Redactieraad: L. Dejonghe, P. Laga
Redactiesecretaris : M. Dusar
Belgische Geologische Dienst
Jennerstraat 13, 1000 Brussel

* « The Geological Survey of Belgium cannot be held responsible for the accuracy of the contents, the opinions given and the statements made in the articles published in this series, the responsability resting with the authors ».

Toute l'information économique en clair et net sur
http://mineco.fgov.be

Alle economische informatie rechtstreeks op
http://mineco.fgov.be

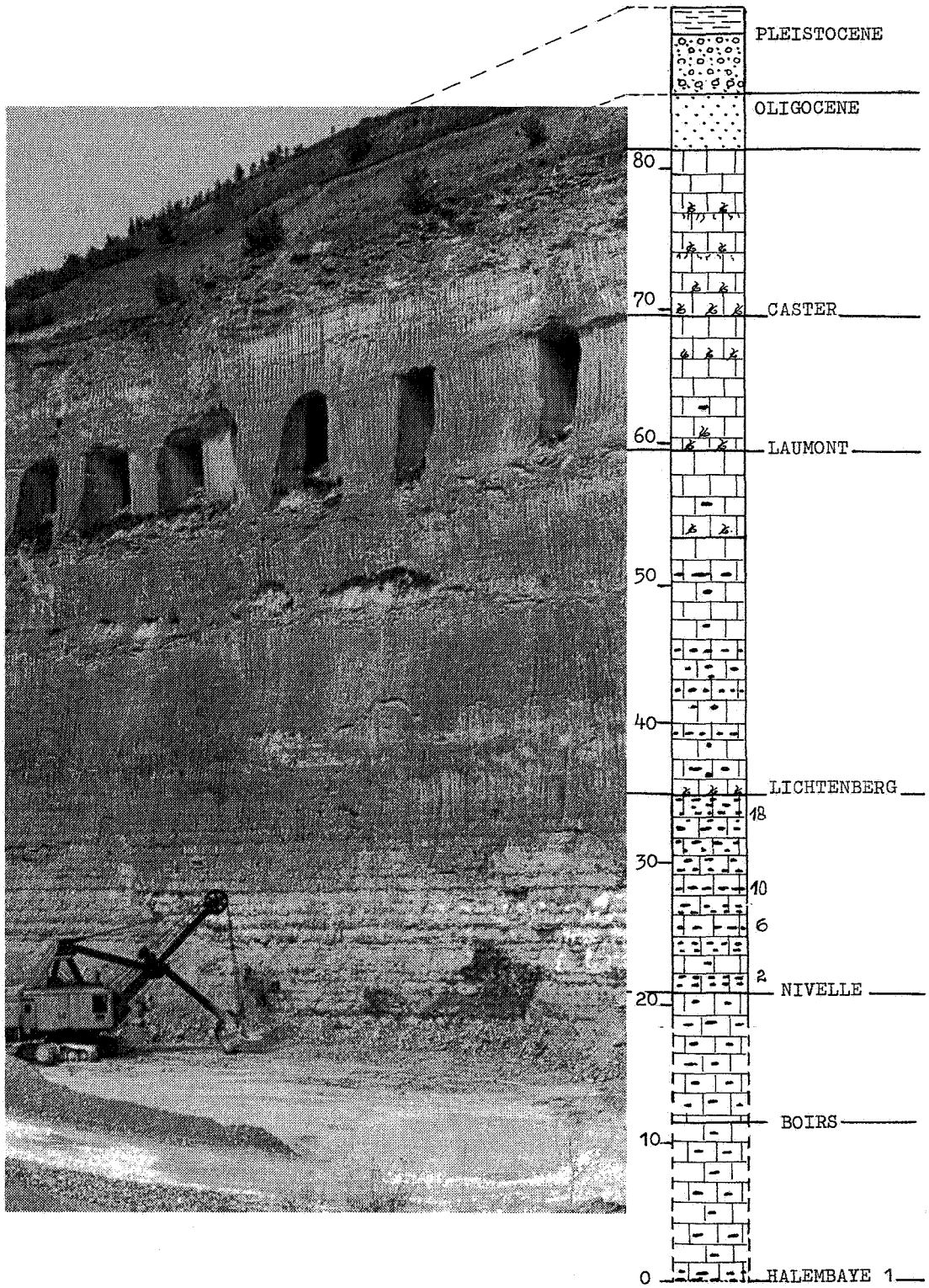
Editeur responsable: Michel MAINJOT
rue Jenner 13
1000 Bruxelles

Verantwoordelijke uitgever: Michel MAINJOT
Jennerstraat 13
1000 Brussel

Dépôt légal: D 2001/0880/3

Wettelijk depot: D 2001/0880/3

177-01



ENCI groeve te Maastricht : stratigrafisch overzicht

INHOUD

INLEIDING 13
1. LITHOLOGIE 13
2. FORMATIES EN LEDEN, TYPELOKALITEITEN EN OUDERDOM 14
2.1. FORMATIE VAN AKEN 14
2.2. DE FORMATIE VAN VAALS 14
2.3. PRE-VALKENBURG AFZETTINGEN EN "KUNRADER KALKSTEEN" 15
2.4. DE FORMATIE VAN GULPEN. 15
2.4.1. Kalksteen van Zeven Wegen 15
2.4.2. Kalksteen van Beutenaken 16
2.4.3. Kalksteen van Vijlen 16
2.4.4. Kalkstenen van Lixhe 16
2.4.5. Kalksteen van Lanaye 16
2.5. DE FORMATIE VAN MAASTRICHT 17
2.6. DE FORMATIE VAN HOUTHEM 17
3. BIOKLASTEN 17
4. ECOZONES, NUMMERING VAN DE PIEKEN EN INTERPRETATIES 18
4.1. ECOZONE I 19
4.1.1. Deel-ecozone Ia 19
4.1.2. Grens deel-ecozone Ia - Ib 20
4.1.3. Deel-ecozone Ib 20
4.1.4. Deel-ecozone Ic 20
4.1.5. Deel-ecozone Id 21
4.1.6. Grens ecozone I en II 21
4.2. ECOZONE II 21
4.2.1. Deel-ecozone IIa 22
4.2.2. Deel-ecozone IIb 23
4.2.3. Deel-ecozone IIc 23
4.2.4. Grens ecozone II en III 23
4.3. ECOZONE III 23
4.3.1. Grens ecozone III - IV 24
4.4. ECOZONE IV 24
4.4.1. Deel-ecozone IVa 25
4.4.2. Deel-ecozone IVb 25
4.4.3. Grens ecozone IV - V 26
4.5. ECOZONE V 26
4.5.1. Deel-ecozone Va 26
4.5.2. Deel-ecozone Vb 26
4.5.3. Deel-ecozone Vc 27
4.5.4. Deel-ecozone Vd 27
4.5.5. Grens ecozone V - VI 27
4.6. ECOZONE VI 27
5. ONDERLINGE CORRELATIES VAN DE PIEKEN 27
6. DE ONDERZOCHTE BORINGEN EN ONTSLUITINGEN 28
6.1. BORING 123W-735 HOMBOURG 29
6.2. BORING 123W-734 MOORS 29
6.3. VAALS: VIADUCT 62D-529, ESCHBERG 62D-96 EN BORING KB 527 29
6.4. BORING KASTANJELAAN 2, 62F-296 TE MAASTRICHT 30
6.5. BORING (CILE GB) BOIS DE LA CÔNELLE 30
6.6. BORING (CILE E) MERCKHOF 31
6.7. ONTSLUITING 62D-15 + BORING TE ZEVEN WEGEN 31
6.8. ONTSLUITING 62C-22 BEUTENAKEN 31
6.9. BORING 62C-74 CRAPOEL 32
6.10. BORING 62B-862 KUNRADE 32

6.11. BORING 62B-450, DE DAEL, BENZENRADE 32
6.12. ONTSLUITING STEENKUIL, GULPEN EN BORING 62B-753 TE GULPEN. 32
6.13. ONTSLUITING CPL 61H-9 HALEMBAYE 32
6.14. BORING 57W-154 DENDERMONDE 33
6.15. BORING 103W-163 PECROT 33
6.16. ONTSLUITING 62D-79 EN BORING 62D+G-168 TE MAMELIS 33
6.17. ONTSLUITING 61H-36 LANAYE 33
6.18. ONTSLUITING ENCI 61F-19 MAASTRICHT 33
6.19. ONTSLUITING 62A-13 CURFS (NU ANKERPOORT) TE GEULHEM 34
6.20. BORING 91E-405 NIEUWERKERKEN. 34
6.21. BORING 61H-56 OOST MAARLAND 34
6.22. BORING 62B-767 NYSWILLER 35
6.23. BORING 62D-130 MAMELIS 35
6.24. BORING 62D-129 VIJLEN 35
6.25. ONTSLUITING 62D-88 (WITTE WEG) TE VIJLEN 35
6.26. BORING 62D-156 PANHUIS, VIJLEN 35
6.27. ONTSLUITING 62D-27 BOVENSTE BOS, EPEN 35
6.28. BORING 62B-580 EYS 35
6.29. ONTSLUITING 108E-119 (62C-159) ALTEMBROECK 36
6.30. BORING 108W-334/355 'S GRAVENVOEREN - SCHOOL 36
6.31. BORING 108W-359 'S GRAVENVOEREN - KINKENBERG 36
6.32. BORING 62B-528 WAHLWILLER 36
6.33. ONTSLUITING 62A-163 GRONSVELD 36
6.34. BORING 106W-401 HOEPERTINGEN 37
6.35. ONTSLUITING ORP-LE-PETIT 37
6.36. BORING 105W-349 LANDEN 37
6.37. BORING 105E-455 VELM 37
6.38. BORING 107W-248 DIETS-HEUR 38
6.39. BORING 92W-387 WELLEN 38
6.40. BORING 92E-502 HASSELT 38
6.41. BORING 76E-304 HALEN 39
6.42. BORING 76E-303 LUMMEN 39
6.43. BORING 76W-319 WAANRODE. 39
6.44. BORING 105E-472 ST. TRUIDEN 39
6.45. ONTSLUITING (GROT NO7) TE VECHMAAL 39
6.46 BORINGEN IN DE BELGISCHE KEMPEN 39
7. DANKWOORD 40
8. LITERATUUR 40

LIJST DER FIGUREN

Figuur 1. Situatiekaart met daarop aangegeven de belangrijkste tektonische eenheden en de onderzochte boringen en ontsluitingen. De nummers in de Belgische Kempen hebben betrekking op boringen ten behoeve van de Kempense Steenkolenmijnen (KS boringen). 42

Figuur 1a. Detailkaart van Nederlands Zuid Limburg en het noordelijk deel van de Belgische provincie Luik. 43

Figuur 2. Vergelijking tussen de lithologische benamingen van de afzettingen in het Krijt van België, Nederland en Duitsland. 44

Figuur 2a. Schematisch overzicht van de lithologische afzettingen in het Laat-Krijt tussen de Westelijke Kempen in België en het oostelijk gedeelte van Limburg in Nederland tot bij Aken in Duitsland. In deze figuur zijn de lithologische benamingen aangegeven alsmede de Foraminiferen zones volgens Hofker (1966). 45

Figuur 3. Voorbeeld van de indeling in bioklasten-ecozones van de afzettingen uit het Krijt-Tertiair in de Belgische Kempen. 46

Figuur 4. Vergelijking tussen lithologie, Foraminiferen zones (Hofker, 1966) de bioklasten-ecozones (Felder, 1995) en de in Nederland gebruikelijke internationale indeling van het Laat Krijt. 47

Figuur 5. Boring 123W-735 te Hombourg. Deze boring doorboorde de deel-ecozones IVa en IIa en ecozone I (voor het vervolg zie figuur 5a en 5b). Deel-ecozone IVa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 21) en de deel-ecozone IIa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 21a.). Bij de Brachiopoda ontbreken de pieken BrII1 en BrII2. 48

Figuur 5a. Boring 123W-735 te Hombourg. In deze figuur is Ecozone I op de gebruikelijke manier weergegeven. De boring bevat echter zo weinig bioklasten dat het beter was om ze op een andere manier in een grafiek te verwerken (zie fig. 5b). 49

Figuur 5b. Boring 123W-735 te Hombourg. Naast de bioklasten is in deze grafiek de lithologie uitgebreider weergegeven alsmede de gemeten gammastraling in CPS. Verder werd het werkelijk aantal getelde bioklasten per monster aangegeven onder de kolom "Geteld", terwijl het berekende aantal bioklasten per kilogram monstermateriaal aangegeven is onder de kolom "per kg". Onder "Phytoklasten" is het aantal aangetroffen Phytoklasten aangegeven. 50

Figuur 6. Boring 123W-734 Moors. Deze boring doorboorde de deel-ecozones IVa, IIa en ecozone I (voor ecozone I zie fig. 6a). De deel-ecozone IVa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18) en de deel-ecozone IIa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a.) en vergeleken met boring 123W-735 te Hombourg (fig. 5). Bij de Brachiopoda ontbreken hier niet alleen de pieken BrII1 en BrII2 maar ook de pieken BrII4 t/m BrII6 en BrII8. Ook bij de Belemnoidae ontbreken een aantal pieken, dit alles waarschijnlijk tengevolge van de veel hogere pieken van de Foraminifera. 51

Figuur 6a. Boring 123W-734 Moors. Deze figuur is aangepast aan figuur 5b van de boring 123W-735 te Hombourg. Het aantal getelde bioklasten is aangegeven onder de kolom "geteld" terwijl onder "per kg" het berekende aantal bioklasten per kg monstermateriaal aangegeven is. In deze boring is ook de Belemnietenpiek BeI1 aangetroffen zoals dat ook het geval is in de Belgische Kempen. De belemnietenpiek BeI3 werd niet aangetroffen in deze boring maar is aangegeven op de meest waarschijnlijke plaats. Onder "Phytoklasten" is het aantal aangetroffen Phytoklasten aangegeven. 52

Figuur 7. Ontsluitingen 62D-529, 62D-96 en de boring KB 527. Typelokaliteit van de Formatie van Vaals, te Vaals. In navolging van de figuren 5b en 6a is in deze figuur ook het aantal bioklasten per kg, alsmede de phytoklasten aangegeven. 53

Figuur 8. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht van 0-201m. Overzicht van de het doorboorde traject in het Laat-Krijt. Om deze boring met de boringen uit de Belgische kempen te vergelijken werden gemiddelden per 3 meter berekend. Voor een gedetailleerd overzicht zie de figuren 8a t/m 8e. 54

Figuur 8a. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht van 7-65 m diepte. Ecozones V en VI, waarin aangegeven is de verdeling in deel-ecozones Va, Vb, Vc en Vd. 55

Figuur 8b. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht van 60-120 m diepte. Ecozone IV met de deel-ecozones IVa en IVb. Bij de Crinoidea zijn de Eenheden CR4 t/m CR8 aangegeven. 56

Figuur 8c. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht, van 100-130 meter diepte (Kalksteen van Vijlen) deel-ecozone IVa en ecozone III. Ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel te Mamelis (fig. 22). De Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) zijn aangegeven (C, D en E). 57
Figuur 8d. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht, van 125-155 diepte (Kalksteen van Zeven Wegen) deel-ecozone IIa. Deze deel-ecozone IIa werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a). De Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) zijn aangegeven (A', A en C). 58
Figuur 8e. Boring 61F-296, Kastanjelaan te Maastricht, van 150-201 m (Formatie van Aken en Vaals) ecozone I. Dit profiel werd gebruikt als typeprofiel voor de deel-ecozones Ib, Ic en Id. De Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) zijn aangegeven (A'Mid. en A'Low.). 59
Figuur 9. Overzicht van de samenstelling van bioklastenecozone I in het zuidelijk gedeelte van de West Kempen. 60
Figuur 10. Boring te Bois de la Cônelle (CILE Gb) van 0 - 63 meter. Deel-ecozone IIa en IVa werden gecorreleerd met het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a). Deel-ecozone Id met het profiel uit boring 123W-735 te Hombourg. 61
Figuur 11. Boring te Merckhof (CILE E) van 0 - 48 meter. Deel-ecozone IIa werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a). 62
Figuur 12. Ontsluiting 62D-15 + boring te Zeven Wegen. Typelokaliteit van de Kalksteen van Zeven Wegen. Deze ontsluiting werd niet gebruikt als typeprofiel voor de bioklastenindeling van deel-ecozone IIa. Hiervoor werd het profiel uit de CPL groeve te Halembaye (fig. 18a) gebruikt. De Foraminiferenzones A, B en C volgens Hofker (1966) zijn aangegeven. 63
Figuur 13. Ontsluiting 62C-22 te Beutenaken. Typelokaliteit van de Kalksteen van Beutenaken. Het Belemnietenkerkhof (BeII8) dat in een weiland boven de ontsluiting aanwezig is, is in het profiel aangegeven alsmede de Foraminiferenzones volgens Hofker (1966). 64
Figuur 14. Boring 62C-74 te Crapoel, van 0-49 meter. De aangetroffen deel-ecozones en ecozones werden gecorreleerd met de CPL groeve Halembaye (fig. 18a), Mamelis (fig. 22) en ENCI groeve (fig. 29). Naast de bioklastenindeling zijn ook de Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) aangegeven (A' midden, A, C, D en E.). 65
Figuur 15. Boring 62B-862, Kunderberg te Kunrade van 0-50 meter. Het aangetroffen profiel werd gecorreleerd met de CPL groeve te Halembaye (fig. 18a) en Beutenaken (fig, 13). 66
Figuur 16. Boring 62B-450, De Dael te Benzenrade, van 0-160 meter. Het aangetroffen profiel werd gecorreleerd met de boring Hombourg (fig. 5b) en Moors (fig. 6a). 67
Figuur 17. Ontsluiting aan "De Steenkuil" en boring 62B-753 te Gulpen. Het aangetroffen profiel van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 68
Figuur 18. Ontsluiting 61H-9, CPL groeve te Halembaye, deel-ecozones IVa en IVb. Deze groeve werd als typeprofiel gebruikt voor deel-ecozone IVa. 69
Figuur 18a. Ontsluiting 61H-9, CPL groeve te Halembaye, deel-ecozone IIa en ecozone I. Deze groeve werd als typeprofiel gebruikt voor deel-ecozone IIa 70
Figuur 19. Boring 57W-154 te Dendermonde van 175-217 meter boordiepte. Het ontsloten profiel werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL te Halembaye (fig. 18a). 71
Figuur 20. Boring 103W-163 te Pécrot (Beekrode) van 14-46 meter boordiepte. Het ontsloten profiel werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL te Halembaye (fig. 18a). 72
Figuur 21. Overzicht Noordwest - Zuidoost profiel van de bioklastenecozone II vanaf Merksplas tot Zeven Wegen, te Vijlen. 73
Figuur 22. Ontsluiting 62D-79 en boring 62D+G-168 te Mamelis. Typeprofiel van de Kalksteen van Vijlen. Deze ontsluiting en boring werden gebruikt om ecozone III in te delen. 74
Figuur 23. Zuidwest - Noordoost profiel vanaf Bovenste Bos tot Bocholtzerheide door strandgeul. 75
Figuur 24. Zuidwest - Noordoost profiel vanaf Bois de la Cônelle tot Eys door strandgeulen. 76
Figuur 25. Zuidwest - Noordoost profiel vanaf de CPL groeve Halembaye tot bij Thermae-boring te Valkenburg door strandgeul. 77
Figuur 26. Overzicht Noordwest - Zuidoost profiel van de bioklastenecozones III en IV vanaf Merksplas tot Maastricht. 78
Figuur 27. Stratigrafisch overzicht van de ontsluitingen en boringen ten westen van Maastricht. 79
Figuur 28. Ontsluiting 61H-36 te Lanaye (Ternaaien), typelokaliteit van de Kalksteen van Lanaye. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). (Let op: in dit profiel bevindt de Horizont van Lichtenberg zich op een andere plaats dan in de ENCI groeve. 80

Figuur 29. Ontsluiting ENCI groeve, 61F-19 te Maastricht. Deze ontsluiting ligt vlak bij de typelokaliteit van het Maastrichtiaan. Deze ontsluiting is het typeprofiel voor de bioklastenindeling van de deel-ecozones IVa Va, Vb en Vc. Het ontsloten gedeelte van deel-ecozone IVa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel van deel-ecozone IVa in de CPL groeve te Halembaye (fig. 18). 81
Figuur 30. Groeve Curfs (momenteel groeve Ankerpoort) 62A-13 te Geulhem. Typeprofiel deel-ecozone Vd en Ecozone VI. Het ontsloten gedeelte van deel-ecozone Vc kon gecorreleerd en genummerd worden volgens het type profiel van ecozone Vc in de ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Bij de Pelecypoda zijn met de letters K, L, M, M, N, P en Q de Foraminifera-zones volgens Hofker (1966) aangegeven. 82
Figuur 31. Boring Nieuwerkerken. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). 83
Figuur 32. Boring 61H-56 Oost Maarland. Deze boring werd mede gebruikt om de bioklasten-ecozone III in te delen. Bij de Foraminifera zijn met de letters A' en C de Foraminifera-zones volgens Hofker (1966) aangegeven. 84
Figuur 33. Boring 62B-767 te Nyswiller van 27-62 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). Bij de Foraminifera zijn met de letters C en ?E de Forminifera-zones volgens Hofker (1966) aangegeven. 85
Figuur 34. Boring 62D-130 Mamelisserberg te Vijlen van 0-26 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 86
Figuur 35. Boring 62D-129 Jongenschool te Vijlen van 0-20 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 87
Figuur 36. Ontsluiting 62D-88, "Witte Weg" te Vijlen. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 88
Figuur 37. Boring 62D-156 Panhuis te Vijlen van 0-23 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone I werd gecorreleerd met boring Maastricht (fig. 8e), Moors (fig. 6a). Ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 89
Figuur 38. Ontsluiting 62D-27 Bovenste Bos te Epen. De aangetroffen deel-ecozone IIb werd gecorreleerd met het typeprofiel Beutenaken (fig. 13). Ecozone III met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 90
Figuur 39. Boring 62B-580 te Eys van 0-32 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 91
Figuur 40. Ontsluiting 108E-119 (62C-159) te Altembroeck. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het profiel Oost Maarland (fig. 32) 92
Figuur 41. Boring 108W-334/355, Provinciale School te 's Gravenvoeren van 8-36 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het profiel Oost Maarland (fig. 32) 93
Figuur 42. Boring 108W-359, Kinkenberg te 's Gravenvoeren van 13-28 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het profiel Oost Maarland (fig. 32) 94
Figuur 43. Boring 62B-528 te Wahlwiller van 0-37.50 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III is gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). 95
Figuur 44. Ontsluiting 62A-163 Dolekamer te Gronsveld. De aangetroffen deel-ecozones IVb,Va en Vb werden gecorreleerd met en ingedeeld volgens het typeprofiel ENCI groeve (fig. 29) 96
Figuur 45. Boring 106W-401 te Hoepertingen van 36-81 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). 97
Figuur 46. Boring 105W-349 te Landen. Deel-ecozone IVb werd gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Voor de verdere indeling van deel-ecozone IIa zie figuur 46a. 98
Figuur 46a. Boring 105W-349 te Landen. Indeling van deel-ecozone IIa in volgens het type profiel CPL te Halembaye (fig. 18a). 99
Figuur 47. Boring 105E-455 te Velm van 40-97 meter boordiepte. Deel-ecozone IVb werd gecorreleerd en ingedeeld in volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Voor de verdere indeling van deel-ecozone IIa zie figuur 47a. 100
Figuur 47a. Boring 105E-455 te Velm. Indeling van deel-ecozone IIa volgens het type profiel CPL te Halembaye (fig. 18a). 101

Figuur 48. Boring 107W-248 te Diets-Heur van 10-70 meter boordiepte. Deel-ecozone IVb werd gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Voor de verdere indeling van deel-ecozone IIa zie figuur 48a. 102
Figuur 48a. Boring 107W-248 te Diets Heur. Indeling van deel-ecozone IIa volgens het type profiel CPL te Halembaye (fig. 18a). 103
Figuur 49. Boring 92W-387 te Wellen van 66-104 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va, Vb en Vc werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). 104
Figuur 50. Boring 92E-502 te Hasselt van 139-168 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones Va, Vb en Vc werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). 105
Figuur 51. Boring 76E-304 te Halen van 194-213 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). 106
Figuur 52. Boring 76E-303 te Lummen van 232-251 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones Vb en Vc werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). 107
Figuur 53. Ontsluiting Vechmaal (grot No 7). De aangetroffen deel-ecozones Vc en Vd werden gecorreleerd en ingedeeld volgens de type profielen ENCI groeve te Maastricht (fig. 29) en groeve Curfs (fig. 30). 108
Figuur 54. Boring KS 15, 46E-280 te Olmen 109
Figuur 55. Boring KS 16, 63E-219 te Opoeteren 110
Figuur 56. Boring KS 17, 63W-214 te Opoeteren 111
Figuur 57. Boring KS 18, 63E-220 te Opglabbeek 112
Figuur 58. Boring KS 19, 63W-215 te Opglabbeek 113
Figuur 59. Boring KS 20, 63E-221 te Opglabbeek 114
Figuur 60. Boring KS 22, 63E-222 te Opoeteren 115
Figuur 61. Boring KS 23, 63E-227 te Opoeteren 116
Figuur 62. Boring KS 25, 63W-225 te Opglabbeek 117
Figuur 63. Boring KS 26, 63E-226 te Opglabbeek 118
Figuur 64. Boring KS 27, 63W-304 te Koersel 119
Figuur 65. Boring KS 28, 63E-273 te Helchteren 120
Figuur 66. Boring KS 29, 63E-280 te Helchteren 121
Figuur 67. Boring KS 30, 47W-267 te Heppen 122
Figuur 68. Boring KS 31, 63E-275 te Helchteren 123
Figuur 69. Boring KS 34, 47W-265 te Leopoldsburg 124
Figuur 70. Boring KS 35, 46E-279 te Olmen 125
Figuur 71. Boring KS 36, 46E-278 te Oostham 126
Figuur 72. Boring KS 37, 47W-266 te Leopoldsburg 127
Figuur 73. Boring KS 38b, 47W-261 te Hechtel 128
Figuur 74. Boring KS 39, 63E-269 te Leopoldsburg 129
Figuur 75. Boring KS 40, 47W-262 te Hechtel 130
Figuur 76. Boring KS 42, 47W-268 te Heppen 131
Figuur 77. Boring KS 44, 62E-281 te Helchteren 132
Figuur 78. Boring KS 45, 62E-283 te Helchteren 133
Figuur 79. Boring KS 46, 62E-282 te Helchteren 134
Figuur 80. Boring KS 47, 63W-305 te Koersel 135
Figuur 81. Boring KB 165, 17W-265 te Merksplas 136
Figuur 82. Boring KB 168, 62E-223 te Opoeteren 137
Figuur 83. Boring KB 169, 48W-185 te Gruitrode 138
Figuur 84. Boring KB 170, 30W-371 te Poederlee 139
Figuur 85. Boring KB 172, 63E-224 te Gruitrode 140
Figuur 86. Boring KB 203, 7E-223 te St. Lenaarts 141

SAMENVATTING. Bioklasten-stratigrafie of ecozonatie voor het Krijt (Santoniaan - Campaniaan - Maastrichtiaan) van Zuid Limburg en oostelijk België

Er wordt een summier overzicht gegeven van de lithologische indelingen die in de loop van de tijd gemaakt zijn van de Laat Krijt-afzettingen (Santoniaan-Campaniaan-Maastrichtiaan) in België, Nederland en Duitsland (fig. 2). De verschillende Formaties en Leden met hun typelokaliteiten worden kort beschreven. Daarna wordt ingegaan op de bioklasten en de onderscheiden bioklasten-ecozones. De resultaten van de monsters uit de boringen en ontsluitingen die onderzocht werden op bioklasten zijn naar hun bioklasten-inhoud ingedeeld in ecozones (fig. 3) zoals ze reeds eerder beschreven werden in de Belgische Kempen (Felder, 1994). De bioklasten-ecozones worden vergeleken met de lithologische- en de internationale indeling van het Laat Krijt (fig. 4).

Omdat de monsters uit ontsluitingen in de beide Limburgen en in het Luikse gebied over aanmerkelijk kortere afstanden genomen werden (0.15 - 1.00 m), dan in de boringen van de Belgische Kempen en het Massief van Brabant (3.00 - 5.00 m), zijn er meer pieken en dalen te onderscheiden in de relatieve hoeveelheden van de bioklasten. Uit een vergelijk van de gegevens blijkt dat het mogelijk is het merendeel van de pieken met elkaar te correleren. De pieken van sommige groepen van bioklasten werden genummerd. De hier gegeven nummers aan de pieken zijn als volgt samengesteld. Ze worden voorafgegaan door een kapitale letter (eventueel gevolgd door een onderkast-letter) om de bioklastengroep aan te duiden (bijv. F. Foraminifera, B. Bryozoa, Be. Belemnoidae, Br. Brachiopoda, enz.). De letter (of letters) worden daarna gevolgd door het Romeinse cijfer van de bioklasten-ecozone (b.v. FII, FV, BIV, BV, BeII, BeIII, BrII, BrIV) waarbinnen de piek gelegen is. Tenslotte volgt achter deze combinatie nog een Arabisch nummer (b.v. FII3, FV3, BIV3, BV3, BeII3, BeIII3, BrII3 en BrIV3) om de volgorde binnen de ecozone aan te geven. De reeds eerder ingedeelde en genummerde eenheden binnen de ecozones blijven hier gehandhaafd. Zo werden in de Kalksteen van Vijlen zeven eenheden (Vijlen 0 - Vijlen 6) onderscheiden en de pieken van de Foraminifera genummerd met letters (A t/m L) (Felder & Bless, 1994 en Felder, 1997a). De Crinoidea-eenheden werden ook reeds binnen de ecozones IV en V genummerd (CR1 t/m CR 10) evenals de Pelecypoda-eenheden in de ecozones IVa, IVb en V (Felder, 1997b). Ter verduidelijking wordt hier voor de nummers van deze Pelecypoda-eenheden een P gevoegd. De pieken binnen deze Pelecypoda-eenheden werden reeds eerder in deze eenheden x en y genoemd. In navolging met deze nummering worden de Pelecypoda in de andere ecozones (II, III en VI) op een soortgelijke wijze in Pelecypoda-eenheden verdeeld. De afzonderlijke pieken worden echter in deze nieuw ingedeelde eenheden van een Arabisch volgnummer voorzien. De overzichten (fig. 9, 21, 26, 29 en 30) geven tenslotte een beeld van de onderlinge relaties tussen de ecozones en laten tevens de sedimentaire verschillen zien die in dit Maastrichts typegebied zijn opgetreden.

Sleutelwoorden: bioklast, stratigrafie, Krijt, Maastrichtiaan, Campaniaan, Santoniaan, België, Nederland

RESUME. Stratigraphie par bioclastes, ou écozonation, dans le Crétacé (Santonien - Campanien - Maastrichtien) de Limbourg (Pays Bas) et de la Belgique orientale.

Ce livre présente une revue des subdivisions lithologiques du Crétacé supérieur (Santonien-Campanien-Maastrichtien) en Belgique, aux Pays-Bas et en Allemagne. Les Formations et les Membres ainsi que leurs localités-types sont décrits succinctement suivi d'une discussion sur les bioclastes et leurs écozones. Un inventaire des bioclastes de tous les échantillons de sondages ou d'affleurements a été effectué. Une subdivision en écozones complète celle déjà existante pour la Campine belge (Felder, 1994) (Fig. 3). Les écozones basées sur les bioclastes sont comparées avec les subdivisions lithologiques récentes du Crétacé (Fig. 4).

Pour les affleurements de la partie méridionale des provinces du Limbourg et du nord de la province de Liège, des échantillons ont été prélevés à intervalle très court, entre 0.15 et 1.00 m, tandis que pour ceux situés en Campine belge, le prélèvement de cuttings de forage a été effectué entre 3.00 et 5.00 m de sorte qu'un nombre moins important de pics et de creux dans les proportions relatives de bioclastes peuvent y être reconnus. En comparant ces données, il est possible de corréler la majorité des pics. Les numéros donnés aux pics sont définis de la manière suivante : une lettre en capitale (suive éventuellement par une lettre en minuscule) pour indiquer le groupe de bioclastes (par exemple, F=Foraminifera, B=Bryozoa, Be=Belemnoidae, Br=Brachiopoda, etc..), ensuite vient un chiffre romain numérotant les écozones où les pics sont situés (par exemple FII, FV, BIV, BV, BeII, BeIII, BrIII, BrIV, etc...) et pour terminer un chiffre arabe indiquant l'ordre de succession des pics dans chaque écozone (par exemple FII3, FV3, BIV3, BV3, Be3, BeII3, BrIII3, BrIV3, etc.).

Les unités qui par le passé, ont déjà été subdivisées et numérotées dans des écozones sont toujours maintenues. Par exemple, dans le Membre de Vijlen, pour les sept unités (Vijlen 0 – Vijlen 6) identifiées, les pics de Foraminifera ont été complétés par des lettres (de A jusqu'à L) (Felder & Bless, 1994 ; Felder, 1997a). Il en est de même pour les unités de Crinoidea dans les écozones IV et V dont le numérotation se situe entre CR1 à CR10 ainsi que pour les unités de Pelecypoda répertoriées antérieurement dans les écozones IVa, IVb et V (Felder, 1997b). Suivant Felder, les pics de Pelecypoda avaient été distinguées par les lettres x et y. Pour compléter le nomenclature utilisée par Felder (1997b), la lettre P est ajoutée à ces unités. Alors que dans les autres écozones (II, III et IV), les pics de Pelecypoda sont subdivisés par l'utilisation de chiffres arabes.
Des vues générales (Figures 9, 21, 26, 29 et 30) présentent un plan des différentes écozones et illustrent la sédimentation variable de cette région-type du Maastrichtien.

Mots-clés : bioclaste, stratigraphie, Crétacé, Maastrichtien, Campanien, Santonien, Belgique, Pays-Bas.

SUMMARY. Bioclast-stratigraphy, or ecozonation, of the Cretaceous (Santonian - Campanian - Maastrichtian) in South Limburg (the Netherlands) and eastern Belgium.

A brief overview is presented of lithological subdivisions that have been published over the years for the Upper Cretaceous sediments (Santonian-Campanian-Maastrichtian) in Belgium, the Netherlands and Germany (Fig. 2). The various Formations and Members with their respective type localities are briefly described, followed by a discussion of bioclasts and bioclasts ecozones. The results of samples from boreholes and outcrops studied for their bioclast content are subdivided into ecozones, such as the ones described previously for the Belgian Campine area (Felder, 1994) (Fig. 3). The bioclast ecozones are compared with the lithological and international subdivisions of the Late Cretaceous (Fig. 4).

In the outcrop area encompassing the southern part of both Limburg provinces and the northern part of Liège province, samples were taken over considerably shorter intervals (0.15-1.00m) than in the Belgian Campine and the Brabant Massif where the Cretaceous is only accessible by boreholes (3.00-5.00m). Therefore, more peaks and throughs could be distinguished in the relative number of bioclasts. From a comparison of the data it appears that it is possible to correlate the majority of these peaks. Numbers given here to the peaks have been defined as follows: they are preceded by a capital letter (either followed by a lower cast letter or not) to indicate the bioclast group (e.g. F. Foraminifera, B. Bryozoa, Be. Belemnoidae, Br. Brachiopoda, etc.). The letter (or letters) are followed by the Roman numeral of the bioclast ecozone (e.g. FII, FV, BIV, BV, BeI, BeIII, BrIII, BrIV) in which the peaks are situated. Finally follows an Arab numeral (e.g. FII3, FV3, BIV3, BV3, BeII3, BeIII3, BrII3, BrIV3) to indicate the order of peaks in the ecozone.

Previously subdivided and numbered units within the ecozones are here maintained. For instance, in the Vijlen Member seven units (Vijlen 0-Vijlen 6) were distinguished and the peaks of foraminifera identified with letters (A up to including L) (Felder & Bless, 1994; Felder, 1997a). The Crinoidea units were also numbered within the ecozones IV and V (CR1 up to and CR10), as were the Pelecypoda units previously distinguished in ecozones IVa, IVb and V (Felder, 1997b). To elucidate matters, the letter P is here added to these Pelecypoda units. The peaks within these Pelecypoda units were previously distinguished by x and y. Following this numbering, the Pelecypoda in other ecozones (II, III en VI) are subdivided into a similar way. The separate peaks, however, are distinguished in these newly subdivided units, by using successive Arab numerals.
The overviews (Fig. 9, 21, 26, 29 and 30) present an overview of the various ecozones and illustrate the sedimentary variability of the extended Maastricht type area.

Key-words: bioclast, stratigraphy, Cretaceous, Maastrichtian, Campanian, Santonian, Belgium, the Netherlands

INLEIDING

Sinds 1963 zijn duizenden monsters uit boringen en ontsluitingen in de Euregio (fig. 1 en 1a) onderzocht op hun bioklasteninhoud. De resultaten van deze onderzoekingen werden soms afzonderlijk gepubliceerd of in rapporten vastgelegd. In deze geschriften is enerzijds de ontwikkeling terug te vinden die het onderzoek in de loop van de tijd heeft doorgemaakt en anderzijds de soms nauwkeurige analyses die door middel van de bioklasten gemaakt konden worden. Dit alles heeft ertoe geleid dat tegenwoordig soms maar enkele monsters uit een boring nodig zijn voor het herkennen van de doorboorde lagen. Bij het interpreteren van de analyse-resultaten uit deze geringe hoeveelheid monsters moet echter steeds weer terug gegrepen worden op de eerder verschenen publicaties en rapporten. Daarbij viel op dat af en toe onnauwkeurigheden of verschillende interpretaties in de beschrijvingen te vinden zijn. Het leek mij daarom gewenst een nieuw overzicht samen te stellen en deels herinterpretaties uit te voeren. Bij dit overzicht worden uiteraard ook de onderzoekingen betrokken die plaats vonden in de Belgische Kempen (Felder *et al.*, 1985 en Felder, 1994) en het Maastrichtiaan van Nederlands Limburg en omgeving, waar zeer uitvoerige analyses van de bioklasteninhoud plaats vonden (Felder, 1997b). De aldaar gebruikte benamingen en nummers (overeenkomend met de inventarisatienummers van de geologische diensten) worden hier zoveel mogelijk aangehouden.

1. LITHOLOGIE

Van oudsher zijn de afzettingen uit het Laat-Krijt in het te bespreken gebied ingedeeld in kleiige- zandige- en kalkige afzettingen (fig. 2). Een schematisch beeld van de lithologische samenstelling van het Laat Krijt is weergegeven in figuur 2a; in deze figuur zijn ook de Foraminifera zones aangegeven zoals die onderscheiden werden door Hofker (1966).

In de Formatie van Aken, die in het algemeen uit zand bestaat zijn plaatselijk kleien aanwezig, vooral in het onderste gedeelte. In de Formatie van Vaals verandert de korrelgrootte in westelijke richting zodat in Halembaye (België) geen zand maar een meer kleiige afzetting aanwezig is die 'smectite de Herve' genoemd werd. Nog verder naar het westen toe veranderen de kleiige- zelfs in kalkrijke afzettingen (St. Lenaarts en Doel).
De afzettingen die hier kalksteen genoemd worden, maar in België meestal onder de noemer 'krijt' worden gebracht, zijn ingedeeld in een aantal kleinere eenheden. Men kan in de kalkstenen immers een aantal grotere of kleinere verschillen waarnemen. Zo neemt de korrelgrootte van de kalkstenen in het algemeen van onder naar boven toe (P.J. Felder, 1975). Hetzelfde is overigens ook het geval in horizontale richting, dat wil zeggen de korrelgrootte neemt soms van Oost naar West of van West naar Oost af in een en dezelfde laag.

Het aandeel vuurstenen varieert sterk in de kalkstenen (W.M. Felder, 1975). In sommige afzettingen kan men alleen verspreid enkele vuurstenen aantreffen, terwijl in andere laagpakketten dikke lagen vuursteen optreden die een vierde deel van de afzetting kunnen vormen. Voor de vuurstenen geldt verder dat ze binnen een en hetzelfde pakket verschillen in ontwikkeling laten zien. Soms komen geen vuurstenen voor, maar op andere plaatsen blijken dezelfde afzettingen wel vuurstenen te bevatten. Ook de dikte van de afzonderlijke vuursteenlagen kan aanmerkelijk verschillen.

Tenslotte zijn een aantal niveaus te onderscheiden waar hardere lagen ('hardgrounds') en of fossielgruislagen optreden. Aanrijkingen met glauconiet, zand en klei treden eveneens in de kalkstenen op (zo spreekt men in de omgeving Aken van "Oberer Grünsand" (fig. 2), en veranderen de kalkstenen uit de Formatie van Maastricht in "Valkenburg", "Schaelsberg" en "Kunrade" kalksteen (fig.2a). Al deze grotere en kleinere variaties in de kalkstenen hebben ertoe geleid dat in de loop van de tijd diverse lithologische beschrijvingen gemaakt werden. Dit hing uiteraard ook samen met de lands- en taalgrenzen en verschillen in opvatting. In figuur 2 zijn overigens maar een gering aantal van de lithologische benamingen gegeven (er is niet naar gestreefd een totaal overzicht te geven). In Nederland werden uiteindelijk zeer gedetailleerde en nauwkeurige beschrijvingen gemaakt van een groot aantal ontsluitingen uit het Laat-Krijt en het Daniaan (Albers *et al.*, 1978a,b, W.M. Felder *et al.*, 1978a,b en Albers & Felder, 1979). Deze indeling wordt hier zover als mogelijk aangehouden. Uiteraard heeft men gepoogd met behulp van de lithologische verschillen correlaties tussen de diverse ontsluitingen tot stand te brengen. In grote lijnen is dit ook gelukt. Door onderzoek van de Ostracoden, Foraminiferen en Bioklasten in de kalkstenen bleek echter dat er soms vraagtekens geplaatst mogen worden bij de lithologische correlaties (Felder *et al.*, 1985). De zeer uitgebreide lithologische indeling van de kalkstenen, zoals gebruikelijk in Nederlands Limburg, kan dan ook niet zonder aanpassingen doorgetrokken worden in Belgisch Limburg.

2. FORMATIES EN LEDEN, TYPELOKALITEITEN EN OUDERDOM

2.1. FORMATIE VAN AKEN

Lithologisch omvat de Formatie van Aken (= Aachen) drie verschillende eenheden die overigens maar voor een gedeelte of zelfs in het geheel niet meer ontsloten zijn:
- de Klei van Hergenrath, met als typelokaliteit de verlaten groeve Schampelheide te Hergenrath (niet meer ontsloten),
- het Zand van Aken met als typelokaliteit de groeve Käskorb te Kelmis
- het Zand van Hauset met als typelokaliteit de groeve Flög te Hauset (Albers & Felder, 1979).

Een gedeelte van de Formatie van Aken is geplaatst in het Santoniaan (Batten *et al.*, 1988 en Jagt *et al.*, 1995). Waarschijnlijk behoort het bovenste deel van de Formatie van Aken tot het Vroeg Campaniaan en niet meer tot het Santoniaan. Onbekend is echter waar de grens tussen het Vroeg Campaniaan en het Santoniaan precies ligt. In het hier besproken gebied zijn geen typelokaliteiten van het Santoniaan aanwezig, deze bevinden zich in Frankrijk.

Geen van de genoemde ontsluitingen is uitgebreid op bioklasten onderzocht. Er werden echter meerdere boringen onderzocht waarin de Formatie van Aken doorboord werd. Meestal is de dikte van de Formatie van Aken in de onderzochte boringen gering of zelfs afwezig. De belangrijkste boringen zijn Hombourg 123W-735 (fig. 5b) en Moors 123W-734 (fig. 6a) alwaar de dikte van de formatie 25 meter bedraagt. Op grond van de lithologie en de bioklasten zijn de afzettingen in Ecozone I en wel in deel-ecozone Ia geplaatst.
De lithologie blijkt overigens over korte afstand zeer sterk te variëren. Door gebrek aan fossielen en bioklasten is het moeilijk de verschillende afzettingen van de Formatie van Aken te correleren. Met behulp van de bioklasten kon de Formatie van Aken dan ook niet verder onderverdeeld worden. De top van de Formatie van Aken wordt op meerdere plaatsen gevormd door een conglomeraat die te maken heeft met een erosie-horizont veroorzaakt door een zuidoostelijk-noordwestelijk scheefstelling van het gebied. Bij Aken bereikt de formatie de grootste dikte (60 m) en op het Massief van Brabant is de formatie afwezig evenals in de boringen van de Antwerpse Kempen (fig. 9).

2.2. DE FORMATIE VAN VAALS

De typelokaliteit van de Formatie van Vaals bestaat in feite uit een aantal kleine afzonderlijke ontsluitingen in de omgeving van Vaals. Bij de aanleg van de Randweg te Vaals werden indertijd enkele diepe insnijdingen gemaakt die de mogelijkheid boden de formatie uitvoerig te monsteren. Met behulp van enkele boringen kon uiteindelijk een groter profiel bemonsterd worden (fig. 7). De typelokaliteit kon jammer genoeg niet tot aan de top onderzocht worden waardoor een onvolledig beeld van deze formatie op de plaats van de typelokaliteit ontstond. Om de Formatie van Vaals met behulp van de bioklasten te beschrijven wordt hier dan ook voornamelijk gebruik gemaakt van het profiel van de Formatie van Vaals in de boring 61F-296 te Maastricht (fig. 8e) en de boringen in de Belgische Kempen. De lithologie van de Formatie van Vaals blijkt evenals de Formatie van Aken sterk te variëren. In Vaals bestaat het onderste deel van de Formatie van Vaals nog uit grove zanden zoals die aangetroffen werden in de Formatie van Aken. In Halembaye (61H-9) bestaat de Formatie van Vaals reeds uit een fijnkorrelige afzetting die in België 'smectite de Herve' genoemd werd, terwijl in de westelijke Kempen meer en meer mergelige lagen optreden die uiteindelijk bij St. Lenaarts overgaan in kalkstenen (fig.9).

Met de lithologische onderverdeling in leden, zoals die beschreven zijn door Albers & Felder (1979), kon bij dit onderzoek niet gewerkt worden omdat het merendeel van de onderzochte profielen uit boringen bestaat. In de monsters uit de boringen zijn immers geen nauwkeurige lithologische gegevens meer waar te nemen. Het onderste deel van de Formatie van Vaals plaatst men in het Vroeg Campaniaan (Jagt, 1989). Het bovenste gedeelte van de Formatie van Vaals behoort echter reeds tot het Laat Campaniaan (Jagt *et al.*, 1995). De juiste plaats van de grens tussen het Laat en Vroeg Campaniaan is niet bekend. De typelokaliteiten van het Campaniaan bevinden zich in Frankrijk.

Evenals de Formatie van Aken is de Formatie van Vaals in bioklasten ecozone I geplaatst. Met behulp van belemnietenpieken kan ecozone I gesplitst worden in deel-ecozones Ia t/m Id, waarbij de delen Ib, Ic en Id

binnen de Formatie van Vaals gelegen zijn. Een gedeelte van de Formatie van Vaals, zoals die beschreven is in Nederlands Limburg, is echter in ecozone II geplaatst en wel in IIa. In de boringen Hombourg 123W-735 (fig. 5b), Bois de la Cônelle (fig. 10) en Merckhof (fig. 11) werden de onderste lagen van ecozone IIa als een gesteente uit de Formatie van Vaals afgezet. Bij de Zeven Wegen (fig. 12), in Beutenaken (fig. 13) en in de boring Crapoel (fig. 14) is dat waarschijnlijk ook het geval, maar kon het niet aangetoond worden omdat aldaar niet voldoende monsters in de "Vaals" gesteenten genomen werden. Men rekent verder in Nederlands Limburg de afzettingen die vroeger als "Zandig krijt van Benzenrade" (fig. 15) beschreven zijn nog tot de Formatie van Vaals. Deze afzetting is echter als het equivalent van de Formatie van Gulpen beschreven (Jagt *et al.*, 1987) en geplaatst in het Laat Campaniaan. Deze afzettingen werden eerder in de Kempen als "Pre-Valkenburg-afzettingen" beschreven (Felder *et al.*, 1985).

De grootste dikte van de Formatie van Vaals, zonder het "Zandig krijt van Benzenrade", bedraagt bij Benzenrade 100 m (fig. 16) waarmee bevestigd wordt dat ook tijdens de afzetting van de Formatie van Vaals nog steeds een zuid-oostelijke daling van de schollen optrad. Aan te nemen is echter dat vanaf de belemnietenpiek Bel5 de scheefstelling van de schollen omgekeerd werd, waardoor in het noordwesten meer sedimenten afgezet werden (fig. 9). Bij de top van de Formatie van Vaals is op meerdere plaatsen een basisconglomeraat aanwezig die aangeeft dat door de omkering lokaal erosie optrad.

2.3. PRE-VALKENBURG AFZETTINGEN EN "KUNRADER KALKSTEEN"

De als "Pre-Valkenburg afzettingen" beschreven gesteenten (Felder *et al.*, 1985) die deels overeenkomen met het "Zandig krijt van Benzenrade" kunnen mijns inziens in België het beste als Formatie van Benzenrade beschreven worden, omdat ze lithologisch min of meer overeenstemmen met het "Zand van Benzenrade" en in België duidelijk uit meerdere Leden opgebouwd zijn 2a). Als typelokaliteit van deze Formatie kunnen dan de ontsluitingen in Benzenrade en de boring KS 22, 63E-222 te Opoeteren België gelden. Het "Zandig krijt van Benzenrade" dat in Nederlands Limburg als een lid van de Formatie van Vaals beschreven is, is met behulp van de bioklasten in ecozone II geplaatst en vormt in feite een afzetting die het equivalent is van een gedeelte van de Formatie van Gulpen (Jagt *et al.*, 1987). Ze zijn in het Laat Campaniaan geplaatst.
De "Kunrader kalksteen" is door de Rijks Geologische Dienst van Nederland in de Formatie van Maastricht geplaatst (van Adrichem Boogaert & Kouwe, 1993). Onderzoek toonde echter aan dat een gedeelte van de "Kunrader kalksteen" in ecozone IV thuishoort en dus het equivalent is van het bovenste deel van de Formatie van Gulpen (Kalksteen van Lanaye) (Felder & Bless, 1989). Het bioklasten onderzoek is derhalve tot andere resultaten gekomen dan het lithologisch onderzoek.

2.4. DE FORMATIE VAN GULPEN.

Het typegebied van de Formatie van Gulpen is de omgeving van Gulpen. Aldaar is echter maar een klein gedeelte van de totale Formatie aanwezig en ontsloten (fig. 17). De totale Formatie van Gulpen omvat de volgende vijf leden, van onder naar boven:
- Kalksteen van Zeven Wegen,
- Kalksteen van Beutenaken
- Kalksteen van Vijlen,
- Kalkstenen van Lixhe,
- Kalksteen van Lanaye.

2.4.1. Kalksteen van Zeven Wegen

Typelokaliteit: ontsluiting 62D-15b (fig. 12). In deze ontsluiting is de Kalksteen van de Zeven Wegen maar gedeeltelijk aanwezig. Daarom wordt hier ook het ontsloten profiel in de groeve CPL te Halembaye 61H-9 (fig. 18a) gebruikt om de Kalksteen van Zeven Wegen te beschrijven, omdat aldaar een dikkere afzetting (33.5 m) aanwezig is. In de boring Kastanjelaan te Maastricht (62F-296) is de dikte 24.5 m (fig. 8d). Deze afzettingen zijn in ecozone IIa geplaatst. De Kalksteen van Zeven Wegen wordt in het Laat Campaniaan geplaatst. Over het algemeen is de dikte van Ecozone IIa vrij constant (met uitzondering van later plaatselijk ontstane erosie-geulen) hetgeen erop wijst dat de schollenbeweging tijdelijk gestabiliseerd was. De Kalksteen van Zeven Wegen is een fijnkorrelige kalksteen ('schrijfkrijt') die plaatselijk meer of minder vuurstenen en soms rolsteentjes bevat. Bij

de meer excentrisch op het Massief van Brabant gelegen boringen Dendermonde (fig. 19) en Pécrot (fig. 20) werden overigens vrij veel rolsteentjes in de afzetting aangetroffen.

2.4.2. Kalksteen van Beutenaken

Typelokaliteit: groeve Habets te Beutenaken 62C-22 (fig. 13). Ook deze afzetting is maar gedeeltelijk ontsloten in de groeve. Met behulp van de bioklasten is de afzetting in ecozone IIb geplaatst. Ecozone IIb omvat echter veel meer afzettingen dan de ontsloten kalksteen in Beutenaken. In geheel Zuid-Limburg is echter geen boring of ontsluiting aanwezig waar ecozone II volledig aanwezig is. Om de gehele dikte van ecozone IIb en IIc te overzien is hier gebruik gemaakt van boringen in de Belgische Kempen. De aanmerkelijk grotere dikten van de afzettingen in de Belgische Kempen (vooral bij Merksplas fig. 81) wijzen erop dat de noordwestelijke daling van de schollen versterkt optrad gedurende de afzetting van ecozone IIb en IIc. De noordwestelijke scheefstelling veroorzaakte vooral in het zuidoosten erosie, waarbij diepe erosiegeulen ontstonden terwijl in het noordwesten dikke afzettingen ontstonden. Lokaal ontstonden zelfs conglomeraten. De Kalksteen van Beutenaken ontbreekt op het Massief van Brabant. Gedeeltelijk plaatst men de Kalksteen van Beutenaken in het Laat Campaniaan. In hoeverre de bovenste afzettingen van Ecozone IIc nog tot het Laat Campaniaan behoren is echter niet bekend.

2.4.3. Kalksteen van Vijlen

Het typegebied van de Kalksteen van Vijlen ligt bij Vijlen en vooral in het gehucht Mamelis, ontsluiting 62D-79, (fig. 22). De Kalksteen van Vijlen is reeds eerder uitvoerig beschreven (Felder & Bless, 1994 en Felder, 1997a). Nadat tijdens de afzetting van ecozone IIb en IIc diepe erosie-geulen in het zuidoosten ontstaan waren (fig. 23, 24 en 25) werden deze door een tegengestelde scheefstelling van de schollen en een transgressie opgevuld met sedimenten. Met behulp van de Foraminifera, Ostracoda en Bioklasten werd de Kalksteen van Vijlen in zeven kleinere eenheden (Vijlen 0 t/m Vijlen 6) ingedeeld. De lithologie van de Kalksteen van Vijlen is zeer divers en afhankelijk van de plaats binnen de geulen. De Kalksteen van Vijlen ontbreekt op het Massief van Brabant en in de Belgische Kempen is de dikte verschillend (fig. 26). Het gedeelte van de Kalksteen van Vijlen dat nog belemnietenpieken bevat is als ecozone III beschreven. Het bovenste deel van de Kalksteen van Vijlen zonder belemnietenpieken (bijvoorbeeld te Halembaye) is geplaatst in Ecozone IV. De Kalksteen van Vijlen is in het Maastrichtiaan geplaatst, waarbij het grootste gedeelte van de afzetting tot het Vroeg Maastrichtiaan behoort. De bovenste meters van de Kalksteen van Vijlen worden in het Laat Maastrichtiaan geplaatst.

2.4.4. Kalkstenen van Lixhe

De Kalkstenen van Lixhe, met als typelokaliteit de groeve 61H-18 te Lixhe, zijn in drie gedeeld aan de hand van de toenemende hoeveelheid vuursteen. In vergruisde boormonsters is deze indeling uiteraard niet meer herkenbaar aanwezig. Hier wordt gebruik gemaakt van de CPL groeve 61H-9 te Halembaye (fig. 18) om de Kalkstenen van Lixhe te beschrijven omdat aldaar de afzettingen uitvoerig bemonsterd konden worden en de driedeling duidelijk aanwezig is. In het algemeen zijn de Kalkstenen van Lixhe een fijnkorrelige kalksteen zonder verontreinigingen. De Kalkstenen van Lixhe komen in toenemende dikte vanaf Landen (fig. 27) naar Halembaye toe op het Massief van Brabant voor, hetgeen een aanwijzing is dat het Massief in deze richting dalende was gedurende het ontstaan van de Kalkstenen van Lixhe. De Kalkstenen van Lixhe zijn evenals het bovenste deel van de Kalksteen van Vijlen in ecozone IV geplaatst. De ouderdom van de Kalkstenen van Lixhe is Laat Maastrichtiaan.

2.4.5. Kalksteen van Lanaye

De typelokaliteit van de Kalksteen van Lanaye is ontsluiting 61H-36 te Lanaye (fig. 28), alwaar 23 vuursteenlagen aangetroffen werden. Naar het noordoosten toe verandert echter de lithologie en ligt de top van de Kalksteen van Lanaye steeds lager bij diepere vuursteenlagen. Niet alleen de vuursteenlagen nemen in dit lid in dikte toe maar ook de korrelgrootte van de kalksteen neemt toe. Opmerkelijk is dat dit lid in de boring Limbricht, die in de Roerdalslenk gelegen is, aangetroffen werd. Dit wijst erop dat de Roerdalslenk tot onder het sedimentatieniveau gedaald was. De gruislagen aan de top van dit lid tonen aan dat het achterland (Ardennen) opgeheven werd zodat aldaar erosie optrad. De Kalksteen van Lanaye is in ecozone IV geplaatst en heeft een Laat Maastrichtiaan ouderdom.

2.5. DE FORMATIE VAN MAASTRICHT

De typelokaliteit van de Formatie van Maastricht is dezelfde als de typelokaliteit van het Maastrichtiaan en wel de St. Pietersberg onder de hoeve Lichtenberg bij Maastricht. Aangezien de typelokaliteit alleen met een zeer hoge stelling bemonsterd kan worden, maakt men gebruik van de ernaast gelegen groeve van de cementfabriek ENCI om de afzettingen te beschrijven. Hier wordt de ENCI groeve 61F-19 als basis gebruikt (fig. 29). Omdat in de ENCI groeve de bovengrens van de Formatie van Maastricht niet ontsloten is wordt de groeve Curfs (momenteel groeve Ankerpoort 62A-13, fig. 30) gebruikt om de bovenste lagen te beschrijven. Aldaar is de grens met de Formatie van Houthem aanwezig.

De Formatie van Maastricht is lithologisch verdeeld in 5 leden, die in ontsluitingen vaak te onderscheiden zijn. In monsters uit gruisboringen zijn daarentegen de lithologische kenmerken niet of nauwelijks te herkennen. Het is om deze reden dat hier volstaan wordt met het profiel uit de ENCI groeve (fig. 29). In het algemeen mag men stellen dat het onderste deel van de Formatie van Maastricht uit fijnkorrelige kalkstenen met meer of minder vuurstenen bestaat terwijl het bovenste deel van de Formatie uit grofkorrelige kalkstenen met fossielgruislagen opgebouwd is. De gehele Formatie van Maastricht is geplaatst in ecozone V, die verdeeld is in de deel-ecozones Va, Vb, Vc en Vc en heeft een Laat Maastrichtiaanse ouderdom.

2.6. DE FORMATIE VAN HOUTHEM

De Formatie van Houthem, die in het Tertiair geplaatst is, wordt hier met uitzondering van de groeve Curfs te Geulhem (fig. 30) niet verder besproken. Deze afzettingen zijn overigens reeds eerder uitvoerig besproken (Felder, 1988).

3. BIOKLASTEN

Onder bioklasten worden hier de overblijfselen van organismen verstaan met een doorsnede van 1-2.4 mm. Deze bioklasten zijn in een twintigtal gemakkelijk herkenbare groepen verdeeld (P.J. Felder 1981). De verscheidenheid aan bioklasten bleek vertikaal sterk te variëren en horizontaal over grotere afstanden herkenbaar gelijk te blijven. Dit vormde de aanleiding om tot een indeling in ecozones over te gaan. Tijdens het onderzoek van de bioklasten in de Belgische Kempen (Felder, 1994) werden de onderzochte afzettingen verdeeld in een zestal bioklasten-ecozones (fig. 3). De indeling in ecozones kon vergeleken worden met de in Nederland gebruikelijke internationale stratigrafische indeling (fig. 4).

In de omgeving van Maastricht en Halembaye werden op zeer uitgebreide schaal monsters genomen, afhankelijk van de lithologische indeling ter plaatse, die onderzocht werden op hun bioklasteninhoud. Met behulp van de Crinoidea, de Pelecypoda en de Bryozoa konden de afzettingen verdeeld worden in kleine eenheden (Felder, 1997b).
Bij het interpreteren van de gegevens uit de onderzoekingen van de bioklasten werd opgemerkt dat de absolute getallen minder belangrijk waren dan de relatieve hoeveelheden. Deze relatieve hoeveelheden werden daarom in grafieken verwerkt. De pieken en dalen, ook al zijn de waarden erg verschillend, bleken soms over grotere afstanden correleerbaar te zijn. Bijvoorbeeld de belemnietenpieken bleken goed te vervolgen en duidelijk niet gebonden te zijn aan de lithologie. Dit hangt ermee samen dat belemnieten in feite dieren zijn die in een open zee leven. Gedurende de paaitijd zoeken ze echter de ondiepe kustwateren op. Het Kempense-Limburgse gebied was gedurende het Boven-Krijt schijnbaar een baaivormige ondiepe zee waarin de belemnieten paaiden. Na het paaien stierven de belemnieten en vaak spoelden ze daarna op het strand aan of bezonken in het ondiepe water, derhalve in een ander millieu dan waar ze normaal leven. Andere bioklasten hebben uiteraard een meer lokale betekenis. Bijvoorbeeld de kleine piekjes Thecideidae die aangetroffen werden in de groeve van de ENCI (fig. 29) te Maastricht. Deze piekjes ontwikkelen zich echter in de richting naar Nieuwerkerken (fig. 31) tot duidelijke pieken. Thecideidae zijn millieu gebonden organismen die leven op zeewieren, ze zijn derhalve strikt gebonden aan een bepaald millieu. Andere organismen zoals Ostrea, Serpulidae en Bryozoa hebben eveneens een vastzittende levenswijze, maar deze organismen kunnen schijnbaar hun eigen milieu vergroten en constant houden, waardoor zij over grotere oppervlakten aangetroffen worden als banken.

4. ECOZONES, NUMMERING VAN DE PIEKEN EN INTERPRETATIES

Het onderzoek van boormonsters, die om de 3-5 meter genomen werden in talrijke boringen van de Belgische Kempen (figuren 53 t/m 86), maakten het mogelijk de Laat Krijt- en de kalkige Tertiair-afzettingen in een zestal bioklasten-ecozones in te delen (Felder, 1994). Deze indeling was vooral gebaseerd op de verschillen van de bioklasten-samenstelling in verticale zin. Vooral hoge percentages Mollusca (Belemnoidae en Pelecypoda) waren kenmerkend voor de onderste lagen terwijl de Crinoidea, Bryozoa en Serpulidae kenmerkend zijn voor de bovenste lagen. Schommelingen in de percentages werden gebruikt om de ecozones verder in te delen in deel-ecozones, die a t/m d genoemd werden. Waar in 1994 de indeling nog mede gebaseerd werd op de foraminifera zones volgens Hofker (1966) en de lithologische indeling, wordt nu met deze indelingen geen rekening meer gehouden bij het indelen van de bioklasten zones.

Een uitgebreid onderzoek in het typegebied van het Maastrichtiaan (Maastricht, Halembaye en Geulhem), waarbij soms monsters om de 5 cm genomen werden, toonde aan dat de bioklasten-ecozones verder ingedeeld konden worden in het Laat Maastrichtiaan. Tijdens deze onderzoekingen werd ecozone IV opgesplitst in IVa en IVb terwijl de Crinoidea-eenheden, die herkenbaar waren, genummerd werden met de codes CR1 t/m CR8. De regelmaat waarmee de Pelecypoda in pieken binnen ecozone IV voorkwam werd aanleiding om ze eveneens in eenheden in te delen die genummerd werden IVa1 t/m IVa7 en IVb1 t/m IVb7 (P.J. Felder 1997b). In het overgrote deel van de Pelecypoda-eenheden bleken twee pieken voor te komen die eerst a en b genoemd werden (Felder, 1997b), maar later met x en y aangeduid zijn (fig. 18 en 29).
Tijdens het onderzoek van de Kalksteen van Vijlen (Felder & Bless, 1994 en Felder, 1997a) werd deze afzetting in zeven eenheden verdeeld (Vijlen 0 t/m 6) terwijl de Foraminifera-pieken A t/m L genummerd werden (fig. 22). De benamingen gebruikt bij het beschrijven van de Kalksteen van Vijlen (Felder & Bless, 1994 en Felder, 1997a) blijven hier gehandhaafd. Ook de nummering van de Crinoidea- en Pelecypoda-eenheden zoals die beschreven werden binnen ecozone IV en V (Felder, 1997b) worden hier aangehouden, maar er is ter verduidelijking een P gevoegd voor de nummers van de Pelecypoden-eenheden.

Het onderzoek van de bioklasten in de boringen van de Zuid-Limburgen en Luik (die per meter bemonsterd werden) maakte het mogelijk de ingevoerde indeling verder uit te breiden met de nummering van de pieken van Foraminifera, Bryozoa, Brachiopoda, Thecideidae, Belemnoidae en Serpulidae in de diverse bioklasten-ecozones. Bij het samenstellen van de diagrammen werden echter niet alle groepen bioklasten gebruikt maar uitsluitend die van belang zijn voor onderlinge correlaties. Hierdoor kon het aantal bioklasten-groepen in één diagram beperkt blijven, maar was het wel noodzakelijk soms meer diagrammen van één boring of ontsluiting te maken.

Het uitgebreid onderzoek van de bioklasten-inhoud maakt het nu ook mogelijk de omstandigheden gedeeltelijk te reconstrueren waaronder de sedimenten afgezet werden. Bij deze reconstructies wordt gebruik gemaakt van de op figuur 4 aangegeven zeespiegelschommelingen (Eustatic Curves). Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen langdurige veranderingen van de zeespiegel (langdurige transgressies of regressies) en korte veranderingen van de hoogte van de zeespiegel. Deze kort durende veranderingen van de zeespiegel zijn in figuur 4 aangegeven met de plaatsnaam van de lithologische Horizont (dus Hergenrath. Horizont van Hergenrath enz.) die daarbij ontstond.

We moeten er rekening mee houden dat de verschillende tektonische schollen gedurende de besproken tijdsduur diverse bewegingen uitvoerden. Gedurende de tijd dat de Laat Krijtafzettingen onstonden daalde het Kempens-Limburgse gebied, maar kwam de Roerdalslenk omhoog. Tengevolge van dit omhoog komen ontstond aldaar een erosiegebied. Ook het Massief van Brabant was tektonisch actief waardoor vanaf dat gebied erosieresten aangevoerd werden. De Ardennen, die evenals de Limburgen bedekt waren met Laat Krijt sedimenten, kwamen tegen het einde van het Laat Krijt omhoog. Min of meer tegelijkertijd begon toen de Roerdalslenk echter weer te dalen.
Een uitgebreid overzicht van de ecozones zoals die in de omgeving van Maastricht aangetroffen werden is weergegeven door middel van de boring Kastanjelaan 2 te Maastricht via de figuren 8 t/m 8e.

4.1. ECOZONE I

Ecozone I wordt gekenmerkt door pieken van Foraminifera, Belemnoidae en Pelecypoda. De Belemnoidaepieken zijn in deze ecozone de belangrijkste pieken. Ecozone I bevindt zich in de kleiige-zandige afzettingen die aan de basis liggen van het Laat Krijt in het besproken gebied (Santoniaan-Campaniaan) en lithologisch de Formatie van Aken en Vaals genoemd worden. Ecozone I, oorspronkelijk gedefinieerd in de Belgische Kempen, is door middel van pieken in de Belemnoidea verdeeld in de deel-ecozones Ia t/m Id (fig. 9). Het onderste gedeelte van deze kleiige-zandige afzettingen (Ia) bestaat in de Belgische Kempen gedeeltelijk uit grovere witte zanden (Santoniaan) die soms zeer rijk zijn aan Pelecypoda. De hogere afzettingen (Ib, Ic en Id) zijn meestal groenige, fijnkorrelige mergelige zanden (silt) met glauconiet (Campaniaan), waarin vooral Foraminifera, Belemnoidea en Pelecypoda voorkomen.

Het onderste gedeelte van Ecozone I bevat in het zuid oosten nagenoeg geen bioklasten. Mogelijk is dat een gevolg van het feit dat de onderste lagen aldaar nog fluviatiel afgezet werden. Hierop wijzen vooral de plantenresten (Phytoklasten) die in deze afzettingen gevonden zijn (fig. 5b). Hogerop in het profiel en meer noord westelijk kunnen de afzettingen meer bioklasten bevatten.
In het onderzochte gebied is boring 61F-296 Kastanjelaan te Maastricht (fig. 8e) en de boringen 123W-734 te Moors en 123W-735 te Hombourg (fig. 5b en 6a), alsmede de boring 62B-450 te Benzenrade (fig. 16) gebruikt om ecozone I te beschrijven. De typelokaliteit van de Formatie van Vaals (fig. 7) werd uiteraard ook bij het onderzoek betrokken maar kon maar gedeeltelijk gebruikt worden omdat het profiel incompleet is. Over het algemeen zijn de afzettingen uit ecozone I in het oosten arm aan bioklasten en dus moeilijk met elkaar te correleren. Mogelijk is de armoede aan bioklasten een gevolg van oplossing van de kalkbestanddelen maar kan deels ook samenhangen met een sterke aanvoer van lithische sedimenten (inversie Roerdalslenk).

In de boring Kastanjelaan te Maastricht (61F-296, fig. 8e) werd ecozone I in zijn geheel doorboord. Binnen het profiel werden evenals in de boringen van de Belgische Kempen (fig. 53 t/m 86) pieken van Foraminifera en Belemnoidae aangetroffen waarvan aangenomen waarop de indeling van de deel-ecozones Ia, Ib, Ic en Id stoelt. Ook in de boringen te Moors en Hombourg werden de belemnietenpieken gevonden (fig. 5b en 6a). Besloten werd dan ook de belemnietenpieken te correleren en te nummeren van Bel1 t/m Bel7. In de omgeving van Benzenrade, Vaals, Hombourg en Moors ontbreken vooral de kalkige bioklasten waardoor het niet mogelijk was aldaar de Foraminifera-pieken te nummeren.

De typelokaliteit van de Formatie van Vaals werd ook onderzocht op bioklasten (fig. 7). Het was jammer genoeg echter niet mogelijk de top van de Formatie van Vaals te onderzoeken omdat deze in Vaals niet onsloten is. Een poging om deze top met een handboor te bereiken mislukte. Via een machinale boring kon wel de basis van de Formatie van Vaals, de Horizont van Raeren, bereikt worden. In de genomen monsters werden twee Belemnoideapieken aangetroffen die gecorreleerd werden met de pieken BeI3 en BeI?5 uit de boring 123W-735 (fig. 5b). In de bioklasteninhoud van de typelokaliteit van de Formatie van Vaals lijken maar weinig overeenkomsten aanwezig te zijn met andere ontsluitingen. Deze verschillen waren overigens al waar te nemen tijdens het monsteren. In Vaals viel op dat het merendeel van de kalkige fossielen verkiezeld of opgelost waren. De opgeloste fossielen waren wel nog als afdrukken te herkennen in het sediment. De oplossingsverschijnselen waargenomen in Vaals en omgeving worden in westelijke richting steeds minder.

4.1.1. Deel-ecozone Ia

Het geringe aantal bioklasten dat aangetroffen werd in deze deel-ecozone laat een verdere indeling niet toe. In het onderzochte gebied bestaat deel-ecozone Ia gedeeltelijk uit kleiafzettingen (Klei van Hergenrath) en uit grovere witte zanden (Zand van Aken en Hauset). Deze afzettingen plaatst men tegenwoordig gedeeltelijk in het Santoniaan. Uit de verzamelde lithologische gegevens, in diverse groeven in België en Duitsland, blijkt duidelijk dat de afzettingen uit ecozone Ia kust- strand- geul- en stormafzettingen zijn die ontstonden bij of in een zeer ondiepe zee. Vooral tijdens de afzetting van de Klei van Hergenrath en de vlak er boven liggende zanden onstonden in de omgeving van Aken fluviatiele landafzettingen. Het aantreffen van Phytoklasten in de boring 123W-735 (fig. 5b) aan de basis is daarvoor een aanwijzing. Hoe onregelmatig de afzettingen binnen de Formatie van Aken kunnen zijn blijkt uit een vergelijk van de boringen 123W-735 (fig. 5b) en 123W-734 (fig. 6a) die niet ver van elkaar liggen. De kleilaag die in de boring 123W-735 aangetroffen werd is in de boring 123W-734 niet aanwezig. Ook de aangetroffen Phytoklasten in boring 123W-735 zijn in de andere boring niet aanwezig.

De Pelecypoda die aangetroffen werden in de boringen bij Hombourg en Moors in de top van deel-ecozone Ia wijzen erop dat zee bezit genomen had van het gebied rond de boringen. Meer naar het westen toe komen steeds meer en meer Pelecypoda in deze zandige afzettingen voor, zoals aangetoond in de Belgische Kempen (fig. 53 t/m 86). Het geringe aantal bioklasten dat aangetroffen werd laat het uiteraard niet toe binnen ecozone Ia een verdere onderverdeling in de bioklasten te maken.
Het onderste deel van ecozone Ia werd afgezet gedurende een regressieve fase van de zee. Door lokale tektonische bewegingen konden vooral in het gebied rond Aken fluviatiele afzettingen ontstaan met soms zeer veel Phytoklasten zoals in de Klei van Hergenrath en in de boring 123W-735 (fig. 5b bij 98-100 m diepte). Met de afzetting van de Zanden van Aken, dus na de Horizont van Schampelheide die een kortstondige daling van de zeespiegel documenteert, begon een langdurige transgressieve fase van de zee. Deze transgressieve fase wordt gedocumenteerd door de aangetroffen Pelecypoda en de belemnietenpiek (BeI1) in boring 135W-734 (fig. 6a). Gedurende de afzetting van deel-ecozone Ia daalde het zuid-oostelijk deel van Kempens-Limburgs gebied meer dan het Noordwestelijk deel (fig. 9). Ondertussen kwam de Roerdalslenk omhoog hetgeen erosie tot gevolg had zodat bij Aken de grootste dikte (60 m) ontstond.

4.1.2. Grens deel-ecozone Ia - Ib

De lithologische grens tussen de Formatie van Aken en de Formatie van Vaals is gelegd bij de Horizont van Raeren. De grens tussen de bioklasten deel-ecozone Ia en Ib is echter gelegd bij de belemnietenpiek BeI2, die in Maastricht en in Moors boven de Horizont van Raeren ligt (fig. 8e en fig. 6a). Hieruit blijkt dat de lithologische- en de bioklasten-indeling niet indentiek zijn.

De lithologische grens Horizont van Raeren is gelegd aan de basis van een basisconglomeraat die een erosieve fase documenteert. Deze erosieve fase werd mogelijk veroorzaakt door scheefstelling van schollen maar tevens door de tijdelijke regressieve fase van de kortdurende zeespiegelverandering (Raeren, fig. 4). De grens tussen de bioklasten-ecozones is echter gelegd bij de belemnietpiek BeI2 die de transgressieve fase van dezelfde zeespiegelverandering Raeren weergeeft. Op deze wijze kunnen de op verschillende plaatsen liggende grenzen toch aan een en dezelfde gebeurtenis, namelijk de kortdurende verandering van de zeespiegel Raeren, toegeschreven worden.

4.1.3. Deel-ecozone Ib

Het geringe aantal aangetroffen bioklasten laat een verdere opsplitsing van de deel-ecozone Ib niet toe. Wel kunnen we aan de hand van de beschikbare gegevens een reconstructie schetsen van de afzettingsomstandigheden. Na de erosieve fase van de kortdurende verandering van de zeespiegel (Raeren), begon de afzetting van sedimenten gedurende de transgressieve fase. De zeespiegel steeg mede ook door de langdurige transgressie hoger dan voorheen. Daardoor werd een groter gebied met water bedekt, hetgeen tot gevolg had dat in de zee geen zand maar silt tot afzetting kwam. Langs de omhoog komende Roerdalslenk werd overigens nog wel zand afgezet. Fraai wordt deze hier geschetse ontwikkeling gedocumenteerd door de lithologie en de bioklasten-inhoud. In Vaals (fig. 7), relatief dicht bij de Roerdalslenk ontstonden in deel-ecozone Ib dikke zandige afzettingen, die nog op de zanden van de Formatie van Aken lijken en veel Phytoklasten bevatten, terwijl in Hombourg en Moors (fig. 5b en 6a) en de Belgische Kempen (fig. 9) aanmerkelijk dunnere afzettingen ontstonden bestaande uit silt en mergel met Foraminifera- Pelecypoda- en visresten.

4.1.4. Deel-ecozone Ic

Deel-ecozone Ic begint met een belemnietenpiek (BeI3). Deze piek behoort bij de korte zeespiegeldaling die ook lithologisch herkenbaar is; namelijk de Horizont van Beusdael. De langdurige transgressie van de zee bleef echter na deze korte onderbreking doorgaan, waardoor de zee steeds dieper werd en grotere oppervlakten bedekte. Hierdoor ontstonden binnen deel-ecozone Ic meer belemnietenpieken BeI4 en BeI4' (fig. 8e). Evenals in de Kempen treft men in Maastricht in deze deel-ecozone reeds pieken van Crinoidae, Prismatische Pelecypoda en Sepulidae aan (fig. 8e) die erop wijzen dat de erosie-invloed vanaf de omhoogkomende Roerdalslenk aldaar minder werd.

In de boringen bij Hombourg en Moors (fig. 5b en 6a) werden in deel-ecozone Ib voornamelijk bioklasten van Pelecypoda, Pisces en enkele Phytoklasten aangetroffen. In Vaals blijken pas in de top van deel-ecozone Ic vrij veel visresten aanwezig te zijn (fig. 7). De visresten wijzen op het feit dat de afzettingen aldaar in een iets

ondiepere zee ontstonden. Dergelijke afzettingen met visresten ontstonden bij de boring 123W-735 (fig. 5b) en boring 123W-734 (fig. 6a) reeds aan de top van deel-ecozone Ib en aan de basis van Ic. De geringe dikte-verschillen die in de Kempen en in Limburg gevonden werden wijzen erop dat de kanteling van de schollen gedurende de afzetting van deel-ecozone Ib min of meer gestabiliseerd was.

4.1.5. Deel-ecozone Id

Deel-ecozone Id begint met de belemnietenpiek BeI5, die waarschijnlijk samenhangt met de kleine korte zeespiegeldaling Terstraeten. Deze is ook lithologisch aanwijsbaar, namelijk de Horizont van Terstraeten. Aan de top van deel-ecozone Id zijn echter meerdere belemnietenpieken (BeI5, BeI6 en BeI7, fig. 8e) aanwezig die demonstreren dat de afzettingen onder zeer onrustige omstandigheden ontstonden. Deze belemnietenpieken hangen waarschijnlijk samen met de omkering van de kanteling van de Kempens-Limburgse schol. Deel-ecozone Id blijkt immers in het noordwesten dikker te zijn dan in het zuidoosten (fig. 9), en kalkig ontwikkeld te zijn in St.Lenaarts en Doel. Naar alle waarschijnlijk hangt dat samen met een daling van het Massief van Brabant, en een geleidelijke daling van de Ardennen. De verschillende bewegingen van de schollen en de veranderingen in zeespielhoogte veroorzaakten sterkere turbulenties die uiteindelijk uitmondden in de grote belemnietenpiek BeI7.

4.1.6. Grens ecozone I en II

De grens tussen ecozone I en II is gelegd bij de grote belemnietenpiek BeI7 die niet alleen de tektonische bewegingen van het Massief van Brabant en de Ardennen, maar ook het inzetten van een langdurige regressie weerspiegelt. Deze langdurige regressie begint met een kleine kortdurende verandering van de zeespiegel (Loën/ Zeven Wegen). Ook hier geldt dat de grens tussen ecozone I en II niet overeenkomt met de lithologische grens tussen de Formatie van Vaals en de Formatie van Gulpen. In de boring 123W-735 (fig. 5b) is de grens ecozone I en II bij 44 meter aangetroffen terwijl de grens Formatie van Vaals en Gulpen reeds bij 36 m aangetroffen werd. In boring 123W-734 (fig. 6a) daarentegen vallen de grenzen door het ontbreken van "Vaals-sediment" boven de BeI7 piek echter min of meer samen. De erosie-invloed vanaf de Roerdalslenk was ook tijdens het ontstaan van ecozone II nog merkbaar. Hierdoor werden vooral langs de Roerdalslenk nog siltige sedimenten afgezet die lithologisch tot de Formatie van Vaals gerekend worden. Met behulp van de bioklasten zijn deze "Vaals" sedimenten echter reeds in ecozone II geplaatst. In Kunrade blijkt zelfs de gehele afzetting van ecozone II uit een soort "Vaals" sediment te bestaan (fig. 15).
Waarschijnlijk hebben de tektonische bewegingen van de diverse schollen ertoe bijgedragen dat plaatselijk een gedeelte van de Formatie van Vaals gedurende de turbulente fase aan de top van ecozone I geërodeerd werd. De geringe dikte van de Formatie van Vaals in Halembaye (20 m) en het feit dat aldaar uitsluitend de onderste afzettingen aangetroffen worden wijzen daar op.

4.2. ECOZONE II

Ecozone II begint zoals reeds gezegd plaatselijk, vooral langs de Roerdalslenk, met afzettingen die lithologisch nog tot de Formatie van Vaals gerekend worden (Zand van Benzenrade). Bij de Zeven Wegen (fig. 12) en Beutenaken (fig. 13) werden de bovenste afzettingen uit de Formatie van Vaals niet voldoende onderzocht op bioklasten zodat niet vastgesteld kon worden of deze afzettingen tot ecozone II behoren. Hier wordt echter veronderstelt dat deze bovenste afzettingen uit de Formatie van Vaals reeds in Ecozone II thuishoren.

Ecozone II komt verder overeen met de Kalkstenen van Zeven Wegen en Beutenaken 1 en 2 (fig. 21). Deze afzettingen worden in het Laat Campaniaan geplaatst en zijn vooral in het noordwesten in grote dikte afgezet. Dit wijst erop dat dat de daling in het noordwesten bleef aanhouden. Ondertussen zakten ook de Ardennen tot onder het sedimentatieniveau. De Roerdalslenk bleef min of meer rustig waardoor over grote oppervlakten een zee ontstond waarin kalk afgezet werd. Het aantal bioklasten is in de kalkige afzettingen van ecozone II groter dan in de voorgaande ecozone I. Vooral Foraminifera, Brachiopoda, Belemnoidae en Pelecypoda worden relatief rijkelijk aangetroffen. Het was dan ook mogelijk de pieken van deze bioklasten te nummeren (zie verderop onder deel-ecozone IIa en IIb)

Reeds eerder (Felder, 1994) werden door middel van belemnietenpieken de afzettingen in de Belgische Kempen in de deel-ecozones IIa, IIb en IIc verdeeld. De belemnietenpieken blijken samen te hangen met tektonische bewegingen en met de langdurende regressie van de zee. Het geleidelijk ondieper worden van de zee tengevolge

van deze langdurende regressie en de sterke tektonische bewegingen van de aardschollen hadden grote veranderingen tot gevolg. Tegen het einde van ecozone II ontstonden daardoor strandgeulen tot 50 meter diep. Hierdoor werden reeds ontstane sedimenten geheel of gedeeltelijk geërodeerd. In Nederlands Zuid-Limburg komt IIc dan ook niet voor en van IIb zijn maar enkele restanten over. Deel-ecozone IIa is echter goed vertegenwoordigd in het gebied. De belemnietenpieken in ecozone II blijken soms zeer sterk ontwikkeld te zijn. Daar waar opeenhopingen van belemnieten gevonden werden noemde men ze in het verleden "Belemnietenkerkhof".

4.2.1. Deel-ecozone IIa

Gedeeltelijk omvat deze deel-ecozone soms nog een gedeelte van de Formatie van Vaals (boring 123W-735, fig. 5b). We mogen aannemen dat dit op meerdere plaatsen het geval is. Zo werd in ontsluiting 62D-15b de typelokaliteit van de Kalksteen van Zeven Wegen alleen de kalksteenlagen van ecozone IIa bemonsterd (fig. 12). De onderliggende sedimenten die tot de Formatie van Vaals gerekend worden werden niet voldoende bemonsterd om een indeling te kunnen maken. Ook in de ontsluiting 62C-22 (fig. 13), werden alleen de kalkstenen boven de Formatie van Vaals bemonsterd. Na correlatie van de bioklasten bleek dat ter plaatse alleen het bovenste deel van deel-ecozone IIa bemonsterd was. Verder werd ook in de boring Crapoel (62C-74, fig. 14) alleen de kalksteenlagen van deel-ecozone IIa doorboord en de Formatie van Vaals alleen maar aangeboord. De mogelijkheid is derhalve aanwezig dat het onderste deel van IIa lithologisch als Formatie van Vaals ontwikkeld is. Meer noordelijk in de omgeving van Kunrade bestaat deel-ecozone IIa in zijn geheel uit een zandig/kalkhoudend sediment dat door de Rijks Geologische Dienst van Nederland als Formatie van Vaals beschreven is en vroeger "Zandig krijt van Benzenrade" genoemd werd (fig. 15).

In de typelokaliteit van de Kalksteen van Zeven Wegen (ontsluiting 62D-15, fig. 12) is de dikte van de afzettingen vrij gering (13 meter) en maar gedeeltelijk aanwezig. In Halembaye 61H-9 bereikt de dikte echter 33.5 meter (fig. 18a). Het is mede om deze reden dat de afzettingen in de groeve CPL, te Halembaye (61H-9) hier gebruikt worden om de pieken van de Foraminifera (FII1 t/m FII7), Brachiopoda (BrII1 t/m BrII8), Belemnoidae (BeII1 t/m BeII6) en de pieken van de Prismatische Pelecypoda (1 t/m 8) en de Pelecypoda (1 t/m 10) te nummeren. In navolging met andere ecozones zijn in IIa de Pelecypoda in genummerde eenheden verdeeld (PII1 t/m PII6).

Vergelijkt men nu de typelokaliteit van de Kalksteen van Zeven Wegen (fig. 12), met de hier als basis gebruikt profiel van de groeve Halembaye (fig. 18a) dan kan men de bovenste Foraminifera- en de Pelecypoda-pieken redelijk correleren. Men dient er dan wel rekening mee te houden dat in deze ontsluiting de monsters per 50 cm genomen werden, waardoor de pieken complexer van opbouw zijn dan in Halembaye waar monsters van per meter lengte genomen werden. Het ontbreken van de Belemnoidae- en Brachiopoda pieken is waarschijnlijk een gevolg van de rustige omstandigheden tijdens de afzetting bij de Zeven Wegen. Het ontbreken van belemnietenresten en andere grovere bestanddelen betekende tevens het ontbreken van een substraat waarop de Brachiopoda zich konden aanhechten. In de omgeving van Halembaye (fig. 18a) was de sedimentatie minder rustig. Er was meer aanvoer van sediment waaronder grovere bestanddelen. Deze konden dienst doen als substraat maar soms ook vergruist worden, hetgeen tot uiting komt in de aangetroffen pieken van Belemnoidae te Halembaye.

Dalende tektonische bewegingen van de aardschollen, het Massief van Brabant en de Ardennen, veroorzaakten dat de zee ondanks de regressieve tendens toch meer land overspoelde. Zowel op de Ardennen (Bless & Felder, 1989 en Bless *et al.*, 1991) alsmede op het Massief van Brabant (fig. 21) ontstonden gedurende deel-ecozone IIa kalkige afzettingen. De uitgebreidheid van de zee veroorzaakte dat in zee minder verontreinigingen vanaf het land terecht kwamen. Ecozone IIa was een rustige fase in een onrustige zee.

Aan de top van de afzetting van deel-ecozone IIa heersten echter geheel andere omstandigheden. Tengevolge van een sterke daling in het noordwesten gecombineerd met een tijdelijke sterke regressie (Froidmont/Bovenste Bos), ontstonden bij de Zeven Wegen sterkere stromingen waardoor vooral Belemnoidae vanaf de zeer brede vlakke kuststrook bij elkaar konden spoelen ("Belemnietenkerkhoven", BeII7 en BeII8 in fig. 12). Tijdens deze sterke stromingen werd weinig of geen sediment meer afgezet. In Halembaye (fig. 18a) en op het aansluitende zuidelijk gedeelte van het Massief van Brabant, stopte de sedimentatie in zijn geheel en werd zelfs iets geërodeerd. Aldaar en bij de Zeven Wegen ontstond een hardground. In de hardground bij Halembaye (Hardground van Froidmont) vindt men nog wel af en toe een restant van BeII7 of BeII8 in de graafgangen. Het is om deze reden,

maar ook omdat BeII7 en BeII8 die zo duidelijk aangetroffen werden in ontsluiting 62D-15 (fig. 12), dat de plaats van de piek in het profiel te Halembaye toch met het nummer (BeII7+8) aangegeven werd.

4.2.2. Deel-ecozone IIb

Deze deel-ecozone komt overeen met de lithologische eenheid Kalksteen van Beutenaken 1. In de typelokaliteit van de Kalksteen van Beutenaken (ontsluiting 62C-22, fig. 16) werden de pieken van de Foraminifera (FII8 t/m FII10) en de Pelecypoda-eenheden PII7 en PII8 genummerd. De Belemnoidae-piek BeII7 bleek binnen de bioklasten hier niet ontwikkeld te zijn. Er zijn op dat niveau wel gave belemnieten gevonden, schijnbaar was de sedimentatie van de afzettingen hier zo rustig dat geen vergruizing van belemnieten plaats vond. Het ontbreken van Brachiopoda-pieken wijst ook op een rustige fijnkorrelige sedimentatie. De grote pieken van prismatische Pelecypoda, die vaak een in de modder ingegraven levenswijze hebben, wijzen ook op de rustige sedimentatie. Dit alles geeft aan dat we hier de maximale hoogte van de zeespiegel bereikt hadden tussen de dalingen Loën en Froidmont (fig. 4).

De belemnietenpiek BeII8 is in Beutenaken heel sterk ontwikkeld als "Belemnietenkerkhof", maar werd niet binnen het ontsloten profiel (fig. 13) aangetroffen. Het Belemnietenkerkhof is wel aanwezig in het weiland boven deze ontsluiting. Dit Belemnietekerkhof dat bij de Zeven Wegen vlak boven BeII7 (fig. 12) aangetroffen werd en in Beutenaken ongeveer 10 meter boven BeII7 is een aanwijzing voor het feit dat de kanteling van de bodem doorging totdat ook in Beutenaken erosie optrad. Tengevolge van deze erosie is de Kalksteen van Beutenaken, zoals gezegd maar hier en daar als een restant aanwezig. Terwijl bij Halembaye in de groeve CPL (fig. 18a) uitsluitend in de graafgangen van de Hardground van ecozone IIa nog mogelijk iets terug te vinden is van ecozone IIb.

Een gedeelte van deel-ecozone IIb is noordelijk van het hier beschreven gebied zandig/kalkig ontwikkeld en werd vroeger als "Zandig krijt van Benzenrade" beschreven (fig. 15). Evenals het onderliggende sediment rekent men in Nederland deze afzetting als behorende bij de Formatie van Vaals. In de Belgische Kempen is deel-ecozone IIb in de vorm van mergel aanwezig (fig. 21). De grootste dikte in een kalkige facies werd in Merksplas bereikt, hetgeen aangeeft dat juist daar de grootste daling optrad.

4.2.3. Deel-ecozone IIc

In Zuid Limburg en Luik is ecozone IIc niet aangetroffen. Gedurende deze tijd werden hier sedimenten die voordien afgezet waren geheel of gedeeltelijk geërodeerd. In de Belgische Kempen ontstonden toen wel afzettingen, vooral tengevolge van kanteling van de bodem naar het noordwesten toe. Na het afzetten van een vrij dikke deel-ecozone IIb werd daarop liggend nog eens deel-ecozone IIc afgezet (fig. 21). Omdat uitsluitend monsters van 3-5 meter lengte uit de boringen in de Kempen beschikbaar waren zijn de aangetroffen pieken aldaar niet genummerd. De top van deel-ecozone IIc is een belemnietenpiek die in het zuidoostelijk deel waarschijnlijk samenvalt met de belemnietenpiek BeII8 aan de top van deel-ecozone IIb en die de transgressieve fase (Froidmont/ Bovenste Bos) van de kortdurende maar hevige verandering van de zeespiegel weerspiegeld.

4.2.4. Grens ecozone II en III

De grens tussen ecozone II en III wordt in het zuidelijk gebied gemarkeerd door een sterke erosie fase. Enerzijds werd deze erosie veroorzaakt door scheefstelling van de bodem maar anderzijds door een tijdelijke zeespiegeldaling van ruim 50 meter (Froidmont-Bovenste Bos). Hierbij ontstonden strandgeulen tot vijftig meter diep, die later weer opgevuld werden met sedimenten (fig. 23, 24 en 25). Het binnen deze strandgeulen afgezette materiaal, dat regelmatig nog belemnietenpieken bevat maar dat vooral gekenmerkt wordt door Foraminifera-pieken, is ecozone III genoemd.

4.3. ECOZONE III

Ecozone III komt gedeeltelijk overeen met het onderste deel van de Kalksteen van Vijlen, dat in het Vroeg Maastrichtiaan geplaatst is. De Kalksteen van Vijlen werd reeds eerder in een zevental kleinere intervallen (Vijlen 0 t/m Vijlen 6) verdeeld (Felder & Bless, 1994). Bij een verder onderzoek in de Kalksteen van Vijlen bleek dat de onderste eenheden Vijlen 0-5, voornamelijk afgezet waren in strandgeulen, die voorheen tengevolge van

een grote kortdurende regressie (Froidmont/Bovenste Bos) uitgespoeld waren (Felder, 1997a). Deze afzettingen die zeer rijk kunnen zijn aan ingespoelde belemnieten werden op grond van hun belemnietenrijkdom tot ecozone III gerekend. De met sediment opgevulde strandgeulen werden ook aangetroffen even ten zuiden van Maastricht (fig. 25). Tengevolge van de grote verschillen in sedimentatie binnen dergelijke strandgeulen werden in ecozone III de pieken in het voorkomen van Foraminifera gebruikt bij de correlaties tussen de ontsluitingen (Felder, 1997a). De pieken in de Foraminifera werden dus reeds eerder genummerd met de letters A t/m L binnen de intervallen Vijlen 0 t/m 6 (fig. 22). Deze nummering en de nummering van de eenheden Vijlen 0 t/m Vijlen 6 worden in het vervolg aangehouden.

Voor het verder nummeren van de pieken van de Belemnoidea en de Pelecypoda is hier ook gebruik gemaakt van het profiel van boring 61H-56 te Oost Maarland (fig. 32), waar Vijlen 0 t/m Vijlen 5 doorboord werden. De belemnietenpieken werden aldaar BeIII1 t/m BeIII 7 genummerd; (Belemnoidaepiek BeIII4, die in de typelokaliteit van de Kalksteen van Vijlen te Mamelis (fig. 22) duidelijk aanwezig is werd niet in de boring 61H-56 aangetroffen, maar is op de plaats in het profiel aangegeven). De Pelecypodapieken werden van 1 tot 8 en 1 tot 9 genummerd.

In de typelokaliteit van de Kalksteen van Vijlen te Mamelis (fig. 22), waar ook Vijlen 6 ontsloten is, werden de belemnietenpieken BeIII5 en BeIII6 niet aangetroffen maar werd aan de top nog een kleine piek (BeIII8) aangetroffen in het zogenaamde "Laagje van Wahlwiller". De Pelecypodapieken werden in Mamelis doorgenummerd tot 9 en 12. In de ontsluiting Steenkuil te Gulpen (fig. 17) werden de belemnietenpieken BeIII6 en BeIII8 niet aangetroffen.

De stapsgewijze transgressie van de zee die plaats vond in ecozone III is te zien in de figuren 23, 24 en 25. Tijdens deze transgressie vond overigens in zuidoostelijk Nederlands Limburg een noordoostelijke kanteling plaats, hierdoor werd in het noordoosten de hoge schol vanaf het begin reeds bedekt met dunne afzettingen (boring Nyswiller 62B-767, fig. 33). Meer naar het noordwesten toe was deze kanteling geringer (fig. 24). In Eys (boring 62B-580, fig. 34) werd pas vanaf Foraminifera piek C op de hogere schol gesedimenteerd. Bij Cadier en Keer (fig. 23) werd de hoge schol pas bij Foraminifera piek G bedekt met sedimenten.

4.3.1. Grens ecozone III - IV

De grens tussen ecozone III en IV ontstond gedurende de kortdurende zeespiegelverandering Böckler. Opgemerkt dient echter te worden dat de bioklastengrens tussen ecozone III - IV geen duidelijke grens is. Gedurende de opvulling van de strandgeulen ontstonden grotere variaties in de gesteenten die afhankelijk waren van de afstand tot de Roerdalslenk en de erosiegeulhellingen. Pas nadat de erosiegeulen grotendeels opgevuld waren en het merendeel van de zijkanten van de geulen bedekt waren met sediment werden de variaties in het sediment en de bioklasten minder. Waarschijnlijk werden door de noordoostelijke kanteling van de blokken, die in het oosten van Limburg het sterkst optrad, belemmeringen weggenomen waardoor vanuit die richting de Boreale invloed versterkt kon optreden. Deze versterkte Boreale invloed uit zich vooral in de Foraminiferen. Enerzijds komen er nieuwe vormen bij (bijv. Bolivinoides draco) en anderzijds verdwijnen de grotere vormen waardoor pieken bij de Foraminifera hoger in het profiel niet meer optreden. Hofker (1966) heeft de veranderde Foraminifera-inhoud in de top van de Kalksteen van Vijlen als zone D beschreven (fig. 25). Niet alleen de foraminiferen veranderen, ook de Belemnoidae worden naar boven toe steeds zeldzamer. Het is om deze reden dat de grens III-IV ongeveer bij de scheiding tussen Vijlen 5 en Vijlen 6 gelegd werd. Op de sommige plaatsen is op deze grens Belemnietenpiek BeIII7 aangetroffen. Lithologisch legt men de grens tussen de Kalksteen van Vijlen en de Kalkstenen van Lixhe derhalve hoger dan de grens ecozone III-IV. Ecozone IV die gekenmerkt wordt door Crinoidea en Bryozoa (fig. 18) is aan de basis maar moeilijk te onderscheiden van Ecozone III omdat de Crinoidea en de Bryozoa nog geen duidelijke pieken vormen en de Pelecypoda niet veel afwijken van de aangetroffen pieken in ecozone III. Waar de grens tussen ecozone III en IV ligt in de Belgische Kempen is aangegeven in figuur 26.

4.4. ECOZONE IV

Ecozone IV wordt vooral gekenmerkt door pieken van Crinoidea en Pelecypoda en komt overeen met het bovenste deel van de Kalksteen van Vijlen, (Vijlen 6), de Kalksteen van Lixhe 1, 2 en 3, de Kalksteen van Lanaye tot aan de Horizont van Lichtenberg in ontsluiting 61H-36 (fig. 28) of tot aan de Horizont van de ENCI in de groeve ENCI te Maastricht (fig. 29). Al deze afzettingen hebben een Laat Maastrichtiaanse ouderdom.

De verdeling van ecozone IV in IVa en IVb is voornamelijk gebaseerd op de eenheden van de Pelecypoda en de Crinoidea en werd reeds eerder doorgevoerd (P.J. Felder 1997b). De aldaar gebruikte nummering wordt hier verder aangehouden met de opmerking dat er kleine correcties uitgevoerd werden en de aanvulling dat voor de nummering van de Pelecypoda-eenheden een P geplaatst is (IVa2 is dus PIVa2). De afzonderlijke pieken binnen de Pelecypoda-eenheden werden x en y genoemd (fig. 18 en fig. 29).
Ecozone IV is afgezet tussen de transgressieve fase na de kortdurende zeespiegelverandering Böckler en de daarop volgende regressieve fase van Lichtenberg (fig. 4).

4.4.1. Deel-ecozone IVa

Deel-ecozone IVa komt overeen met het bovenste deel van de Kalksteen van Vijlen (Vijlen 6) en de Kalkstenen van Lixhe 1 en 2. Deze afzettingen hebben een Laat Maastrichtiaanse ouderdom. Voor het nummeren van de pieken in de bioklasten in IVa is gebruik gemaakt van het profiel uit de groeve CPL, ontsluiting No 61H-9 te Halembaye (fig. 18). Reeds eerder werden de Crinoidea en de Pelecypoda in deze groeve in eenheden verdeeld (P.J. Felder 1997b). De nummering van deze eenheden wordt hier aangehouden met de aanvulling dat vóór de Pelecypoda-eenheden een P geplaatst is. De afzonderlijke pieken in de Pelecypoda-eenheden werden x en y genoemd. Verder worden de Brachiopoda-pieken (BrIV2 t/m BrIV5) en de Bryozoa-pieken (BIV2 t/m BIV8) in het profiel van de groeve CPL te Halembaye genummerd. Alhoewel ook enkele kleine pieken in de Serpulidae aanwezig zijn werd ervan afgezien deze te nummeren omdat geen correlaties met andere groeven of boringen gemaakt konden worden.

De bioklasteninhoud van deel-ecozone IVa wijst, vooral door het toenemen van het aantal Crinoidea, erop dat de zee steeds dieper en rustiger werd. Dit hangt voor een gedeelte samen met de transgressieve fase van de kortdurende zeespiegelverandering Böckler, maar ook met een daling van het hele gebied. Zuid-Limburg, de Ardennen en het Massief van Brabant waren gedurende ecozone IVa bezig met een stapsgewijze daling. In plaats van de langdurige regressie nemen we daarom in de sedimenten en de bioklasten-inhoud een transgressie van de zee waar. Steeds grotere gebieden kwamen onder de zeespiegel te liggen (fig. 27). De aanvoer van belemnieten en verontreinigingen vanaf de kust stopte. Afgezet werden vrijwel zuivere kalkstenen met Crinoidea die alleen in een iets diepere zee met zuiver water kunnen leven.

4.4.2. Deel-ecozone IVb

Deel-ecozone IVb komt overeen met de lithologische eenheden Kalksteen van Lixhe 3, de Kalksteen van Lanaye tot aan de Horizont van de ENCI in de groeve van de ENCI (fig. 29) en tot aan de Horizont van Lichtenberg in ontsluiting 61H-36 (fig. 28). Deze afzettingen hebben een Laat Maastrichtiaanse ouderdom. Om de pieken in de bioklasten te nummeren werd gebruik gemaakt van beide profielen (fig. 28 en fig. 29). Zowel de Pelecypoda en de Crinoidea werden reeds eerder in eenheden verdeeld (Felder, 1997b). De nummering van deze eenheden wordt hier verder aangehouden met de aanvulling dat vóór de Pelecypoda-eenheden een P geplaatst is. De afzonderlijke pieken binnen de Pelecypoda-eenheden zijn x en y genoemd. De Bryozoa-pieken werden genummerd BIV9 t/m BIV13. Aan de top van IVb komen enkele kleine pieken van de kleine Brachiopoda Thecideidae voor die T1 t/m T5 genummerd werden (voor T5 zie fig. 28). Dergelijke kleine pieken lijken onbelangrijk maar bij het onderzoek van boringen in de omgeving van Nieuwerkerken-Hasselt blijkt dat ze aldaar veel duidelijker ontwikkeld zijn. De Serpulidae die in het profiel van de ENCI maar enkele onbelangrijke pieken laten zien (mogelijk SIV1 en SIV3) bezitten in de omgeving van Nieuwerkerken (fig. 31) en Hoepertingen (fig. 45) enkele duidelijke pieken die aldaar SIV1 t/m SIV4 genummerd werden.

De daling van zowel Zuid-Limburg, de Ardennen en het Massief van Brabant ging gedurende de afzetting van IVb in het begin nog door. Uiteindelijk werden de Ardennen en ook het Massief van Brabant overspoeld door de zee. Het stijgen van de zeespiegel werd geleidelijk echter afgezwakt door de tijdelijke daling van de zeespiegel (Lichtenberg). Naar het schijnt werden door de daling van het Massief van Brabant obstakels weggenomen waardoor geleidelijk aan water uit warmere streken kon binnenstromen. Hierop wijzen de grote Thecideidae-pieken die aangetroffen werden in de boring Nieuwerkerken (fig. 31). Dat de pieken aldaar groter zijn dan bij Maastricht wijst erop dat de invloed van het warmere water bij Nieuwerkerken intensiever was. De "koudere fauna" die voorheen aanwezig was (ecozone I t/m IVa) werd geleidelijk aan vervangen door een "tropische fauna". Vooral in het begin van IVb kon de koudere fauna zich echter nog enigszins handhaven omdat door de daling van de bodem de zee dieper en dus kouder werd. Tegen het einde van IVb begonnen de Ardennen echter aan een opwaartse beweging die versterkt werd door een daling van de Roerdalslenk. Deze bewegingen veroor-

zaken sterke waterbewegingen en het ontstaan van fossielgruislagen en een toename van het aantal bioklasten (Horizont van Lichtenberg, St. Pieter en ENCI). Het ondieper worden van de zee weerspiegelt zich ook in het afnemen van de hoogte van de Crinoidea- en de Pelecypoda-pieken in IVb.

4.4.3. Grens ecozone IV - V

De grens tussen ecozone IV en V is gelegd aan de top van de veranderingen die zich voltrokken tengevolge van de opheffing van de Ardennen en het dalen van de Roerdalslenk. Deze gebeurtenissen gingen gepaard met het ondieper worden van de zee en een vervuiling van de sedimenten. Door deze gebeurtenissen ontstonden de vervuilde sedimenten boven de Horizonten van Lichtenberg, St. Pieter en ENCI. Bij de Horizont van de ENCI verdwenen de Crinoidea- en namen de Pelecypoda in de tellingen sterk af. De Bryozoa namen boven de Horizont van de ENCI relatief toe. Het is om deze redenen dat de grens tussen ecozone IV en V bij de Horizont van de ENCI gelegd is. In het algemeen is er ook een afname te zien tussen het absolute aantal bioklasten op de grens tussen ecozone IV en V. Pas nadat de situatie weer hersteld was in ecozone V neemt ook het aantal bioklasten weer toe.

4.5. ECOZONE V

Ecozone V wordt gekenmerkt door pieken van Bryozoa, Serpulidae en Foraminifera en komt grotendeels overeen met de afzettingen die behoren tot de Formatie van Maastricht (fig. 29). Deze afzettingen zijn in het Laat Maastrichtiaan geplaatst. De onderverdeling van ecozone V in Va t/m Vd is met behulp van het profiel van de ENCI (fig. 29) maar ook van het profiel van de groeve Curfs (fig. 30) uitgevoerd. In de ENCI (fig. 29) zijn de eenheden Va t/m Vc beschreven en in de groeve Curfs (fig. 30) is de eenheid Vd beschreven omdat ze aldaar compleet aanwezig is, hetgeen niet het geval is in de groeve van de ENCI. Evenals in ecozone IV werden de Pelecypoda in ecozone V in eenheden verdeeld, waarbij de pieken binnen deze eenheden x en y genoemd zijn. Ecozone V vertoond in de bioklasten-inhoud heel fraai de langdurige regressie en het steeds ondieper en warmer worden van de zee. Tengevolge van de daling van de Roerdalslenk (boringen Limbricht en Molenbeersel) vond op de Roerdalslenk echter een transgressie plaats.
De onderscheiden lithologische Horizonten Schiepersberg, Romontbos, Lava, Laumont, Kanne, corresponderen niet met markante zeespiegeldalingen maar zijn voor een gedeelte stormniveaus al dan niet in samenhang met wijzigingen in het klimaat.

4.5.1. Deel-ecozone Va

Deze deel-ecozone omvat de afzettingen tussen de Horizont van ENCI tot aan de Horizont van Romontbos in de groeve van de ENCI (fig. 29). Deze afzettingen hebben een Laat Maastrichtiaanse ouderdom. De deel-ecozone Va is opgebouwd uit de Pelecypoda-eenheden PVa1 en PVa2, terwijl in de Bryozoa de pieken BV1, BV2 en BV3 zijn onderscheiden. De Serpulidae-pieken werden SV1 en SV2 genummerd.

De reeds in deel-ecozone IVb ingezette opheffing van de Ardennen en de daling van de Roerdalslenk zet zich voort in Va. Vooral de toename van Bryozoa- en Serpulidae-pieken wijzen erop dat de zee anders van samenstelling was dan voorheen. In het ondiepere warmere water, waar het zonlicht tot op de bodem van de zee kon schijnen was geen plaats meer voor de lichtschuwe Crinoidea. De resten van verkiezeld zeegras dat gevonden werd in deze afzetting wijzen op het ondieper worden van de zee.

4.5.2. Deel-ecozone Vb

Deze deel-ecozone omvat de afzettingen tussen de Horizont van Romontbos en het einde van de Serpulidae-piek SV4 in de ENCI groeve (fig. 29). De ouderdom is Laat Maastrichtaan. De deel-ecozone is opgebouwd uit de Pelecypoda-eenheden PVb1 en PVb2 en bij de Bryozoa konden de pieken BV4, BV5 en BV6 onderscheiden worden. Bij de Serpulidae werden de pieken SV3 en SV4 genummerd. Aan de top van Vb werden enkele vrijlevende Crinoidea aangetroffen die reeds eerder CR9 genoemd zijn (Felder, 1997b).

De omstandigheden waaronder de afzettingen van Vb plaats vonden waren een voortgaande ontwikkeling van die uit Va. De Serpulidea vormen de hoofdmoot van de aangetroffen bioklasten. Binnen de grote pieken van Serpulidae kan men lithologisch harde banken en fossielgruislagen aantreffen die bevestigen dat vooral tijdens storm in de ondiepe zee sterke bewegingen van het water plaats hadden.

4.5.3. Deel-ecozone Vc

Deze deel-ecozone omvat de afzettingen tussen de top van de Serpulidae-piek SV4 en de Horizont van Caster in de groeve van de ENCI (fig. 29). De ouderdom is Laat Maastrichtiaan. De afzettingen zijn opgebouwd uit de Pelecypoda-eenheden PVc1 en PVc2. De Bryozoa-pieken BV7 en BV8 en de Serpulidae-pieken SV5 en SV6 werden genummerd. In deze deel-ecozone werden ook enkele kleine pieken van Crinoidea aangetroffen die reeds eerder met CR9 aangeduid werden (Felder, 1997b).

De voortschrijdende daling van de zeespiegel tengevolge van de langdurende regressie (fig. 4), maar ook tengevolge van de opheffing van de Ardennen veroorzaakte dat groot-foraminifera zoals *Siderolites* en *Orbitoides* in de zee begonnen voor te komen. Binnen deel-ecozone Vc zijn hun aantallen nog zo gering dat ze niet in de grafiek verwerkt zijn, maar de weinige exemplaren bevestigen dat de zee de diepte van tien meter benaderde.

4.5.4. Deel-ecozone Vd

Deze deel-ecozone omvat de lithologische eenheid Kalksteen van Meerssen zoals gedefinieerd in de groeve Curfs te Geulhem (ontsluiting 62A-13, fig. 30). In deze groeve is deel-ecozone Vd compleet aanwezig, hetgeen niet het geval is in de ENCI groeve. Deze deel-ecozone wordt vooral gekenmerkt door het feit dat in de kalkstenen pieken van groot-foraminifera (FV1 t/m FV5) aangetroffen werden. De Bryozoa vertonen eveneens pieken die genummerd werden (BV9 t/m BV13). De Pelecypoda werden ingedeeld in eenheden (PVd1 t/m PVd5). Ook bij de Serpulidae zijn nog enkele kleine pieken te onderscheiden (SVd1 t/m SVd3). Tenslotte bevindt zich in Vd ook nog de Crinoidea-piek CR 10 die reeds eerder genummerd werd (Felder, 1997b).

Gedurende Vd was de zee soms erg ondiep; de diepte wisselde tussen een en tien meter. Er ontstonden harde lagen (hardgrounds) die gevolgd werden door fossielgruislagen. Veel bioklasten zijn dan ook sterk afgerold door de sterke bewegingen van het water. In de sedimenten ontstonden soms rolstenen van elders weggeslagen brokken kalksteen.

4.5.5. Grens ecozone V - VI

Dit was voorheen de aangenomen grens tussen het Krijt en het Tertiair. Momenteel veronderstelt men echter dat de Krijt-Tertiair grens dieper ligt bij de Horizont van Berg-en-Terblijt (Brinkhuis & Smit, 1996; Jagt, 1997). De bioklasten laten op deze plaats echter geen duidelijke grens zien en daarom is de grens tussen ecozone V en VI als vanouds aangehouden bij de Horizont van Vroenhoven.

Met de bioklasten kan men uiteraard geen tijdgrens vaststellen. Met bioklasten kan men wel veranderde omstandigheden vaststellen. Merkwaardig genoeg zijn zowel binnen ecozone V en VI geen "dramatische" wijzigingen binnen de bioklasten-inhoud waar te nemen. Grotere veranderingen konden wel vastgesteld worden op de grenzen van ecozone III - IV en IV - V.

4.6. ECOZONE VI

De afzettingen binnen ecozone VI worden in het Dano-Montiaan geplaatst. Volledigheidshalve worden hier de pieken in het ontsloten gedeelte van deze ecozone VI in de groeve Curfs genummerd (fig. 30). Men dient er rekening mee te houden dat in de Belgische Kempen deze Daniaan-afzettingen aanmerkelijk dikker ontwikkeld zijn (Felder, 1988), maar aldaar werden uitsluitend boormonsters met afstanden van 3 tot 5 meter onderzocht, zodat een verdere indeling in kleinere eenheden niet mogelijk is.

5. ONDERLINGE CORRELATIES VAN DE PIEKEN

Nadat de pieken in de type profielen genummerd waren werden de aangetroffen pieken in de ontsluitingen en de boorprofielen onderling vergeleken. Bij dat vergelijk viel op dat er veel overeenkomsten waren in de bioklasten-inhoud waardoor het mogelijk was correlaties te leggen tussen sommige pieken. Naast de overeenkomsten waren echter er ook verschillen waar te nemen. Dergelijke verschillen hangen uiteraard samen met veranderende omstandigheden in de toenmalige zee.

De afzettingen van ecozone I tot en met ecozone III vonden plaats in een baaivormige inham die geleidelijk aan dieper werd. De omstandigheden in een dergelijke inham konden vrij snel van plaats tot plaats veranderen. Vooral de Belemnoidae, die in open zee leefden maar het liefst in een baai paaiden, zijn sterk afhankelijk van veranderende omstandigheden. Toch blijken de belemnietenpieken soms goed met elkaar vergelijkbaar te zijn. De Prismatische Pelecypoda die afhankelijk waren van modderige omstandigheden, om zich in te graven, waren eveneens zeer gevoelig voor veranderingen. De Brachiopoda die meestal een aangehechte levenswijze hadden, waren afhankelijk van een substraat. Vooral in een ondiepe zee kon echter een enkele storm, de levensvoorwaarden voor de genoemde groepen scheppen of vernietigen. Dat er derhalve verschillen optreden in de bioklasteninhoud hoeft ons niet te verbazen.

Ook de afzettingen van ecozone IV en V, die in een grotere, uitgebreide, maar ondieper wordende zee ontstonden, zijn erg variabel van samenstelling. Zo variëren de Bryozoa sterk. Piek BV1 van de Bryozoa blijkt bijvoorbeeld in de richting naar Nieuwerkerken toe, sterk ontwikkeld te zijn (fig. 34). Ook de Thecideidae-piek T3, die in de ENCI groeve schijnbaar onbeduidend is, blijkt in de boring Nieuwerkerken (fig. 34) heel goed ontwikkeld te zijn. Natuurlijk is het zo dat bij het toenemen van de ene piek een andere piek moet afnemen, omdat gewerkt wordt met relatieve getallen. Dit betekent dat men de afzonderlijke pieken alleen met elkaar kan correleren als men ook de beschikking heeft over de verdeling van de andere pieken in het totale profiel.

De grote pieken van Pelecypoda, Bryozoa en de Serpulidae blijken, ondanks alle verschillen, in de regel echter zo goed ontwikkeld te zijn dat het niet moeilijk was deze met elkaar te correleren. De Pelecypoda-eenheden zijn in het bovenste deel van de afzettingen echter minder gemakkelijk te correleren. Dit hangt voor een gedeelte samen met het geringe percentage maar toch ook met verschillen in monsterafstand. In de Belgische Kempen werden de monsters bijvoorbeeld per 5 meter genomen terwijl in de ENCI de monsterafstanden gebaseerd zijn op lithologische verschillen en derhalve in afstand variëren van 0.15 - 1.00 m. Dit veroorzaakt mogelijk dat in de boringen een vervlakking van pieken kan zijn opgetreden door vermenging van verschillende lithologische afzettingen. Gepoogd werd in de boringen die per meter bemonsterd werden toch de Pelecypoda-eenheden zo goed mogelijk onderling te vergelijken en in te delen.

Ook de Crinoidea-eenheden in Ecozone IV, die gebaseerd werden op het onderzoek in en rond Maastricht, blijken in de richting naar Belgisch Zuid-Limburg toe, duidelijke verschillen te vertonen. Door een relatieve toename van de Thecideidae-pieken, waaruit blijkt dat de zeebodem aldaar begroeid was met zeegras, nam het aandeel aan Crinoidea af. Vooral in de Crinoidea-eenheid CR8 is de afname heel sterk.

Tussen de boringen in Belgisch Limburg en het profiel van de ENCI groeve te Maastricht blijken ook verschillen op te treden die samenhangen met het al of niet dikker of dunner worden van de lagen. Het is mede daarom dat van het bemonsterde profiel in Lanaye 61H-36 een soortgelijk bioklasten-diagram (fig. 28) samengesteld is als dat van de ENCI groeve (fig. 29). In het profiel van Lanaye is namelijk duidelijk te zien dat de scheiding tussen deel-ecozone IVb en Va direct onder de Bryozoa-pieken BV1 t/m BV4 ligt. Sommige lagen blijken hier dus in dikte afgenomen te zijn. Op andere plaatsen, bijvoorbeeld in boring 92W-387 te Wellen (fig. 49), blijkt echter dat sommige eenheden (Vb) aanmerkelijk dikker zijn dan in de ENCI groeve. Het is overigens een normaal verschijnsel dat afzettingen die in dikte verschillen tijdens een volgende afzetting als het ware in dikte gecorrigeerd worden. Op dunne afzettingen volgen in de regel dikkere en op dikke afzettingen volgen in de regel dunnere.

6. DE ONDERZOCHTE BORINGEN EN ONTSLUITINGEN

In het navolgende hoofdstuk zal een korte beschrijving gegeven worden van de onderzochte boringen en ontsluitingen. Aangegeven wordt welke ontsluitingen en boringen gebruikt zijn om de pieken van de bioklasten te nummeren.
Bij de boringen dient opgemerkt te worden dat men afhankelijk is van de nauwkeurigheid waarmee de monsters genomen werden. Bij veel naval in een boring is het moeilijk zuivere monsters te nemen. Verder speelt de snelheid van het boren een belangrijke rol. Hoe sneller geboord wordt hoe onnauwkeuriger de genomen monsters kunnen zijn. Ook de gebruikte beitel speelt een rol. Botte beitels malen zeer fijn en vermalen derhalve ook wel bioklasten. Bij sommige boringen moet dan ook opgemerkt worden dat de uitkomsten van het uitlezen afgevlakt of versterkt werden door een of meerdere van bovengenoemde onnauwkeurigheden. In de regel zijn de onnauwkeurigheden in de monsters echter niet zo groot dat men de afzettingen niet meer herkennen kan. Meestal treedt

alleen een vervlakking van de pieken op. Een uitzondering vormen uiteraard de monsters die maar zeer weinig bioklasten bevatten; dan kan iets naval uit een bioklastenrijk gedeelte de uitkomst heel drastisch wijzigen.

6.1. BORING 123W-735 HOMBOURG

Van deze boring werden de monsters tussen 2 en 101 meter onderzocht (fig. 5, 5a en 5b). Deze boring was mede van belang bij het nummeren van de belemnietenpieken in ecozone I. De monsters tussen 2 en 16 meter bevatten bioklasten uit deel-ecozone IVa en wel uit de Pelecypoda-eenheden PIVa1 en PIVa2 (Laat Maastrichtiaan). Bij de Brachiopoda is een extra piek (BrIV1a) ontwikkeld.
In deze boring is een hiaat aanwezig tussen deel-ecozone IVa en IIa (bij 16 m). De pieken van de diverse bioklasten in de monsters tussen 16 en 44 meter konden gecorreleerd worden met de genummerde pieken in het typeprofiel van de Kalksteen van Zeven Wegen te Halembaye (fig. 21a) (Laat Campaniaan). Er ontbreken maar weinig pieken en bij de belemnieten is zelfs een extra piek (BeII5a) ontwikkeld.
Bij 44 meter diepte veranderde de bioklasten-inhoud en moest derhalve op een andere manier in een grafiek weergegeven worden (fig. 5a). Ter verduidelijking werd echter nog een derde grafiek samengesteld waarin ook de gemeten gammastraling werd aangegeven (fig. 5b). In deze grafiek zijn verder de getelde bioklasten en het berekende aantal per kilo weergegeven onder het opschrift "Geteld" en "Per kg". De bioklasten in de monsters tussen 44 en 100 m bestaan grotendeels uit Pelecypoda en Belemnoidae. De belemnietenpieken BeI1 en BeI2 die wel zijn aangetroffen in de boring 123W-735 zijn hier niet aanwezig. Onbekend is waar de grens Laat-Vroeg Campaniaan en de grens Vroeg Campaniaan-Santoniaan getrokken moeten worden. Waarschijnlijk ligt de Laat-Vroeg Campaniaan grens in of aan de basis van Id. De grens Vroeg Campaniaan-Santoniaan ligt waarschijnlijk aan de top van Ia (bij 80 m diepte).

6.2. BORING 123W-734 MOORS

Van deze boring werden de monsters tussen 6 en 101 meter onderzocht (fig. 6 en 6a). Deze boring werd eveneens gebruikt bij het nummeren van de belemnietenpieken in ecozone I. Het bovenste deel van deze boring tussen 6 en 10 meter bevat bioklasten uit deel-ecozone IVa (Laat Maastrichtiaan). Vanaf 10 tot 34 meter werden de bioklasten aangetroffen die tot deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan) behoren hetgeen betekent dat bij 10 meter een hiaat aanwezig is. De Foraminifera-pieken FII1 t/m FII7 bevatten opmerkelijk hoge percentages. De Pelecypoda-eenheid PII2 is verhoudingsgewijs dikker dan normaal en bevat meer belemnietenpieken, hetgeen erop wijst dat in deze eenheid meer gesedimenteerd werd. Als een direct gevolg werd in de volgende eenheden minder gesedimenteerd en zijn de Pelecypoda-eenheden PII3 en PII4 dunner dan normaal en ontbreken mogelijk enkele pieken. Mogelijk ontbreken deze echter ook door de hoge percentages Foraminifera en Belemnoidae. De enige belemnietenpiek die nog boven de Pelecypoda-eenheid PII4 aangetroffen werd is waarschijnlijk BeII5 of BeII5a.

Vanaf 34 meter diepte veranderde de bioklasten-inhoud zo sterk dat het noodzakelijk was dat deze op een andere manier weergegeven moest worden (fig. 6a), gekozen werd voor een grafiek die overeenkwam met grafiek 5b van de boring Hombourg. Het aantal bioklasten dat aangetroffen werd in de monsters is in figuur 6a weergegeven onder de term "Geteld". Aangezien de monsters echter uit verschillende hoeveelheden bestonden zijn de getelde aantallen omgerekend naar een kg monstermateriaal. De aangetroffen bioklasten behoren hoofdzakelijk tot de groep Pelecypoda en Belemnoidae. Daarnaast werden echter ook nog enkele Foraminifera, Echinodermata, Bryozoa, Pisces en op één plaats werden Phytoklasten aangetroffen. De aangetroffen belemnietenpieken werden gecorreleerd met de pieken BeI1, BeI2, BeI4 t/m BeI7. De belemnietenpiek BeI3 werd niet aangetroffen. Onbekend is waar de grens tussen Laat-Vroeg Campaniaan en de grens Vroeg Campaniaan-Santoniaan getrokken moeten worden. Waarschijnlijk ligt de Laat-Vroeg Campaniaan grens in of aan de basis van deel-ecozone Id. De grens Vroeg Campaniaan-Santoniaan ligt waarschijnlijk aan de top van deel-ecozone Ia en misschien wel bij de Belemnietenpiek BeI1.

6.3. VAALS: VIADUCT 62D-529, ESCHBERG 62D-96 EN BORING KB 527

In totaal werden hier 67 monsters genomen (respectievelijk 20, 21, en 26 monsters). Alhoewel dit de typelokaliteit is van de Formatie van Vaals kon ze niet gebruikt worden voor het nummeren van de bioklastenpieken (fig. 7). Tijdens het nemen van de monsters werd immers waargenomen dat veel kalkige fossielen opgelost

waren. Het merendeel van de aangetroffen bioklasten bestaat dan ook uit verkiezelde exemplaren. De aangetroffen pieken werden dan ook gecorreleerd met de pieken aangetroffen in de boringen Hombourg (fig. 5b), Moors, (fig. 6a) en Kastanjelaan (fig. 8e). De belemnietenpiek BeI2 werd niet aangetroffen in de grovere zanden met phytoklasten die hier direct boven de Horizont van Raeren werden aangetroffen. Deel-ecozone Ib is vrij dik. Vlak boven de belemnietenpiek BeI3 werd de beroemde fossielenlaag de "Laag van Müller" aangetroffen. In het bovendeel van deel-ecozone Ic werden relatief veel visresten aangetroffen, die een aanwijzing zijn voor kustnabijheid. Bijna aan de top van de ontsluitingen werd waarschijnlijk de belemnietenpiek BeI4 aangetroffen. Het bleek niet mogelijk om met behulp van een handboor monsters te nemen boven de ontsluiting aan het viaduct te Vaals, zodat de top van de Formatie niet bemonsterd kon worden. De onderzochte afzettingen behoren tot het Vroeg Campaniaan.

6.4. BORING KASTANJELAAN 2, 62F-296 TE MAASTRICHT

De resultaten van deze boring worden hier uitvoerig in grafieken weergegeven. In figuur 8 is het totale profiel van de onderzochte monsters weergegeven met berekende gemiddelden per 3 meter. Dit werd gedaan om deze boring te kunnen vergelijken met de boringen in de Belgische kempen die per 5 meter bemonsterd werden (fig. 54 t/m 86). In figuur 8a zijn de gegevens per monster uit de ecozones V en VI weergegeven. De gegevens per monster uit ecozone IV zijn weergegeven in figuur 8b terwijl de gegevens uit ecozone III weergegeven zijn in figuur 8c.
De gegevens uit de onderste ecozones worden hier extra besproken omdat het gedeelten betreft die niet of niet voldoende in de ENCI groeve ontsloten zijn te weten ecozone III, de Kalksteen van Vijlen (fig. 8c), deel-ecozone IIa, de Kalksteen van Zeven Wegen (fig. 8d) en ecozone I, de Formatie van Aken en Vaals, (fig. 8e). In dit gedeelte van de boring werden de monsters per meter genomen.

De Kalksteen van Vijlen (fig. 8c) kon met behulp van de bioklasten in deel-ecozone III en deel-ecozone IVa verdeeld worden (Vijlen 5 en Vijlen 6). Bij de Foraminifera konden de pieken G, H en I herkend worden. Bij de belemnieten bleek vooral belemnietenpiek BeIII5a sterk ontwikkeld te zijn. Opmerkelijk is dat in deel-ecozone IVa de pieken in de Pelecypoda ontbreken. In deze afzettingen ligt ergens in Vijlen 5/6 de grens Laat-Vroeg Maastrichtiaan.

De Kalksteen van Zeven Wegen (fig. 8d) (Laat Campaniaan) kon met behulp van de bioklasten op dezelfde wijze ingedeeld worden als in het typeprofiel te Halembaye (fig. 18a). Aan de basis ontbreekt de Foraminifera-piek FII1 en de Pelecypoda-piek 1. Tenslotte ontbreekt aan de top van deze afzetting de Pelecypoda-piek 10. Het ontbreken van deze pieken heeft de geringere dikte van de Kalksteen van Zeven Wegen in deze boring tot gevolg. Bij het tellen van de bioklasten werden in deze boring de Brachiopoda niet apart geteld, ze zijn meegeteld bij de Pelcypoda.

In de Formatie van Aken (fig 8e) (Santoniaan ?) die in deze boring erg dun is werden geen bioklasten aangetroffen. In de Formatie van Vaals (Vroeg Campaniaan) daarentegen werden meer bioklasten aangetroffen dan in het oosten van Limburg alwaar de typelokaliteit van de Formatie van Vaals ligt. Deze boring werd mede gebruikt om de pieken te nummeren. Vooral bij de Foraminifera zijn duidelijke pieken aanwezig die alleen maar vergeleken konden worden met de aangetroffen pieken in de Belgische Kempen waar monsters per 5 meter genomen werden. De belemnietenpieken blijken overigens goed met elkaar overeen te komen en konden dan ook met soortgelijke pieken in de Belgische Kempen gecorreleerd worden (fig. 9). De Foraminifera-pieken zijn eveneens genummerd volgens de pieken zoals die aangetroffen werden in de Belgische Kempen.

6.5. BORING (CILE GB) BOIS DE LA CÔNELLE

De monsters van 7 - 63 meter uit deze boring werden onderzocht op bioklasten (fig. 10). De monsters van 7 - 22 meter konden met behulp van de Brachiopoda in de pieken BrIVa1 en BrIVa2 en de Pelecypoda-eenheden PIVa1 - PIVa3 in deel-ecozone IVa geplaatst worden (Laat Maastrichtiaan). De monsters van 22 - 49 meter bleken volgens de bioklasten in IIa geplaatst te kunnen worden (Laat Campaniaan), hetgeen betekent dat bij 22 m een hiaat aanwezig is. Aangetroffen werden de Foraminifera-pieken FII2 t/M FII7, de Brachiopoda-pieken BrII1 t/m BrII6, de belemnietenpieken BeII1 t/m BeII6 en de Pelecypoda-eenheden PII1 t/m PII6 met de prismatische

pelecypoda-pieken 3 t/m 6 evenals de pelecypoda-pieken 1 t/m 10. De onderste meters van deel-ecozone IIa zijn hier nog in "Vaals" sediment ontwikkeld.
De monsters tusssen 49 en 63 meter konden vooral op grond van de belemnietenpieken (BeI3 t/m BeI5) gecorreleerd worden met deel-ecozone Id (misschien Laat Campaniaan en geen Vroeg Campaniaan).

6.6. BORING (CILE E) MERCKHOF

Van deze boring werden de monsters tussen 9 en 48 meter diepte onderzocht op bioklasten (fig. 11). De monsters tussen 9 en 13 meter bleken thuis te horen in deel-ecozone IVa (Laat Maastrichtiaan). Het was niet mogelijk over deze korte afstand nog pieken te kunnen nummeren. Bij 13 meter is een hiaat aanwezig. De monsters tussen 13 en 44 meter horen thuis in deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan). In deze afzetting werden nagenoeg, met uitzondering van de de belemnietenpieken, de meeste pieken teruggevonden. Evenals bij de boring bij Bois de la Cônelle is het onderste gedeelte van deel-ecozone IIa in "Vaals" gesteente ontwikkeld. De belemnietenpieken BeI6 en BeI7 geven aan dat de gesteenten tussen 44 en 48 meter in ecozone I thuishoren (mogelijk nog Laat Campaniaan).

6.7. ONTSLUITING 62D-15 + BORING TE ZEVEN WEGEN

Deze ontsluiting is de typelokaliteit van de lithologische eenheid Kalksteen van Zeven Wegen (fig. 12). Een uitgebreid onderzoek ter plaatse, waarbij ook handboringen gemaakt werden en monsters per 0.50 m genomen zijn, leverde een volledig profiel op van de afzettingen ter plaatse. De totale dikte van de Kalksteen van Zeven Wegen bedraagt ter plaatse maar 13 meter. Deze ontsluiting (fig. 12) kon niet gebruikt worden om de pieken van bioklasten te nummeren omdat alleen de bovenste lagen als kalksteen ontwikkeld zijn. Waarschijnlijk zijn de onderste lagen in "Vaals" gesteente afgezet, maar werden niet voldoende bemonsterd. Om in de Kalksteen van Zeven Wegen de bioklastenpieken te nummeren werd de ontsluiting 61H-19, groeve CPL te Halembaye (fig. 18a) gebruikt omdat aldaar de afzetting 33 meter dik is.
Het grootste gedeelte van de ontsloten en doorboorde kalksteen bij de Zeven Wegen kon met behulp van de bioklasten in deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan) geplaatst worden (fig. 12). Aan de top van deze ontsluiting werd een heel sterk ontwikkeld "Belemnietenkerkhof" aangetroffen, dat uit de belemnietenpieken BeII7 en BeII8 opgebouwd is. Daartussen is nog iets van de afzettingen uit IIb (Foraminifera-zone B volgens Hofker (1966), Laat Campaniaan) en daarboven nog iets van deel-ecozone IVa (Foraminifera-zone C volgens Hofker (1966), Laat Maastrichtiaan) aanwezig. Zowel het onderste als het bovenste niveau met belemnieten vertegenwoordigd veel dikkere afzettingen elders (fig. 21).

6.8. ONTSLUITING 62C-22 BEUTENAKEN

Deze ontsluiting is de typelokaliteit van de lithologische eenheid Beutenaken. Ze werd hier dan ook gebruikt als typeprofiel om de pieken in de bioklasten te nummeren (fig. 13). De kalksteenafzettingen uit deze typelokaliteit behoren tot deel-ecozone IIb (Laat Campaniaan). Binnen IIb werden de Foraminifera-pieken FII8, FII9 en FII10 genummerd. Bij de Pelecypoda werden de eenheden PII7 en PII8 onderscheiden. Aangezien IIb alleen nog maar in één onderzochte ontsluiting (ontsluiting 62D-15) in zeer geringe dikte aanwezig is konden geen vergelijkingen gemaakt worden.

Deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan) blijkt in deze ontsluiting (62C-22, fig. 13), evenals aan de Zeven Wegen, maar gedeeltelijk aanwezig te zijn en wel het bovenste deel (PII4 t/m PII6). De lithologische grens met de Formatie van Vaals hoeft echter niet te betekenen dat de afzettingen onder deze grens niet meer tot deel-ecozone IIa behoren. Op andere plaatsen blijkt immers ook deel-ecozone IIa lithologisch ontwikkeld te zijn als een "Vaals-afzetting" (fig. 5a en 5b).

In de Belgische Kempen komen aanmerkelijk dikkere afzettingen in IIb voor (fig. 21). Aldaar werd ook deel-ecozone IIc (Beutenaken 2) aangetroffen. De monsterafstanden waren daar echter steeds groter dan 3 meter zodat aan een vergelijk met de hier gemonsterde profielen niet mogelijk is. Binnen het hier besproken gebied is deel-ecozone IIc in het geheel niet aangetroffen.

6.9. BORING 62C-74 CRAPOEL

Van deze boring werden de monsters tussen 3 en 49 meter diepte onderzocht (fig. 14). De monsters tussen 3 en 17 meter behoren tot deel-ecozone IVa (Laat Maastrichtiaan) en de monsters tussen 13 en 30 meter tot ecozone III (Vroeg Maastrichtiaan). De diverse pieken konden in deze eenheden genummerd worden. Hieruit blijkt dat ecozone III maar gedeeltelijk aanwezig is in deze boring. Van 30 tot 36 meter werd gezien de grote piek van prismatische pelecypoda deel-ecozone IIb (Laat Campaniaan) aangetroffen. De monsters van 36 meter tot einde boring behoren tot deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan). Deel-ecozone IIa is hier dus maar gedeeltelijk in een kalkige facies afgezet.

6.10. BORING 62B-862 KUNRADE

Van deze boring werden de monsters tussen 3 en 50 meter diepte onderzocht (fig. 15). De monsters van 3 tot 8 meter behoren tot de zogenaamde "Kunrader facies" hetgeen inhoud dat ze in een zeer ondiepe zee werden afgezet. Gezien de grotere hoeveelheid Bryozoa die in deze monsters werden aangetroffen mogen we aannemen dat ze thuishoren in het bovenste deel van ecozone IV. Bij 8 meter diepte verandert het gesteente in zogenaamd "Zandig krijt van Benzenrade". Deze afzetting kon met behulp van de bioklasten in ecozone II geplaatst worden waarbij de afzettingen tussen 8 en 16 meter waarschijnlijk tot deel-ecozone IIb behoren. In het gedeelte van 16 tot 50 meter konden zowel de Foraminifera, de Belemnoidae en de Pelecypoda pieken gecorreleerd en genummerd worden met de afzettingen uit ecozone IIa.

6.11. BORING 62B-450, DE DAEL, BENZENRADE

Van deze boring, die in 1948 gemaakt werd, werden 49 monsters, variërend in gewicht van 20 tot 100 gram, beschikbaar gesteld voor het onderzoek (fig. 16). Omdat de boring in totaal 160 meter diep is bedraagt de afstand tussen de monsters vaak 3 meter of meer. Dergelijke afstanden laten uiteraard geen gedetailleerde indelingen toe. Verder bleken de monsters over het algemeen sterk verweerd te zijn door de lange tijd van liggen, zodat veel bioklasten tot stof vergruisd waren. Ondanks al deze bezwaren konden toch, met behulp van de opgegeven lithologie in de boorbeschrijving en de aangetroffen bioklasten, de afzettingen in diverse ecozones en deel-ecozones geplaatst worden.

6.12. ONTSLUITING STEENKUIL, GULPEN EN BORING 62B-753 TE GULPEN.

In deze ontsluiting, te samen met de boring 62B-753, is de Kalksteen van Vijlen nagenoeg over zijn volle lengte bemonsterd en onderzocht (fig. 17). Met behulp van de Foraminifera kon deze ontsluiting gecorreleerd worden met de typelokaliteit van de Kalksteen van Vijlen te Mamelis (fig. 22) en de boring Oost Maarland (fig. 32). De belemnietenpieken zijn in deze ontsluiting over het algemeen vrij gering, of ze ontbreken zelfs in het geheel. Ook de Pelecypoda-pieken zijn in verhouding vrij klein. Dit alles wijst erop dat de afzettingen min of meer in het centrum van een erosiegeul ontstonden waar minder grof sediment vanaf de geulranden werd afgezet.

6.13. ONTSLUITING CPL 61H-9 HALEMBAYE

In deze groeve werden in totaal 97 monsters genomen met afstanden (0.25 - 1.00 m) die afhankelijk waren van de lithologische indeling. Deze ontsluiting is hier gebruikt als typeprofiel om de pieken in de ecozones te nummeren (fig. 18 en 18a). In deel-ecozone IVa en IVb (Laat Maastrichtiaan) werden de Brachiopoda-pieken BrIV1 t/m BrIV6 en de Bryozoa-pieken BIV1 t/m BIV12 genummerd (fig. 18). De Crinoidea-eenheden CR1 t/m CR 7 waren reeds eerder benaamd (Felder, 1997b). Ook de Pelecypoda-eenheden PIVa1 t/m PIVa7 en PIVb1 t/m PIVb4 waren reeds eerder beschreven (Felder, 1997b). De Foraminifera-pieken zijn hier in overeenstemming met de eerder beschreven nummering I, J, K en L genoemd (Felder, 1997a).

In deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan) konden bij de Foraminifera de pieken FII1 t/m FII7 onderscheiden worden (fig. 18a). Bij de Brachiopoda werden de pieken BrII1 t/m BrII8 genummerd. Bij de Belemnoidae konden de pieken BeII1 t/m BeII6 genummerd worden. In de hardground aan de top van ecozone IIa worden regelmatig

grotere fragmenten of gave belemnieten aangetroffen. Het is om deze reden dat hier (BeII7) aangegeven wordt tussen haakjes. De Pelecypoda konden in de eenheden PII1 t/m/ PII6 verdeeld worden terwijl de pieken van de prismatische Pelecypoda genummerd werden van 1 t/m 8 en van het totaal aan Pelecypoda van 1 t/m 10.

6.14. BORING 57W-154 DENDERMONDE

Van deze boring werden de monsters tussen 175 en 217 meter diepte onderzocht (fig. 19). Met behulp van de bioklasten konden de afzettingen in ecozone II geplaatst worden. De monsters tussen 175 en 180 meter behoren tot deel-ecozone IIb en de monsters tussen 180 en 217 meter tot deel-ecozone IIa. Binnen deel-ecozone IIa konden de diverse pieken gecorreleerd worden met soortgelijke pieken in Halembaye (fig. 18a). Opmerkelijk is het aantal rolsteentjes dat aangetroffen werd in de monsters. Mogelijk zijn die afkomstig van de top van het Massief van Brabant.

6.15. BORING 103W-163 PECROT

Van deze boring werden de monsters tussen 14 en 46 m onderzocht (fig. 20). De monsters tussen 14 en 17 m behoren nog tot deel-ecozone IVb (Laat Maastrichtiaan). Het was niet mogelijk in dit boorgedeelte nog pieken te nummeren omdat onvoldoende kenmerkende bioklasten aangetroffen werden. De monsters tussen 17 en 46 m behoren op grond van hun bioklasten-inhoud tot deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan). Binnen de Foraminifera konden de pieken FII1 t/m FII7 herkend worden. Bij de Brachiopoda ontbreekt waarschijnlijk BrII7 omdat in PII6 de piek 7 van de prismatische Pelecypoda heel sterk ontwikkeld is. Overigens zijn vooral de pieken BrII1 t/m BrII3 sterk ontwikkeld. Bij de Belemnoidea blijkt evenals in de boringen te Landen en Velm een BeII5a piek aanwezig te zijn. De grotere pieken in de Prismatische Pelecypoda die aangetroffen werden in deze boring werden ook al aangetroffen in de boring te Landen (fig. 46a).

6.16. ONTSLUITING 62D-79 EN BORING 62D+G-168 TE MAMELIS

Deze ontsluiting (typelokaliteit van de Kalksteen van Vijlen) en boring zijn gebruikt bij het beschrijven van de Kalksteen van Vijlen (Felder & Bless, 1994). De indeling in Vijlen 0 t/m Vijlen 6 vond in deze publicatie plaats. De benaming van de Foraminiferapieken (A t/m L) vond plaats gedurende een volgend onderzoek (Felder, 1997a). Hier worden ook de pieken van de Belemnoidae en de Pelecypoda genummerd (fig. 22). Bij het nummeren van de pieken werd gebruik gemaakt van de ontsluiting en boring te Gulpen (fig. 17) en de boring Oost Maarland (fig. 32).

6.17. ONTSLUITING 61H-36 LANAYE

Deze ontsluiting is de typelokaliteit van de Kalksteen van Lanaye (fig. 28). In deze ontsluiting werden monsters genomen over lengten die afhankelijk zijn van de lithologie ter plaatse. De nummering van de pieken is gebeurd na correlatie met de ENCI groeve (fig. 29). Lithologisch verandert de top van de Kalksteen naar het noordoosten toe waardoor in de ENCI de Horizont van Lichtenberg dieper ligt. Deze verschuiving vindt niet plaats in de bioklasteninhoud. De scheiding tussen deel-ecozone IVb en Va, die in Lanaye bij de Horizont van Lichtenberg ligt blijkt dan ook in de ENCI hoger te liggen namelijk bij de Horizont van ENCI (fig. 29).

6.18. ONTSLUITING ENCI 61F-19 MAASTRICHT

In deze groeve, die vlak bij de typelokaliteit van het Maastrichtiaan ligt, werden 137 monsters genomen, die afhankelijk van waren van de lithologische indeling ter plaatse over lengten van 0.15 - 1.00 m (fig. 29). Daarnaast werden in deze groeve nogmaals 200 monsters genomen variërend in lengte tussen 0.05 en 0.15 m die reeds eerder beschreven zijn (Felder, 1997b). Deze ontsluiting werd gebruikt om de pieken in de deel-ecozones IVb, Va, Vb en Vc te nummeren (fig. 29). Het gehele onderzochte profiel van deze ontsluiting heeft een Laat Maastrichtiaanse ouderdom.

De Bryozoa-pieken in IVa en IVb werden genummerd van BIV7 t/m BIV13. De Thecideidae-pieken werden T1 t/m T4 genoemd (de piek T5 werd aangetroffen in Lanaye (fig. 28). Bij de Serpulidae werden maar zeer zwakke pieken aangetroffen die misschien met grotere pieken in andere boringen te correleren zijn (zie fig. 31). De Crinoidea- en de Pelecypoda-eenheden zijn reeds eerder beschreven (Felder, 1997b).

In ecozone V werden de pieken van de Bryozoa genummerd van BV1 t/m BV8 en de pieken van de Serpulidae van SV1 t/m SV6. De Pelecypoda- evenals de Crinoidea-eenheden werden reeds eerder beschreven (Felder, 1997b).

6.19. ONTSLUITING 62A-13 CURFS (NU ANKERPOORT) TE GEULHEM

In deze groeve werden 67 monsters genomen afhankelijk van de lithologische indeling over lengten variërend van 0.10 - 1.00 m (fig. 30). Binnen het profiel in deze groeve is de grens Krijt-Tertiair aanwezig. Dacht men vroeger dat de grens bij de Horizont van Vroenhoven lag (scheiding ecozone V-VI), tegenwoordig veronderstelt men dat de grens bij de Horizont van Berg-en-Terblijt ligt (Brinkhuis & Smit, 1996; Jagt, 1997).

Deze groeve werd gebruikt om in deel-ecozone Vd de pieken van Foraminifera (FV1 t/m FV5), Serpulidae (SVd1 t/m SVd3), Bryozoa (BV9 t/m BV13) en de Pelecypoda eenheden PVd1 t/m/ PVd5 te nummeren. De afzonderlijke pieken van de Pelecypoda werden binnen de eenheden x en y genoemd. De aangetroffen Crinoidea in deel-ecozone Vd werden reeds eerder CR10 genoemd.

Deze groeve is ook gebruikt om in ecozone VI de pieken te nummeren. De Serpulidae-piek aan de top van de afzettingen werd SVI1 genoemd en bij de Bryozoa werden de pieken BVI1, BVI2 en BVI3 onderscheiden. Bij de Pelecypoda werden de eenheden PVI1, PVI2 en PVI3 benaamd.

6.20. BORING 91E-405 NIEUWERKERKEN.

Van de boring Nieuwerkerken werden de monsters tussen 94 en 161 meter boordiepte onderzocht (fig. 31). Vanaf 94 tot 112 meter boordiepte werd van ecozone V de onderdelen Va en Vb aangetroffen (Laat Maastrichtiaan). De pieken BV1 t/m BV4 zijn in deze boring niet uit elkaar te houden evenals de Pelecypoda-eenheden PVa1 en PVa2. Van 94 tot 99 m werd een herkenbaar gedeelte van de Pelecypoda-eenheid PVb2 en de grotere SV4 piek bij de Serpulidae aangetroffen.
Van 112 tot 161 meter boordiepte werd ecozone IV doorboord (Laat Maastrichtiaan). De scheiding tussen deel-ecozone IVa en IVb ligt waarschijnlijk bij 152 meter. De Bryozoa-pieken BIV8 t/m BIV13 alsmede de Thecididae-pieken T1 t/m T5 konden herkend worden. Moeilijker waren de Crinoidae-eenheden CR4 t/m CR8 te herkennen. De toename van de Thecideidae, die aangehecht op zeegras leefden, wijzen erop dat de zeediepte ter plaatse waarschijnlijk ongunstig was voor Crinoidea. De Pelecypoda-eenheden PIVb2 t/m PIVb7 gaven weinig moeilijkheden bij de correlatie. Het geringe aantal bioklasten in de Pelecypoda-eenheden PIVa6 t/m PIVb1 zijn moeilijk te correleren, daarom is de grens tussen IVa en IVb niet exact te bepalen. De boring Nieuwerkerken werd reeds eerder gepubliceerd in Felder & Bless (1989).

6.21. BORING 61H-56 OOST MAARLAND

Deze boring die met behulp van de Foraminifera-pieken gecorreleerd kon worden met de typelokaliteit van de Kalksteen van Vijlen te Mamelis, ontsluiting 62D-79 (Felder, 1997a), wordt hier mede gebruikt als typeprofiel om de verschillende pieken te nummeren (fig. 32). De boring is geplaatst in een opgevulde strandgeul (fig. 25). Strandgeulafzettingen blijken in het algemeen grote variaties te vertonen in de sedimenten maar ook in de bioklasten-inhoud. Het was om deze reden dat alleen de pieken van de Foraminifera gebruikt konden worden om de diverse ontsluitingen met elkaar te correleren.
In deze boring werd bijna aan de top van de kalksteen belemnietenpiek BeIII7 aangetroffen die de scheiding tussen ecozone III en IV aangeeft. Ondanks het feit dat de onregelmatige sedimentatie correlaties soms moeilijk maakt gaan we er hier toch toe over om ook de pieken van de Belemnoidea in ecozone III (Vroeg Maastrichtiaan) te nummeren (BeIII1 t/m BeIII7). Opgemerkt moet worden dat BeIII4 niet in deze boring aangetroffen werd maar in de typelokaliteit van de Kalksteen van Vijlen te Mamelis (Felder & Bless, 1994). De Kalksteen van

Vijlen werd reeds eerder in de eenheden Vijlen 0 t/m Vijlen 6 verdeeld. Deze indeling houden we hier aan, maar de pieken van de Pelecypoda worden in Ecozone III genummerd van 1 t/m 7. De nummering van de prismatische Pelecypoda van 1 t/m 6 in ecozone III bleek niet doorgevoerd te kunnen worden in andere ontsluitingen of boringen.

6.22. BORING 62B-767 NYSWILLER

Deze boring die aan de rand van Roerdalslenk op een westelijke schol ligt werd gebruikt om het profiel door de erosiegeul te Mamelis te tekenen (fig. 23). In deze boring werden alle Pelecypoda-eenheden en belemnietenpieken aangetroffen die in de Kalksteen van Vijlen aanwezig zijn (fig. 33). Aan de top van de Kalksteen van Vijlen werd hier in deel-ecozone IVa nog de belemnietenpiek BeIII8 aangetroffen die samenhangt met de Horizont van Wahlwiller. Boven deze Horizont ligt een conglomeraat die zuidoostelijk nog dikker is (Lousberg-conglomeraat). Het was niet mogelijk de afzonderlijke pieken van de Pelecypoda te nummeren.

6.23. BORING 62D-130 MAMELIS

Deze boring werd gebruikt bij het tekenen van de erosiegeul te Mamelis (fig. 23). In deze boring ontbreken nagenoeg de pieken van belemnieten en ook zijn de Pelecypoda-pieken relatief klein (fig. 34). Dit wijst erop dat deze boring meer in het centrum van de geul gelegen is, zoals dat ook het geval was met de ontsluiting en boring in Gulpen (fig. 17).

6.24. BORING 62D-129 VIJLEN

Ook deze boring werd gebruikt bij het tekenen van de erosiegeul te Mamelis (fig. 23). Evenals bij de vorige boring ontbreken ook hier de pieken van Belemnoidae en zijn de Pelecypoda klein (fig. 35). In Vijlen 3 blijkt dat tussen de Foraminifera-pieken D en E meerdere pieken aanwezig te zijn die E', E'' en E''' genoemd zijn.

6.25. ONTSLUITING 62D-88 (WITTE WEG) TE VIJLEN

Deze tijdelijke ontsluiting bij de aanleg van een riolering werd gebruikt voor het tekenen van de erosiegeul bij Mamelis (fig. 23). Ook in deze boring blijken de belemnietenpieken minimaal te zijn (fig. 36). Met behulp van de Foraminifera-pieken en een grotere piek in de Ophiuroidae binnen Vijlen 4 kon het profiel van deze ontsluiting echter goed gecorreleerd worden met de boring 62D-130 te Mamelis (fig. 34).

6.26. BORING 62D-156 PANHUIS, VIJLEN

Deze boring aan de voet van de "Witte Weg" te Vijlen sluit min of meer aan bij de ontsluiting aan de Witte Weg. Ze werd dan ook gebruikt bij het tekenen van de erosiegeul Mamelis (fig. 23). Aan de basis van de Kalksteen van Vijlen werden hier de belemnietenpieken BeIII 1, BeIII2 en BeIII3 aangetroffen (fig. 37)

6.27. ONTSLUITING 62D-27 BOVENSTE BOS, EPEN

Aan de wetkant van de erosiegeul Mamelis (fig. 23) werd een uitgebreid onderzoek gedaan naar de opeenvolging van de lagen (Felder & Bless 1994). Ecozone III (Vijlen 0-5) blijkt hier maar beperkt aanwezig te zijn. Gedeeltelijk zijn de afzettingen in de graafgangen als restanten aanwezig (fig. 38).

6.28. BORING 62B-580 EYS

Deze boring die aan de rand van de Roerdalslenk op een westelijke schol ligt is gebruikt voor het tekenen van de erosiegeul bij Gulpen (fig. 24). In deze boring bleek de Kalksteen van Vijlen maar gedeeltelijk aanwezig (fig. 39). Ook de belemnietenpiek BeIII8 is hier niet aanwezig op de plaats van de Horizont van Wahlwiller.

6.29. ONTSLUITING 108E-119 (62C-159) ALTEMBROECK

Deze ontsluiting die zeer uitvoerig op fossielinhoud onderzocht werd (Jagt *et al.*, 1995) werd ook op de bioklasteninhoud onderzocht. Met behulp van de Foraminifera- en de Pelecypoda-pieken konden de onderzochte afzettingen in ecozone III in Vijlen 2 t/m Vijlen 4 (Vroeg Maastrichtiaan) geplaatst worden (fig. 40). De basis van de afzettingen, kon hier niet door middel van een handboring, bereikt worden omdat kleine vuurstenen aanwezig waren in de kalkstenen. Aan te nemen is echter dat de basis niet diep onder het bemonsterde profiel aanwezig is. De uitgebreide bemonstering van deze groeve met monsters van 0.50 m lengte veroorzaakt uiteraard dat er meer "onrust" te zien is in de pieken van de bioklasten. Toch blijken de Foraminifera-pieken D t/m F duidelijk aanwezig te zijn. Bij de Brachiopoda konden de pieken BrIII2 t/m BrIII4 genummerd worden.
Er werd eigenlijk maar één Belemnoidae-piek gevonden namelijk de belangrijke BeIII4 piek. Deze ontsluiting is gebruikt bij het tekenen van de erosiegeul bij Altembroeck (fig. 24).

6.30. BORING 108W-334/355 'S GRAVENVOEREN - SCHOOL

Van deze boring werden 27 monsters onderzocht (fig. 40). Met behulp van de Foraminifera- en de Pelecypoda-pieken konden de afzettingen in ecozone III in Vijlen 1 t/m Vijlen 5 geplaatst worden (Vroeg Maastrichtiaan). Vijlen 0 blijkt op deze plaats te ontbreken waaruit afgeleid mag worden dat de erosiegeul hier iets ondieper was dan in Oost-Maarland.
De Foraminifera-pieken B t/m H konden in deze boring herkend worden. Bij de Brachiopoda werden de Brachiopoda-pieken BrIII1 t/m BrIII5 aangetroffen, die overigens niet aanwezig waren in de boring Oost-Maarland. Bij de Belemnoidae werden de pieken BeIII2 t/m BeIII5 gevonden. De nummering van de Pelecypoda-pieken van 1 t/m 7 en de indeling in de eenheden Vijlen 1 t/m Vijlen 5 bleek mogelijk. Duidelijk is het overigens dat de prismatische Pelecypoda een andere verdeling hebben in deze boring ten opzichte van de boring Oost-Maarland.

6.31. BORING 108W-359 'S GRAVENVOEREN - KINKENBERG

Van deze boring werden 14 monsters onderzocht (fig. 42). Met behulp van de Foraminifera- en de Pelecypoda-pieken konden de afzettingen gecorreleerd worden met de afzettingen uit ecozone III in Vijlen 2 t/m 4 (Vroeg Maastrichtiaan). Hier ontbreekt niet alleen Vijlen 0 maar ook Vijlen 1, zodat aangenomen mag worden dat de erosiegeul hier nog ondieper was dan in de boring 108W-334/355.
Bij de Foraminifera konden de pieken C t/m E onderscheiden worden. De Brachiopoda-pieken BrIII1 t/m BrIII4 blijken in deze boring aanwezig te zijn.
Bij de Belemnoidae is uitsluitend aan de basis een belemnietenpiek (BeIII2) aanwezig. Bij de Pelecypoda konden de pieken 1 t/m 4 onderscheiden worden.

6.32. BORING 62B-528 WAHLWILLER

Van deze boring werden 31 monsters onderzocht (fig. 43). Met behulp van de aangetroffen bioklasten konden de afzettingen gecorreleerd worden met Vijlen 3 t/m 6 (Ergens in Vijlen 5 ligt waarschijnlijk de grens (Laat-Vroeg Maastrichtiaan). Bij de Foraminifera konden de pieken E' t/m L onderscheiden worden. Bij de Belemnoidae is de piek BeIII4 gesplitst in twee pieken, terwijl de pieken BeIII6 en BeIII7 ontbreken. Bij de Pelecypoda konden alle pieken genummerd (5 t/m 12) worden.

6.33. ONTSLUITING 62A-163 GRONSVELD

In deze groeve werden 37 monsters genomen. Met behulp van de Bryozoa en de Serpulidae en de Pelecypoda konden de monsters ingedeeld worden in de IVb, Va en Vb (Laat Maastrichtiaan). De diverse pieken werden genummerd (fig. 44). Deze groeve werd reeds eerder beschreven (Felder *et al.*, 1985) waarbij erop gewezen werd dat er mogelijk verschillen waren tussen de lithologische benamingen in deze groeve en de ENCI groeve (fig. 29).

Bij de Bryozoa werden de pieken BIV13 en BV1 t/m BV5 aangetroffen. De pieken SV1 t/m SV4 zijn ook ontwikkeld in deze groeve. De Pelecypoda-eenheden en pieken zijn in deze groeve zwak ontwikkeld.

6.34. BORING 106W-401 HOEPERTINGEN

Van deze boring werden de monsters tussen 36 en 81 m boordiepte onderzocht (fig. 45). De monsters tussen 36 en 50 m boordiepte konden vooral op grond van de Bryozoa-pieken BV1 t/m BV4 herkend worden als afkomstig uit Va en Vb (Laat Maastrichtiaan). De indeling in de Pelecypoda-eenheden in PVa1, PVa2 en PVb1 is dan ook hoofzakelijk op grond van de indeling in de Bryoza gebeurd. De pieken SV2 en SV3 zijn maar minimaal ontwikkeld.
De monsters tussen 50 en 81 meter zijn op grond van hun bioklasteninhoud te herkenen als afkomstig uit IVb (Laat Maastrichtiaan), met de pieken BIV11 t/m BIV13, T1 t/m T5, SIV1 t/m SIV4, de Crinoidea-eenheden CR6 t/m CR8 en de Pelecypoda-eenheden PIVb3 t/m PIVb7. Deze boring is al eerder beschreven in Felder *et al.* (1985 pag. 187) en Felder & Bless (1989).

6.35. ONTSLUITING ORP-LE-PETIT

Deze ontsluiting is gelegen in de plaats Orp-le-Petit achter het kasteel aan de linkerkant van de weg naar Wansin. Er werden in deze groeve 10 monsters genomen over een afstand van 5.45 m waarvan de bovenste drie (1.15 m) tot deel-ecozone IVb behoorden en gekenmerkt werden door een piek in de Thecideidae (Laat Maastrichtiaan). De onderste zeven (4.30 m) behoorden tot deel-ecozone IIa (Laat Campaniaan). Binnen deze kleine afstanden was het echter niet mogelijk pieken te nummeren. Deze ontsluiting is hier uitsluitend aangegeven in het stratigrafisch overzicht van de onderzochte ontsluitingen ten westen van Maastricht (fig. 27). Voor een uitvoerige beschrijving wordt verwezen naar Bless *et al.* (1991).

6.36. BORING 105W-349 LANDEN

Van deze boring werden de monsters tussen 68 en 111 m diepte onderzocht (fig. 46 en 46a). De monsters van 68 tot 78 m diepte konden op grond van de bioklasten herkend worden als afkomstig uit IVb, met de pieken BIV11, T1, en de Crinoidea eenheid CR6 alsmede de Pelecypoda eenheden PIVb2, PIVb3 en PIVb4 (Laat Maastrichtiaan). Bij 78 meter diepte treed een duidelijke verandering in de bioklasteninhoud op waaruit blijkt dat de afzettingen van 78 - 104 m diepte overeenkomen met ecozone II en wel het gedeelte dat IIa genoemd is (Laat Campaniaan). Uit alles blijkt dat er bij 78 meter boordiepte derhalve een hiaat aanwezig is; de deel-ecozones IIb, IIc, III en IVa ontbreken hier.
De veranderde bioklasteninhoud kon niet weergegeven worden in figuur 46, daarom zijn de karakteristiek bioklastengroepen van deel-ecozone IIa, met de herkenbare pieken in figuur 46a weergegeven. De in Halembaye herkende pieken en eenheden (fig. 18a) konden ook, op uitzondering na van enkele pieken, herkend worden in deze boring. Bij de Belemnoidea bleek een extra piek aanwezig te zijn die BeII5a genoemd werd. Opmerkelijk is verder de toename in percentage van de pieken 2, 5 en 7 bij de Prismatische Pelecypoda.
In de monsters van 104-111 werden geen bioklasten aangetroffen. Derhalve is een correlatie op grond van de bioklasten niet mogelijk. Lithologisch lijken de groenige siltige afzettingen wel iets op de silten uit de Formatie van Vaals.

6.37. BORING 105E-455 VELM

Van deze boring werden de monsters tussen 43 en 96 m boordiepte onderzocht (fig. 47 en 47a). De monsters uit deze boring bleken steeds vervuild te zijn met naval uit lagen met veel Thecideidae. Hierdoor werd de correlatie van de pieken en eenheden bemoeilijkt. De monsters tussen 43 en 63 m diepte konden op grond van hun bioklasteninhoud echter herkend worden als afkomstig uit ecozone IVb (Laat Maastrichtiaan). De pieken BIV11, BIV12, T1, T2, de Crinoidea eenheden CR6, CR7 en de Pelecypoda-eenheden PIVb2 t/m PIVb5 werden herkend. De pieken T1 en T2 zijn in deze boring duidelijker ontwikkeld.
Bij 96 meter boordiepte bleek een zelfde hiaat aanwezig te zijn zoals dat aangetroffen werd bij 78 meter boordiepte in boring 105W-349 te Landen. De veranderde bioklasteninhoud tussen 63 en 96 meter is bij deze boring

ook weergegeven met de voor IIa karakteristieke bioklastengroepen en pieken in figuur 47a. Bij de Brachiopoda zijn de Thecideidae als naval te beschouwen en in het zwart aangegeven. Waarschijnlijk omdat er naval in de boormonsters aanwezig is zijn de aangetroffen pieken in deze boring afgevlakt.
Vanaf 96 m boordiepte werden groene phyllieten doorboord zonder bioklasten. Dergelijke phyllieten zijn bekend vanuit de Paleozoische ondergrond. Derhalve ontbreekt hier aan de basis van het Krijt ecozone I. Dit wijst erop dat hier een opheffingszone van het Massief van Brabant moet liggen (fig. 27).

6.38. BORING 107W-248 DIETS-HEUR

Van deze boring werden de monsters tussen 10 en 70 meter onderzocht op bioklasten (fig. 48 en 48a). De monsters tussen 10 en 33 m boordiepte bleken volgens de bioklasten afkomstig te zijn uit IVb (Laat-Maastrichtiaan), met de pieken BIV11, BIV12, T1, T2, de Crinoidea-eenheden CR5 t/m CR7 en de Pelecypoden-eenheden PIVb1 t/m PIVb5.
Vanaf 33 tot 70 meter boordiepte veranderde de bioklasteninhoud, waaruit bleek dat dit deel-ecozone IIa was (Laat Campaniaan). Bij 33 meter is dus ook in deze boring een hiaat aanwezig van IIb, IIc, III en IVa. De veranderde bioklasteninhoud tussen 33 en 70 m boordiepte is weergegeven in figuur 48a. Vooral tengevolge van het relatief grote aantal Brachiopoda, die in deze boring werd aangetroffen, zijn de andere pieken moeilijk te correleren. Zo bleek het niet mogelijk de Belemnoidea-pieken te nummeren. De Prismatische Pelecypoda-pieken zijn over het algemeen gering ontwikkeld en het was nodig enkele pieken als a piek te benoemen.
Van 70 tot 71 meter boordiepte werd glauconiethoudend silt aangetroffen, die waarschijnlijk, gezien het zeer hoge aantal Pelycypoden, overeenkomt met ecozone I. Deze boring is reeds eerder beschreven in Felder & Bless (1989).

6.39. BORING 92W-387 WELLEN

Van deze boring werden de monsters tussen 66 en 104 meter boordiepte onderzocht (fig. 49). Van 66 tot 95 meter boordiepte werd ecozone V doorboort (Laat Maastrichtiaan). De Bryozoa-pieken BV1 t/m BV6 alsmede de Serpulidae-pieken SV1 t/m SV4 waren niet moeilijk te herkennen. De grote piek van de Pelecypoda in de eenheid PVb2 was eveneens gemakkelijk te herkennen. Moeilijker was het om de andere Pelecypoda-eenheden te onderscheiden. De top van de piek SV4 en de top van de Pelecypoda-eenheid PVb2 toont duidelijk dat de bovenste twee meter (van 66 tot 68 m) in deel-ecozone Vc thuishoren.
Van 95 tot 104 meter boordiepte werd de top van IVb (Laat Maastrichtiaan) doorboort met de piek BIV13, de pieken T4 en T5 en SIV4.

6.40. BORING 92E-502 HASSELT

Van deze boring zijn de boormonsters tussen 139 en 168 meter diepte onderzocht (fig. 50). Alle monsters bleken afkomstig te zijn uit Ecozone V en wel uit Va, Vb en Vc (Laat Maastrichtiaan). De verschillende pieken van de Bryozoa BV3 t/m BV7 en de Serpulidae-pieken SV2 t/m SV5 konden gecorreleerd worden met soortgelijke afzettingen uit andere boringen. Opmerkelijk is echter de toename van de relatieve hoeveelheid aan Pelecypoda in deze boring. Vooral in de eenheden PVb1 en PVb2 is deze toename sterk. Eenzelfde toename blijkt echter ook op te treden in de boringen Halen (fig. 51) en Lummen (fig. 52). Zeer waarschijnlijk hangt deze toename aan Pelecypoda samen met het optreden van Oester-Serpuliden-banken op enigzins verharde sedimenten. Verder blijkt dat ecozone Vb in deze boring, evenals in de boringen Wellen (fig. 49), Halen (fig. 51) en Lummen (fig. 52), aanmerkelijk in dikte te verschillen met de gemeten dikte in de groeve ENCI (fig. 29). In deze groeve is ecozone Vb 11 meter dik terwijl ze in de boring te Hasselt 18 meter dikte bereikt. Deze dikte toename is overigens in overeenstemming met het gegeven dat in Belgisch Zuid-Limburg IVa op vele plaatsen ontbreekt. Het ontbreken van een afzetting wordt immers bijna altijd gecompenseerd door het toenemen in dikte van de bovenliggende afzettingen.

6.41. BORING 76E-304 HALEN

Van deze boring werden de monsters tussen 194 en 213 meter boordiepte onderzocht (fig. 51). Alle monsters bleken afkomstig te zijn uit ecozone V en wel uit Va en Vb (Laat Maastrichtiaan). De pieken Bryozoa werden genummerd van BV3 t/m BV5, bij de Serpulidae werden de pieken SV2 t/M SV4 onderscheiden. De Pelecypoda-eenheden PVa2 t/m PVb2 konden in deze boring herkend worden.

6.42. BORING 76E-303 LUMMEN

Van deze boring werden de monsters tussen 232 en 251 meter boordiepte onderzocht (fig. 52). Alle monsters bleken afkomstig te zijn uit ecozone V en wel uit Vb en Vc (Laat Maastrichtiaan). De pieken BV5 t/m BV7 zijn nog nauwelijks ontwikkeld bij de Bryozoa. Daartegenover staat dat de Pelecypoda zeer hoge waarden bereiken (tot 60% en meer), vooral in de Pelecypoda-eenheid PVb2. Bij de Serpulidae is de piek SV4 heel goed ontwikkeld.

6.43.BORING 76W-319 WAANRODE.

Van deze boring werden maar twee monsters onderzocht. De aangetroffen bioklasten uit het monster 191 en 205 meter diepte wijzen erop dat ze afkomstig zijn uit ecozone V (Laat Maastrichtiaan) en wel uit Vb (fig. 27). De Pelecypoda en Serpulidae bevatten aanwijzingen dat het monster van 191 m diepte afkomstig is uit de Pelecypoda-eenheid Vb2 en het monster van 205 meter diepte afkomstig is uit Vb1.

6.44. BORING 105E-472 ST. TRUIDEN

Er werden 5 monsters uit deze boring onderzocht die volgens de bioklasten-inhoud in de IVa en IVb (Laat Maastrichtiaan) thuishoren (fig. 27).
Monster 1. 76.40 - 77.50 m : deel-ecozone IVb, piek T3 van de Thecideidae.
Monster 2. 81.22 - 81.50 m : deel-ecozone IVb, CR7 van de Crinoidea.
Monster 3. 92.00 - 92.70 m : deel-ecozone IVb, PIVb2 t/m PIVb4 Pelecypoda.
Monster 4. 97.00 - 99.50 m : deel-ecozone IVb, CR5 van de Crinoidea.
Monster 5. 102.0 - 104.0 m : deel-ecozone IVa, CR4 van de Crinoidea.

6.45. ONTSLUITING (GROT NO7) TE VECHMAAL

In Vechmaal werd grot No 7 door middel van 11 monsters onderzocht (fig. 53). De monsters konden deels in Vc en deels in ecozone Vd geplaatst worden (Laat Maastrichtiaan). De piek FV1, en de pieken BV8, BV9 en BV10, evenals piek SV5 konden duidelijk herkend worden.

6.46 BORINGEN IN DE BELGISCHE KEMPEN

De boringen uit de Belgische Kempen werden reeds uitvoerig beschreven (Felder *et al.*, 1985 en Felder, 1994). Door dit onderzoek en nieuwe inzichten, worden de analyseresultaten nu anders geïnterpreteerd dan in de vroegere publicaties. De gewijzigde interpretaties zijn weergegeven in de figuren 54 t/m 86. Bij sommige boringen zijn markante gammastralingspieken aangegeven door vermelding van de diepte waarop ze aangetroffen werden. Bij een aantal boringen werden van de zeefrest 1-2.4 mm ook de lithoklasten geteld. De percentuele verdeling van de lithoklasten is weergegeven bij de grafiek van de bioklasten.

7. DANKWOORD

Gaarne wil ik hier mijn dank betuigen aan Prof. M. Vanguestaine en Prof. M. Streel van de Universiteit te Luik die mij niet alleen de gelegenheid gaven dit werk te voltooien maar mij ook met raad en daad bijstonden. Dr. M. Dusar van de Belgische Geologische Dienst, W.M. Felder van de Rijks Geologische Dienst in Nederland (nu TNO-NITG) en de directie van CILE te Luik waren zo vriendelijk mij de monsters uit boringen beschikbaar te stellen. John Jagt wil ik gaarne bedanken voor de vertaling van de samenvatting en tenslotte Lou Boonen van het Natuurhistorisch Museum te Maastricht voor de wijze waarop hij al de monsters indertijd voor mij bewerkt heeft.

8. LITERATUUR

ALBERS, H.J.; FELDER, W.M.; FELDER, P.J.; KUYL, O.S.; VAN AMEROM, H.J.W.; BOSCH, P.W. & MEESSEN, J.P.M.T., 1978 a: Lithology and stratigraphy of the Cretaceous of eastern South Limburg and neighbouring Belgium and Germany. *Excursion Guide, Excursion A, Joint annuel meeting Paläontologische Gesellschaft / Palaeontological Association,* Maastricht 25.9.-1.10.1978: 1-49.

ALBERS, H.J.; FELDER, W.M.; FELDER, P.J.; KUYL, O.S.; VAN AMEROM, H.J.W.; BOSCH, P.W. & MEESSEN, J.P.M.T., 1978 b: Lithology and stratigraphy of the Cretaceous of the Belgium-Dutch Borderland west of the river Meuse.Excursion Guide, *Excursion C, Joint annual meeting Paläontologische Gesellschaft / Palaeontological Association*, Maastricht 25.9.-1.10.1978: 50-100.

ALBERS, H.J. & FELDER, W.M., 1979: Litho-, Biostratigraphie und Paläokologie der Oberkreide und des Alttertiärs (Praeobersanton-Dan/Paläozän von Aachen-Südlimburg (Niederlande, Deutschland, Belgien). *Aspekte der Kreide Europas, IUGS, Series A*, 6: 47-84.

BATTEN, D.; DUPAGNE-KIEVITS, J. & LISTER, J.K., 1988: Palynology of the Upper Cretaceous Aachen Formation of Northeast Belgium: In: *The Chalk District of the Euregio Meuse-Rhine, M. Streel & M.J.M Bless (editors)*: 95-103.

BLESS, M.J.M. & FELDER, P.J., 1989: Note on the Late Cretaceous of Hockay (Hautes Fagnes, N.E. Belgium). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 112: 47-56.

BLESS, M.J.M.; DEMOULIN, A.; FELDER, P.J.; JAGT, J.W.M. & REYNDERS, J.P.H., 1991: The Hautes Fagnes area (NE Belgium) as a Monadnock during the Late Cretaceous. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 113: 75-101.

BLESS, M.J.M.; FELDER, P.J. & JAGT, J.W.M., 1991: Repeated Thetyan influences in the Early Campanian to Middle Late Maastrichtian successions of Folx-les-Caves and Orp-le-Petit (Eastern Brabant Massif, Belgium). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 113: 179-197.

BRINKHUIS H. & SMIT, J., editors, 1996: The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands). *Geologie en Mijnbouw,* 75:101-293.

FELDER, P.J., 1975: Zusammenhänge zwischen Feuerstein und dem Sediment in den Limburger Kalken aus dem Campan-Maastricht. Tweede Internationaal Symposium over Vuursteen 8-11 mei 1975 Maastricht. Ned. Geol. Vereniging *Staringia* 3: 21-22.

FELDER, P.J., 1981: Mesofossielen in de kalkafzettingen uit het Krijt van Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad*, 70: 201- 236.

FELDER, P.J., 1988: Maastrichtian-Early Tertiary strata in the SE Netherlands (Curfs quarry, Rur Valley Graben) and the Campine mining district (NE Belgium): Lithology, Gamma radation and bioclast assemblages. *Mededelingen van de Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie,* 25, 2-3: 115-125.

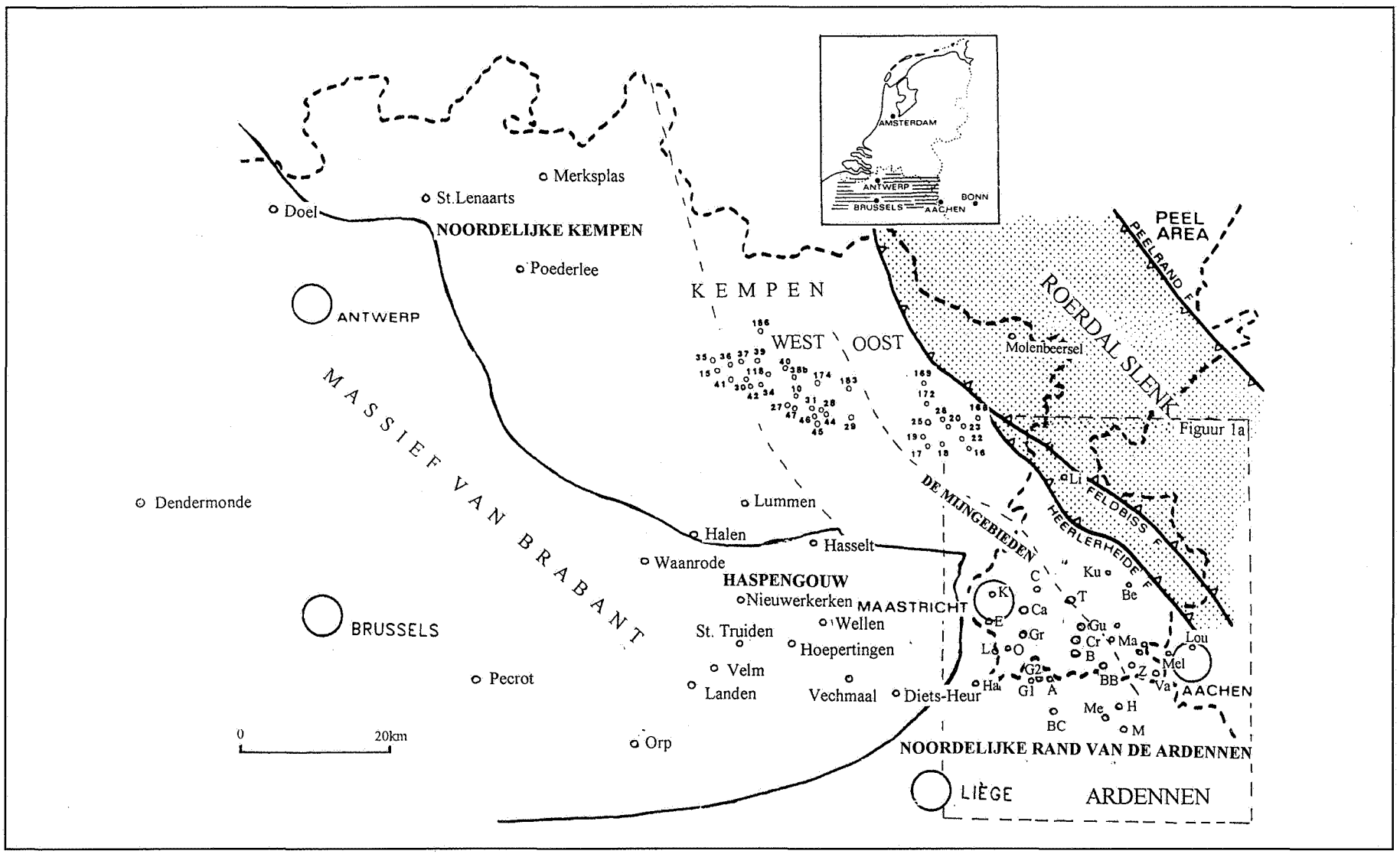
FELDER, P.J., 1994: Bioklasten-onderzoek van Krijt - Dano-Montiaan afzettingen uit boringen in de Belgische Kempen. *Belgische Geologische Dienst Professional Paper* 1994/8, N. 275: 1-240.

FELDER, P.J., 1997a: The Vijlen Chalk (Maastrichtian, Late Cretaceous) in the Meuse-Rhine Euregion. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 119: 119-133.

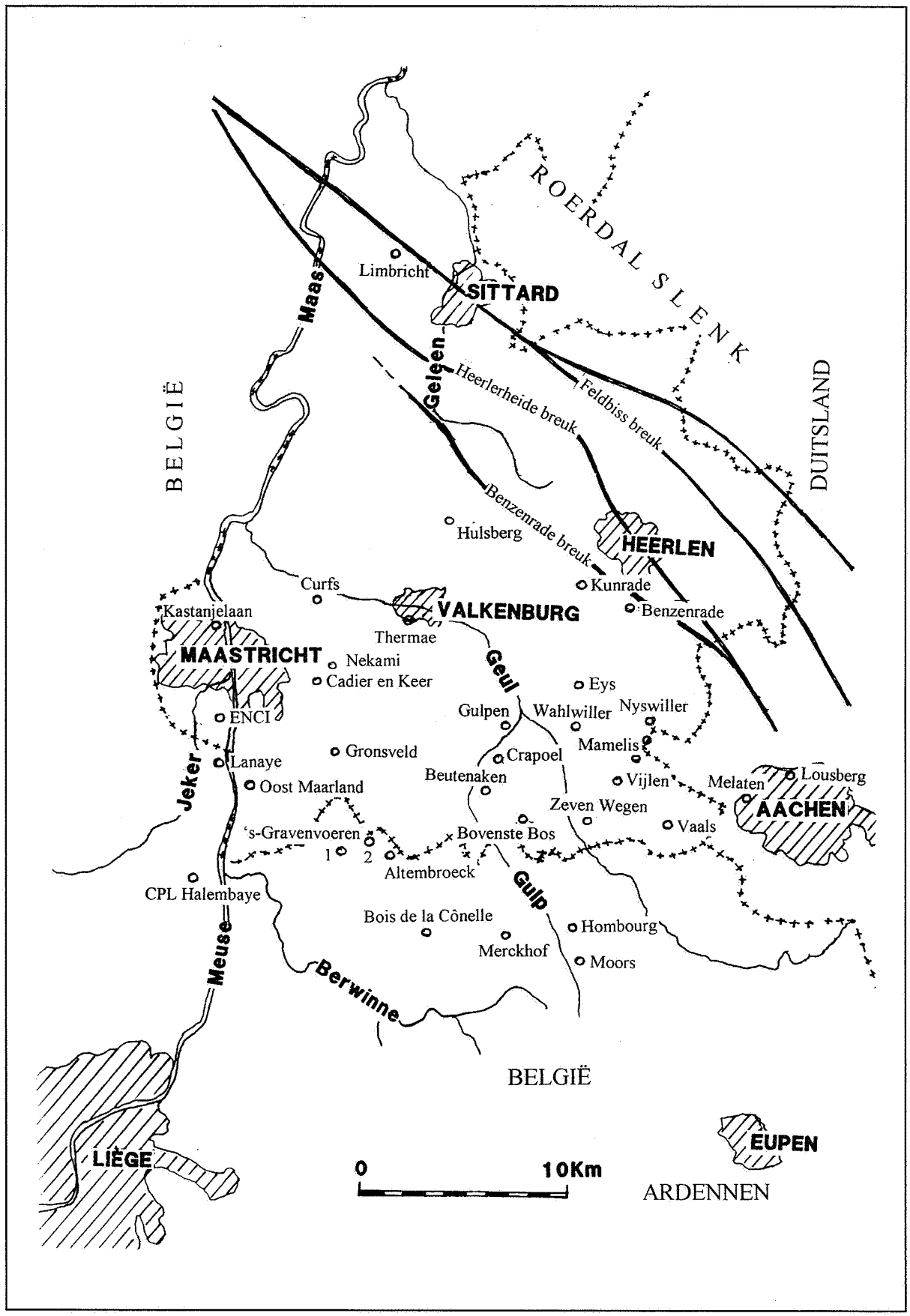
FELDER, P.J., 1997b: Flint, Bioclasts, Sequences and Cycles in Upper Maastrichtian deposites between Maastricht (The Netherlands) and Liège (Belgium). In: *Romuald Schild & Zofia Sulgostowska, eds., Man and Flint.* Institute of Archeology and Ethnology. Warszawa Poland 1997: 343-349.

FELDER, P.J.; BLESS, M.J.M. & MEESSEN, J.P.M.TH., 1985: Bioklasten, Ostracoden en Foraminiferen in het Campanien en Maastrichtien van Zuid-Limburg en Noord Oost België. *Grondboor en Hamer* 1985, No 6: 161-198.

FELDER, P.J. & BLESS, M.J.M., 1989: Biostratigraphy and ecostratigraphy of Late Cretaceous deposits in the Kunrade area (South-Limburg, Netherlands). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 112: 31-45.
FELDER, P.J. & BLESS, M.J.M., 1994: The Vijlen Chalk (Early to Early Late Maastrichtian) in its type area around Vijlen and Mamelis (Southern Limbourg, the Netherlands). *Annales de la Société géologique de Belgique*, 116: 61-85.
FELDER, W.M. 1975: Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. In: *Toelichting bij de geologische overzichtskaarten van Nederland.* Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 63-72.
FELDER, W.M.; FELDER, P.J.; KUYL, O.S.; VAN AMEROM, H.J.W.; BOSCH, P.W. & MEESSEN, J.P.M.T., 1978 a: Facies changes, Lithology and Stratigraphy of Maastrichtian between Maestricht and Aix-la-Chapelle. *Excursion guide, excursion E, Joint annual meeting Paläontologische Gesellschaft / Palaeontological Association,* Maastricht 25.9.-1.10.1978: 1-64.
FELDER, W.M.; FELDER, P.J.; KUYL, O.S.; VAN AMEROM, H.J.W.; BOSCH, P.W. & MEESSEN, J.P.M.T., 1978 b: Lithology and stratigraphy of the Maastrichtian and Dano/Montian chalk in the type area of the Maastrichtian on both sides of the river Meuse. *Excursion guide, excursion G, Joint annual meeting Paläontologische Gesellschaft / Palaeontological Association*, Maastricht 25.9.-1.10.1978: 65-94.
HOFKER, J., 1966: Maastrichtian, Danian and Paleocene Foraminifera. The Foraminifera of the type-Maastrichtian in South Limburg, Netherlands, together with the Foraminifera of the underlying Gulpen chalk and the overlying calcareous sediments, the Foraminifera of the Danske kalk and the overlying greensands and clays as found in Denmark. *Palaeontographica,* Suppl. 10: 1-375.
JAGT, J.W.M., 1989: Ammonites from the Early Campanian Vaals Formation at the CPL quarry (Haccourt, Liège, Belgium) and their stratigraphic implications. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 43 (1), 1-33.
JAGT, J.W.M., 1997: Zuidelijk Limburg 65 miljoen jaar geleden. De hernieuwde belangstelling voor de Krijt-Tertiair (K/T) grens verklaard. *Natuurhistorisch Maandblad*, 86, No 9: 214-222.
JAGT, J.W.M.; FELDER, P.J. & MEESSEN, J.P.M.T., 1987: Het Boven-Campanien in Zuid-Limburg (Nederland) en Noordoost België. *Natuurhistorisch Maandblad*, 76 (4): 94-110.
JAGT J.W.M.; KENNEDY, W.; BURNETT, J.A.; KEGEL CHRISTENSEN, W. & DHONDT, A.V., 1995: Santonian macrofauna and nannofossils from Northeast Belgium. *Bulletin van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Aardwetenschappen,* 65: 127-137.
JAGT, J.W.M., DECKERS, M.; DHONDT, A.V.; DORTANGS, R.W.; FELDER, P.J.; JÄGER, M.; KEUTGEN, N.; KUYPERS, M.; MICHELS, G.; REYNDERS, J.; SIMON, E.; VAN DER HAM, R.; VAN KNIPPENBERG, P. & VAN NEER, R., 1995: Preliminary report of field work at Altembroeck (NE Belgium, Early Maastrichtian). *Belgische Geologische Dienst Professional Paper* 1995/1, N 276: 1-20.
JELETZKY, J.A., 1951: Die Stratigraphie und Belemnitenfauna des Obercampan und Maastricht Westfalens, Nordwestdeutschlands und Dänemarks sowie einige allgemeine Gliederungsprobleme der jüngeren borealen Oberkreide Eurasiens. *Beihefte Geologisches Jahrbuch*, Heft 1.
van ADRICHEM BOOGAERT, H.A. & KOUWE, W.F.P., compilers, 1993. Stratigraphic nomenclature of the Netherlands, revision and update by RGD and NOGEPA. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst*, 50.



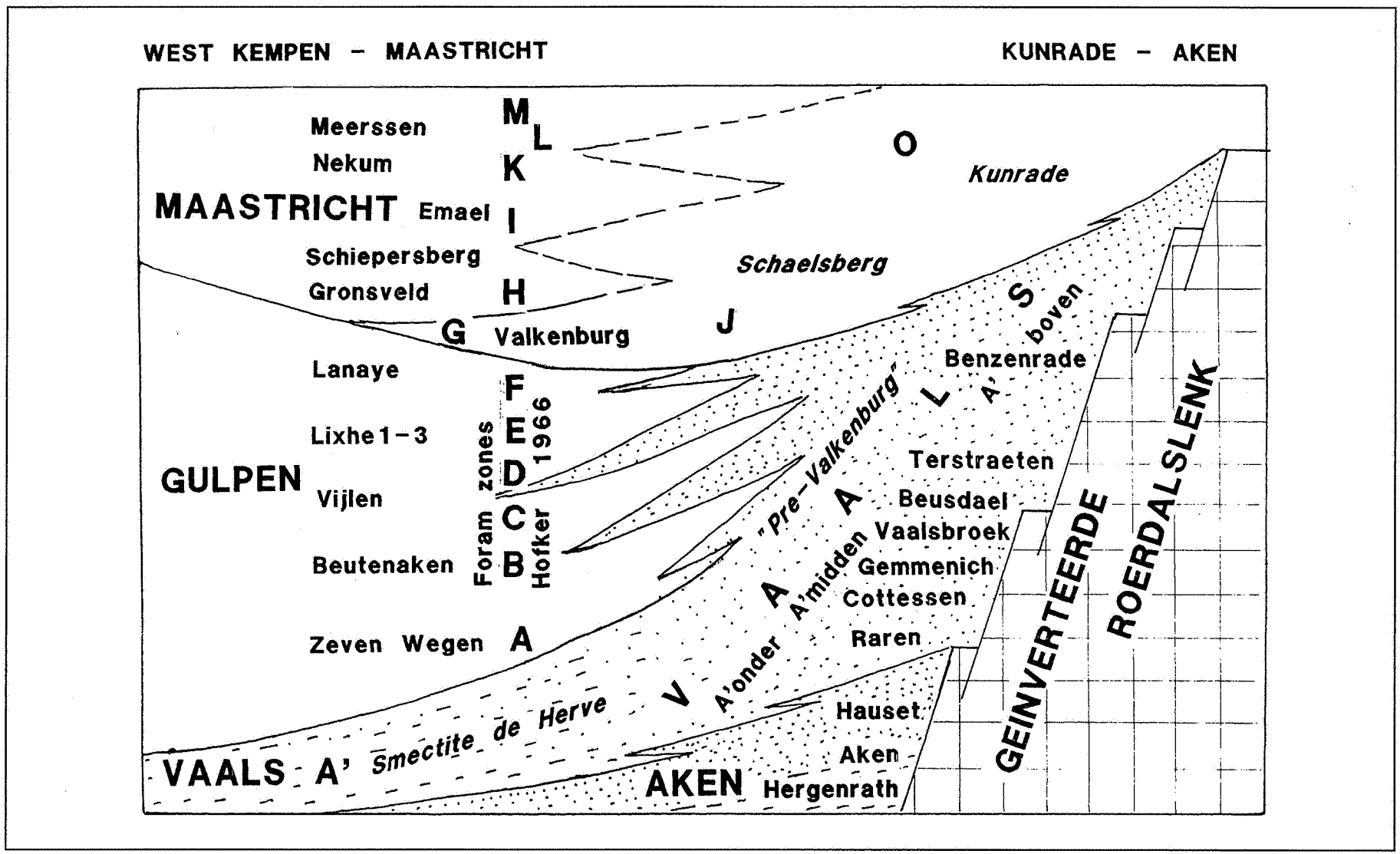
Figuur 1. Situatiekaart met daarop aangegeven de belangrijkste tektonische eenheden en de onderzochte boringen en ontsluitingen. De nummers in de Belgische Kempen hebben betrekking op boringen ten behoeve van de Kempense Steenkolenmijnen (KS boringen).



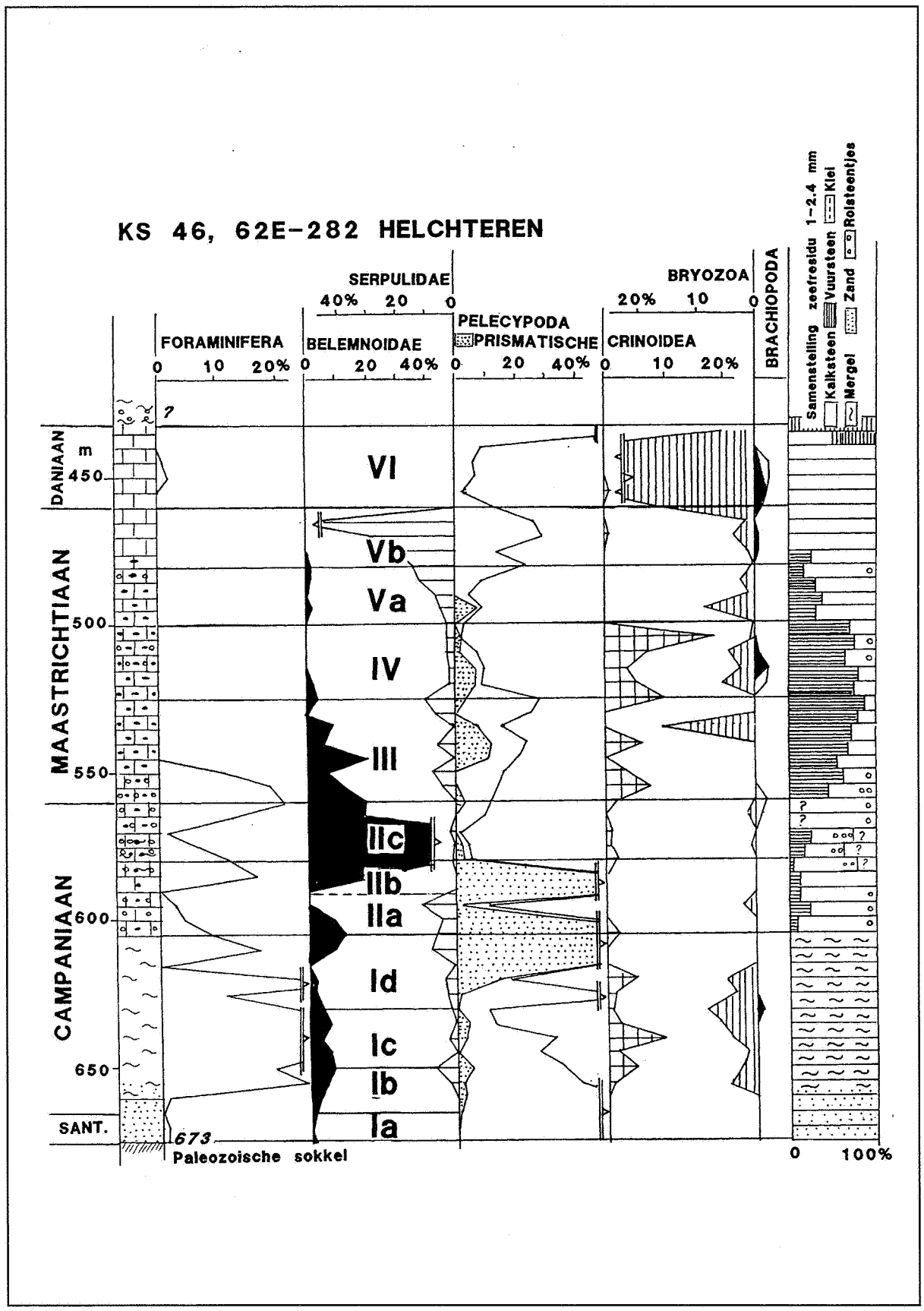
Figuur 1a. Detailkaart van Nederlands Zuid Limburg en het noordelijk deel van de Belgische provincie Luik.

BELGIE		NEDERLAND			DUITSLAND	
TUFFEAU GLAUCONIEUX		FORMATIE VAN HOUTHEM	Kalksteen van	Geleen		
				Bunde		
				Geulhem		
TUFFEAU DE MAESTRICHT	Calcaire grossier de Maestricht	FORMATIE VAN MAASTRICHT	Kalksteen van	Meerssen	VETSCHAUER SCHICHTEN	Maestrichter Kreidetuf
				Nekum		
				Emael		
	Calcaire subgrossier de Maestricht avec silex			Schiepersberg		
				Gronsveld		
				Valkenburg Coprolithenlaagje		Vetschauer Kalk
CRAIE GROSSIERE	Calcaire grossier á grains demi fins avec bancs de silex	FORMATIE VAN GULPEN	Kalksteen van	Lanaye	ORSBACHER SCHICHTEN	Orsbacher Kreidemergel mit Feuerstein
CRAIE TIGREE	Calcaire moins grossier avec bancs peu epais de silex			Lixhe 3		
				Lixhe 2		
				Lixhe 1		
CRAIE TIGREE			Kalksteen van	Vijlen	GULPENER SCHICHTEN	Kreidemergel ohne Feuerstein
CRAIE BLANCHE CRAIE GLAUCONIFERE				Beutenaken		Oberer Grünsand
				Zeven Wegen		Chloritische Kreide
SMECTITE DE HERVE		FORMATIE VAN VAALS	Zand van	Terstraeten	VAALSER SCHICHTEN	Gyrolithen Grünsand
				Beusdael		
				Vaalsbroek		
				Gemmenich		Grünsand von Aachen
				Cottessen		
				Raren		
SABLE DE AIX-LA-CHAPELLE		FORMATIE VAN AKEN	Zand van	Hauset	AACHENER SCHICHTEN	Aachener Sand
				Aken		
ARGILE DE HERGENRATH			Klei van	Hergenrath	HERGENRATHER SCHICHTEN	Basiston

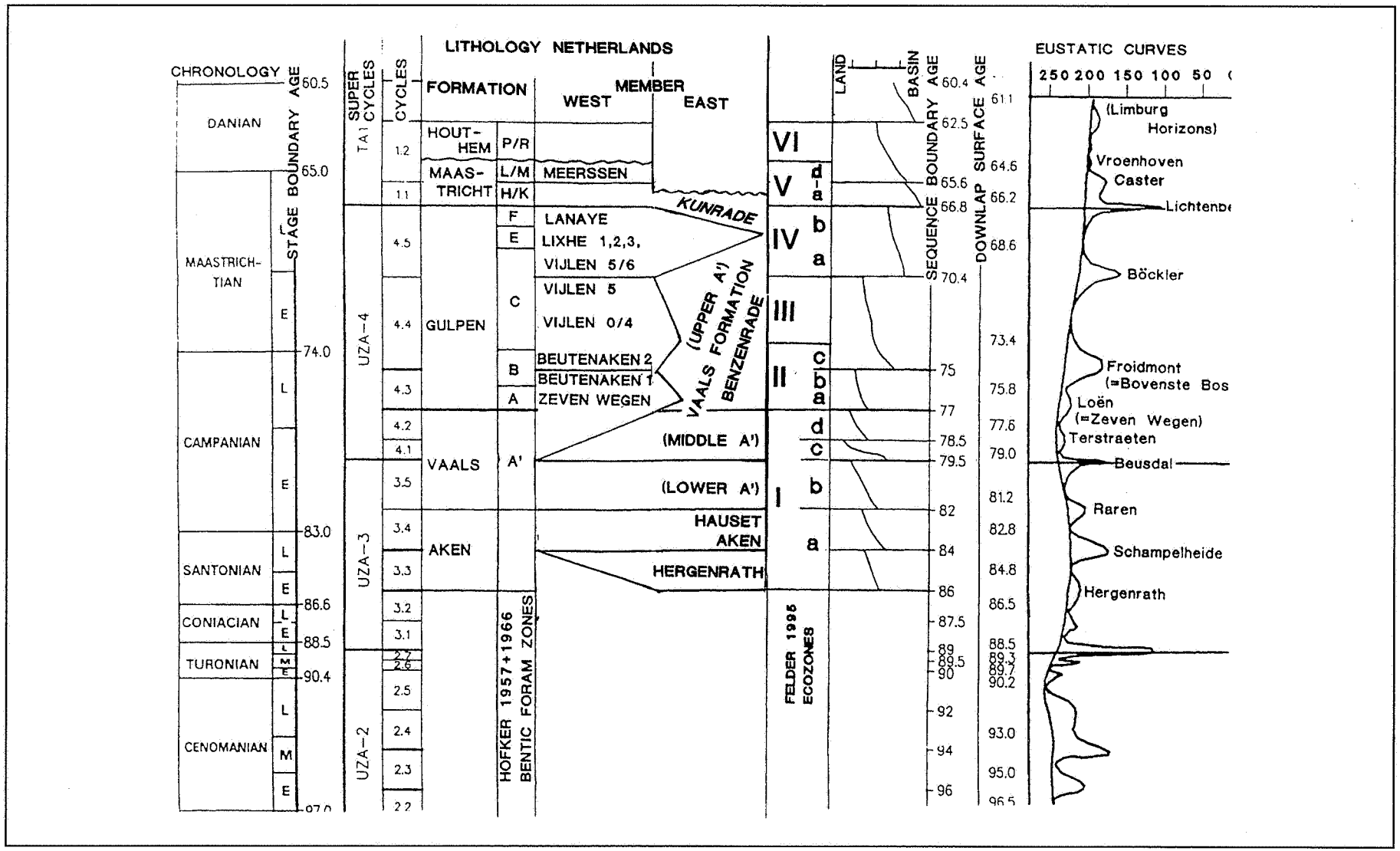
Figuur 2. Vergelijking tussen de lithologische benamingen van de afzettingen in het Krijt van België, Nederland en Duitsland.



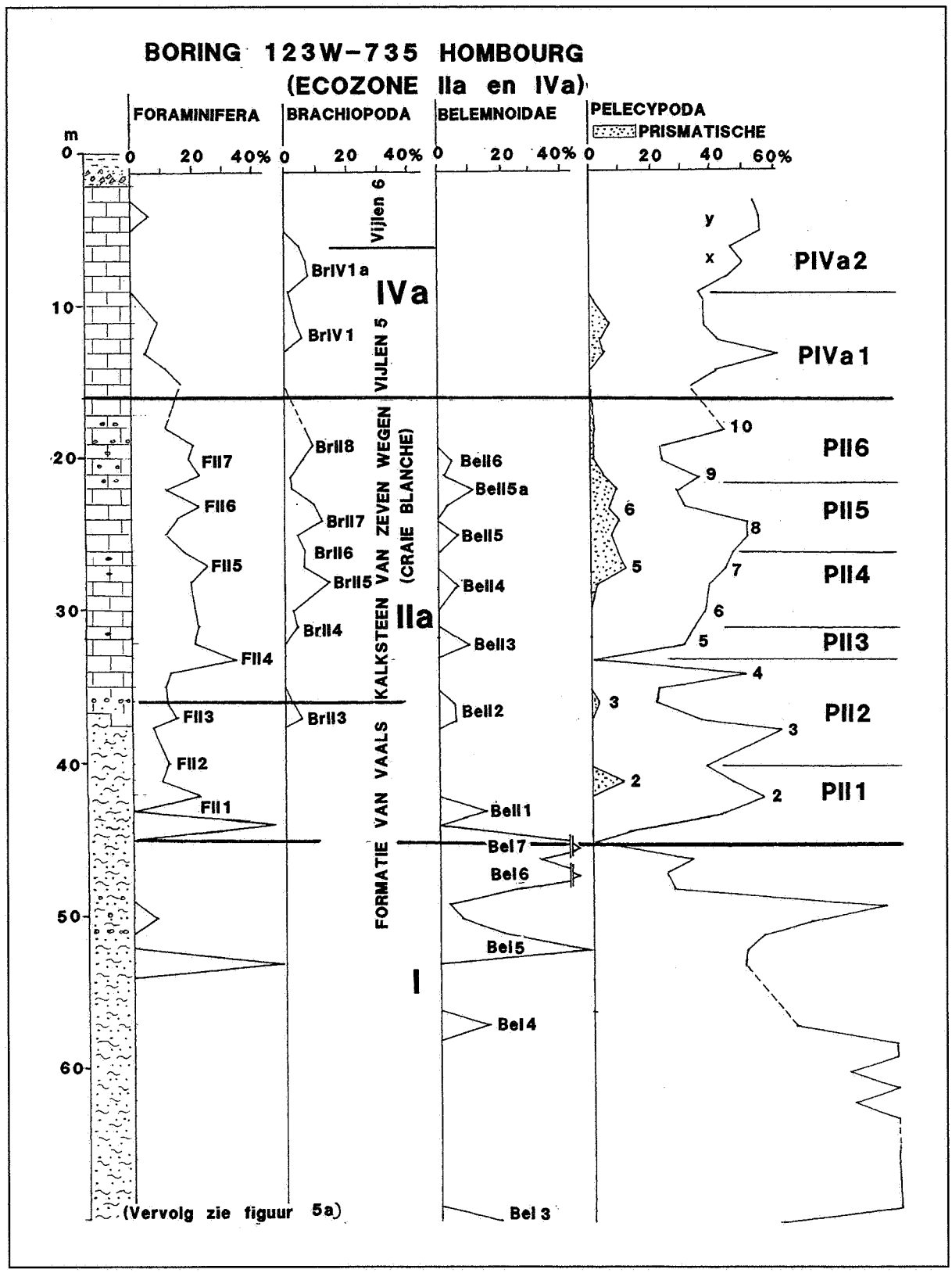
Figuur 2a. Schematisch overzicht van de lithologische afzettingen in het Laat-Krijt tussen de Westelijke Kempen in België en het oostelijk gedeelte van Limburg in Nederland tot bij Aken in Duitsland. In deze figuur zijn de lithologische benamingen aangegeven alsmede de Foraminiferen zones volgens Hofker (1966).



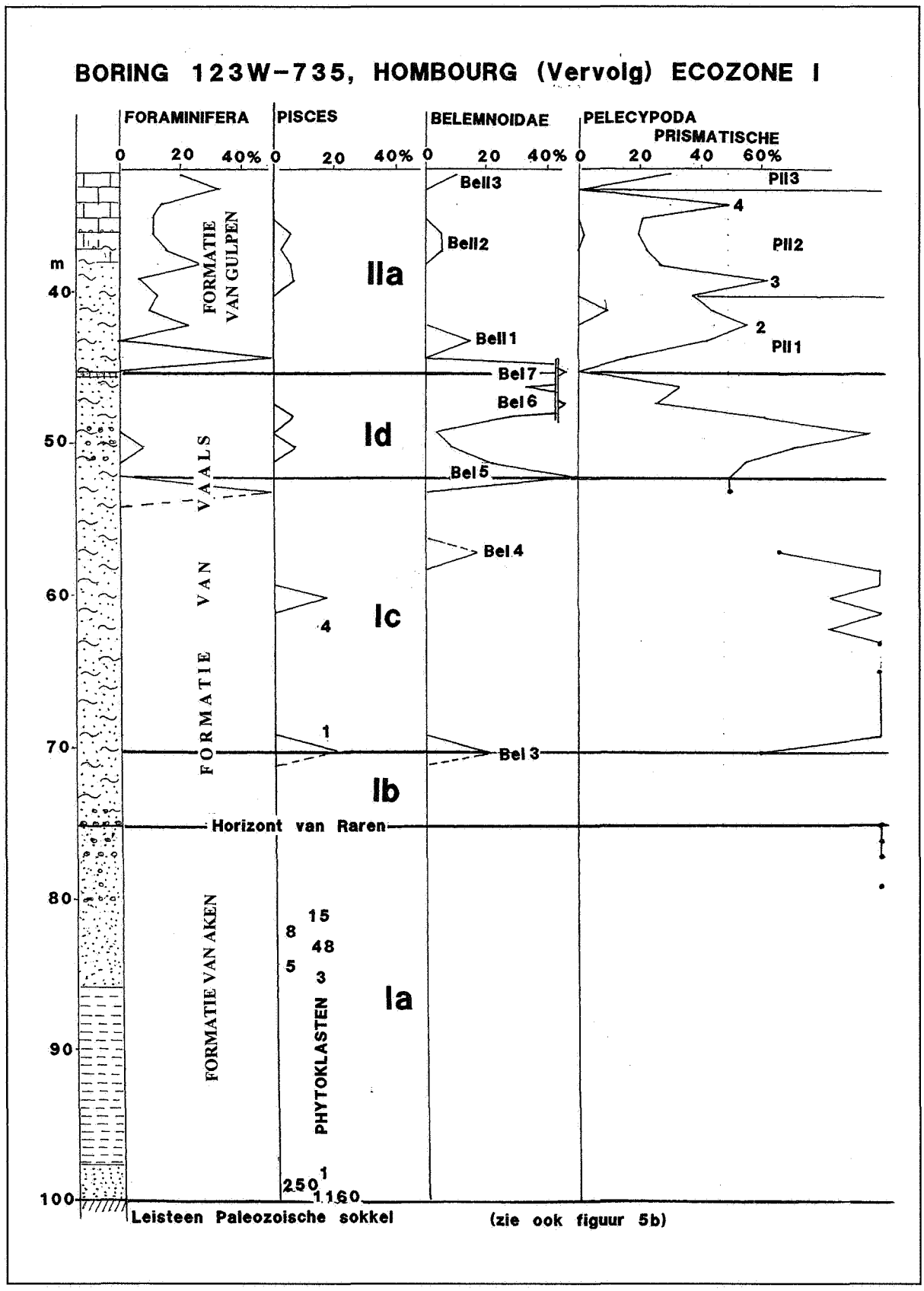
Figuur 3. Voorbeeld van de indeling in bioklasten-ecozones van de afzettingen uit het Krijt-Tertiair in de Belgische Kempen.



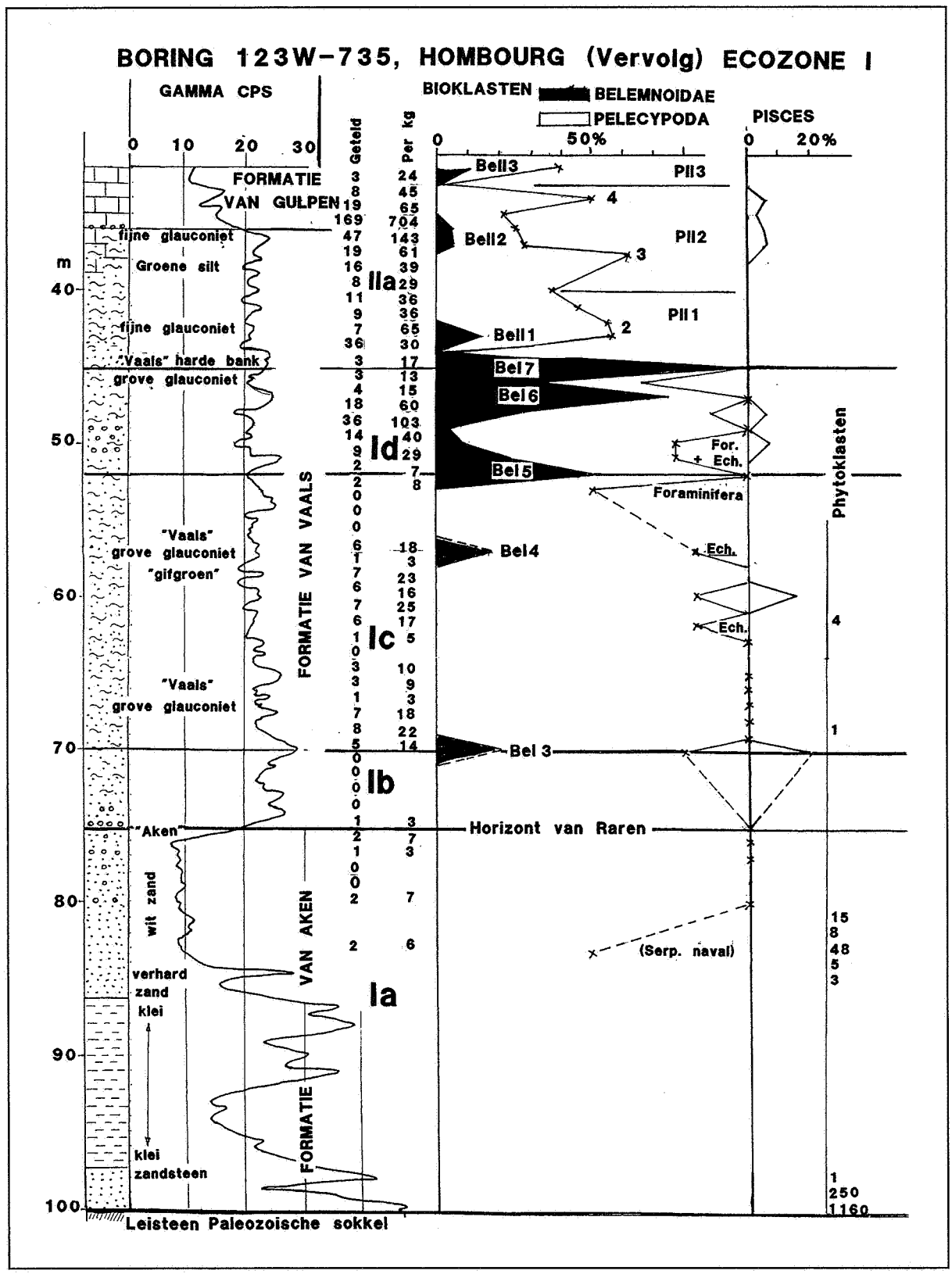
Figuur 4. Vergelijking tussen lithologie, Foraminiferen zones (Hofker, 1966) de bioklasten-ecozones (Felder, 1995) en de in Nederland gebruikelijke internationale indeling van het Laat Krijt.



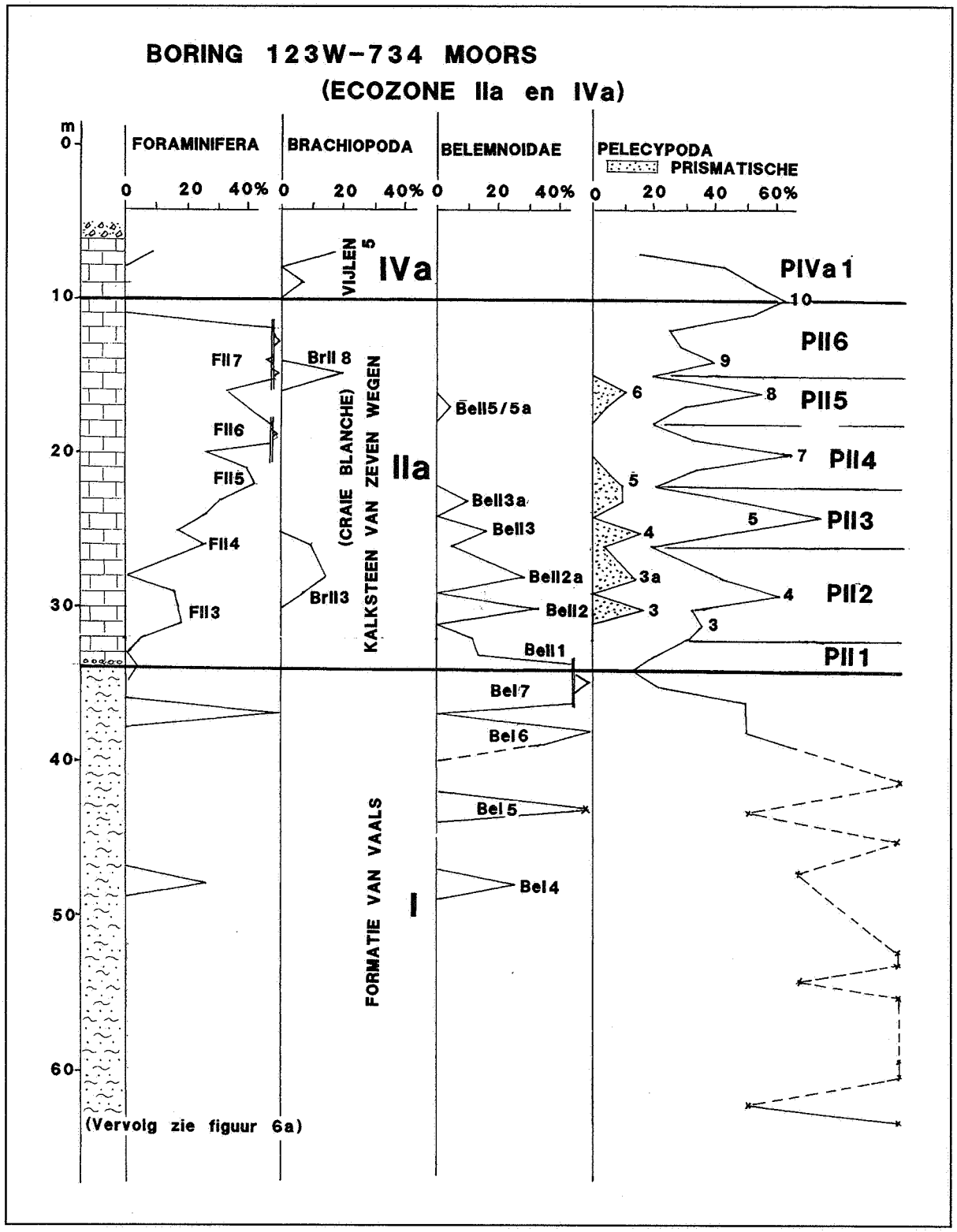
Figuur 5. Boring 123W-735 te Hombourg. Deze boring doorboorde de deel-ecozones IVa en IIa en ecozone I (voor het vervolg zie figuur 5a en 5b). Deel-ecozone IVa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 21) en de deel-ecozone IIa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 21a.). Bij de Brachiopoda ontbreken de pieken BrII1 en BrII2.



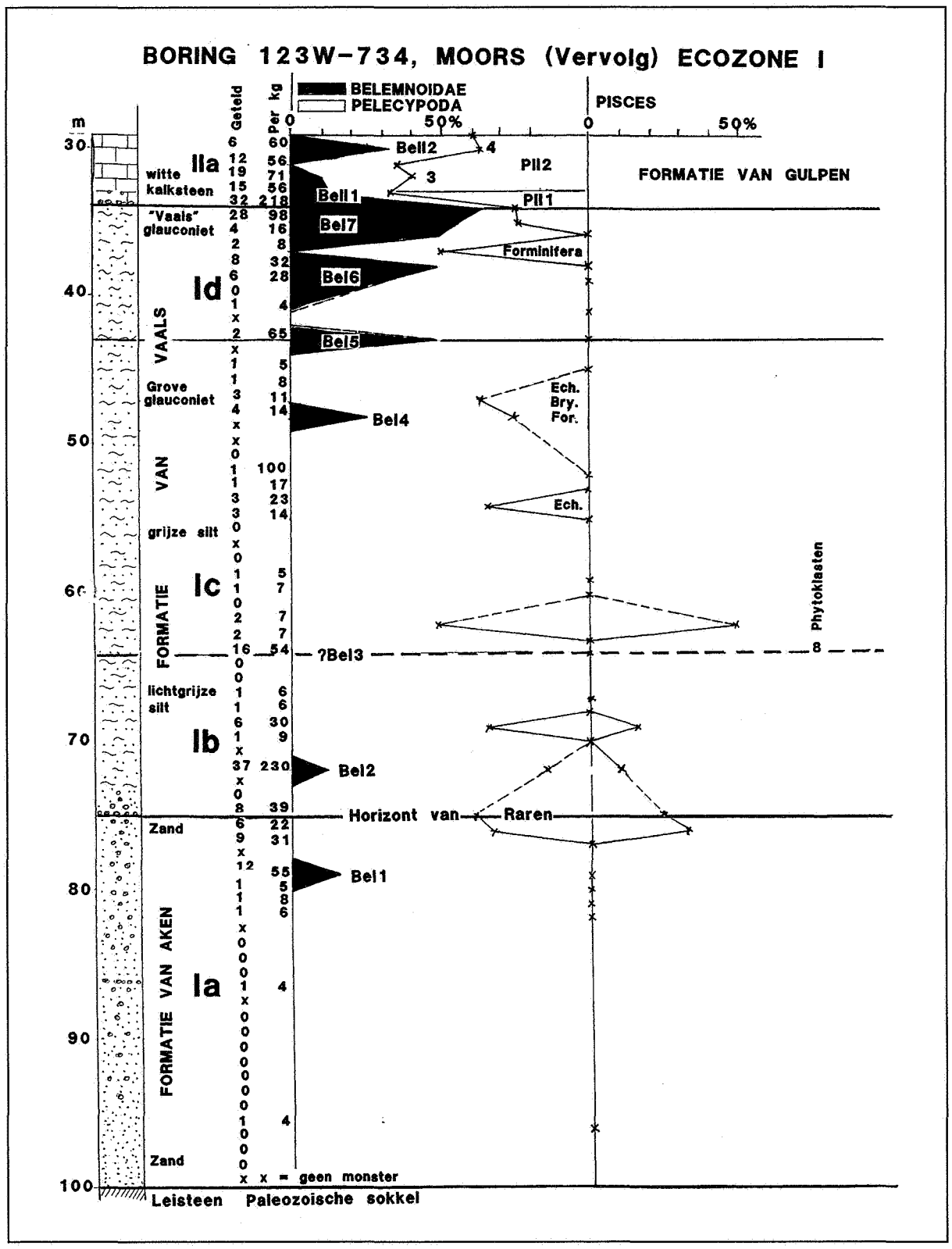
Figuur 5a. Boring 123W-735 te Hombourg. In deze figuur is Ecozone I op de gebruikelijke manier weergegeven. De boring bevat echter zo weinig bioklasten dat het beter was om ze op een andere manier in een grafiek te verwerken (zie fig. 5b).



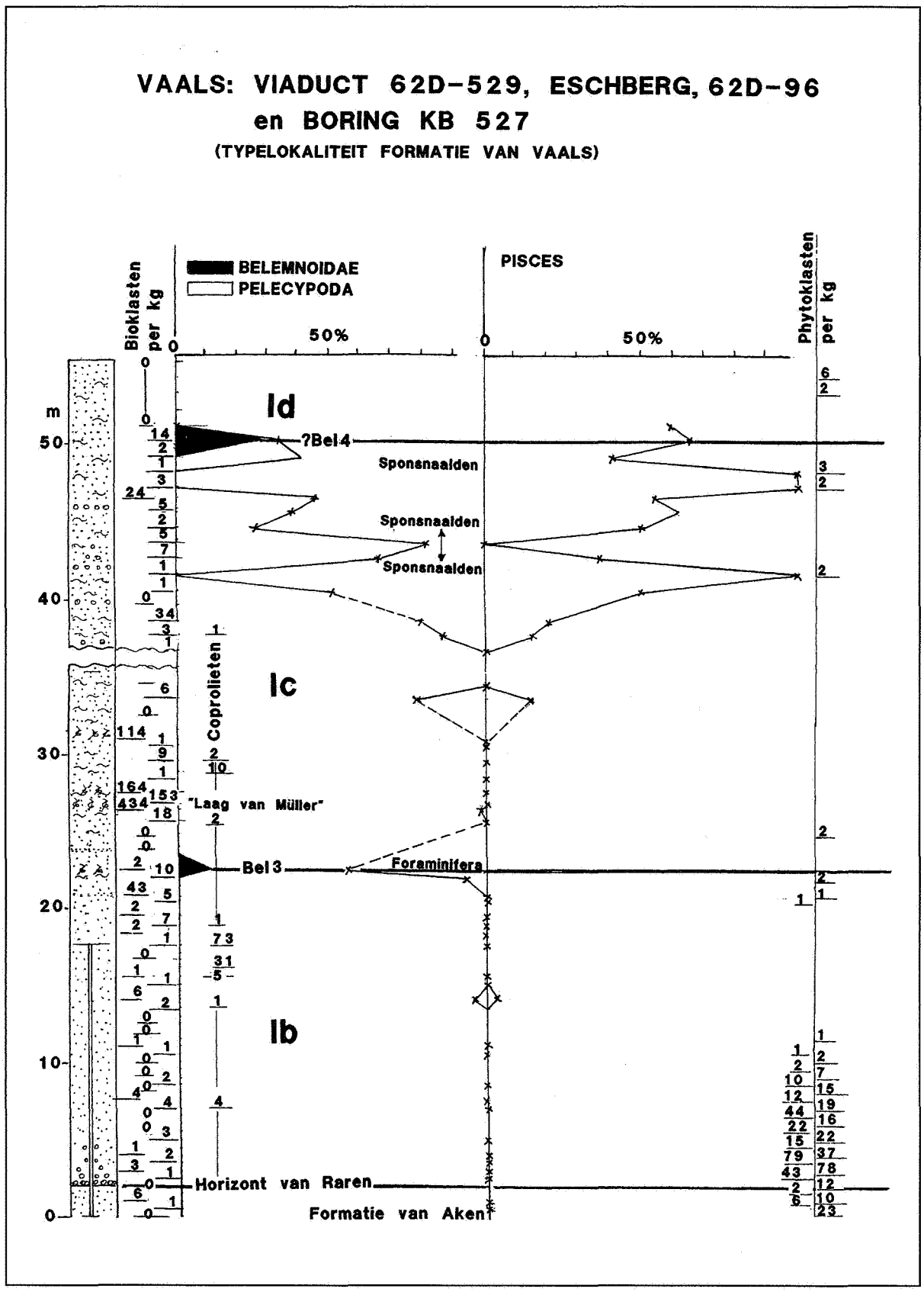
Figuur 5b. Boring 123W-735 te Hombourg. Naast de bioklasten is in deze grafiek de lithologie uitgebreider weergegeven alsmede de gemeten gammastraling in CPS. Verder werd het werkelijk aantal getelde bioklasten per monster aangegeven onder de kolom "Geteld", terwijl het berekende aantal bioklasten per kilogram monstermateriaal aangegeven is onder de kolom "per kg". Onder "Phytoklasten" is het aantal aangetroffen Phytoklasten aangegeven.



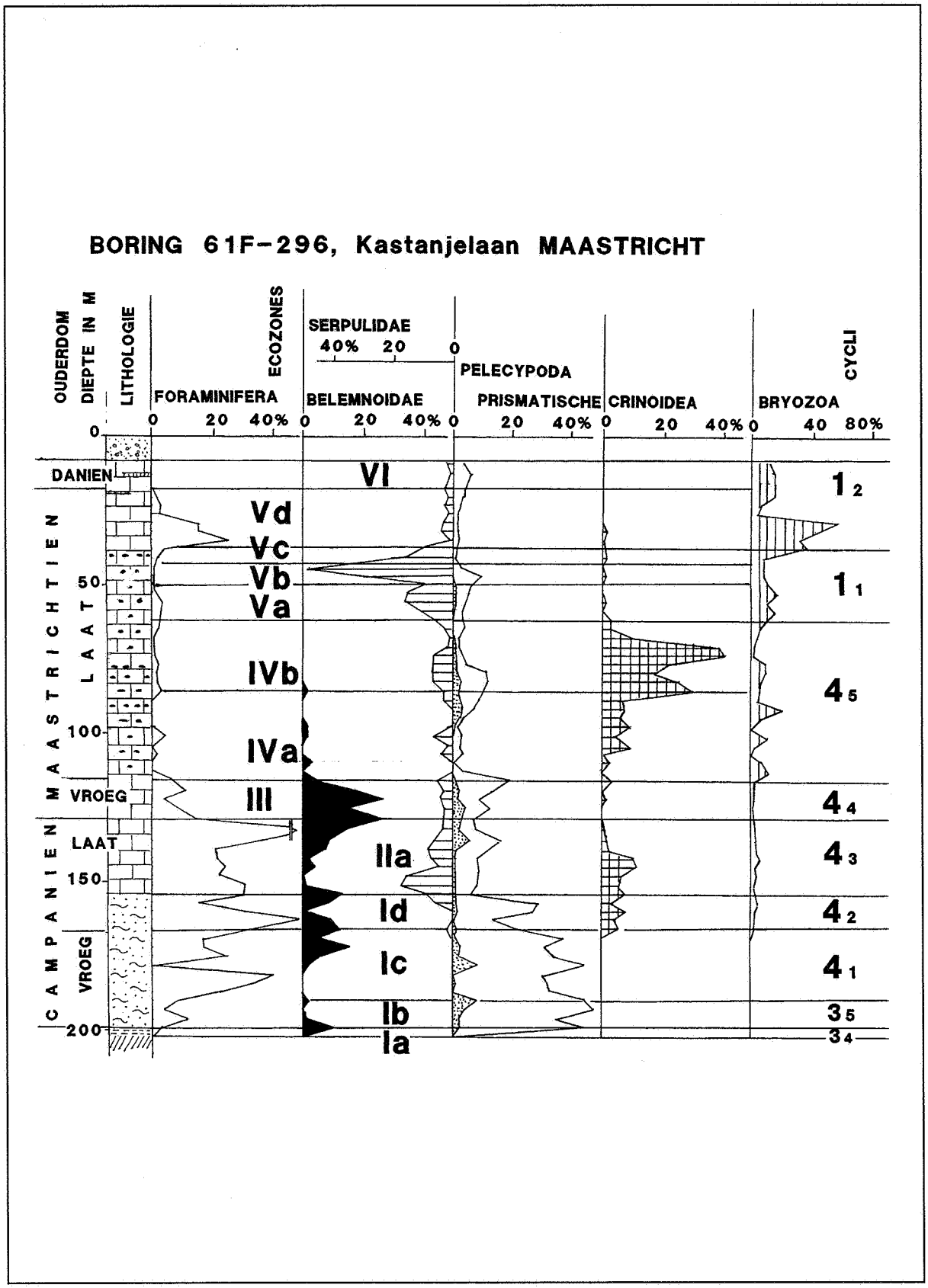
Figuur 6. Boring 123W-734 Moors. Deze boring doorboorde de deel-ecozones IVa, IIa en ecozone I (voor ecozone I zie fig. 6a). De deel-ecozone IVa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18) en de deel-ecozone IIa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a.) en vergeleken met boring 123W-735 te Hombourg (fig. 5). Bij de Brachiopoda ontbreken hier niet alleen de pieken BrII1 en BrII2 maar ook de pieken BrII4 t/m BrII6 en BrII8. Ook bij de Belemnoidae ontbreken een aantal pieken, dit alles waarschijnlijk tengevolge van de veel hogere pieken van de Foraminifera.



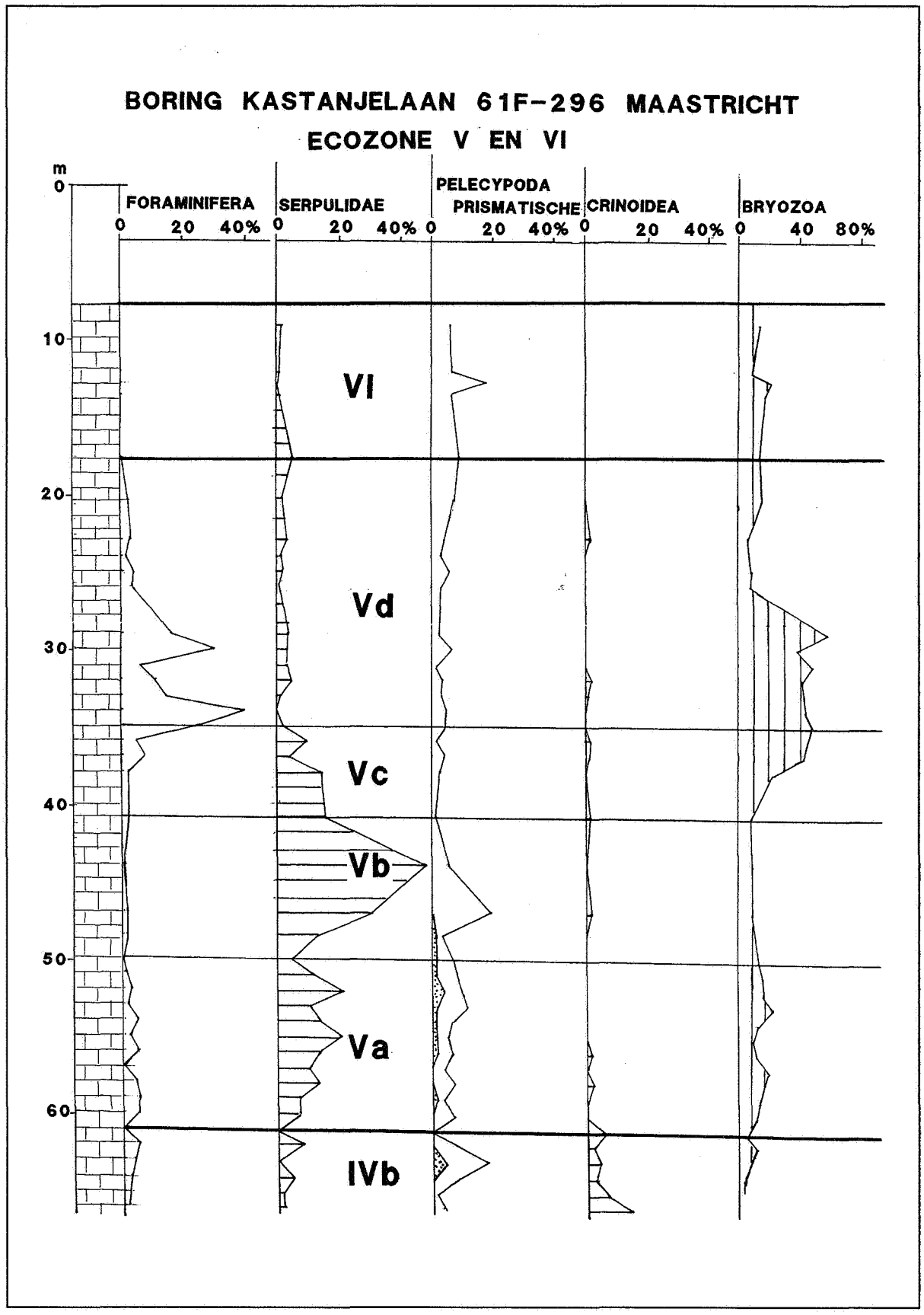
Figuur 6a. Boring 123W-734 Moors. Deze figuur is aangepast aan figuur 5b van de boring 123W-735 te Hombourg. Het aantal getelde bioklasten is aangegeven onder de kolom "geteld" terwijl onder "per kg" het berekende aantal bioklasten per kg monstermateriaal aangegeven is. In deze boring is ook de Belemnietenpiek BeI1 aangetroffen zoals dat ook het geval is in de Belgische Kempen. De belemnietenpiek BeI3 werd niet aangetroffen in deze boring maar is aangegeven op de meest waarschijnlijke plaats. Onder "Phytoklasten" is het aantal aangetroffen Phytoklasten aangegeven.



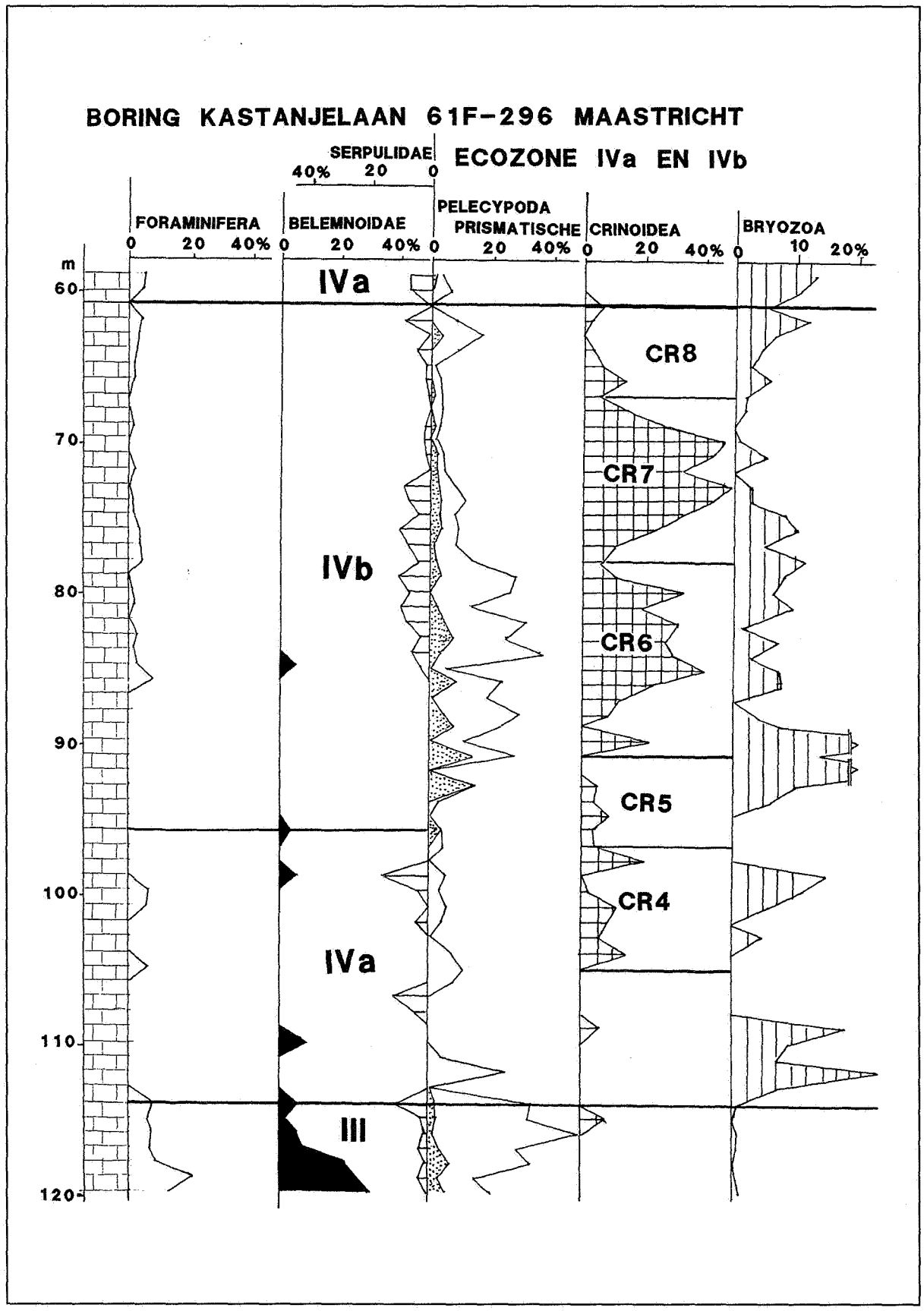
Figuur 7. Ontsluitingen 62D-529, 62D-96 en de boring KB 527. Typelokaliteit van de Formatie van Vaals, te Vaals. In navolging van de figuren 5b en 6a is in deze figuur ook het aantal bioklasten per kg, alsmede de phytoklasten aangegeven.



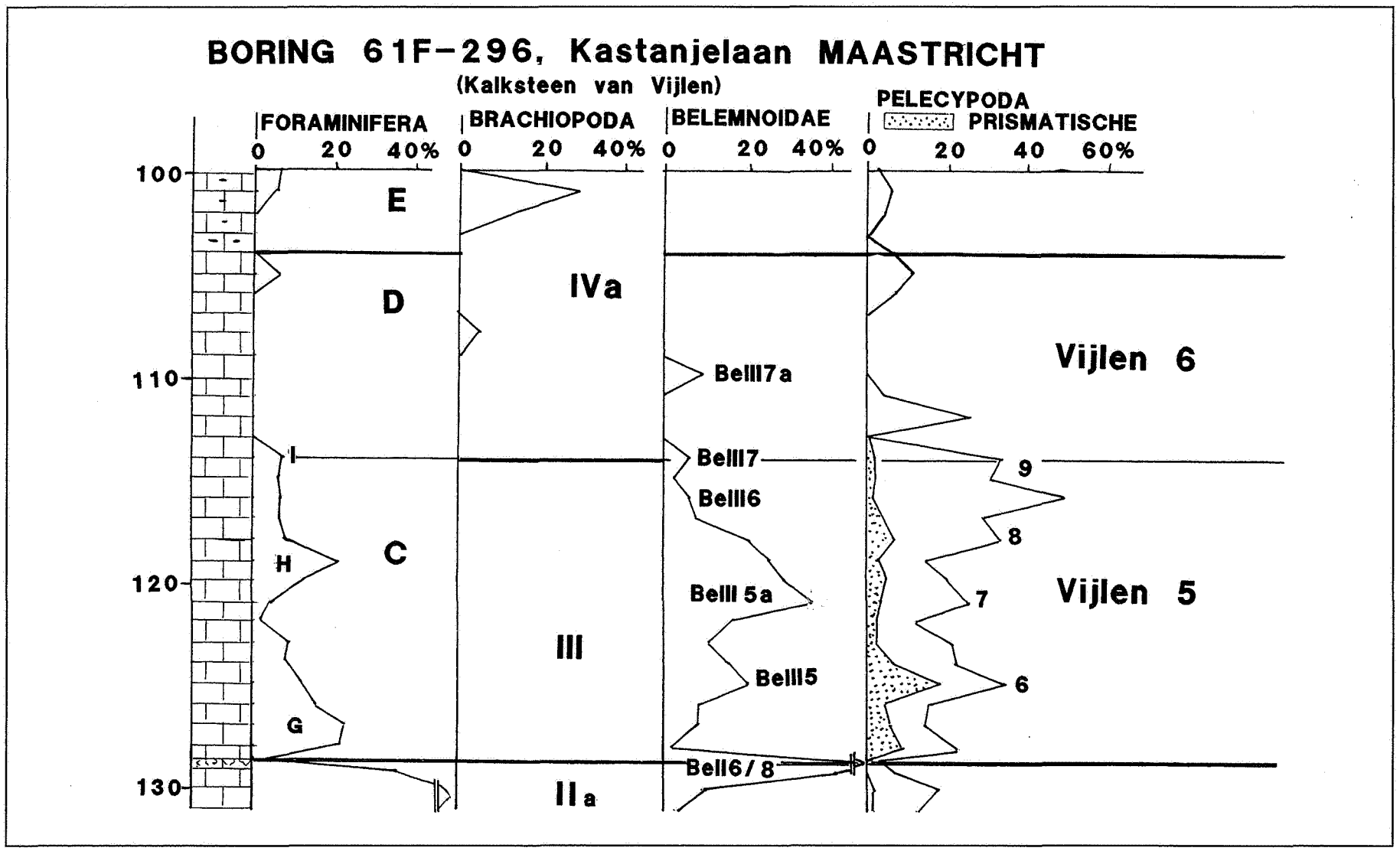
Figuur 8. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht van 0-201m. Overzicht van de het doorboorde traject in het Laat-Krijt. Om deze boring met de boringen uit de Belgische kempen te vergelijken werden gemiddelden per 3 meter berekend. Voor een gedetailleerd overzicht zie de figuren 8a t/m 8e.



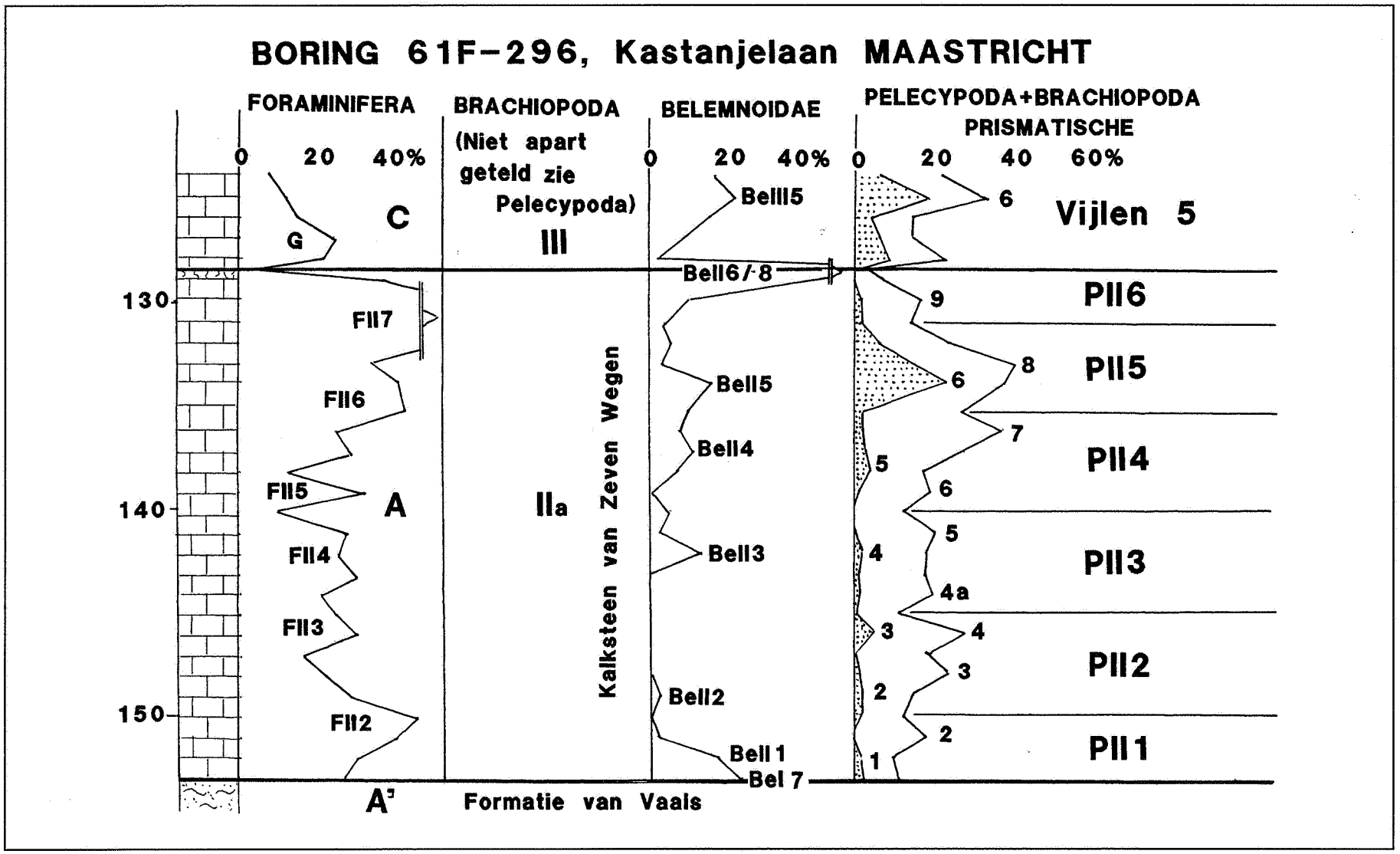
Figuur 8a. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht van 7-65 m diepte. Ecozones V en VI, waarin aangegeven is de verdeling in deel-ecozones Va, Vb, Vc en Vd.



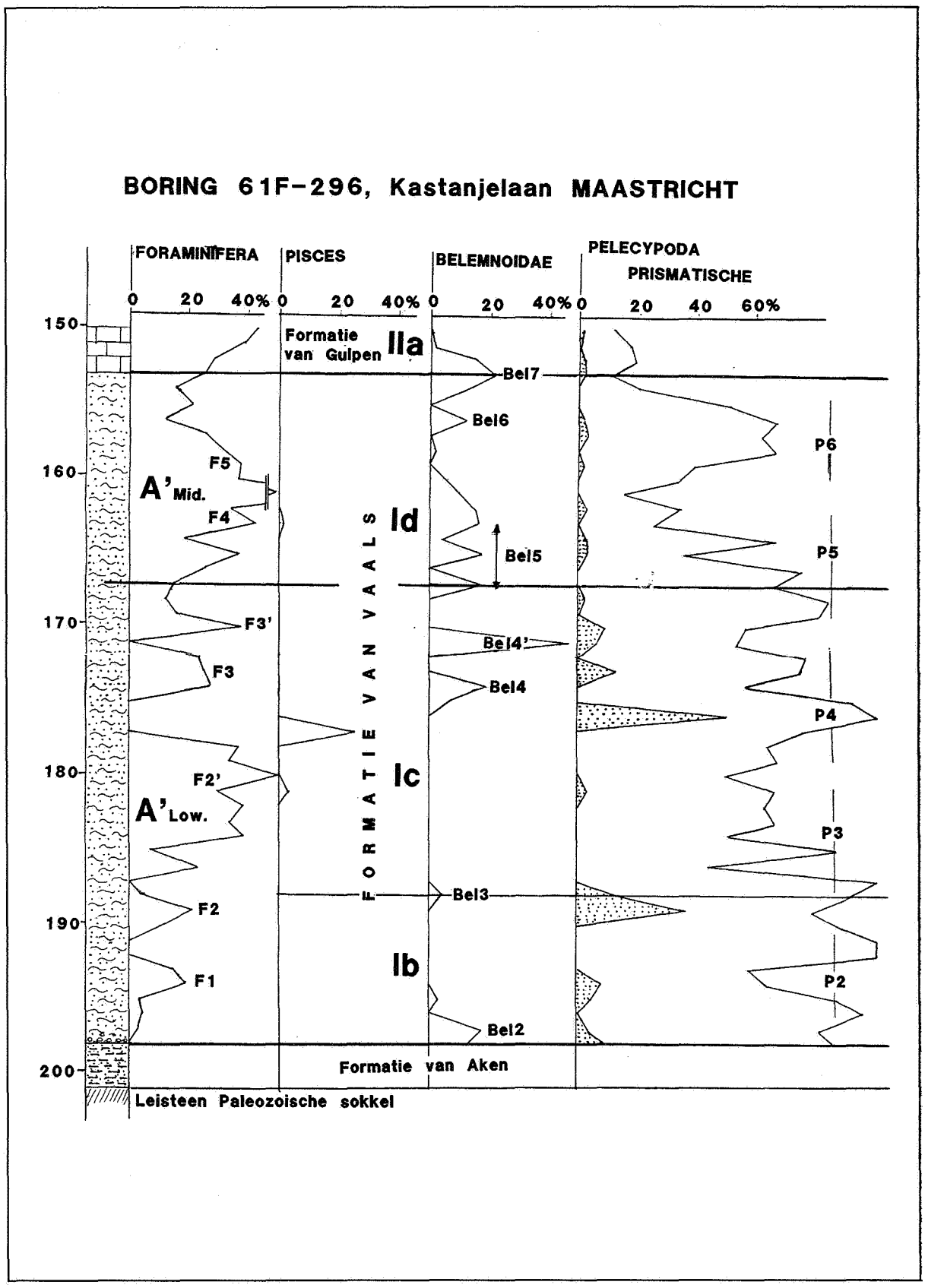
Figuur 8b. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht van 60-120 m diepte. Ecozone IV met de deel-ecozones IVa en IVb. Bij de Crinoidea zijn de Eenheden CR4 t/m CR8 aangegeven.



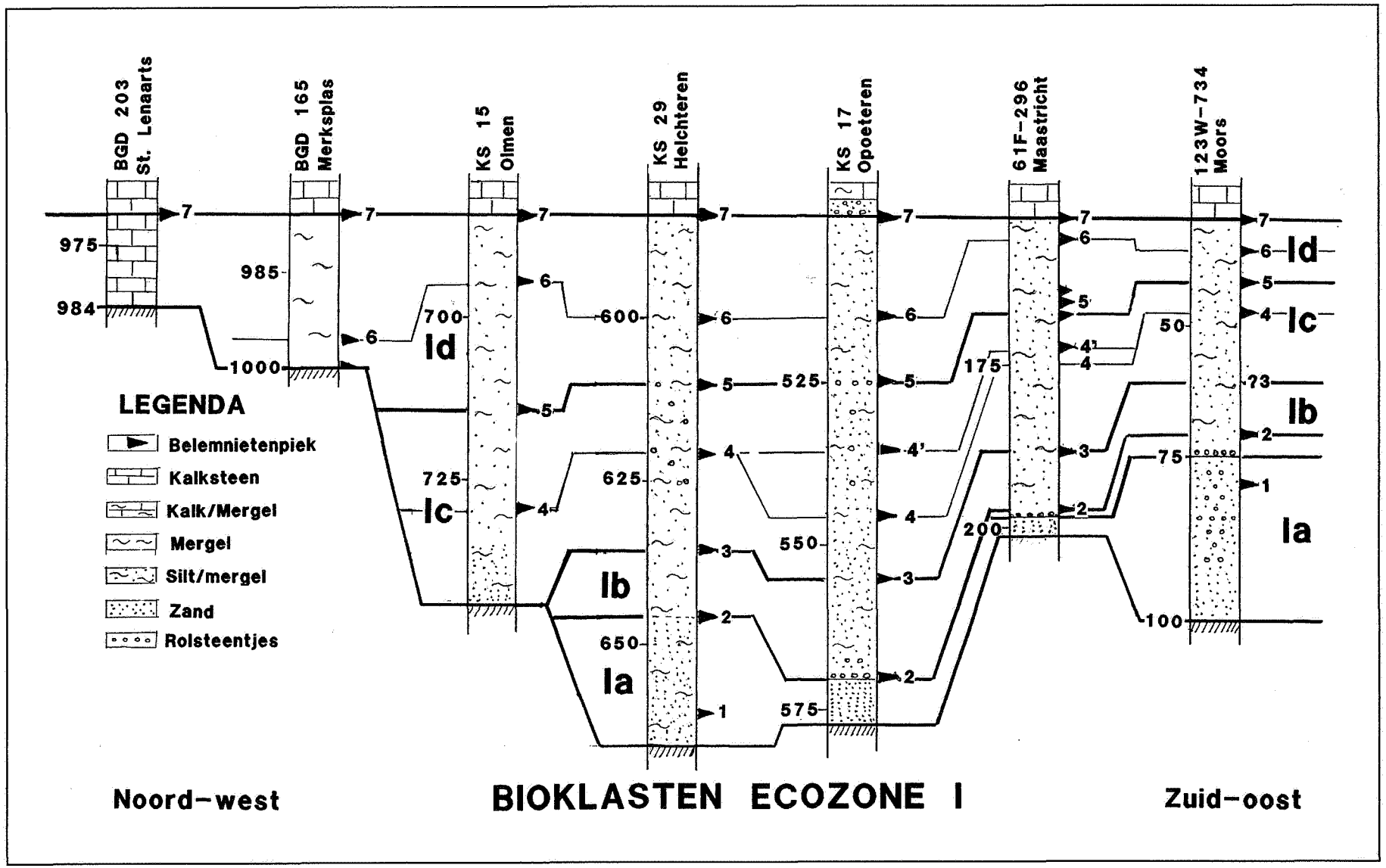
Figuur 8c. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht, van 100-130 meter diepte (Kalksteen van Vijlen) deel-ecozone IVa en ecozone III. Ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel te Mamelis (fig. 22). De Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) zijn aangegeven (C, D en E).



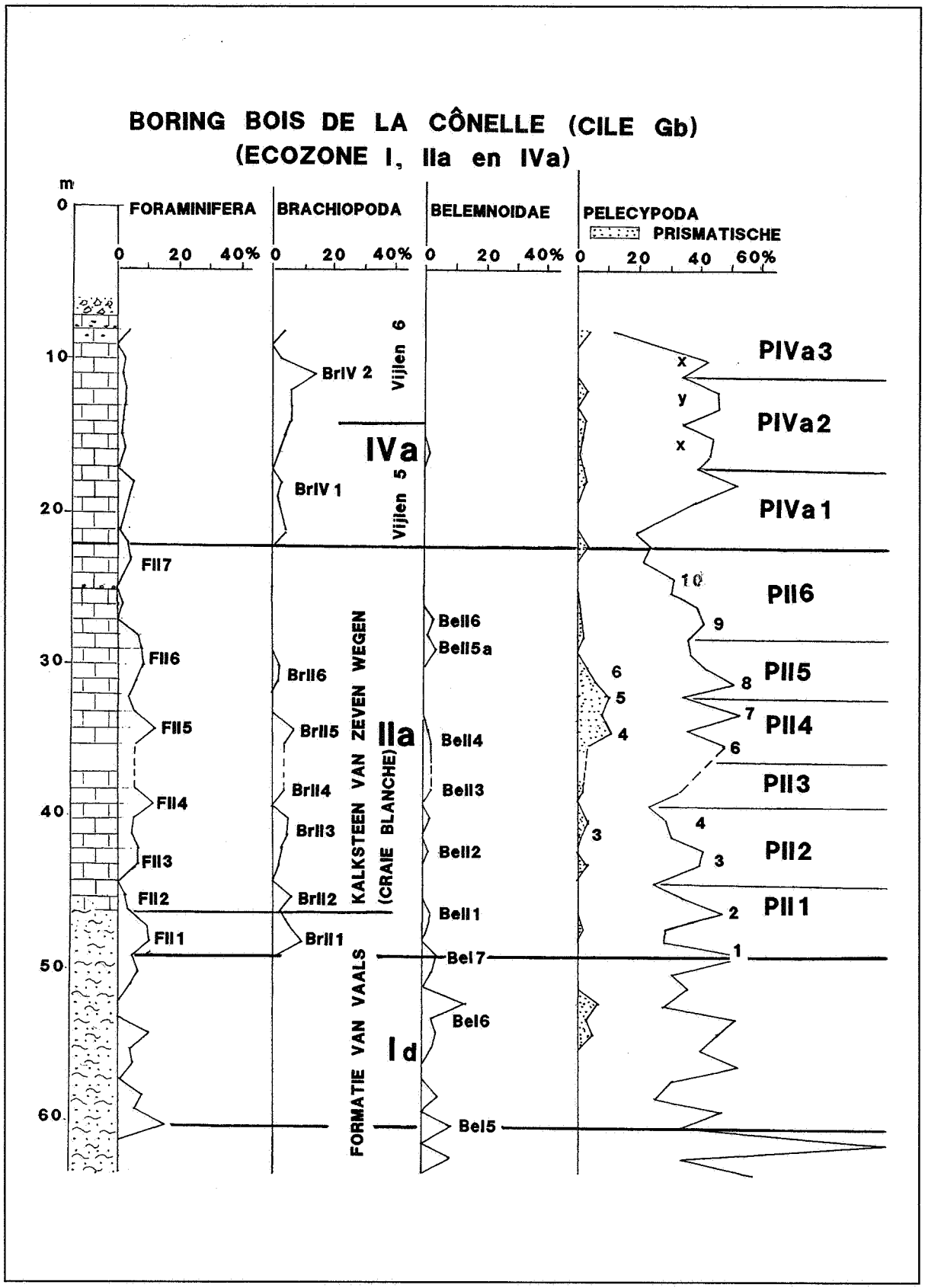
Figuur 8d. Boring 61F-296, Kastanjelaan 2 te Maastricht, van 125-155 diepte (Kalksteen van Zeven Wegen) deel-ecozone IIa. Deze deel-ecozone IIa werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a). De Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) zijn aangegeven (A', A en C).



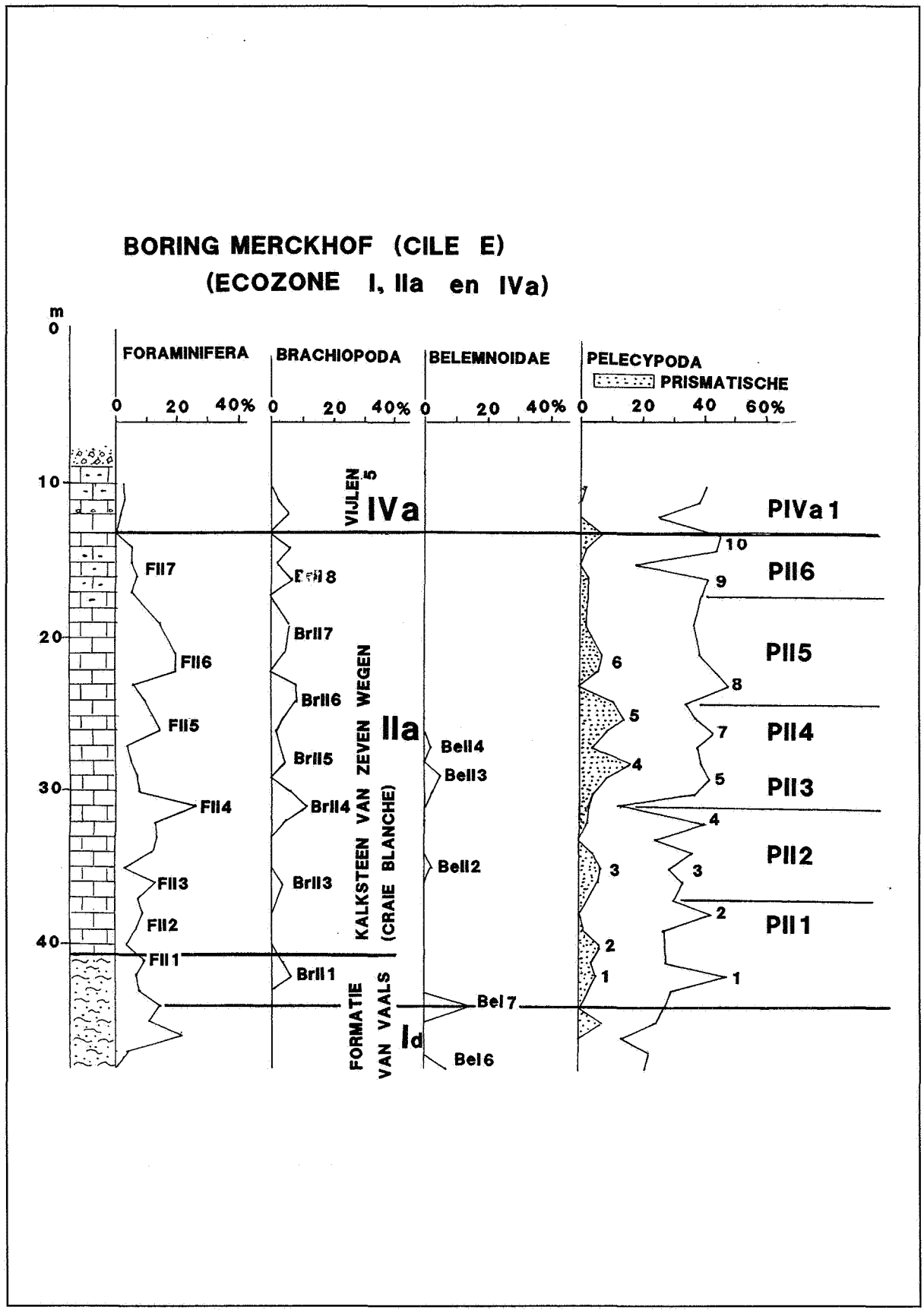
Figuur 8e. Boring 61F-296, Kastanjelaan te Maastricht, van 150-201 m (Formatie van Aken en Vaals) ecozone I. Dit profiel werd gebruikt als typeprofiel voor de deel-ecozones Ib, Ic en Id. De Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) zijn aangegeven (A'Mid. en A'Low.).



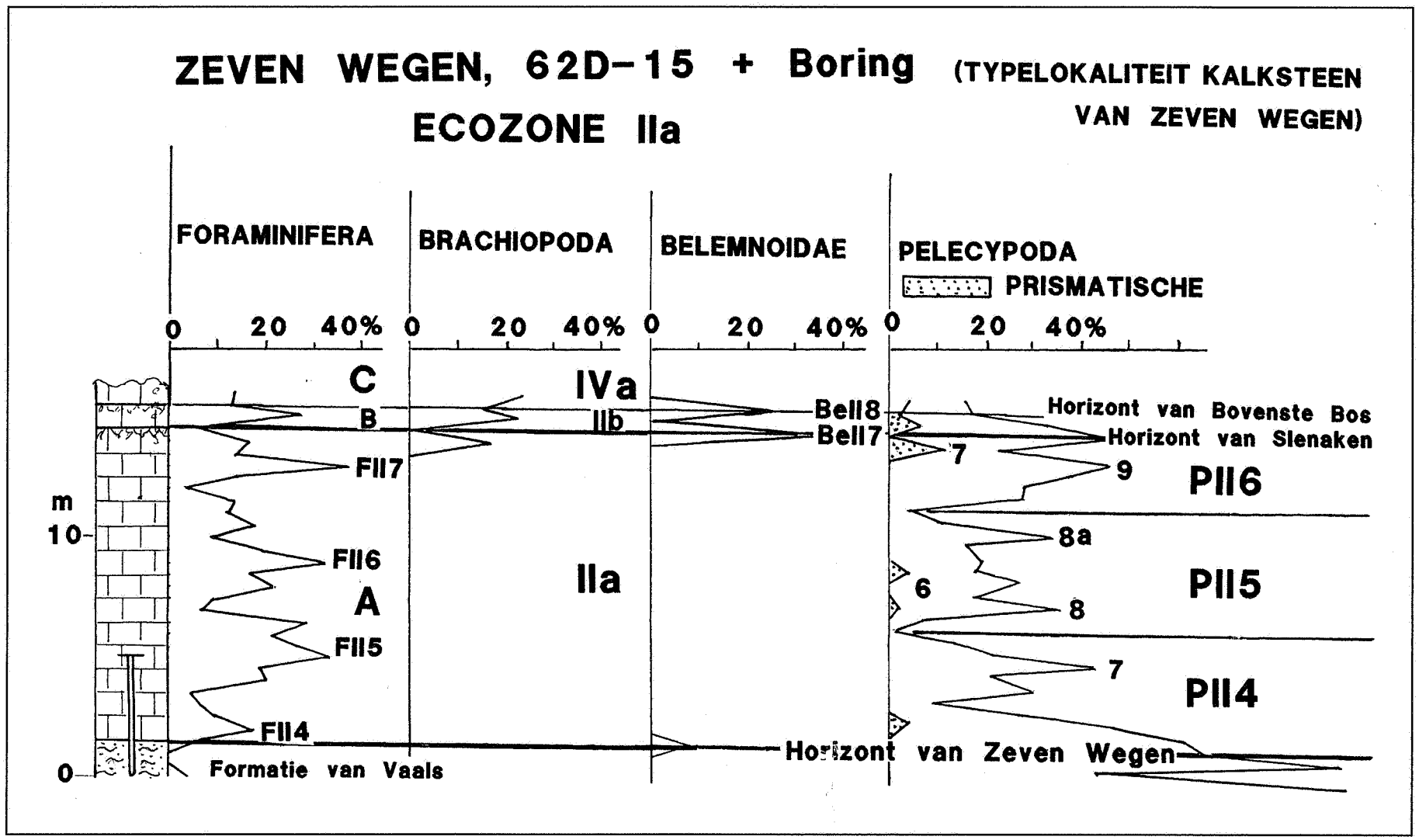
Figuur 9. Overzicht van de samenstelling van bioklastenecozone I in het zuidelijk gedeelte van de West Kempen.



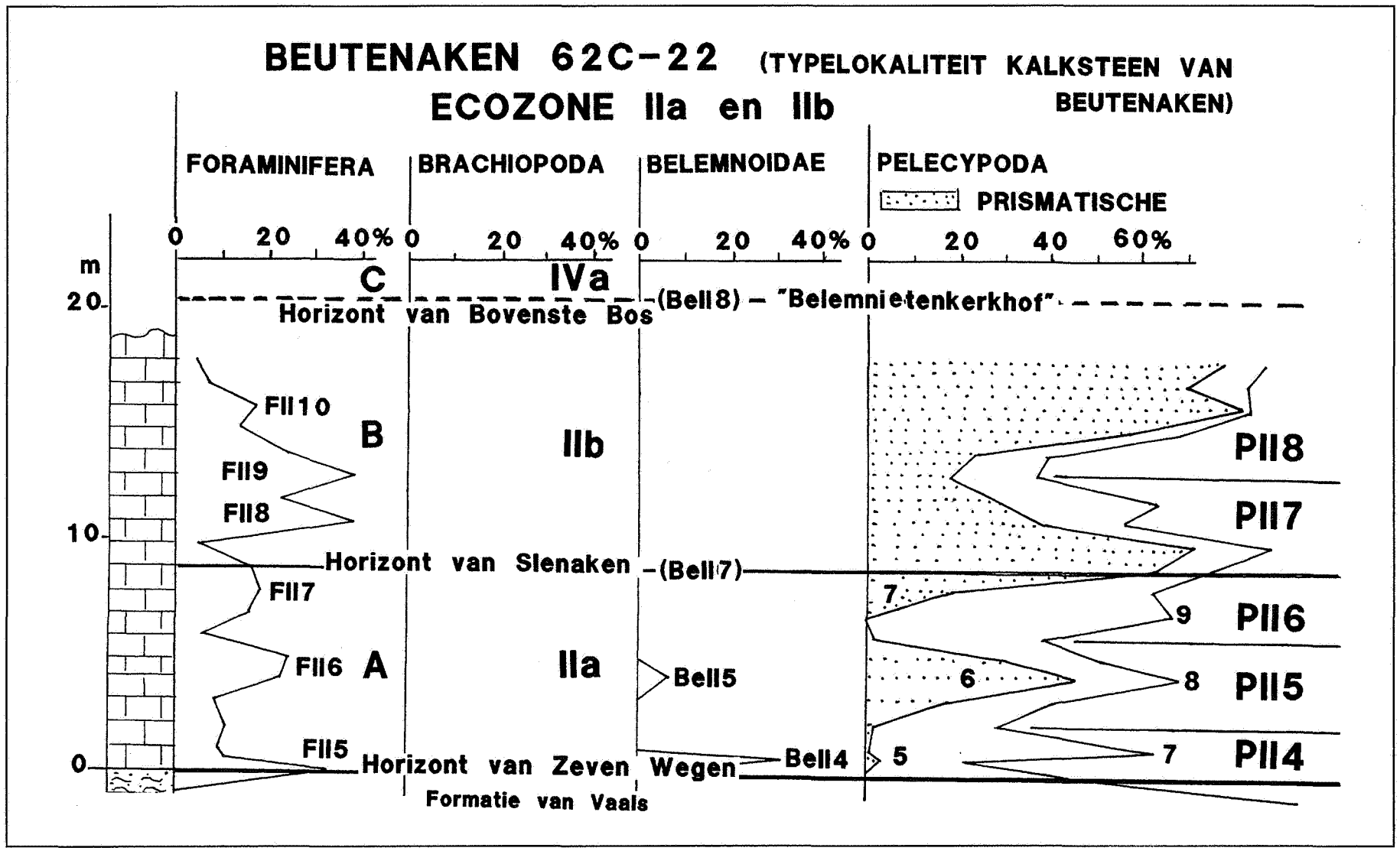
Figuur 10. Boring te Bois de la Cônelle (CILE Gb) van 0 - 63 meter. Deel-ecozone IIa en IVa werden gecorreleerd met het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a). Deel-ecozone Id met het profiel uit boring 123W-735 te Hombourg.



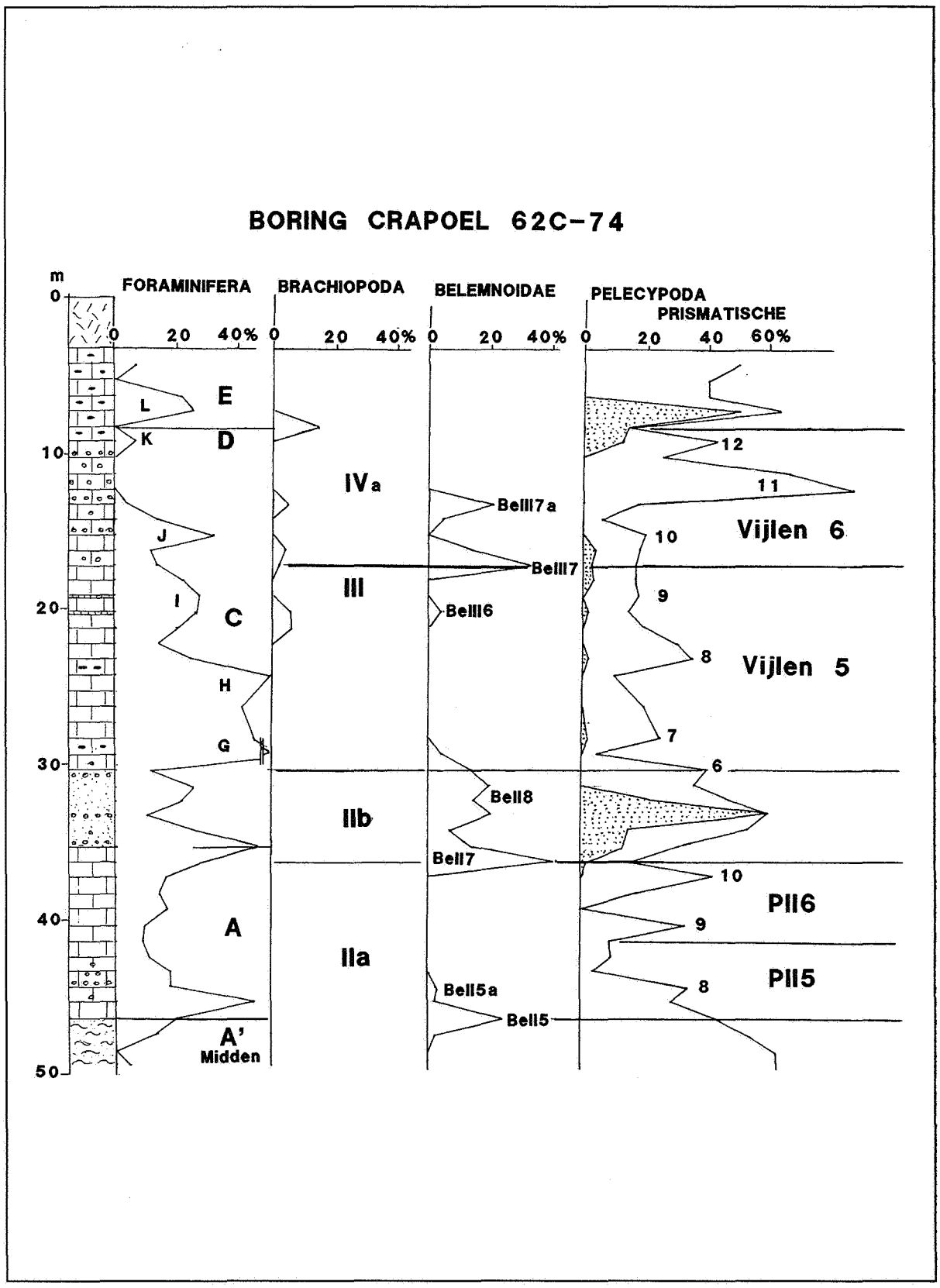
Figuur 11. Boring te Merckhof (CILE E) van 0 - 48 meter. Deel-ecozone IIa werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL groeve te Halembaye (fig. 18a).



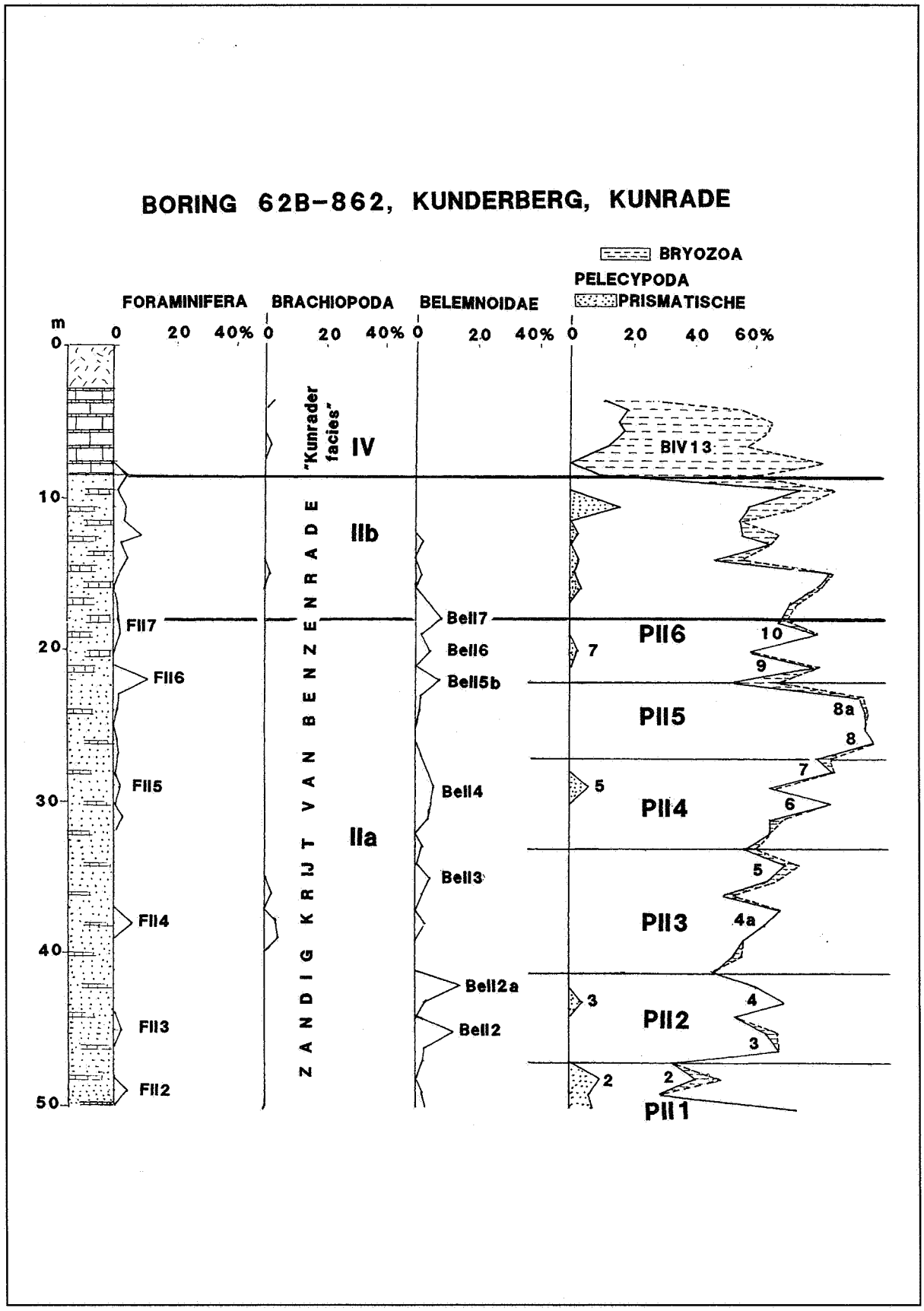
Figuur 12. Ontsluiting 62D-15 + boring te Zeven Wegen. Typelokaliteit van de Kalksteen van Zeven Wegen. Deze ontsluiting werd niet gebruikt als typeprofiel voor de bioklastenindeling van deel-ecozone IIa. Hiervoor werd het profiel uit de CPL groeve te Halembaye (fig. 18a) gebruikt. De Foraminiferenzones A, B en C volgens Hofker (1966) zijn aangegeven.



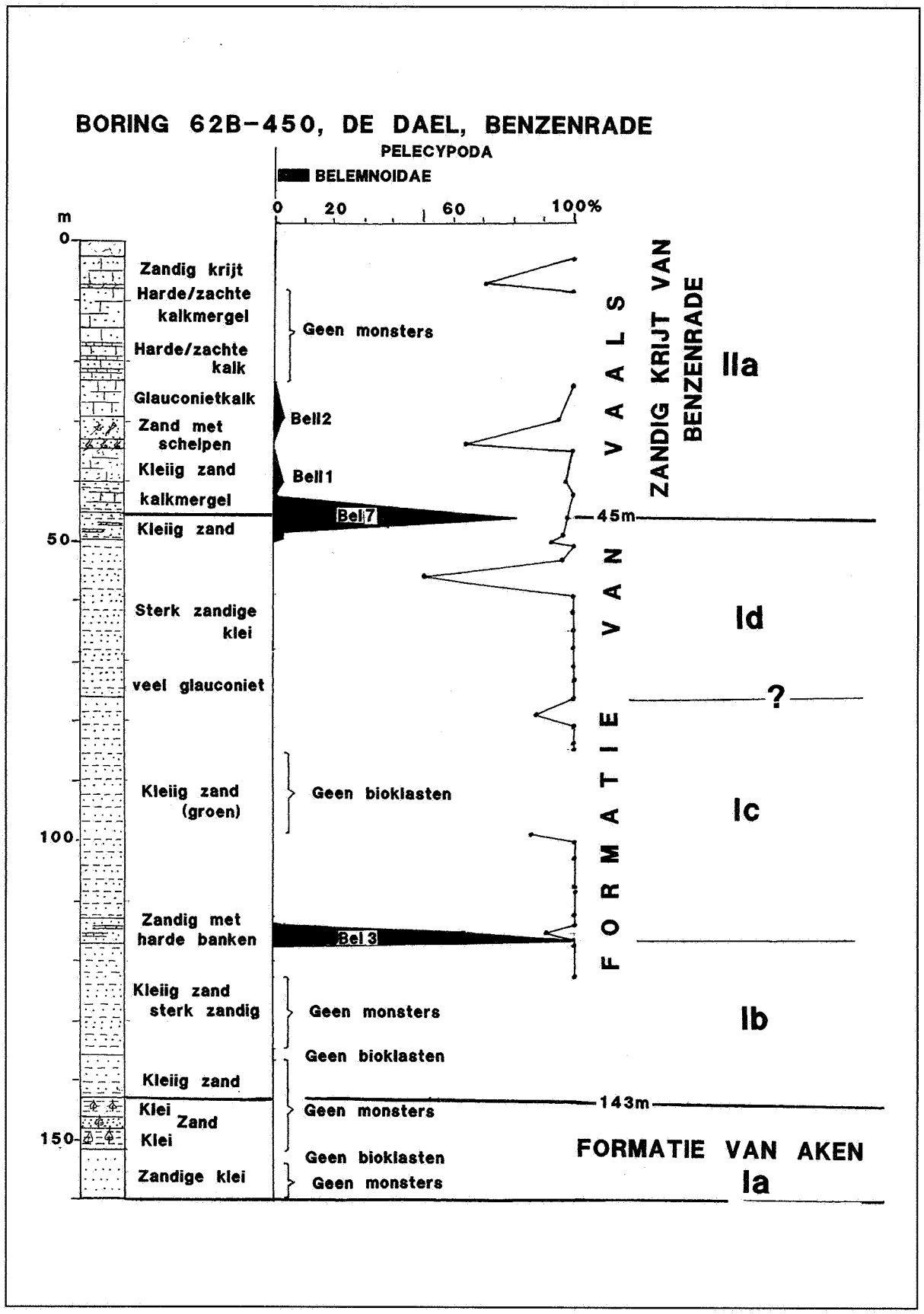
Figuur 13. Ontsluiting 62C-22 te Beutenaken. Typelokaliteit van de Kalksteen van Beutenaken. Het Belemnietenkerkhof (BeII8) dat in een weiland boven de ontsluiting aanwezig is, is in het profiel aangegeven alsmede de Foraminiferenzones volgens Hofker (1966).



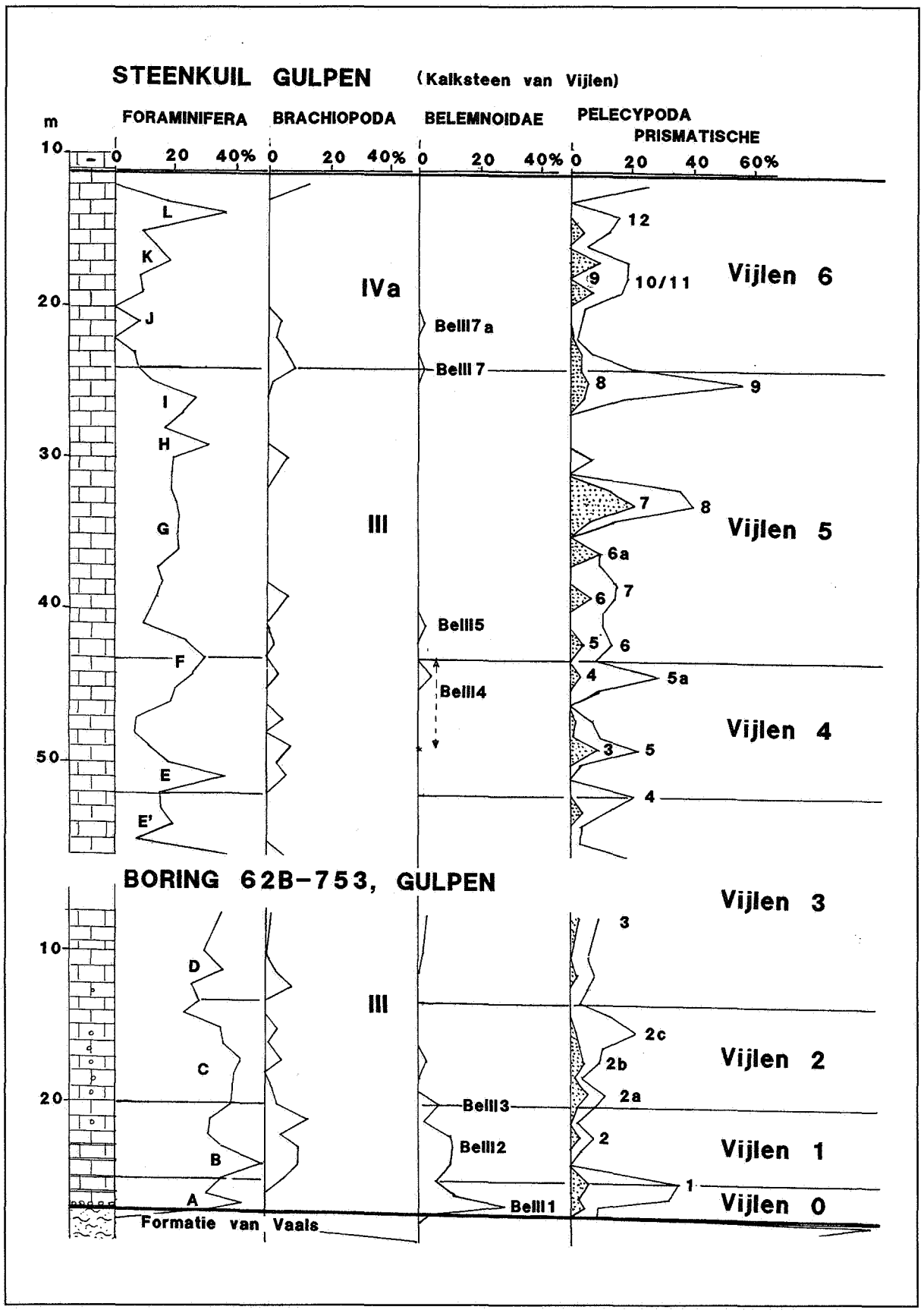
Figuur 14. Boring 62C-74 te Crapoel, van 0-49 meter. De aangetroffen deel-ecozones en ecozones werden gecorreleerd met de CPL groeve Halembaye (fig. 18a), Mamelis (fig. 22) en ENCI groeve (fig. 29). Naast de bioklastenindeling zijn ook de Foraminiferenzones volgens Hofker (1966) aangegeven (A' midden, A, C, D en E.).



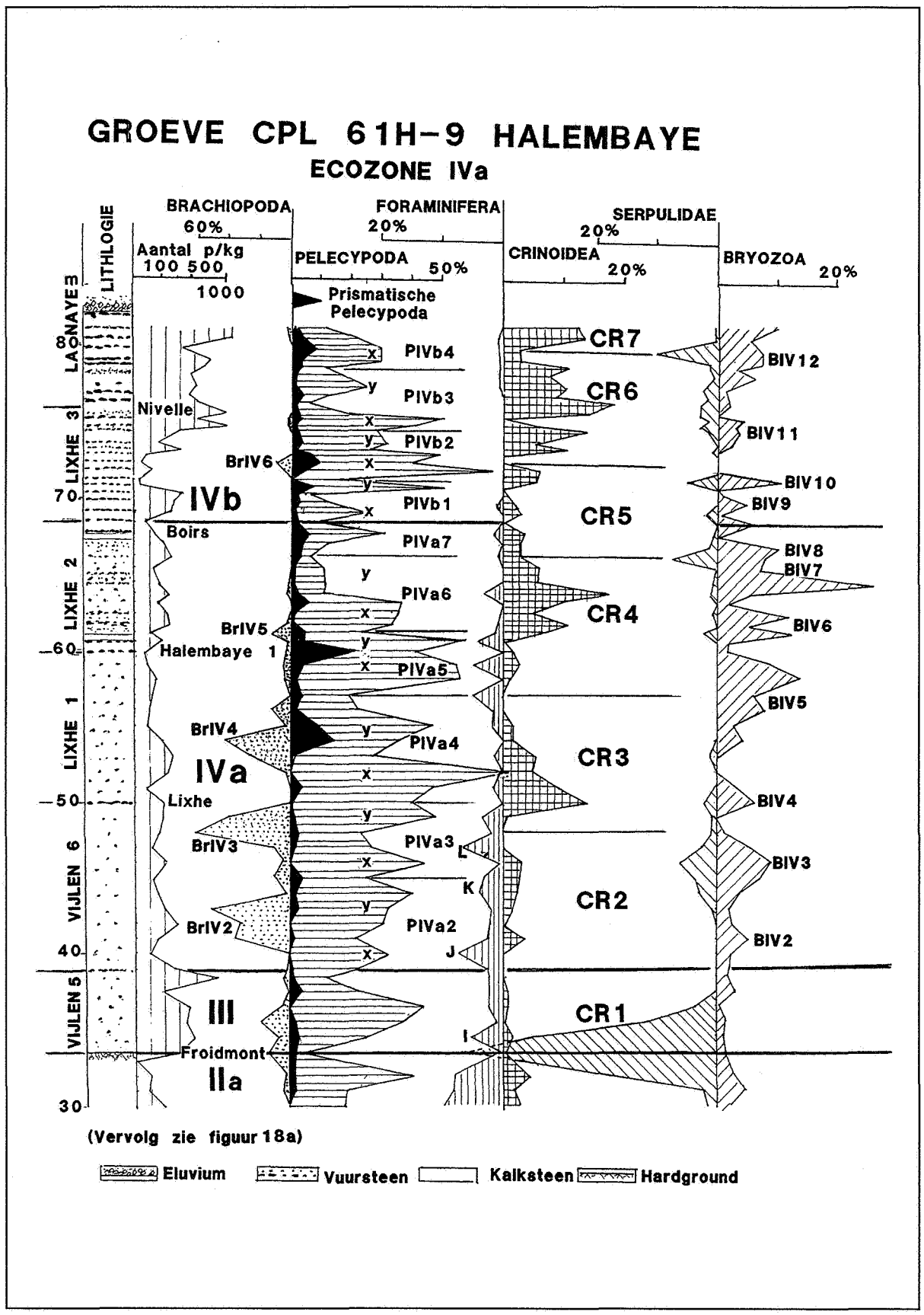
Figuur 15. Boring 62B-862, Kunderberg te Kunrade van 0-50 meter. Het aangetroffen profiel werd gecorreleerd met de CPL groeve te Halembaye (fig. 18a) en Beutenaken (fig, 13).



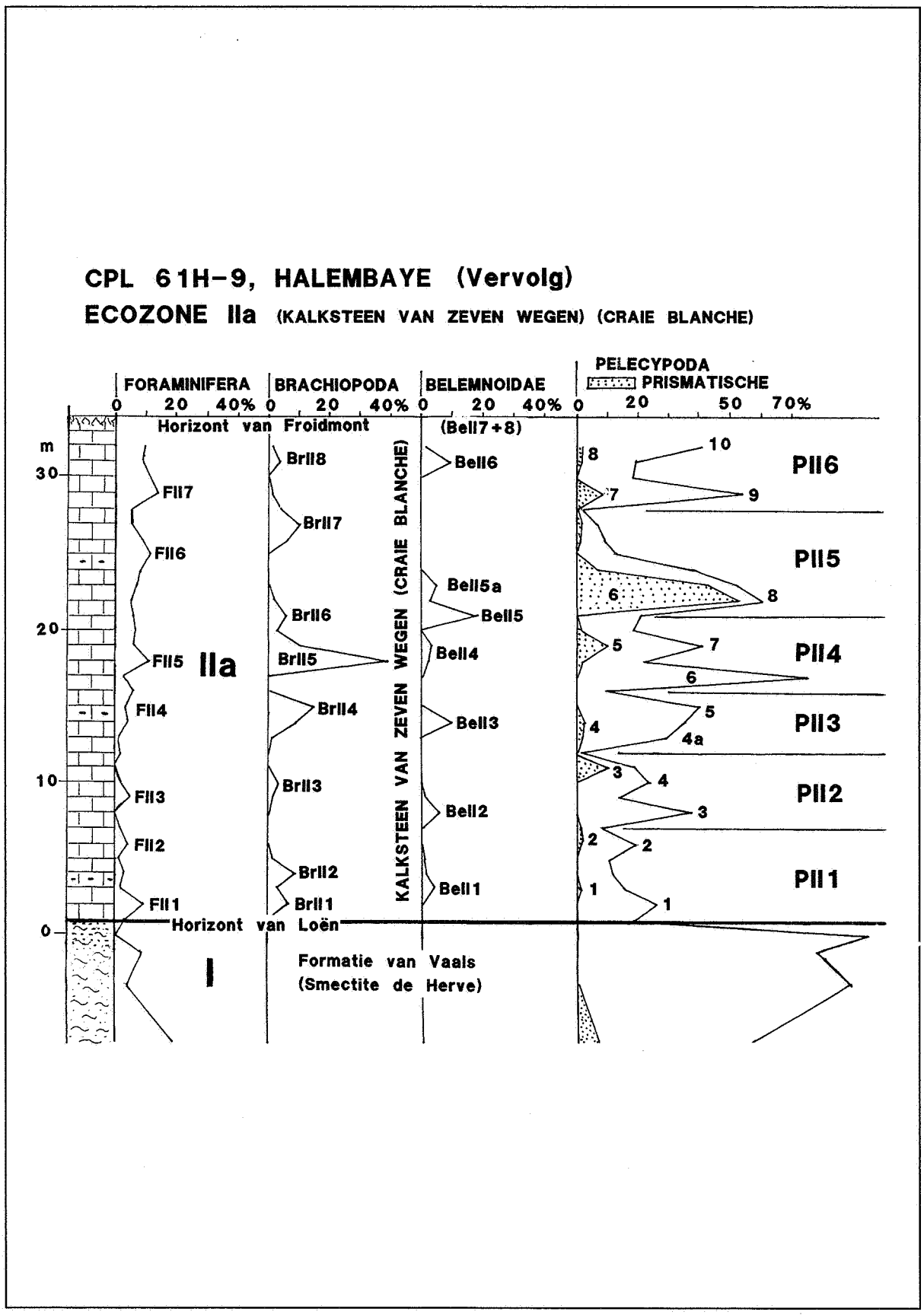
Figuur 16. Boring 62B-450, De Dael te Benzenrade, van 0-160 meter. Het aangetroffen profiel werd gecorreleerd met de boring Hombourg (fig. 5b) en Moors (fig. 6a).



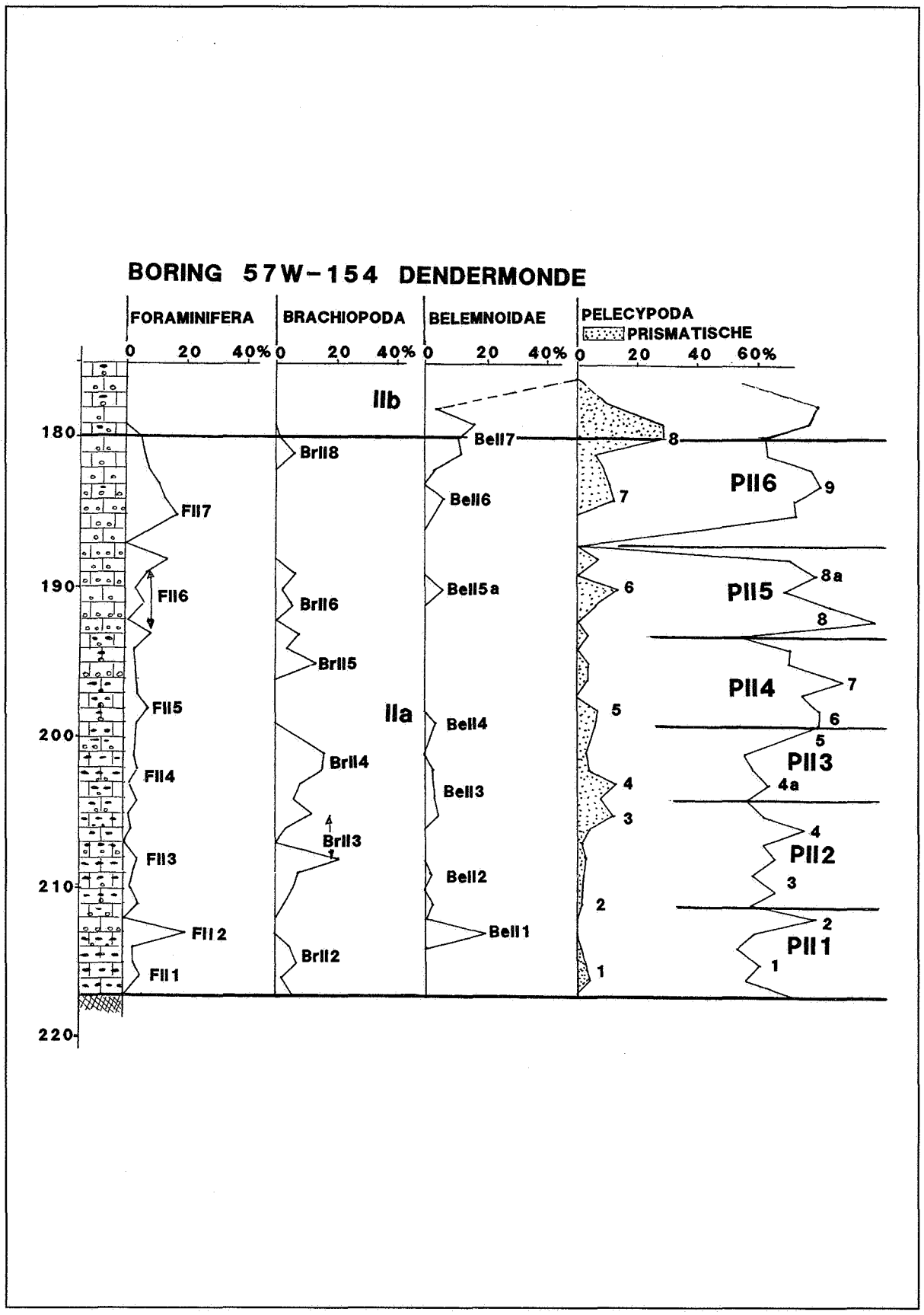
Figuur 17. Ontsluiting aan "De Steenkuil" en boring 62B-753 te Gulpen. Het aangetroffen profiel van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



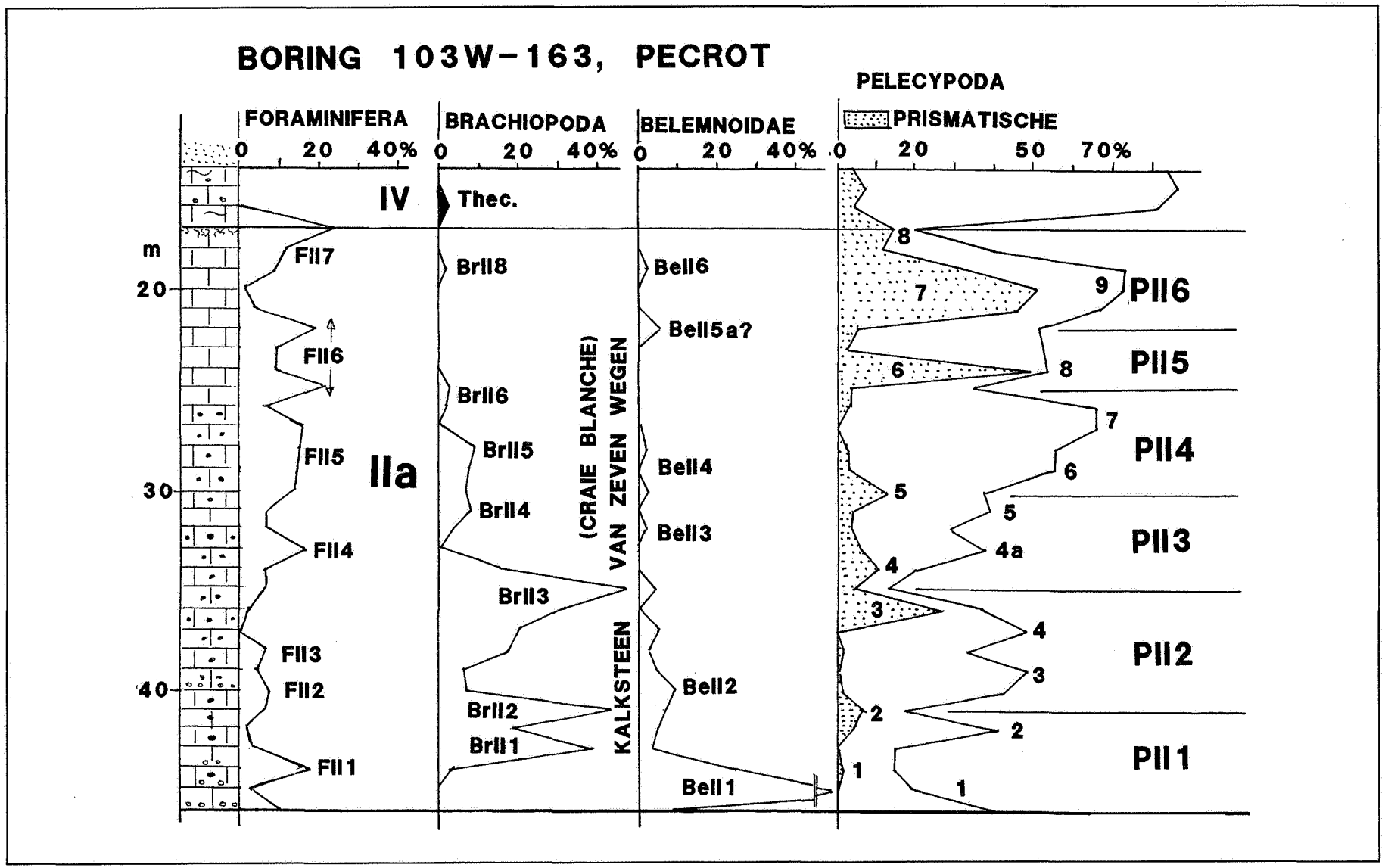
Figuur 18. Ontsluiting 61H-9, CPL groeve te Halembaye, deel-ecozones IVa en IVb. Deze groeve werd als typeprofiel gebruikt voor deel-ecozone IVa.



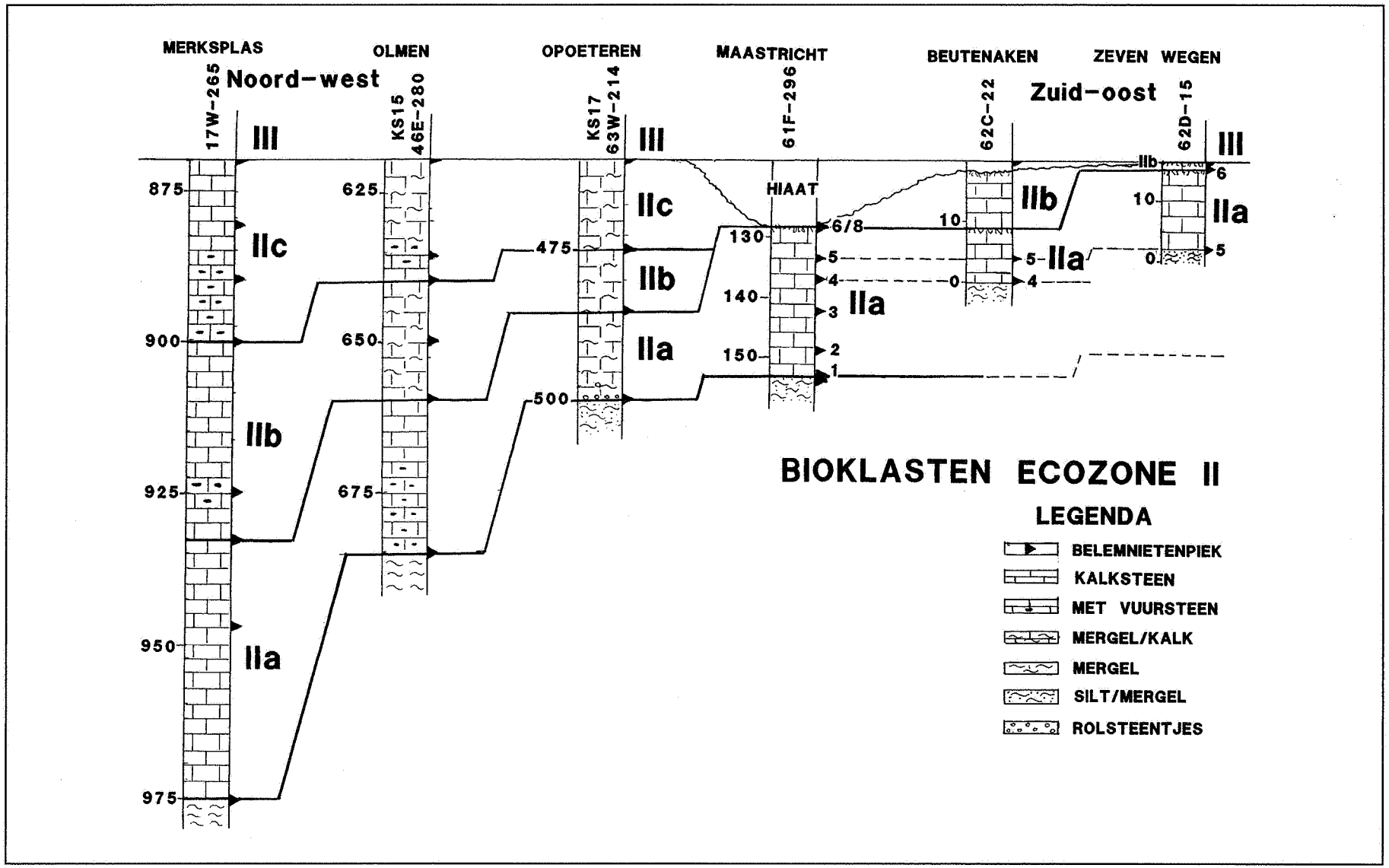
Figuur 18a. Ontsluiting 61H-9, CPL groeve te Halembaye, deel-ecozone IIa en ecozone I. Deze groeve werd als typeprofiel gebruikt voor deel-ecozone IIa



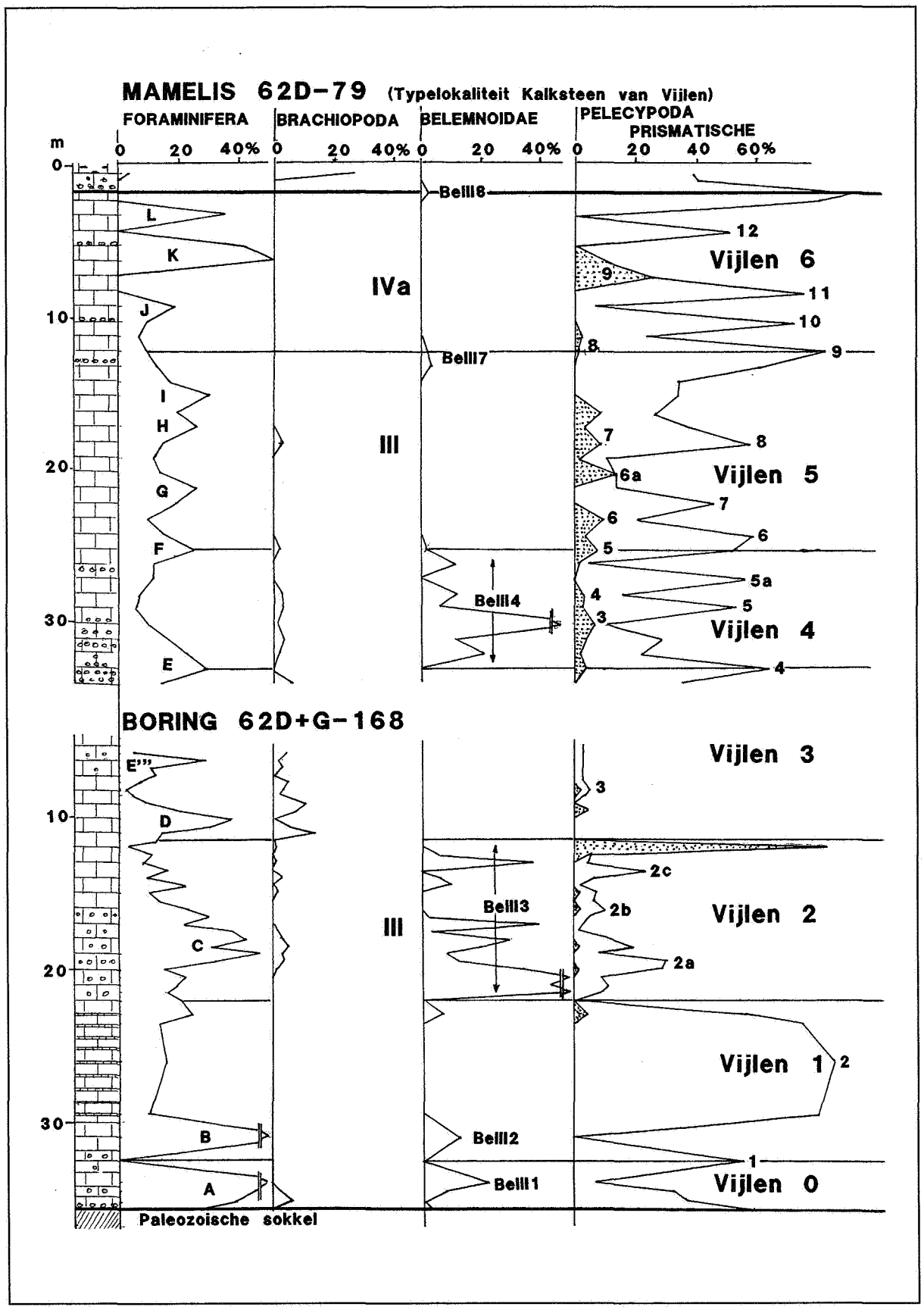
Figuur 19. Boring 57W-154 te Dendermonde van 175-217 meter boordiepte. Het ontsloten profiel werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL te Halembaye (fig. 18a).



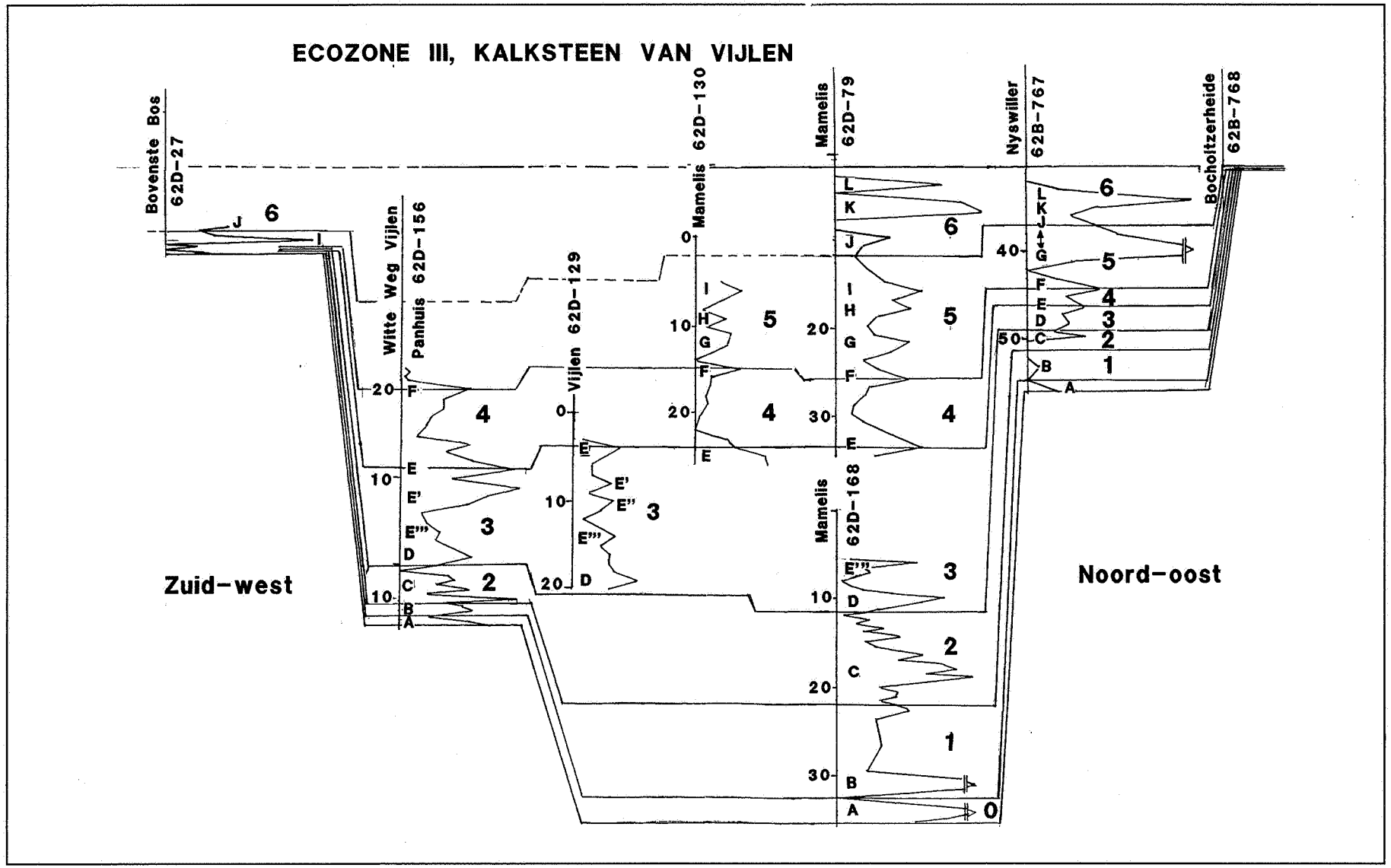
Figuur 20. Boring 103W-163 te Pécrot (Beekrode) van 14-46 meter boordiepte. Het ontsloten p: ·fiel werd gecorreleerd met het typeprofiel CPL te Halembaye (fig. 18a).



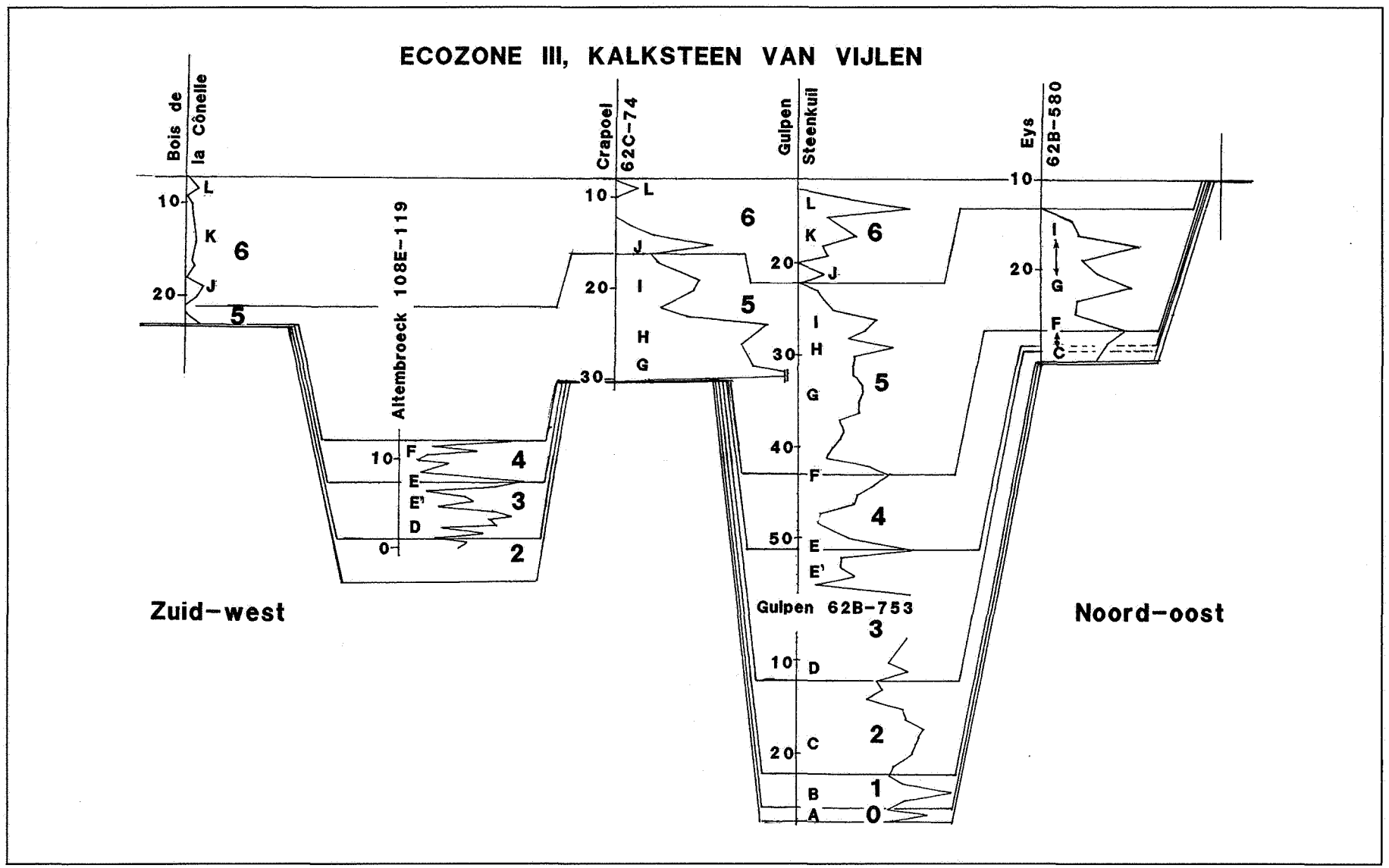
Figuur 21. Overzicht Noordwest - Zuidoost profiel van de bioklastenecozone II vanaf Merksplas tot Zeven Wegen, te Vijlen.



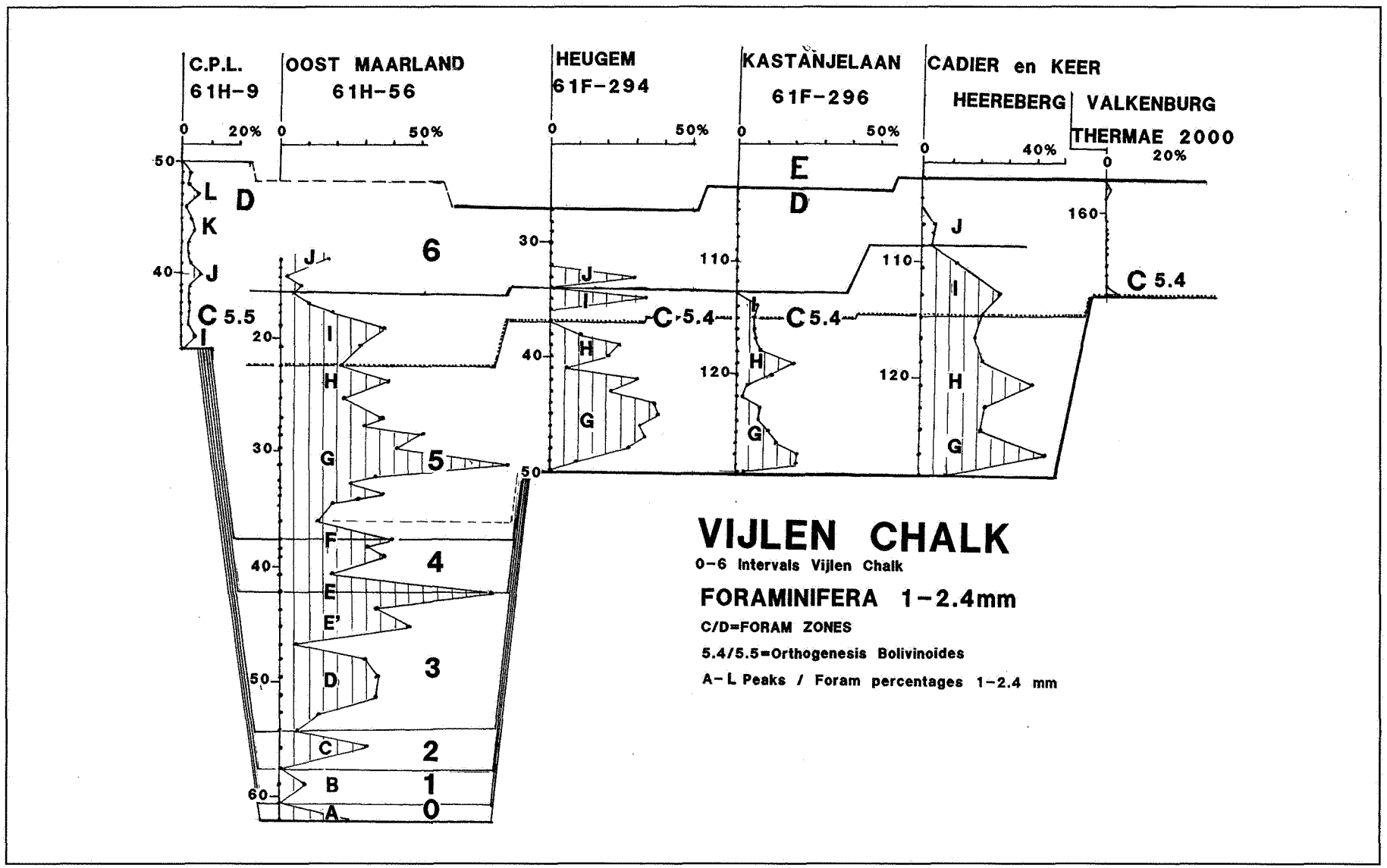
Figuur 22. Ontsluiting 62D-79 en boring 62D+G-168 te Mamelis. Typeprofiel van de Kalksteen van Vijlen. Deze ontsluiting en boring werden gebruikt om ecozone III in te delen.



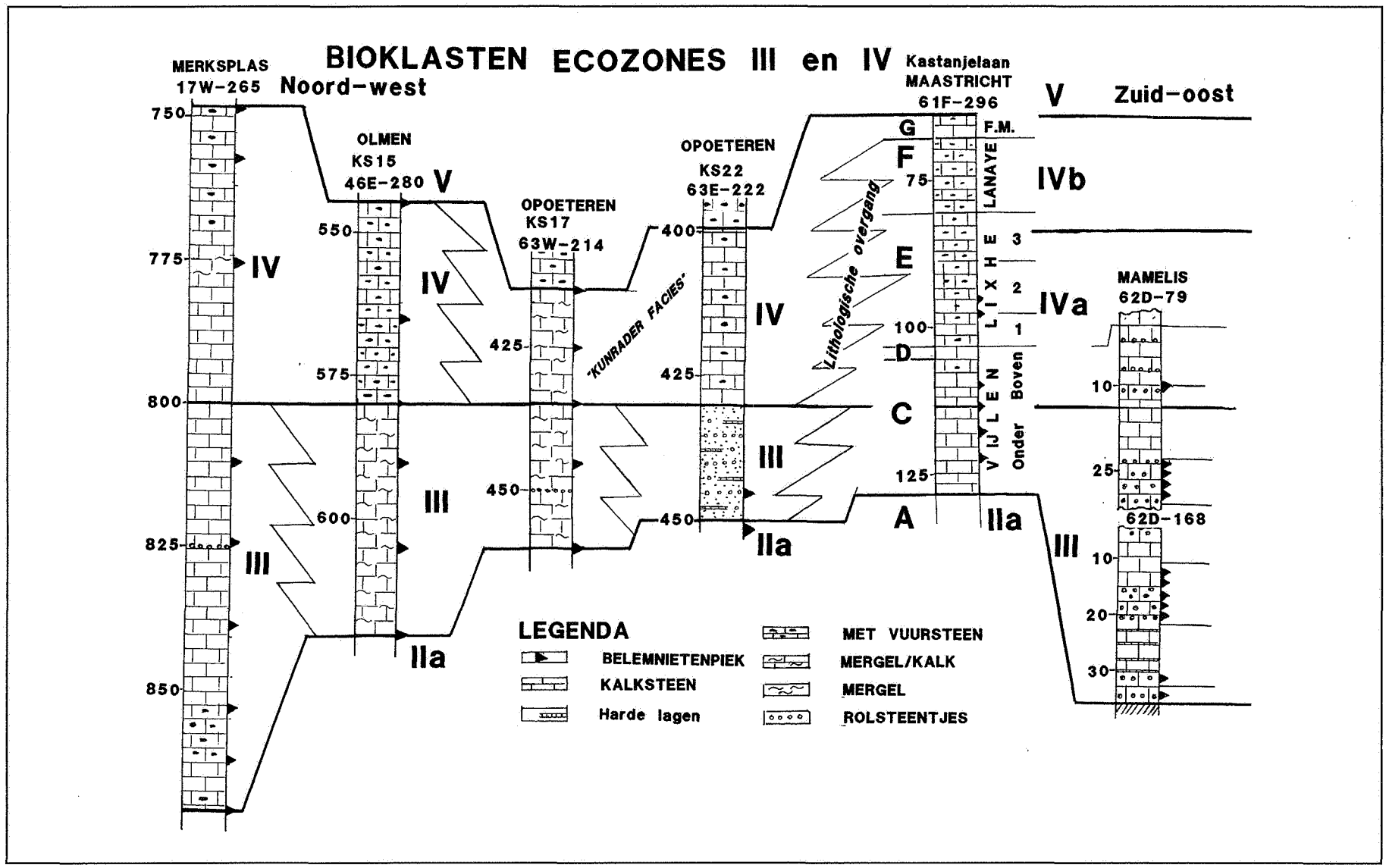
Figuur 23. Zuidwest - Noordoost profiel vanaf Bovenste Bos tot Bocholtzerheide door strandgeul.



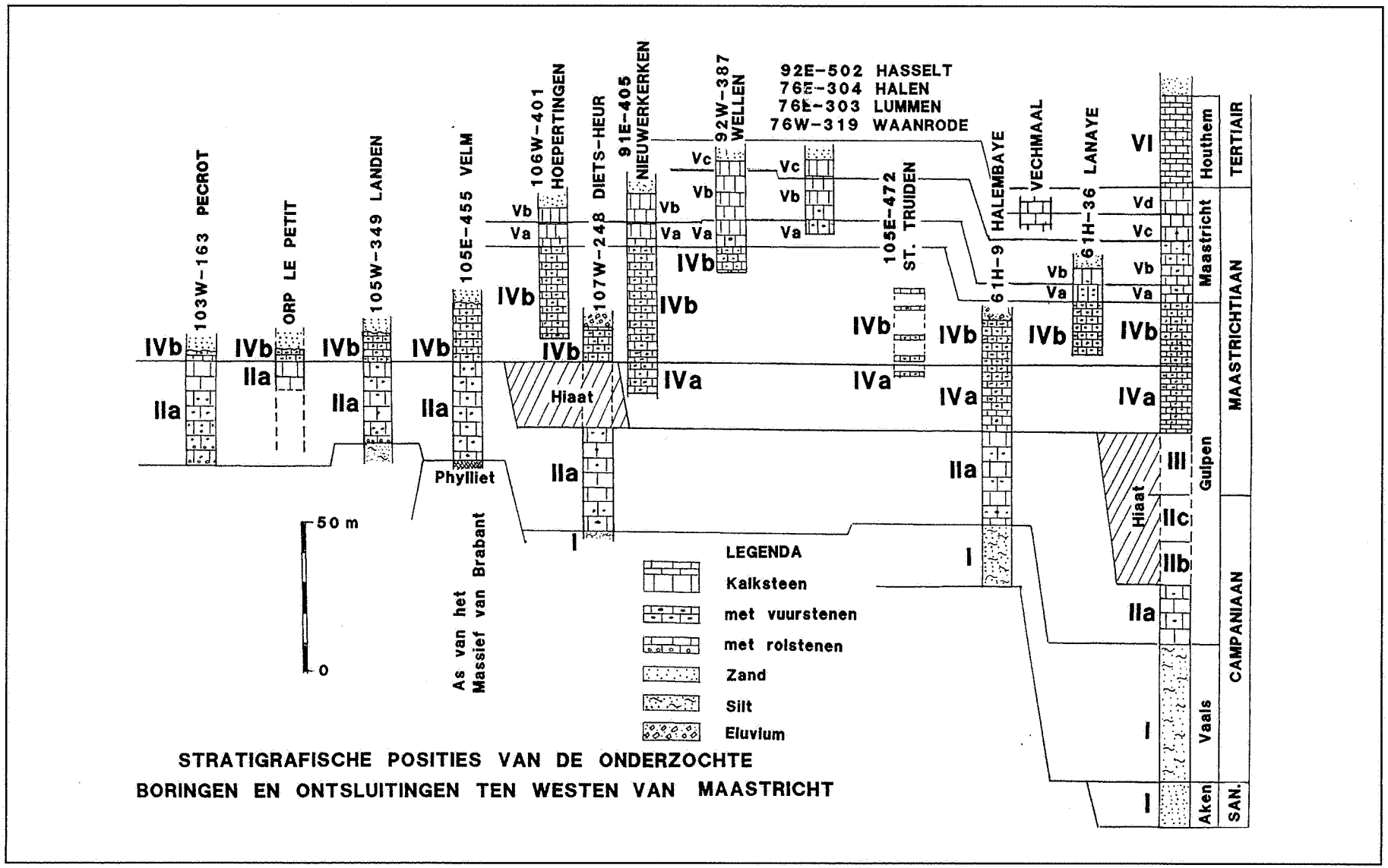
Figuur 24. Zuidwest - Noordoost profiel vanaf Bois de la Cônelle tot Eys door strandgeulen.



Figuur 25. Zuidwest - Noordoost profiel vanaf de CPL groeve Halembaye tot bij Thermae-boring te Valkenburg door strandgeul.

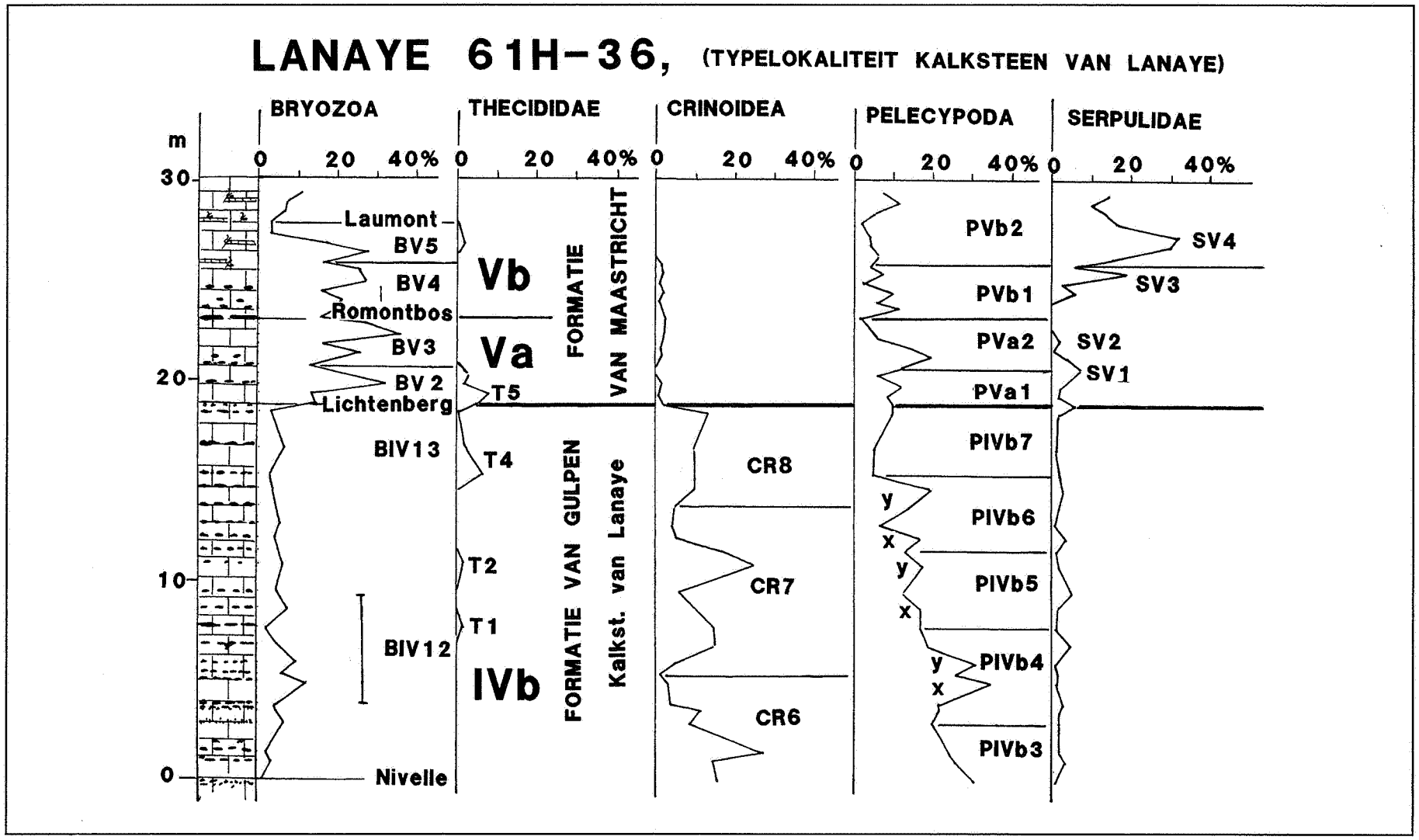


Figuur 26. Overzicht Noordwest - Zuidoost profiel van de bioklastenecozones III en IV vanaf Merksplas tot Maastricht.

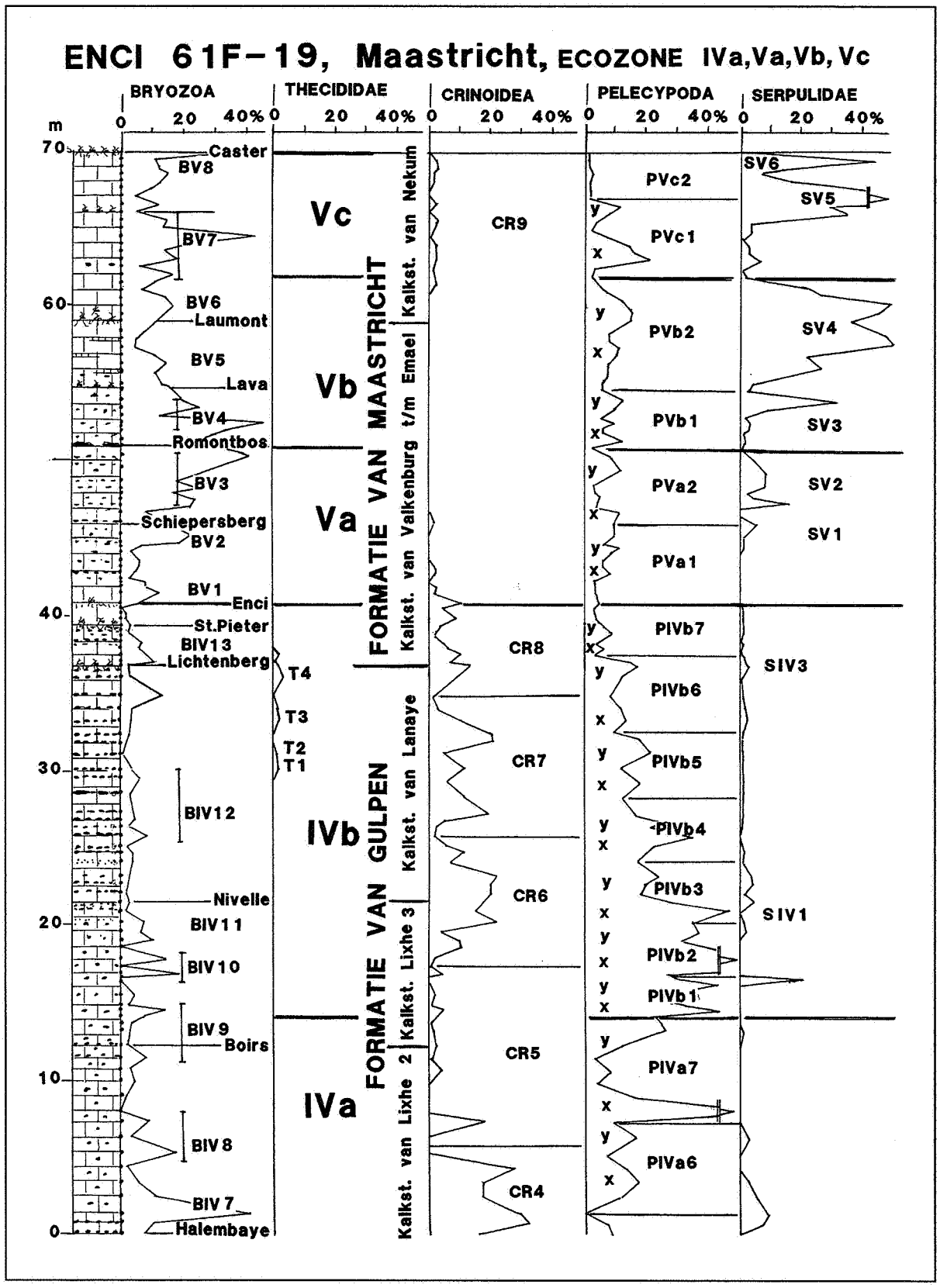


STRATIGRAFISCHE POSITIES VAN DE ONDERZOCHTE BORINGEN EN ONTSLUITINGEN TEN WESTEN VAN MAASTRICHT

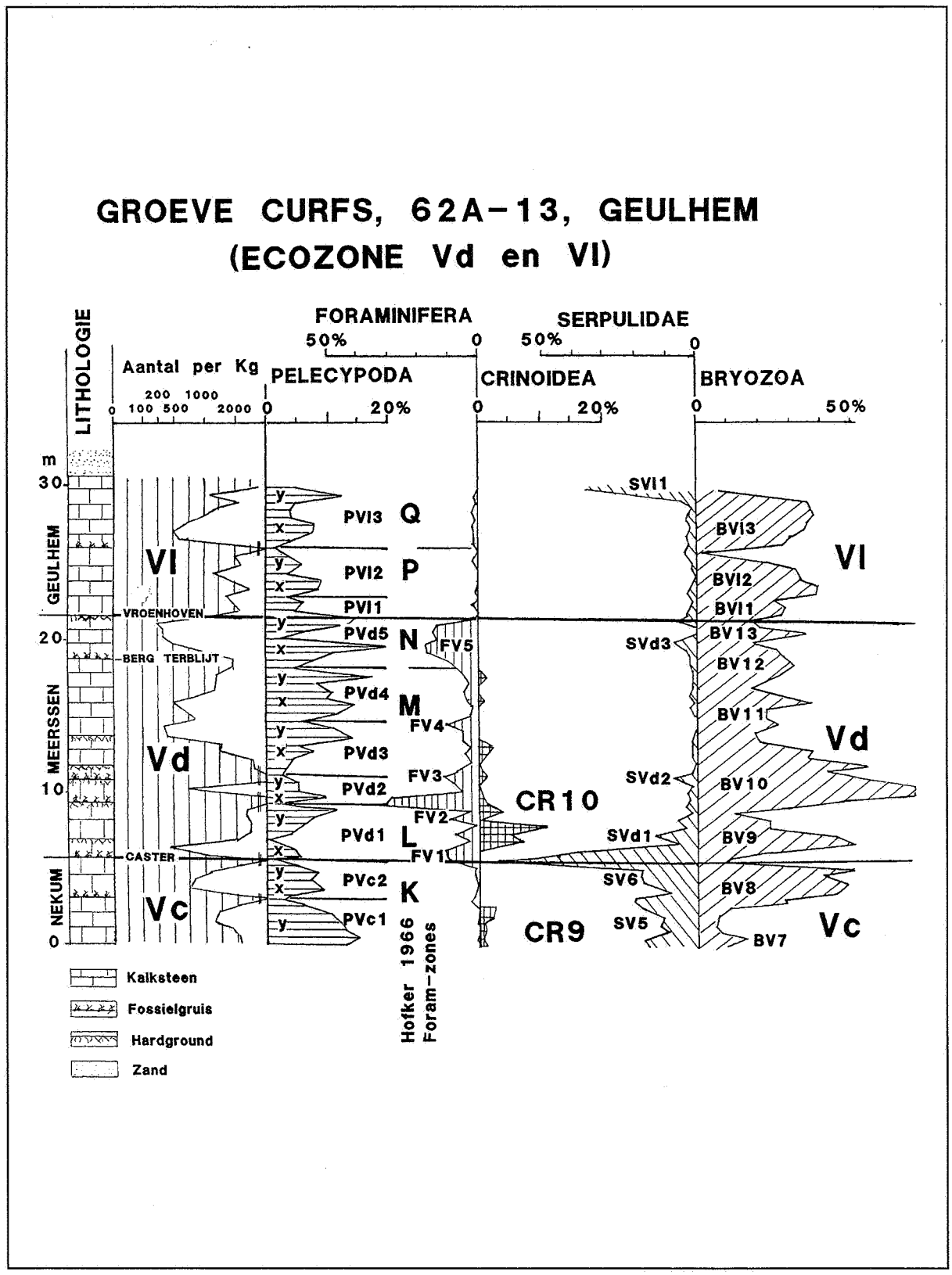
Figuur 27. Stratigrafisch overzicht van de ontsluitingen en boringen ten westen van Maastricht.



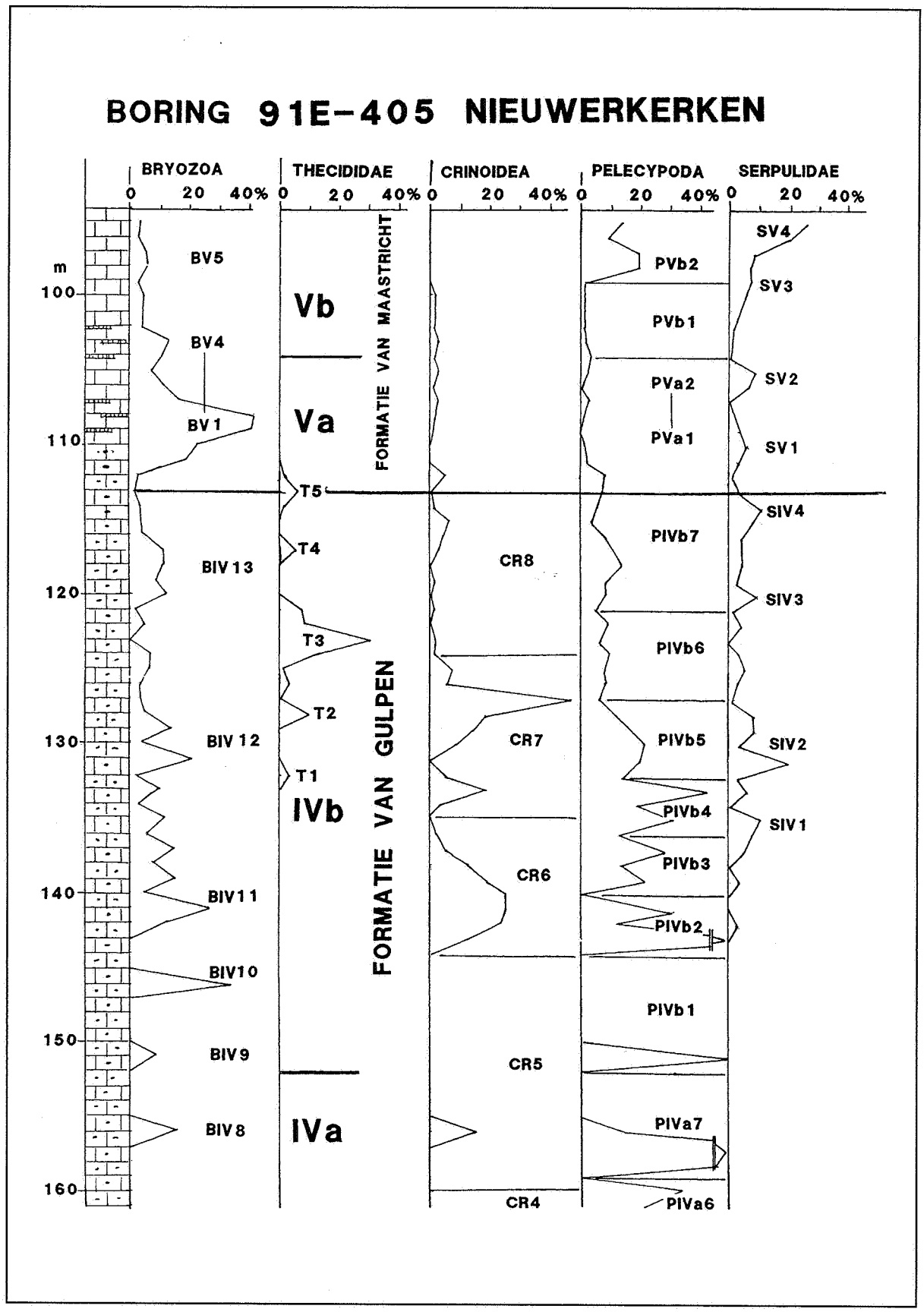
Figuur 28. Ontsluiting 61H-36 te Lanaye (Ternaaien), typelokaliteit van de Kalksteen van Lanaye. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). (Let op: in dit profiel bevindt de Horizont van Lichtenberg zich op een andere plaats dan in de ENCI groeve.



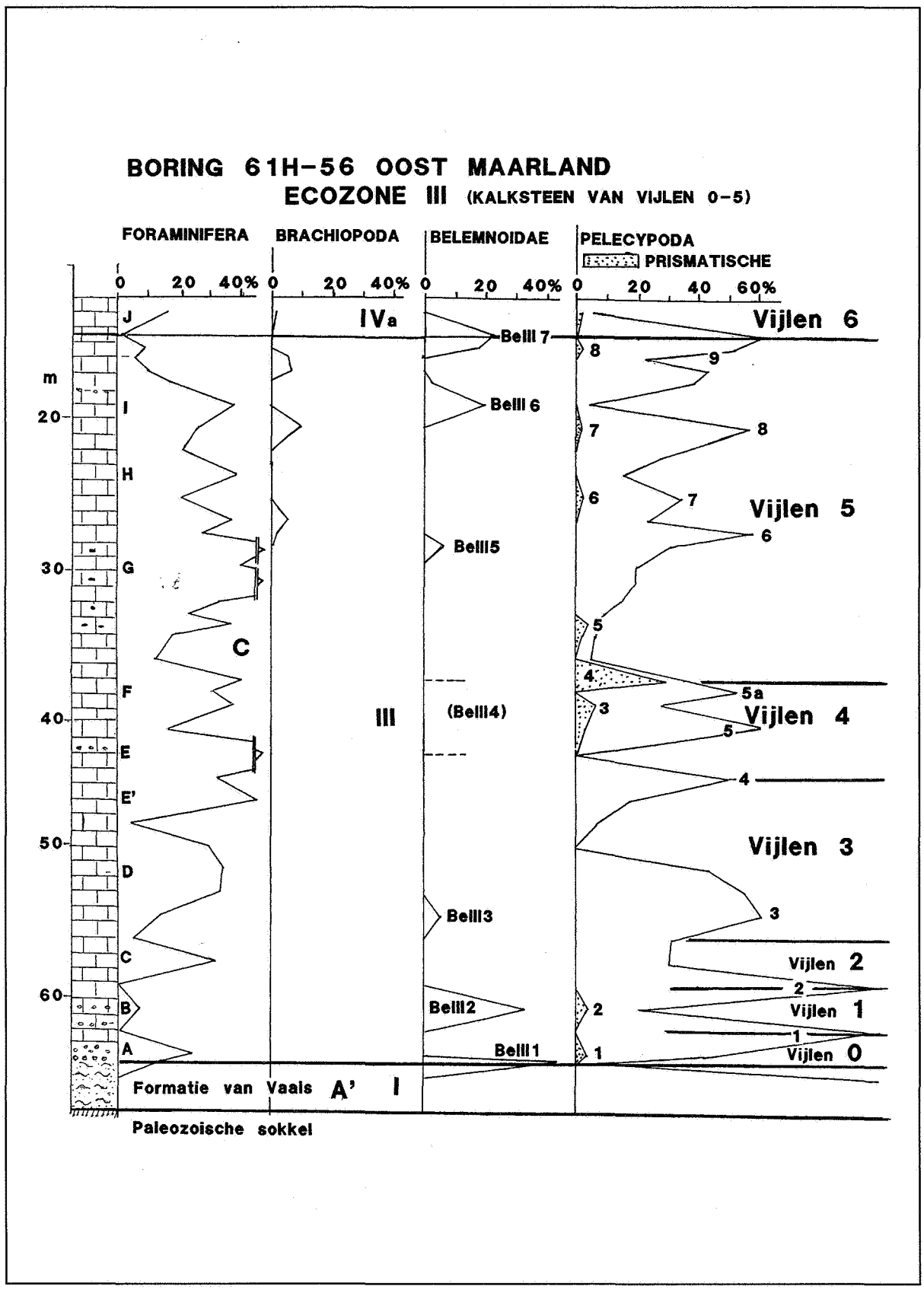
Figuur 29. Ontsluiting ENCI groeve, 61F-19 te Maastricht. Deze ontsluiting ligt vlak bij de typelokaliteit van het Maastrichtiaan. Deze ontsluiting is het typeprofiel voor de bioklastenindeling van de deel-ecozones IVa Va, Vb en Vc. Het ontsloten gedeelte van deel-ecozone IVa is gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel van deel-ecozone IVa in de CPL groeve te Halembaye (fig. 18).



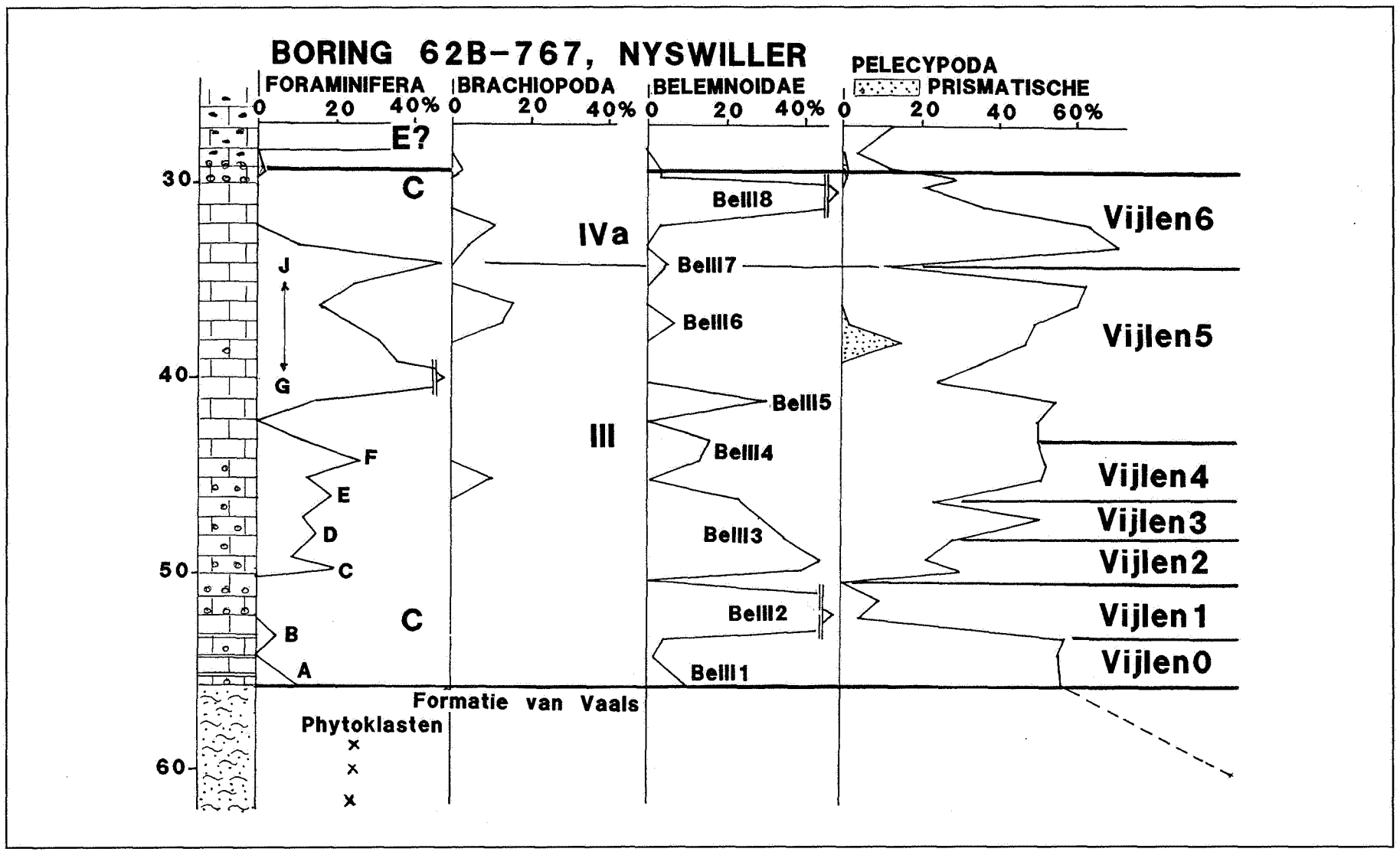
Figuur 30. Groeve Curfs (momenteel groeve Ankerpoort) 62A-13 te Geulhem. Typeprofiel deel-ecozone Vd en Ecozone VI. Het ontsloten gedeelte van deel-ecozone Vc kon gecorreleerd en genummerd worden volgens het type profiel van ecozone Vc in de ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Bij de Pelecypoda zijn met de letters K, L, M, M, N, P en Q de Foraminifera-zones volgens Hofker (1966) aangegeven.



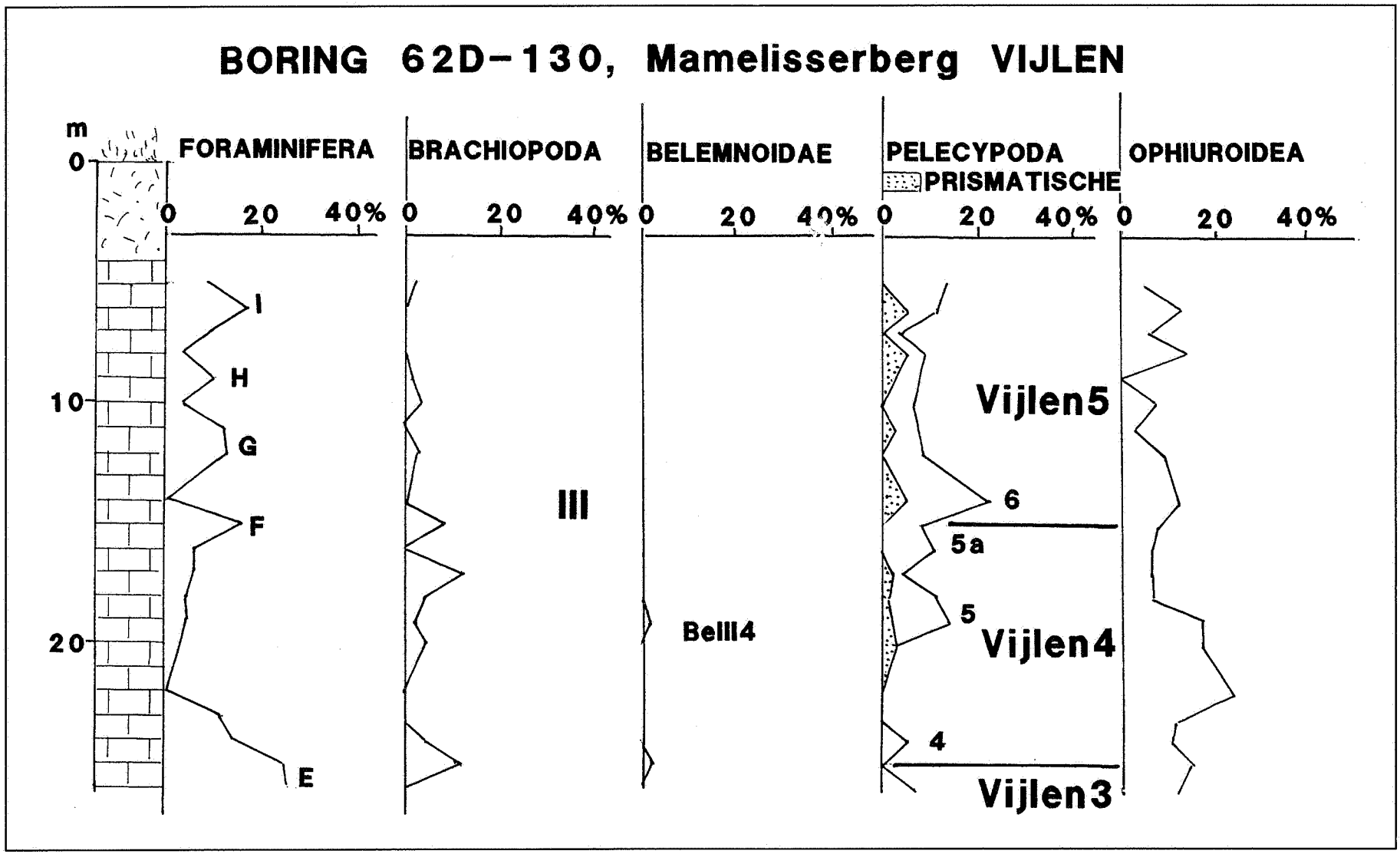
Figuur 31. Boring Nieuwerkerken. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29).



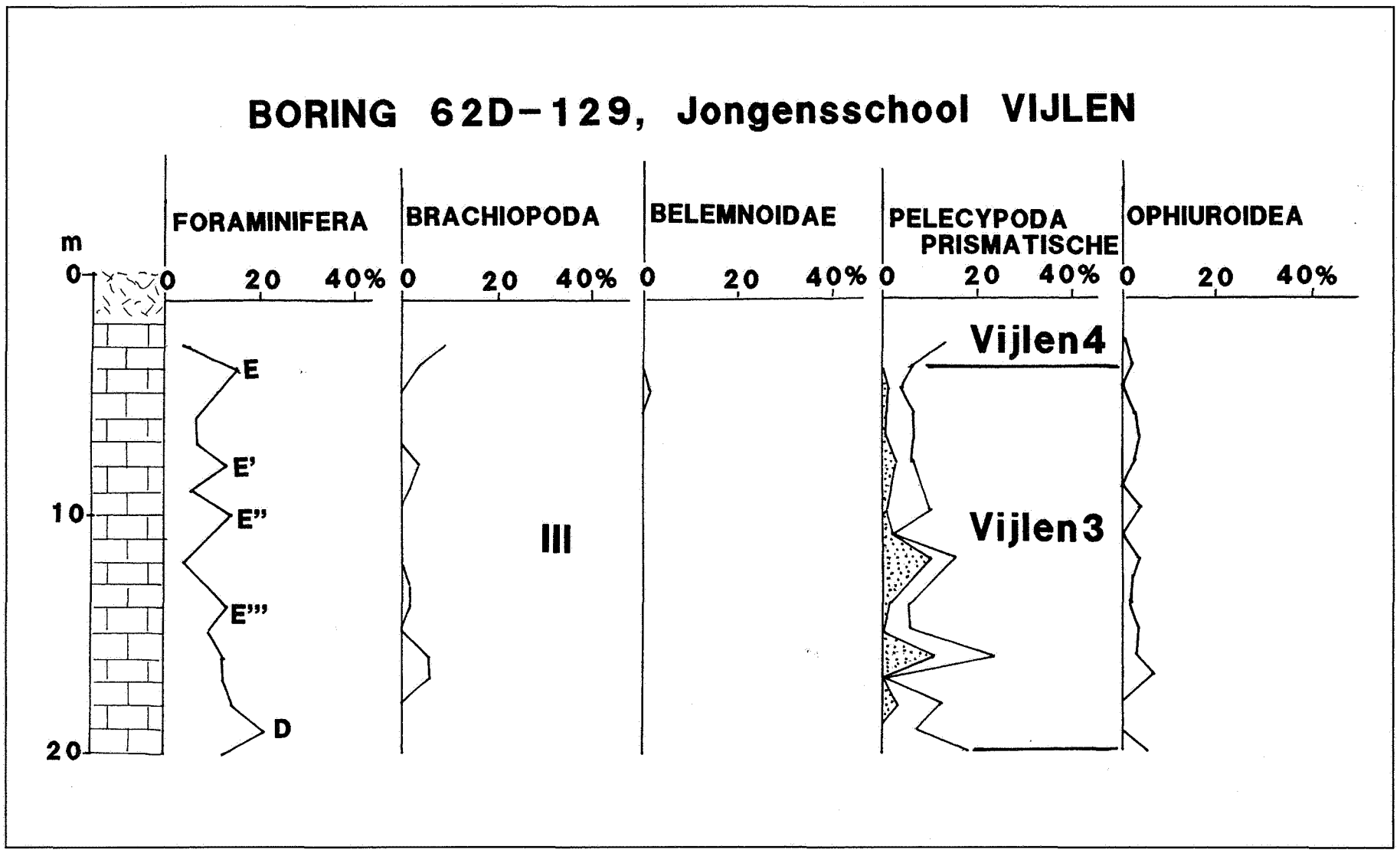
Figuur 32. Boring 61H-56 Oost Maarland. Deze boring werd mede gebruikt om de bioklasten-ecozone III in te delen. Bij de Foraminifera zijn met de letters A' en C de Foraminifera-zones volgens Hofker (1966) aangegeven.



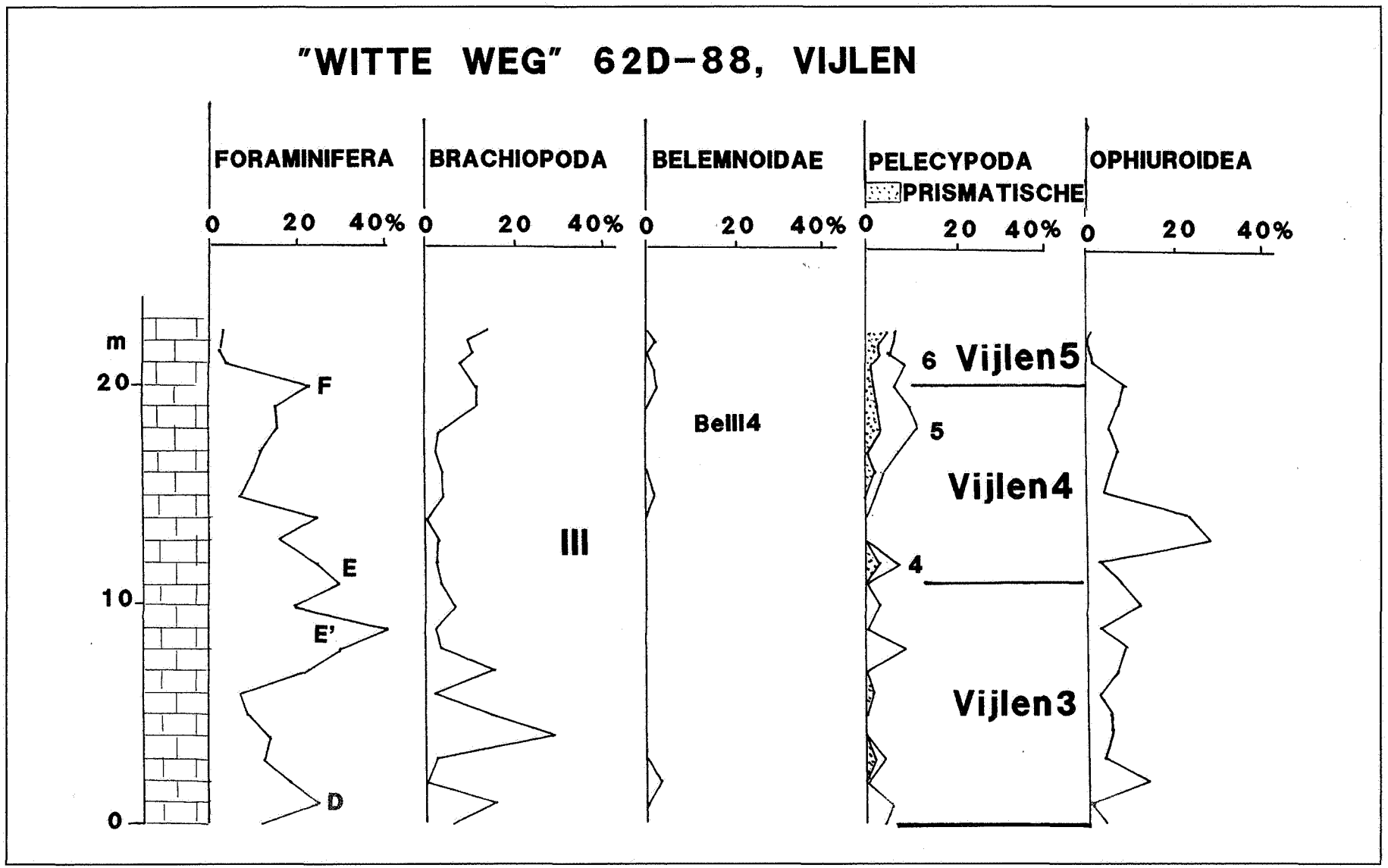
Figuur 33. Boring 62B-767 te Nyswiller van 27-62 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22). Bij de Foraminifera zijn met de letters C en ?E de Forminifera-zones volgens Hofker (1966) aangegeven.



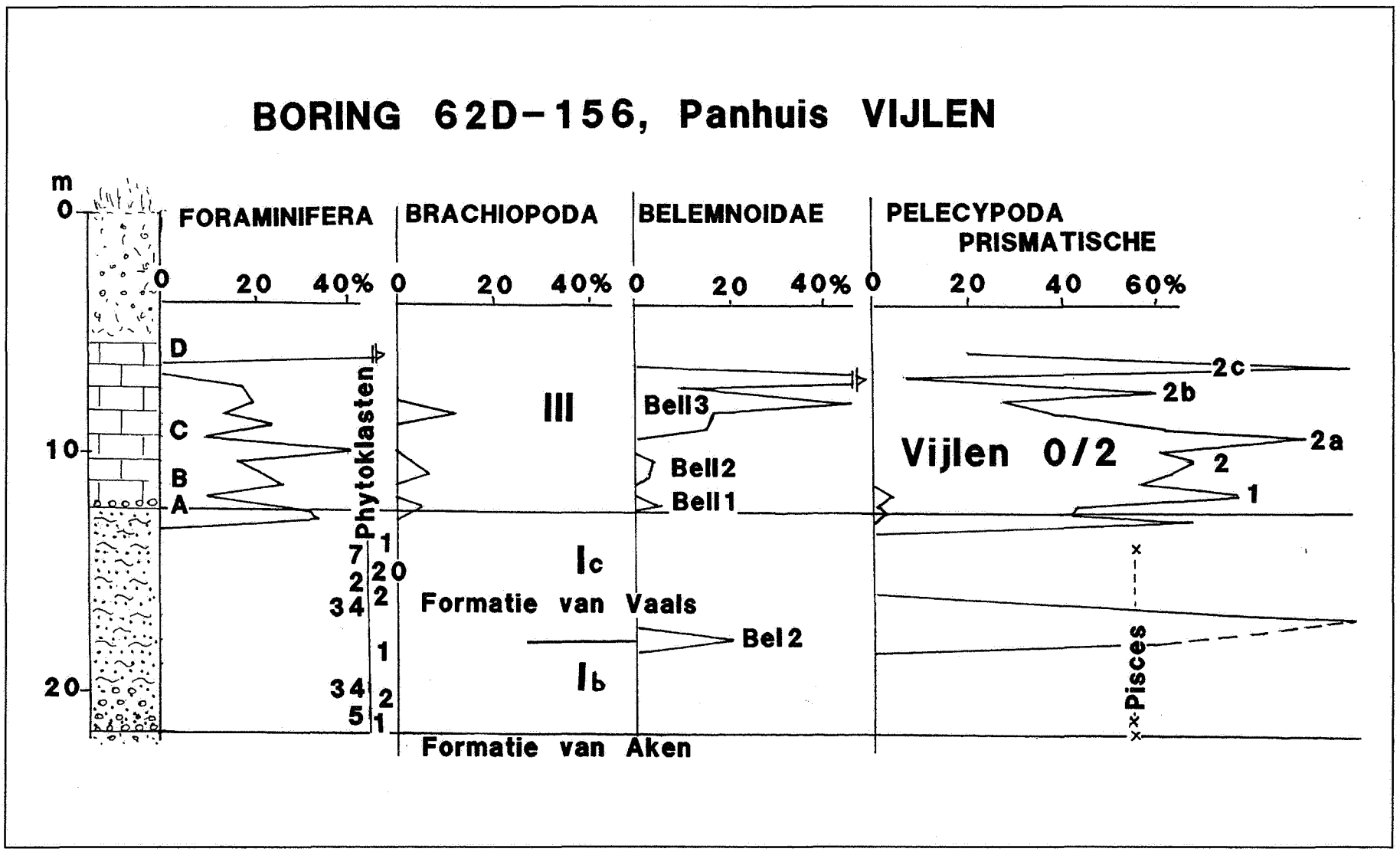
Figuur 34. Boring 62D-130 Mamelisserberg te Vijlen van 0-26 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



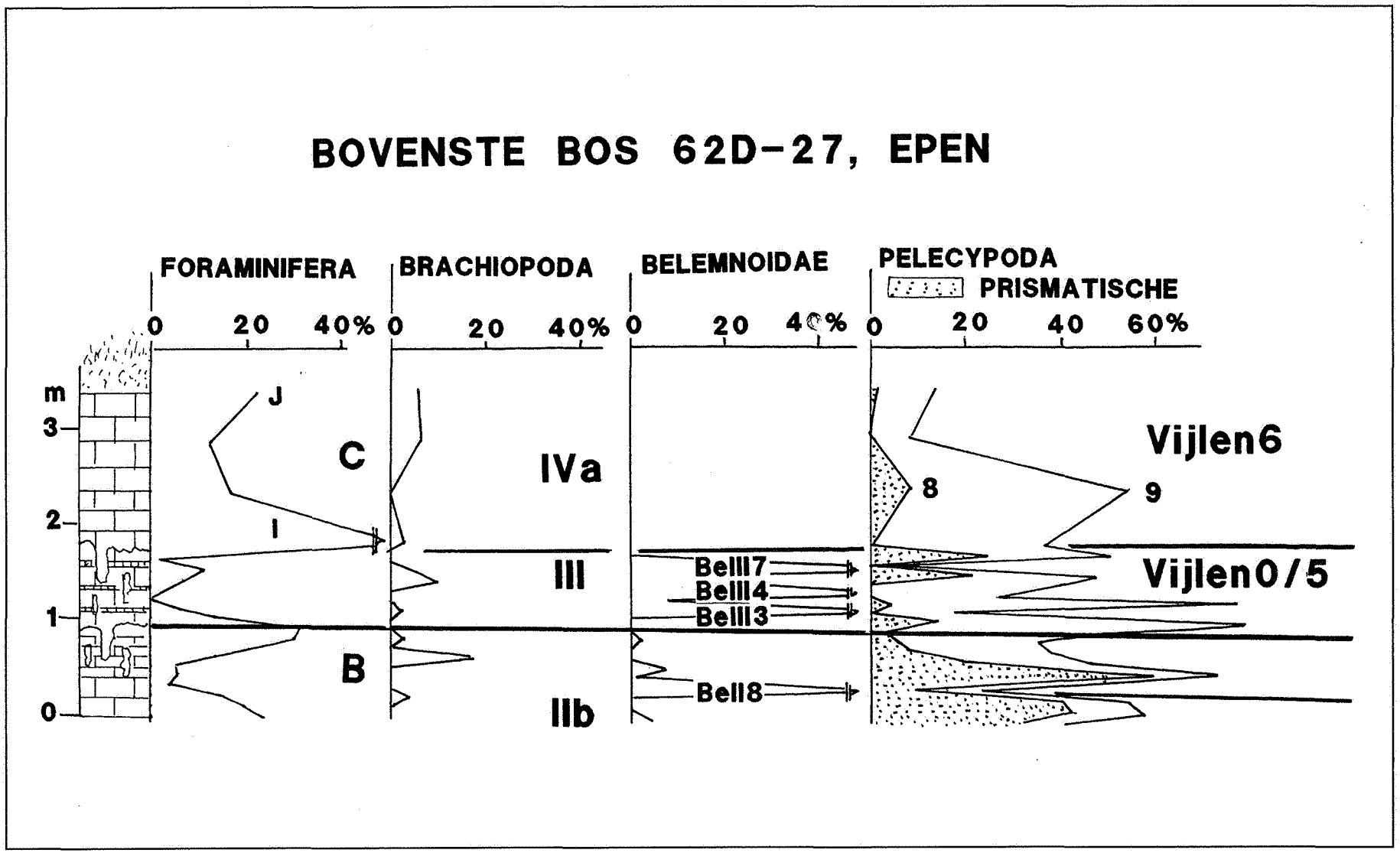
Figuur 35. Boring 62D-129 Jongenschool te Vijlen van 0-20 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



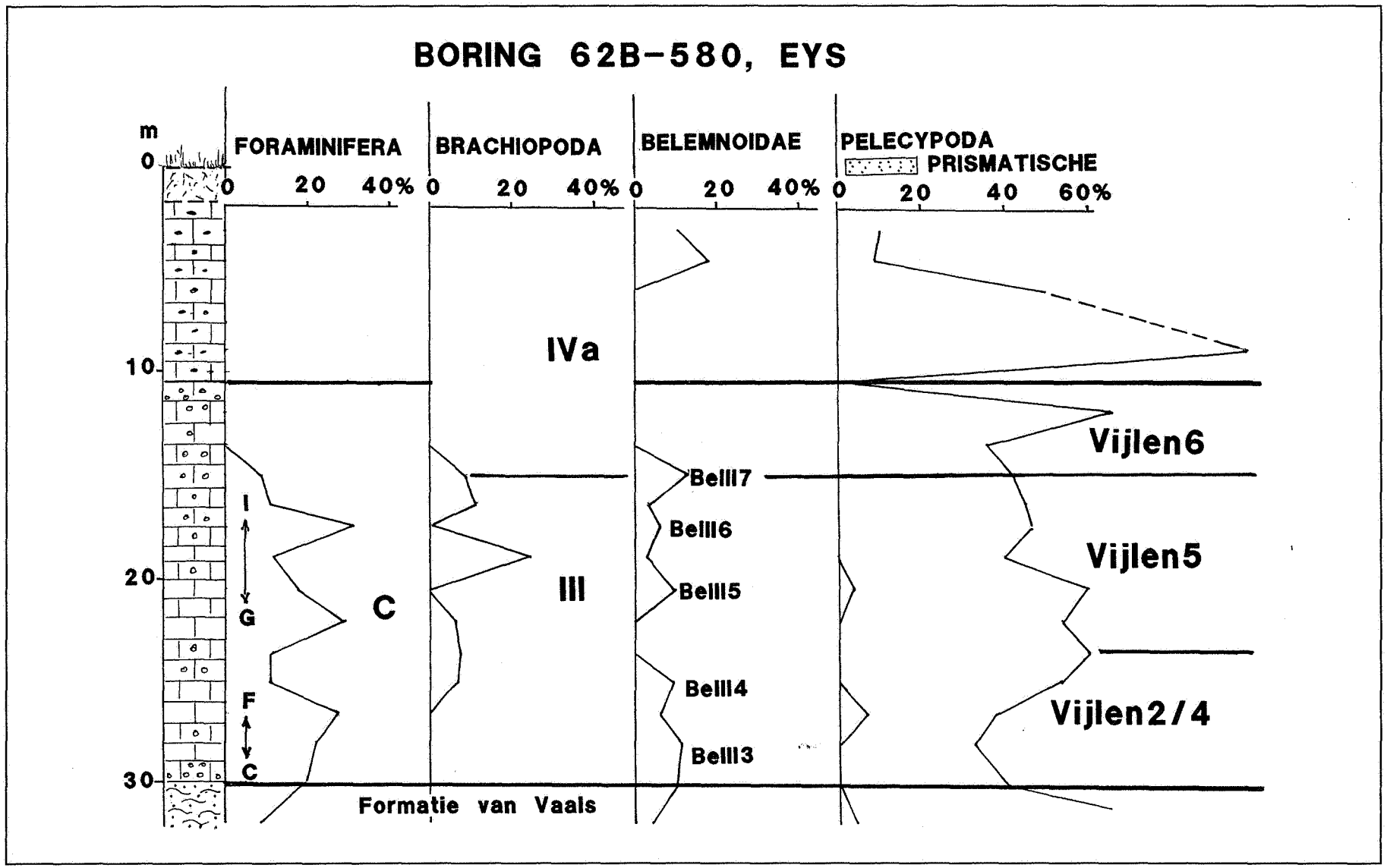
Figuur 36. Ontsluiting 62D-88, "Witte Weg" te Vijlen. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



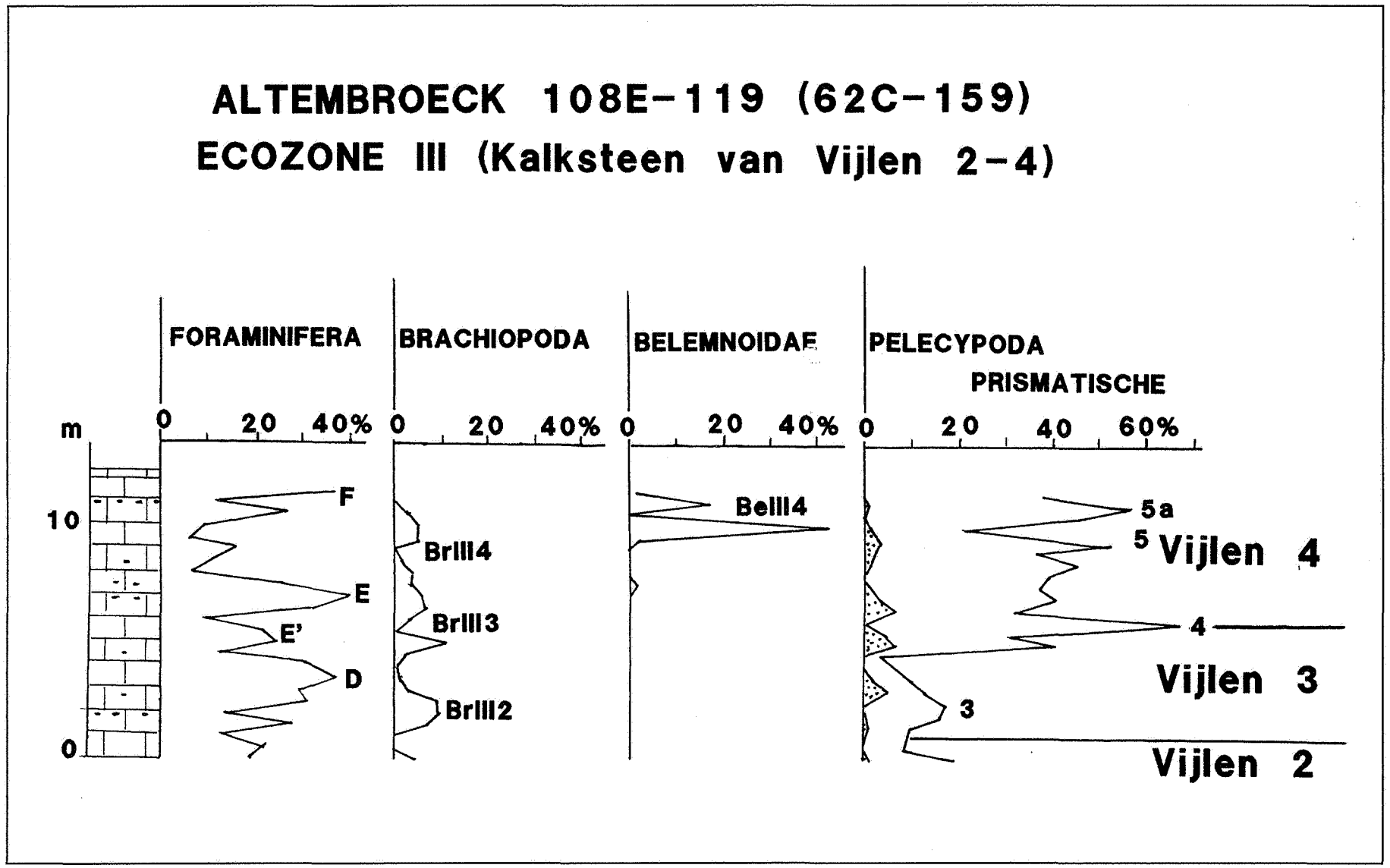
Figuur 37. Boring 62D-156 Panhuis te Vijlen van 0-23 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone I werd gecorreleerd met boring Maastricht (fig. 8e), Moors (fig. 6a). Ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



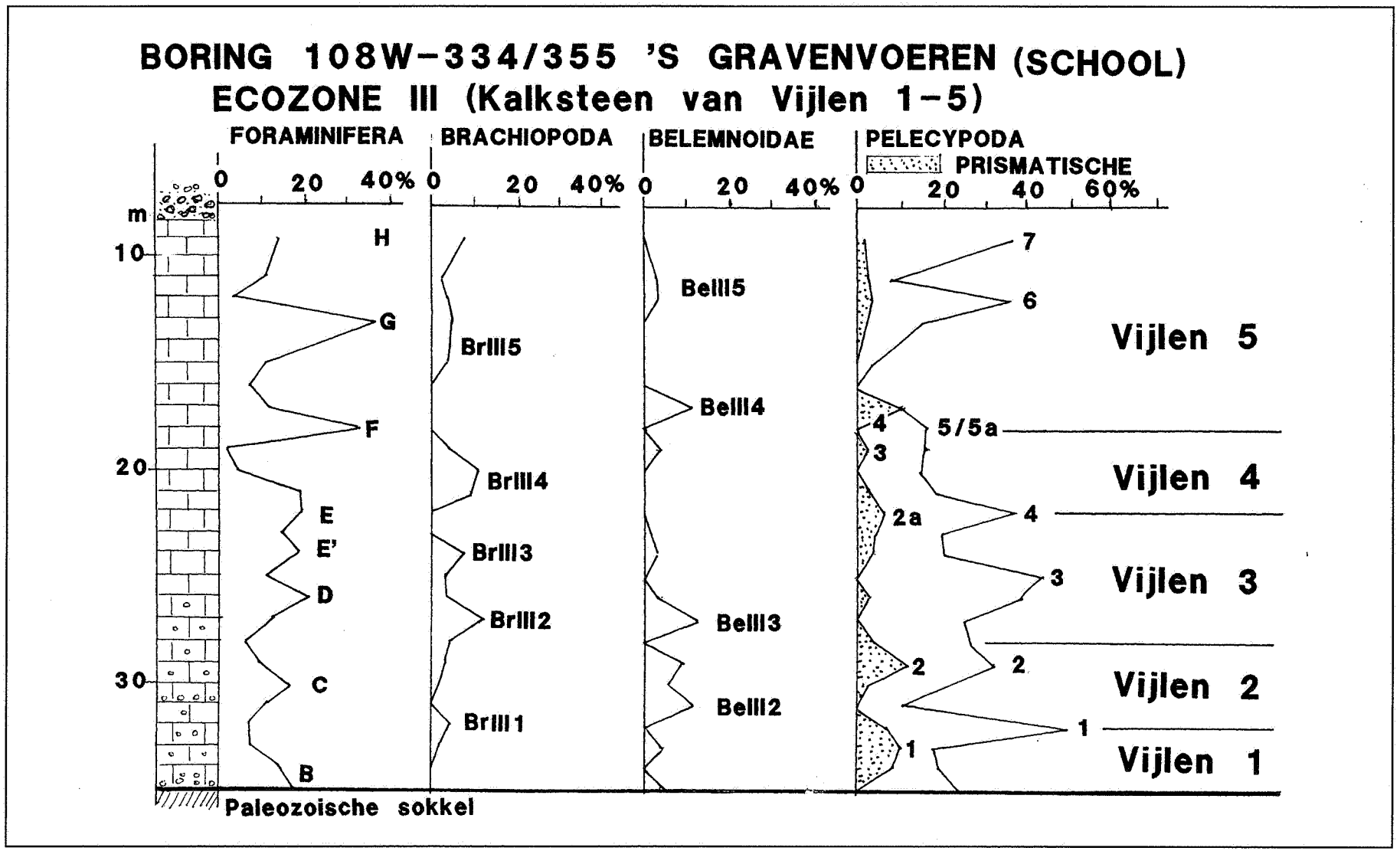
Figuur 38. Ontsluiting 62D-27 Bovenste Bos te Epen. De aangetroffen deel-ecozone IIb werd gecorreleerd met het typeprofiel Beutenaken (fig. 13). Ecozone III met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



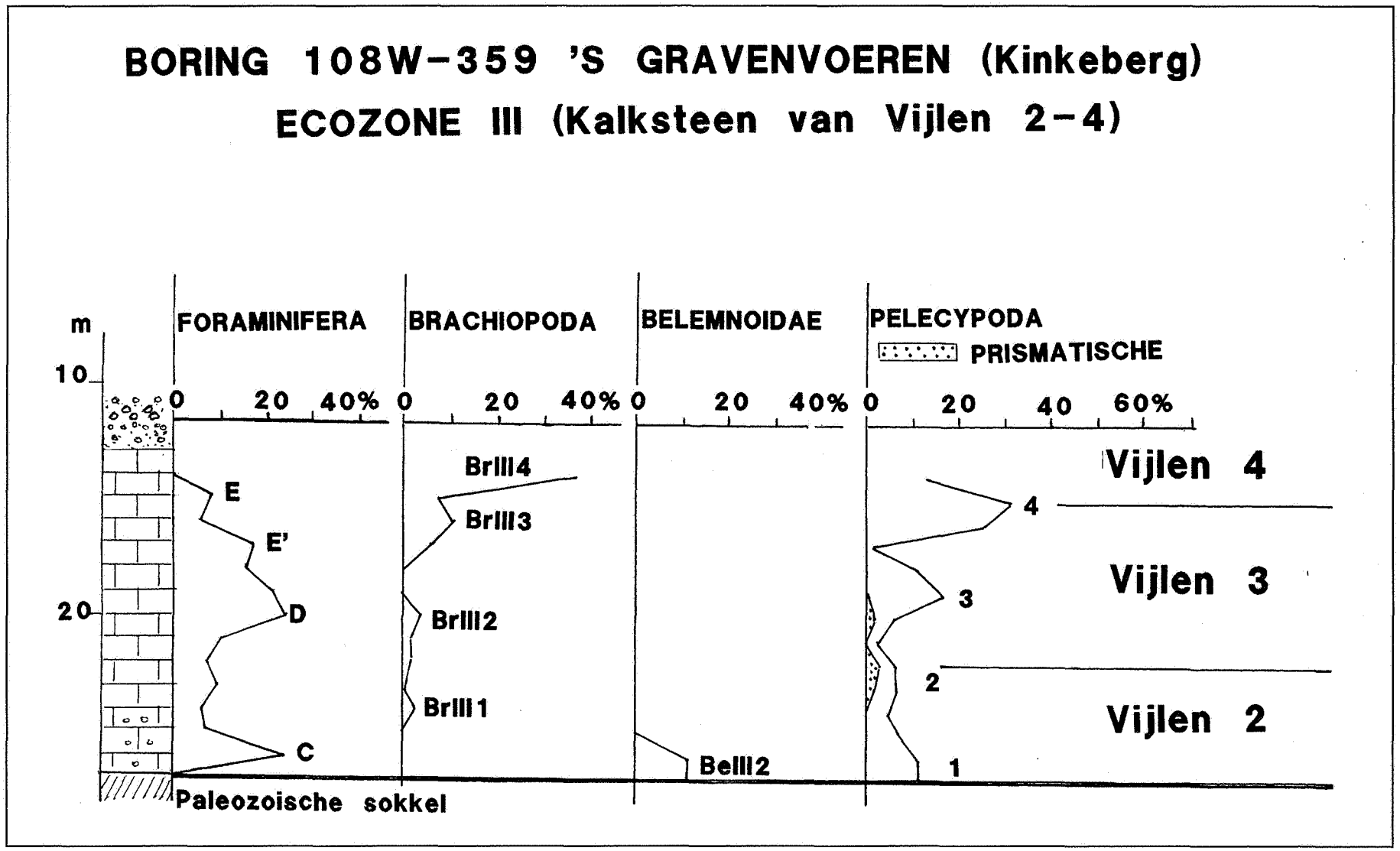
Figuur 39. Boring 62B-580 te Eys van 0-32 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



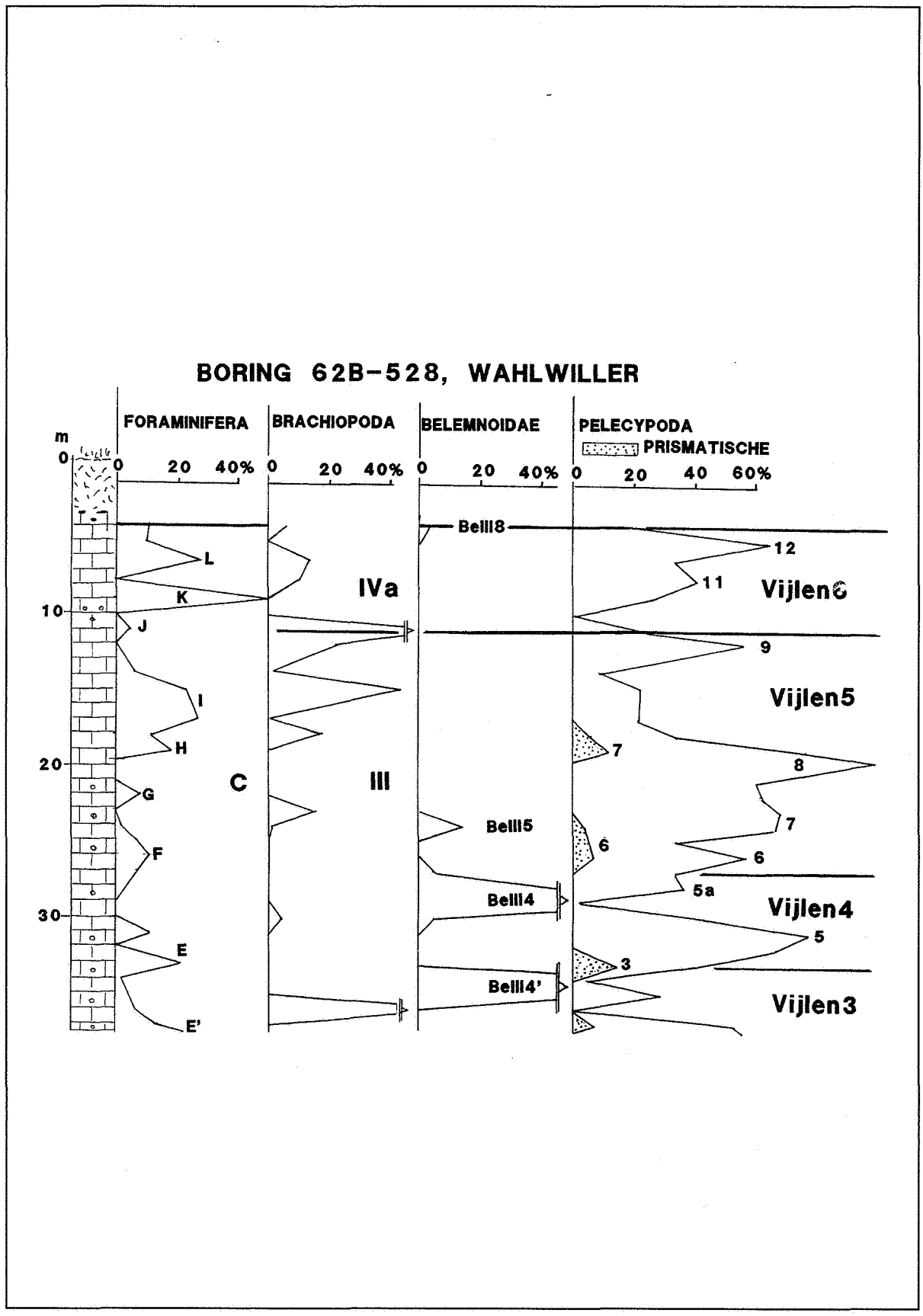
Figuur 40. Ontsluiting 108E-119 (62C-159) te Altembroeck. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het profiel Oost Maarland (fig. 32)



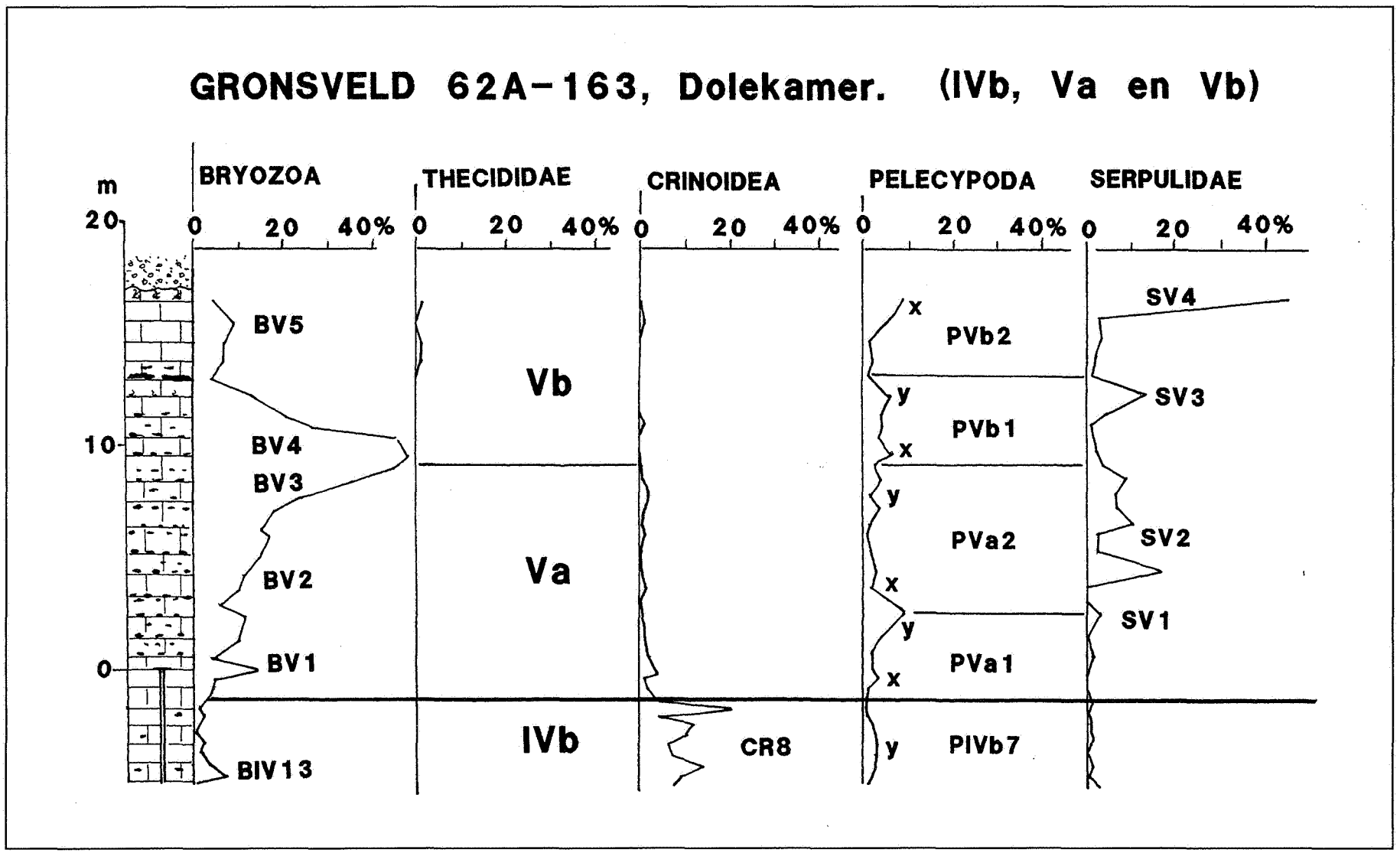
Figuur 41. Boring 108W-334/355, Provinciale School te 's Gravenvoeren van 8-36 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het profiel Oost Maarland (fig. 32)



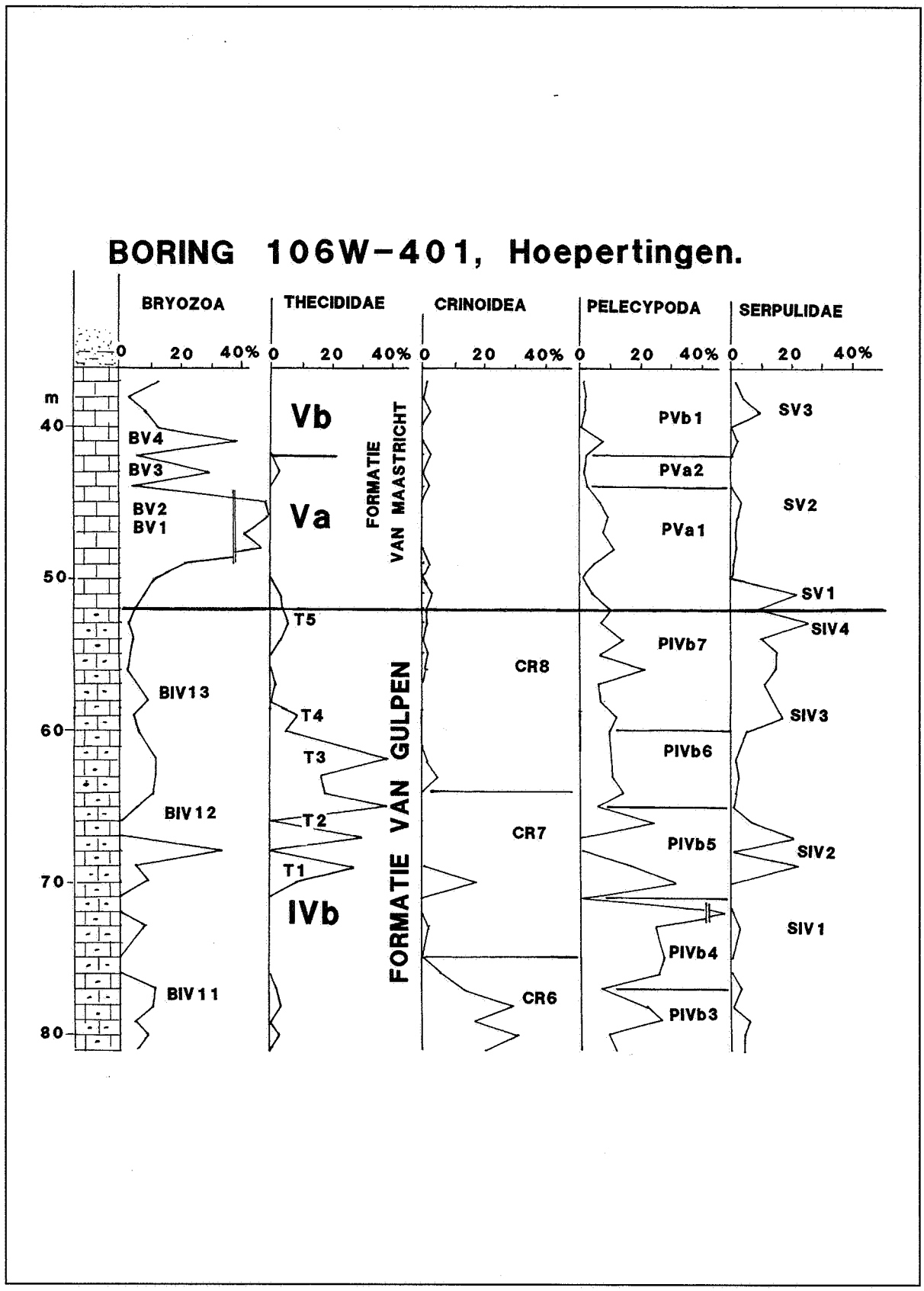
Figuur 42. Boring 108W-359, Kinkenberg te 's Gravenvoeren van 13-28 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III werd gecorreleerd met het profiel Oost Maarland (fig. 32)



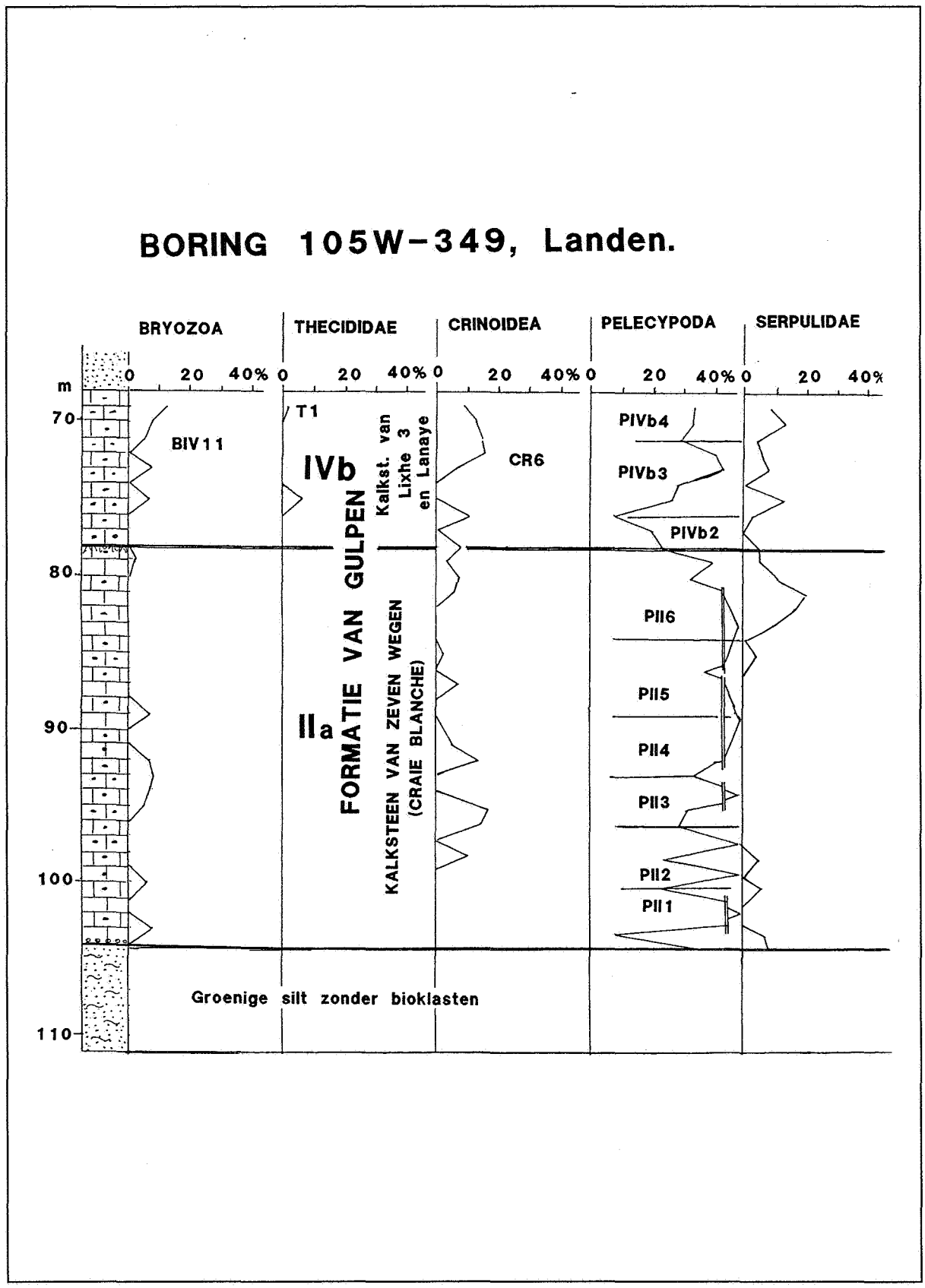
Figuur 43. Boring 62B-528 te Wahlwiller van 0-37.50 meter boordiepte. Het aangetroffen gedeelte van ecozone III is gecorreleerd met het typeprofiel Mamelis (fig. 22).



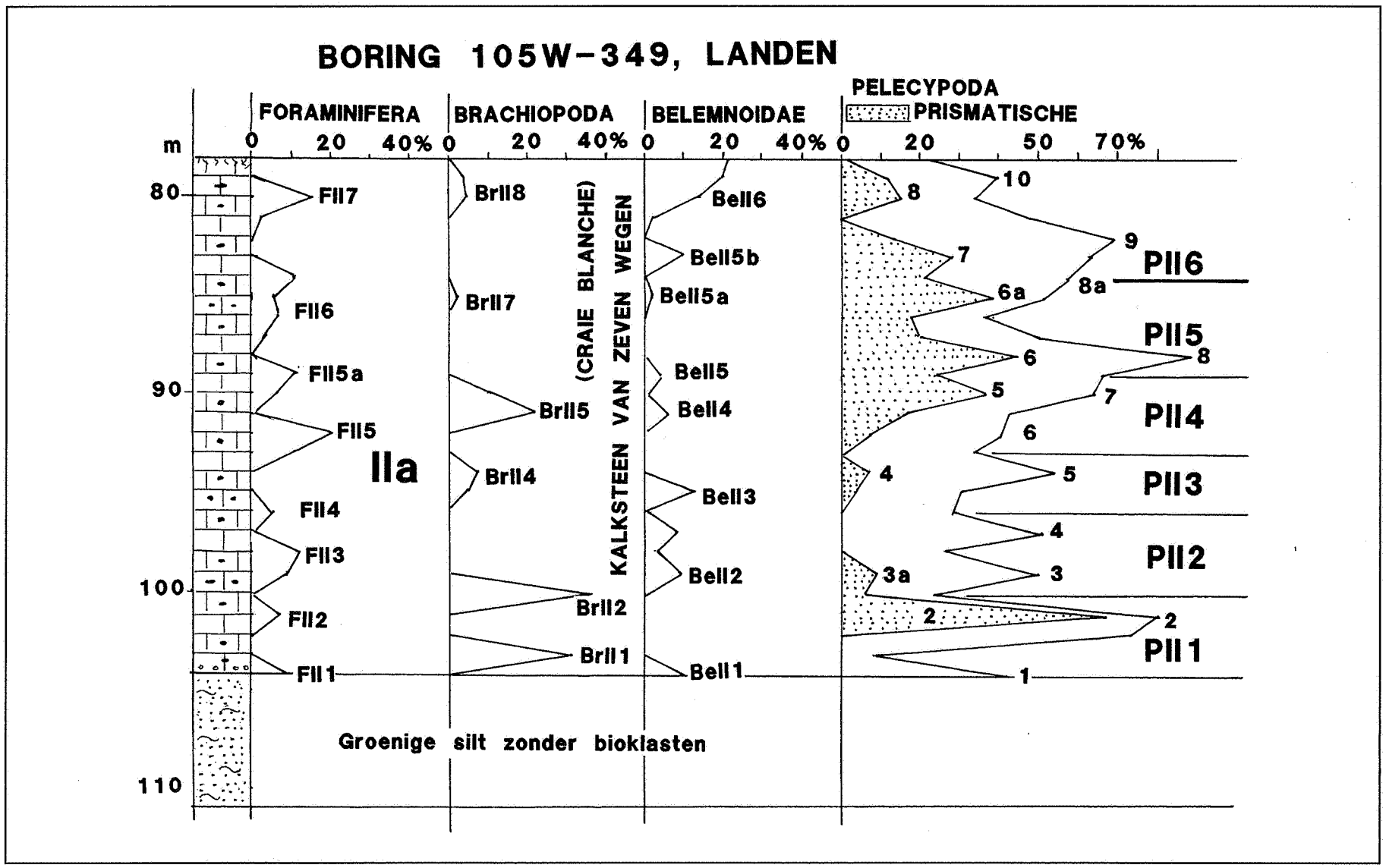
Figuur 44. Ontsluiting 62A-163 Dolekamer te Gronsveld. De aangetroffen deel-ecozones IVb,Va en Vb werden gecorreleerd met en ingedeeld volgens het typeprofiel ENCI groeve (fig. 29)



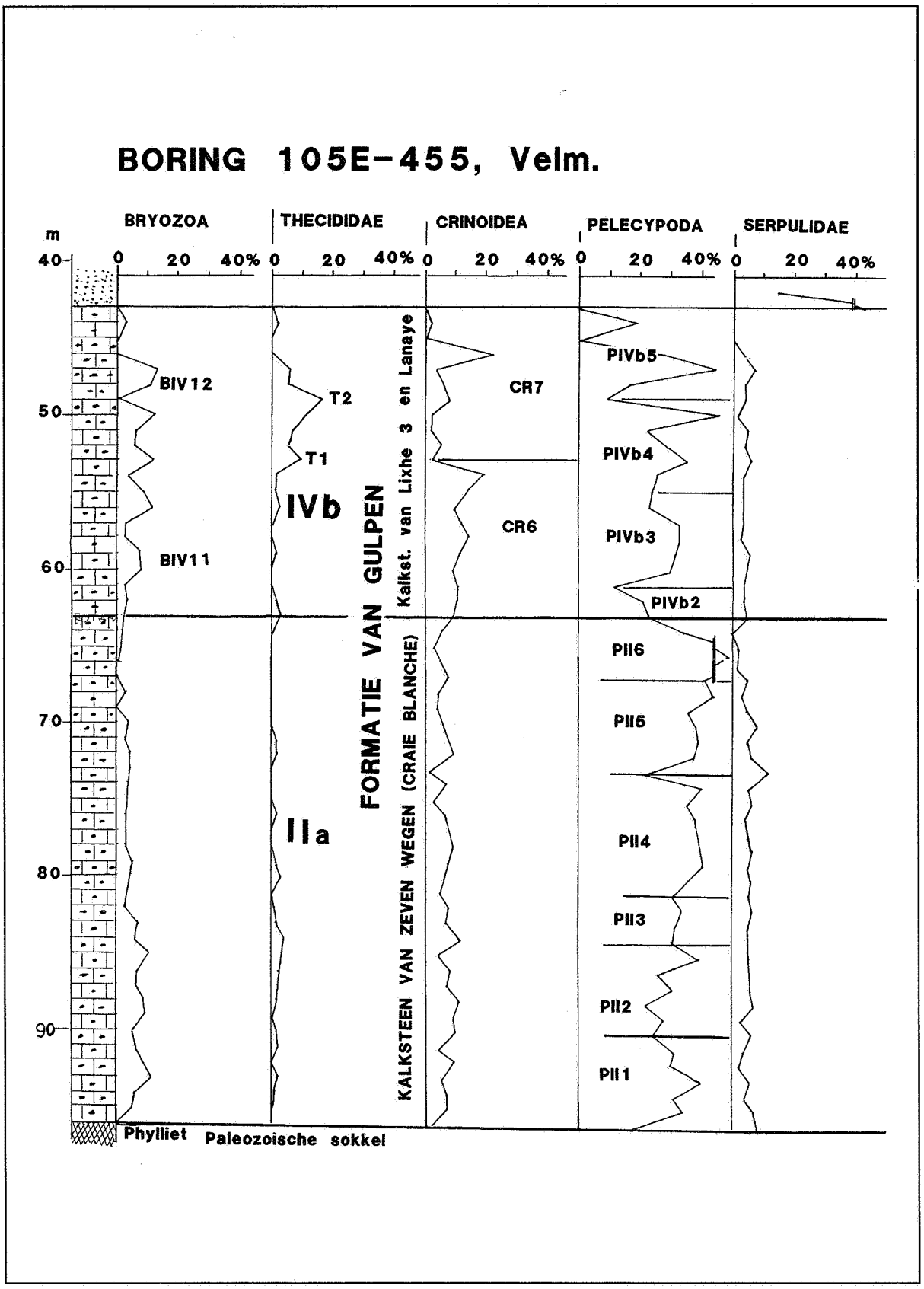
Figuur 45. Boring 106W-401 te Hoepertingen van 36-81 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29).



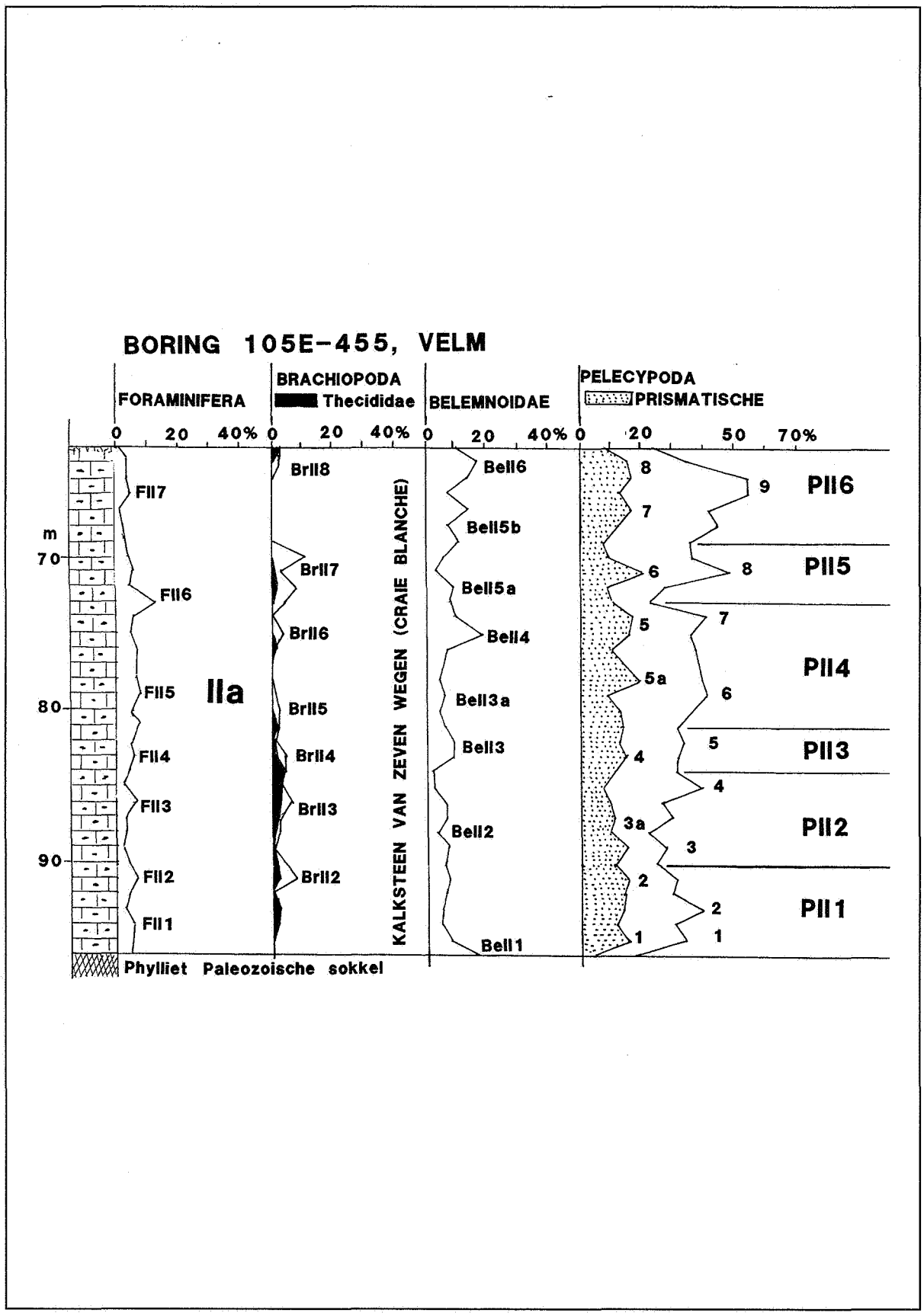
Figuur 46. Boring 105W-349 te Landen. Deel-ecozone IVb werd gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Voor de verdere indeling van deel-ecozone IIa zie figuur 46a.



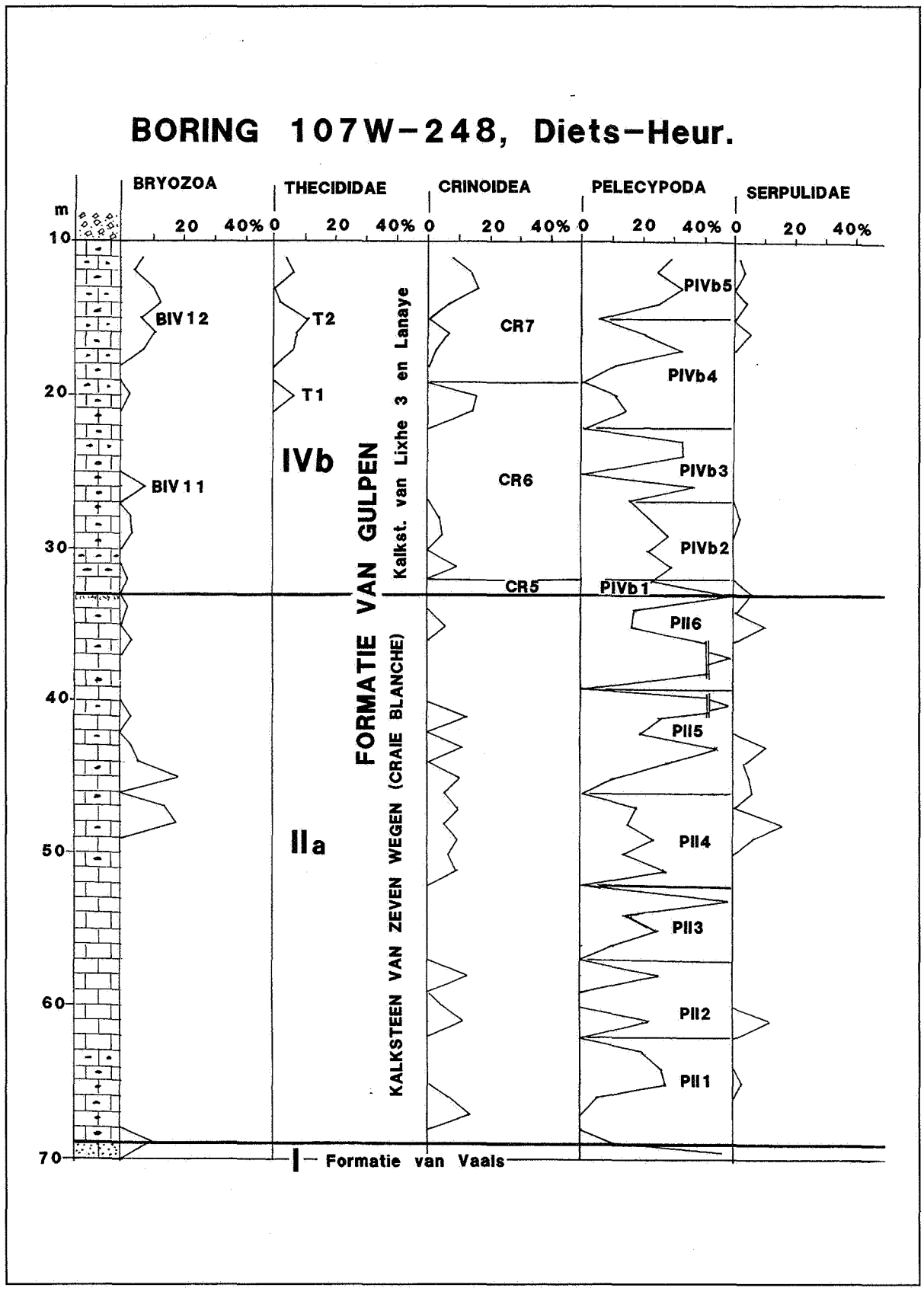
Figuur 46a. Boring 105W-349 te Landen. Indeling van deel-ecozone IIa in volgens het type profiel CPL te Halembaye (fig. 18a).



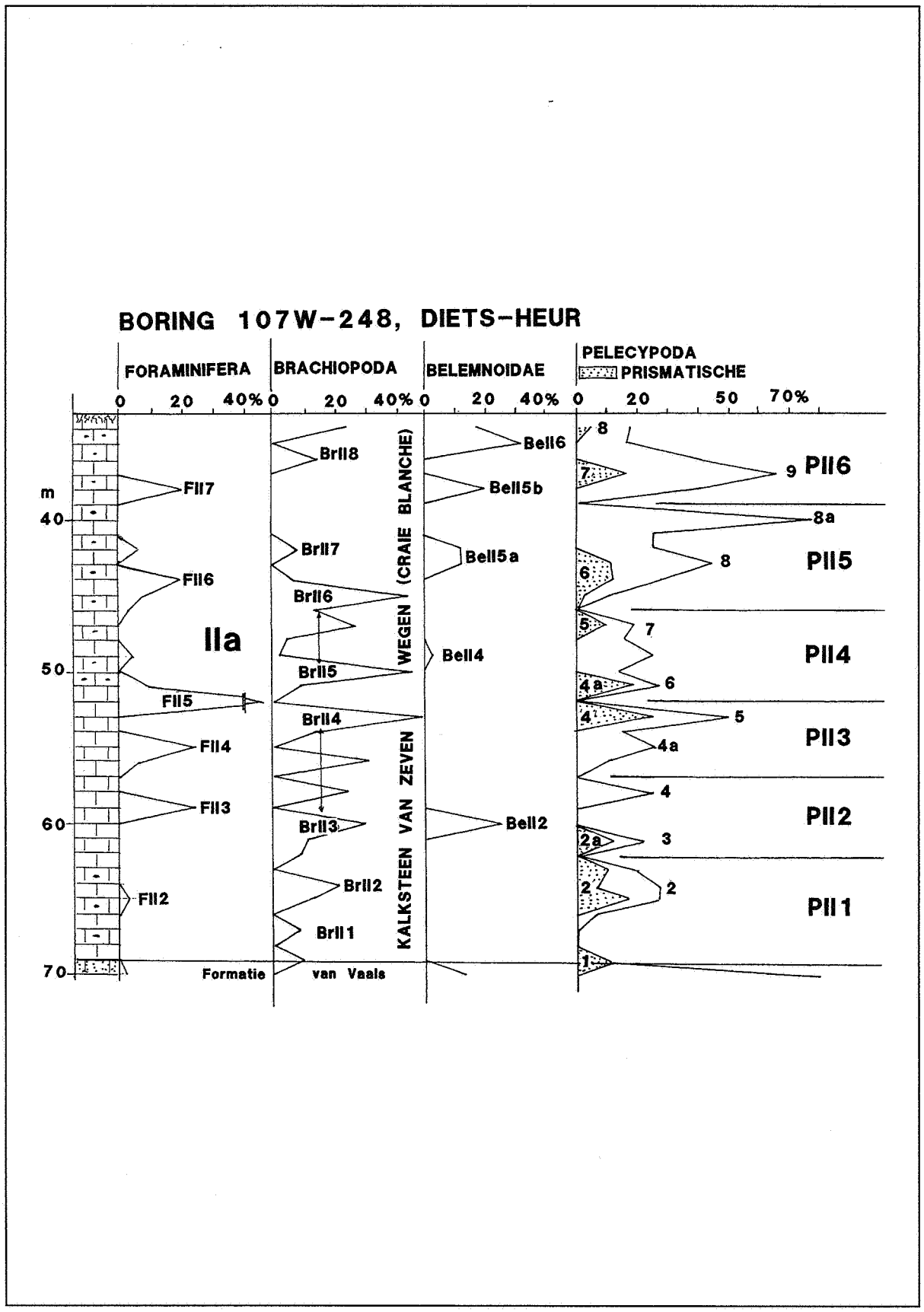
Figuur 47. Boring 105E-455 te Velm van 40-97 meter boordiepte. Deel-ecozone IVb werd gecorreleerd en ingedeeld in volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Voor de verdere indeling van deel-ecozone IIa zie figuur 47a.



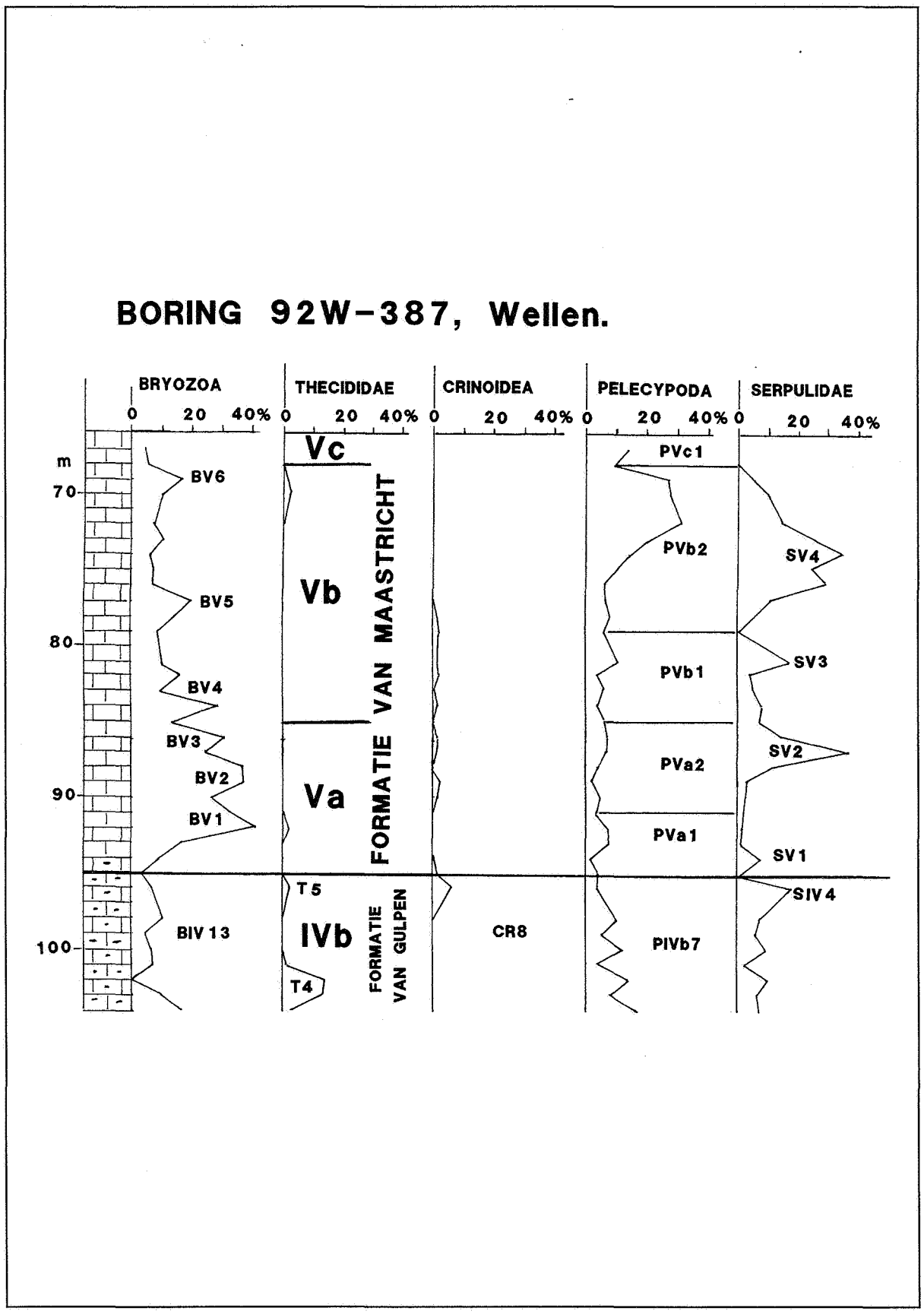
Figuur 47a. Boring 105E-455 te Velm. Indeling van deel-ecozone IIa volgens het type profiel CPL te Halembaye (fig. 18a).



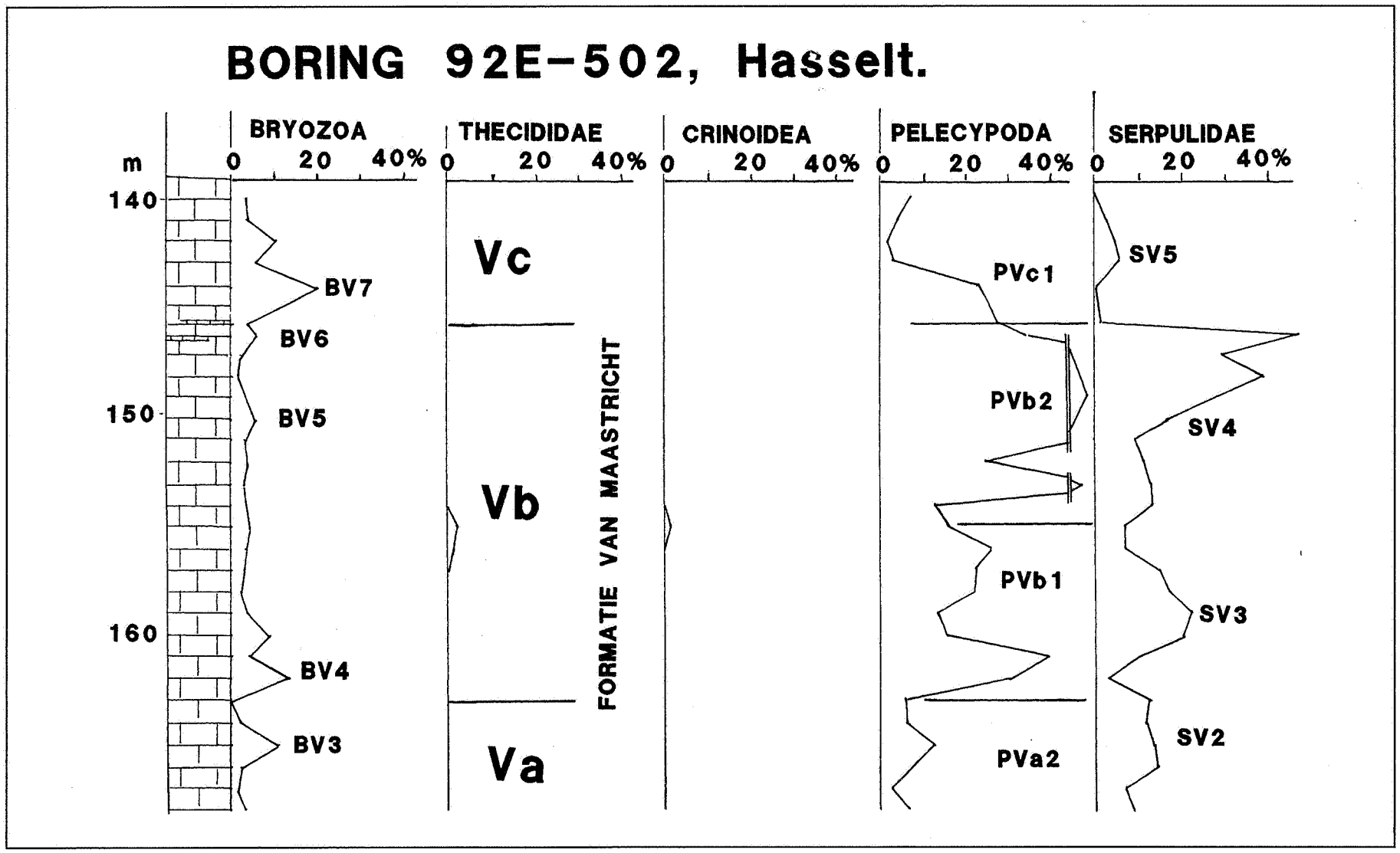
Figuur 48. Boring 107W-248 te Diets-Heur van 10-70 meter boordiepte. Deel-ecozone IVb werd gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29). Voor de verdere indeling van deel-ecozone IIa zie figuur 48a.



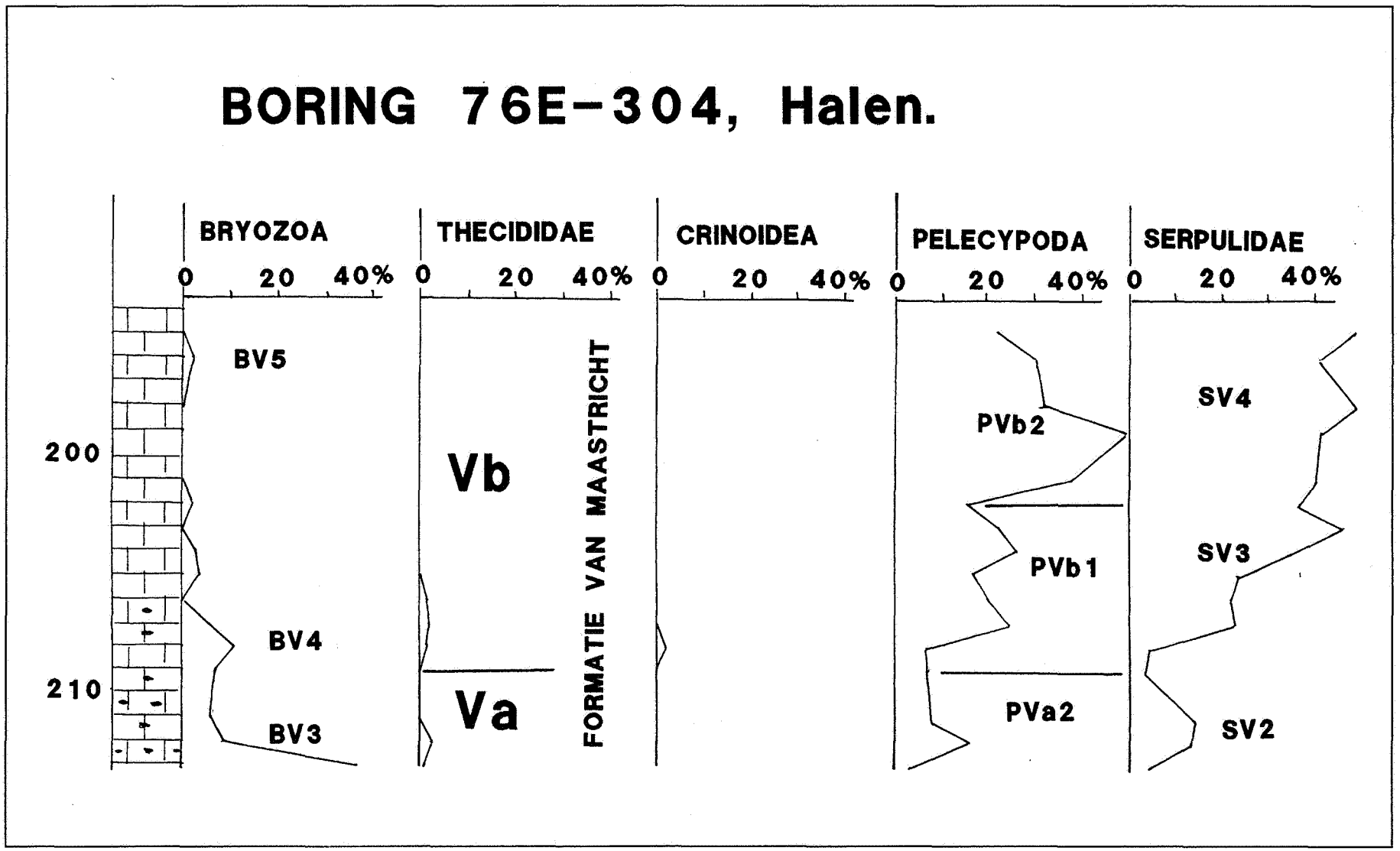
Figuur 48a. Boring 107W-248 te Diets Heur. Indeling van deel-ecozone IIa volgens het type profiel CPL te Halembaye (fig. 18a).



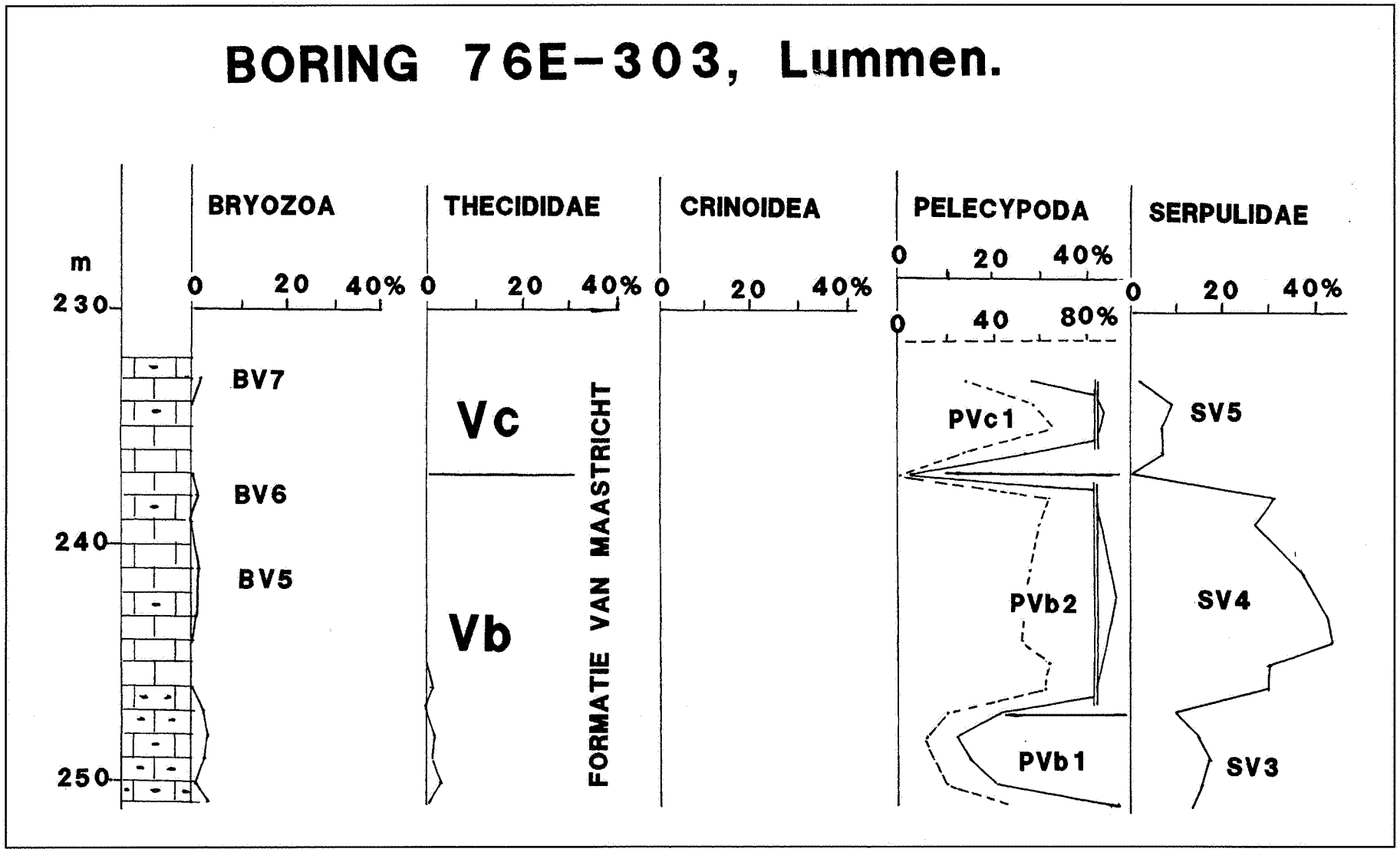
Figuur 49. Boring 92W-387 te Wellen van 66-104 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones IVb, Va, Vb en Vc werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29).



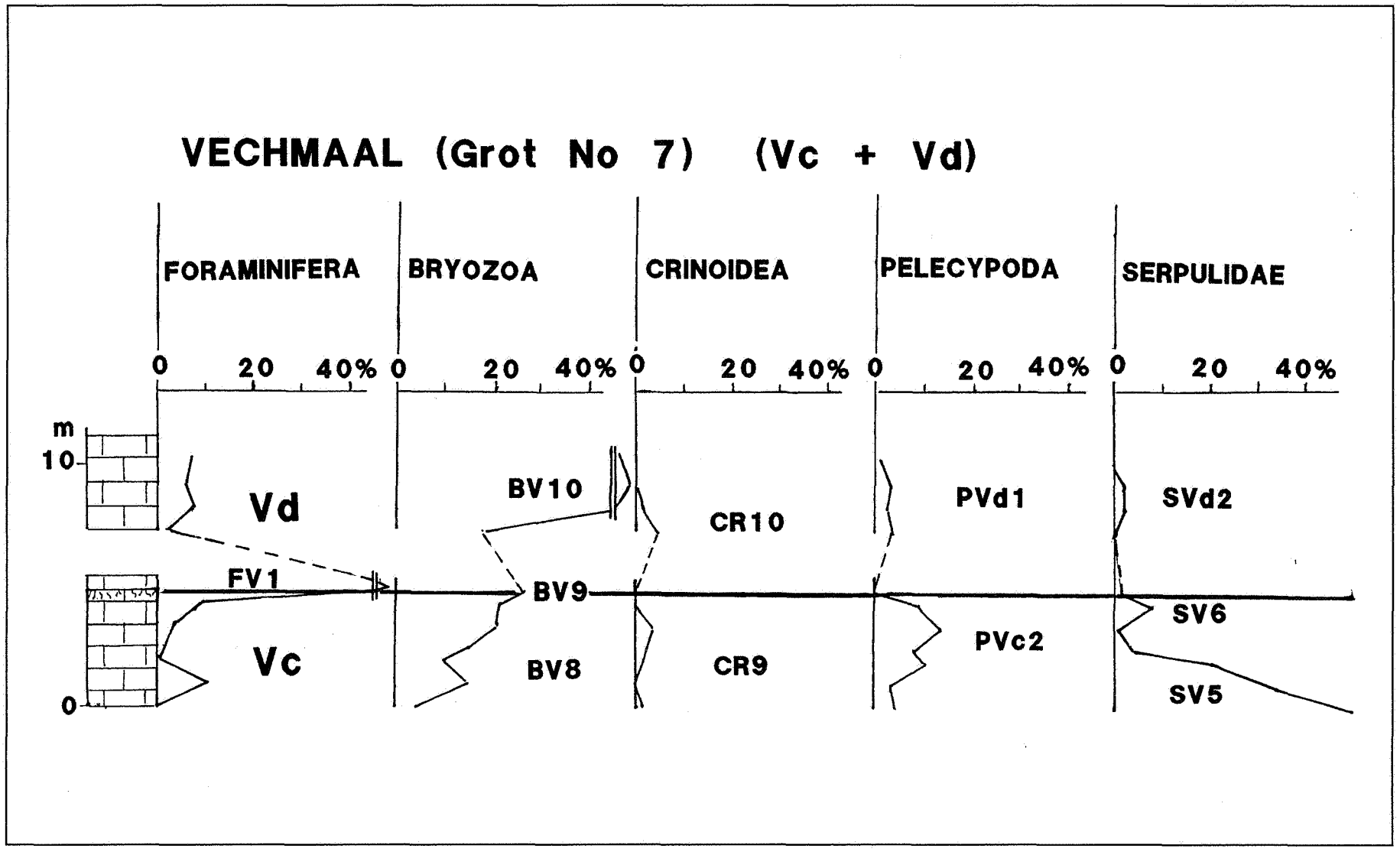
Figuur 50. Boring 92E-502 te Hasselt van 139-168 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones Va, Vb en Vc werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29).



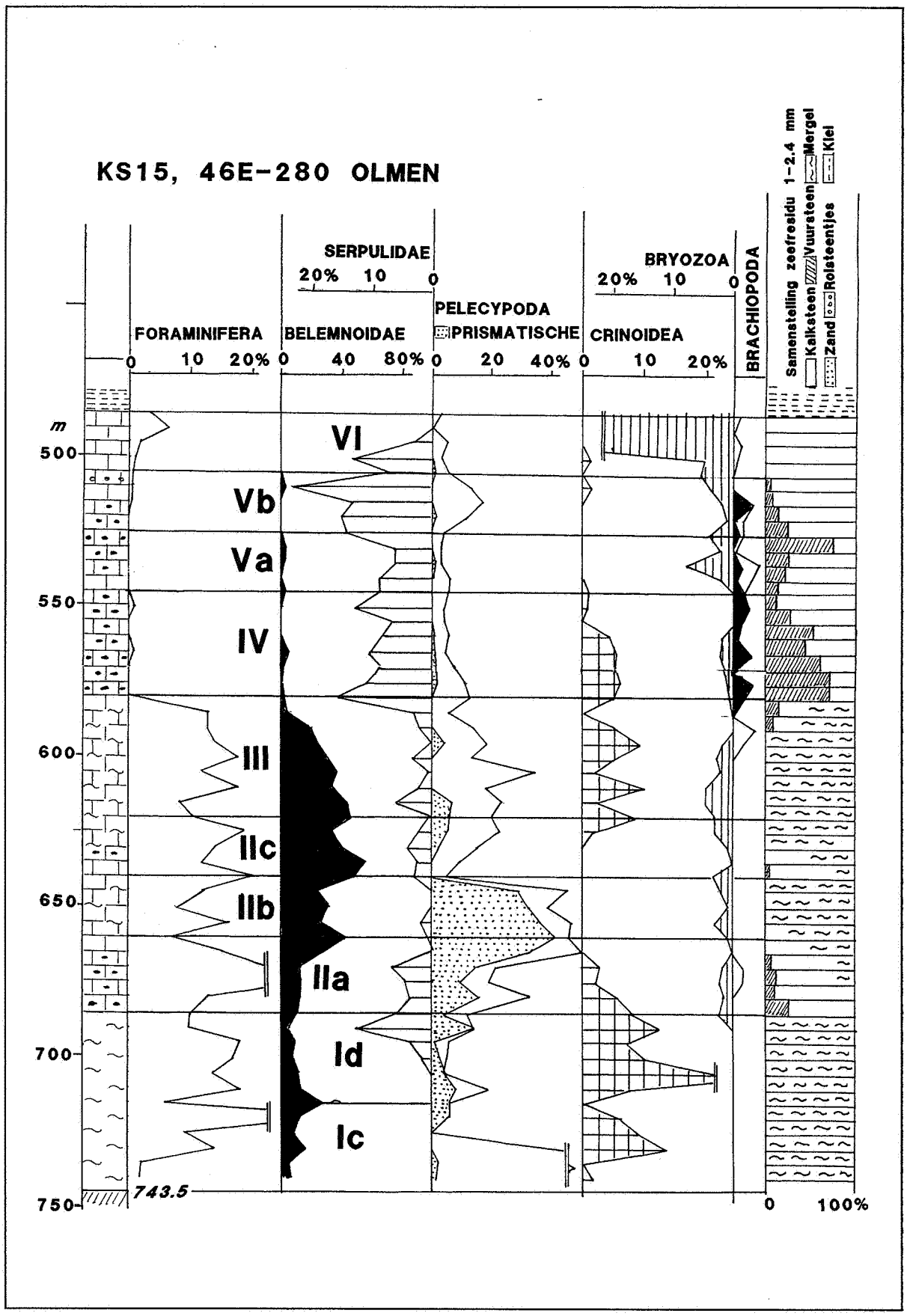
Figuur 51. Boring 76E-304 te Halen van 194-213 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones Va en Vb werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29).



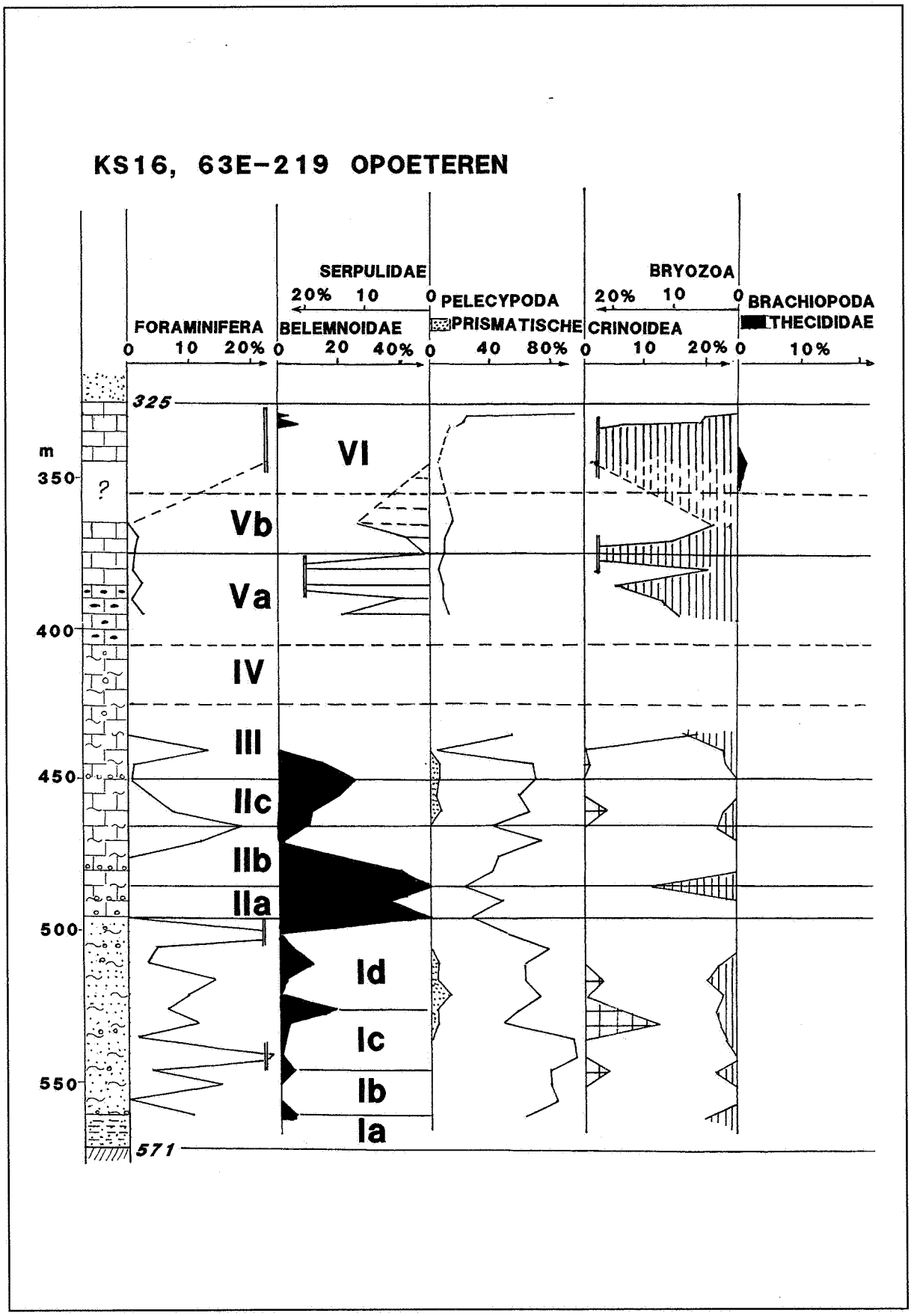
Figuur 52. Boring 76E-303 te Lummen van 232-251 meter boordiepte. De aangetroffen deel-ecozones Vb en Vc werden gecorreleerd en ingedeeld volgens het type profiel ENCI groeve te Maastricht (fig. 29).



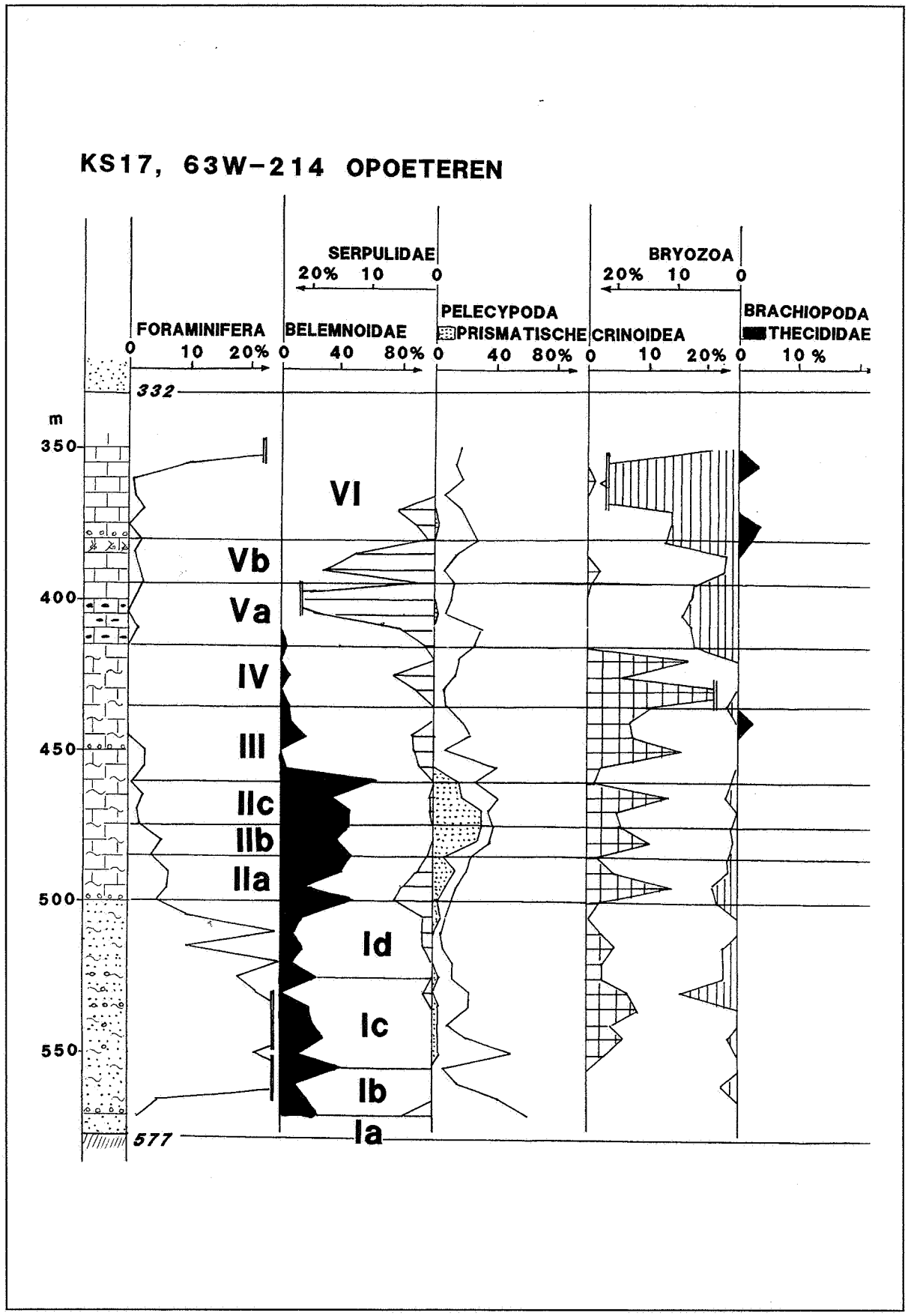
Figuur 53. Ontsluiting Vechmaal (grot No 7). De aangetroffen deel-ecozones Vc en Vd werden gecorreleerd en ingedeeld volgens de type profielen ENCI groeve te Maastricht (fig. 29) en groeve Curfs (fig. 30).



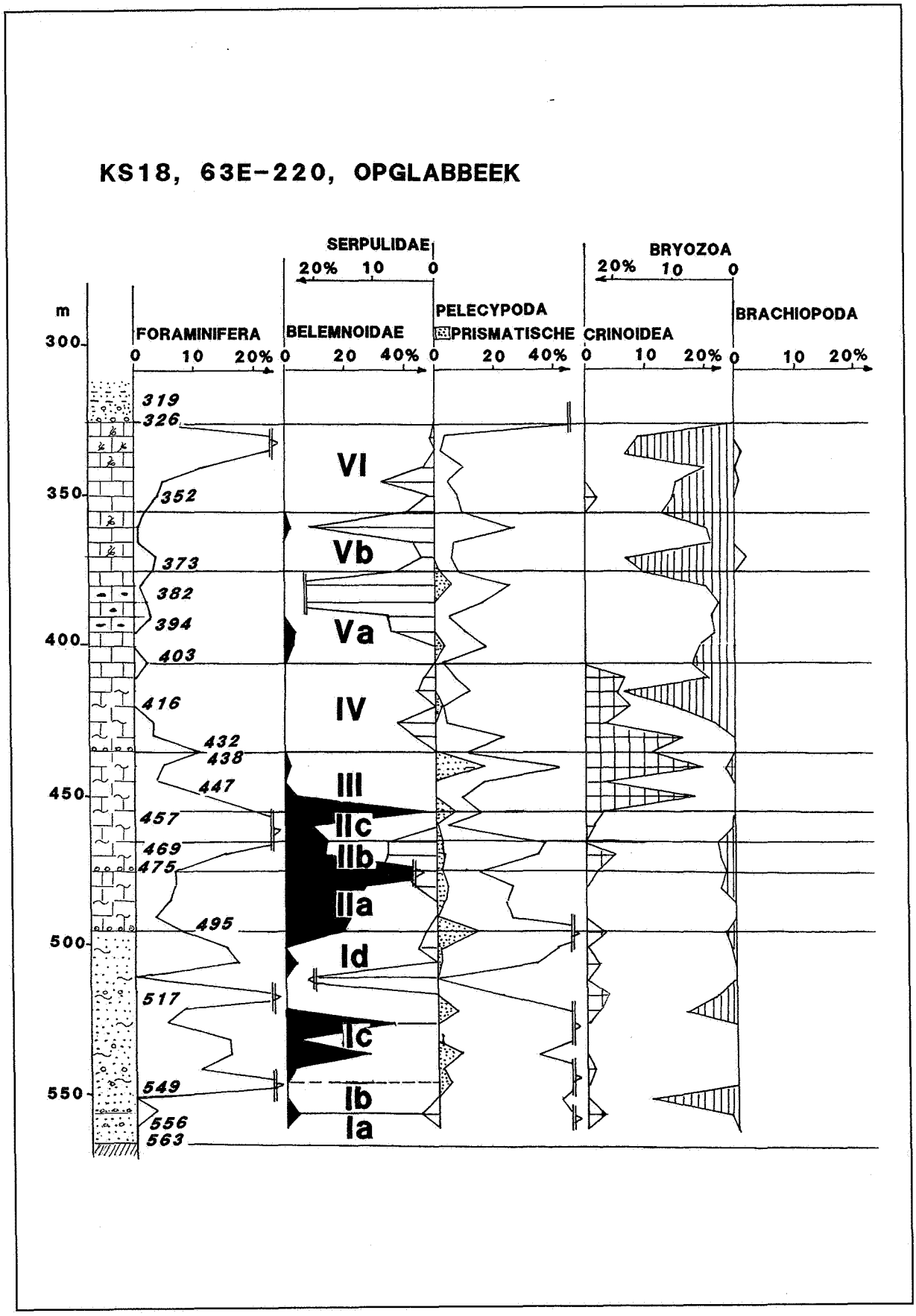
Figuur 54. Boring KS 15, 46E-280 te Olmen



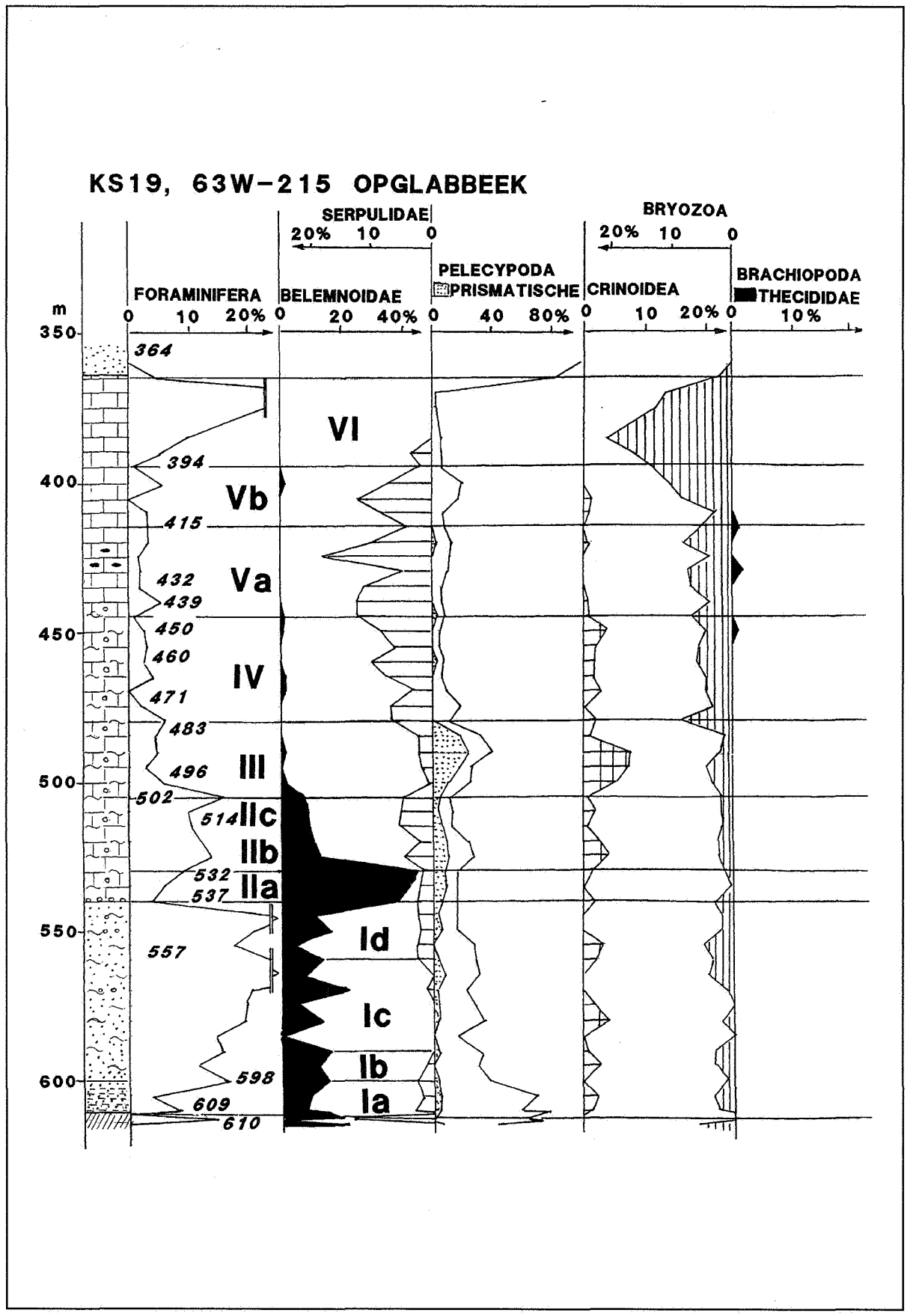
Figuur 55. Boring KS 16, 63E-219 te Opoeteren



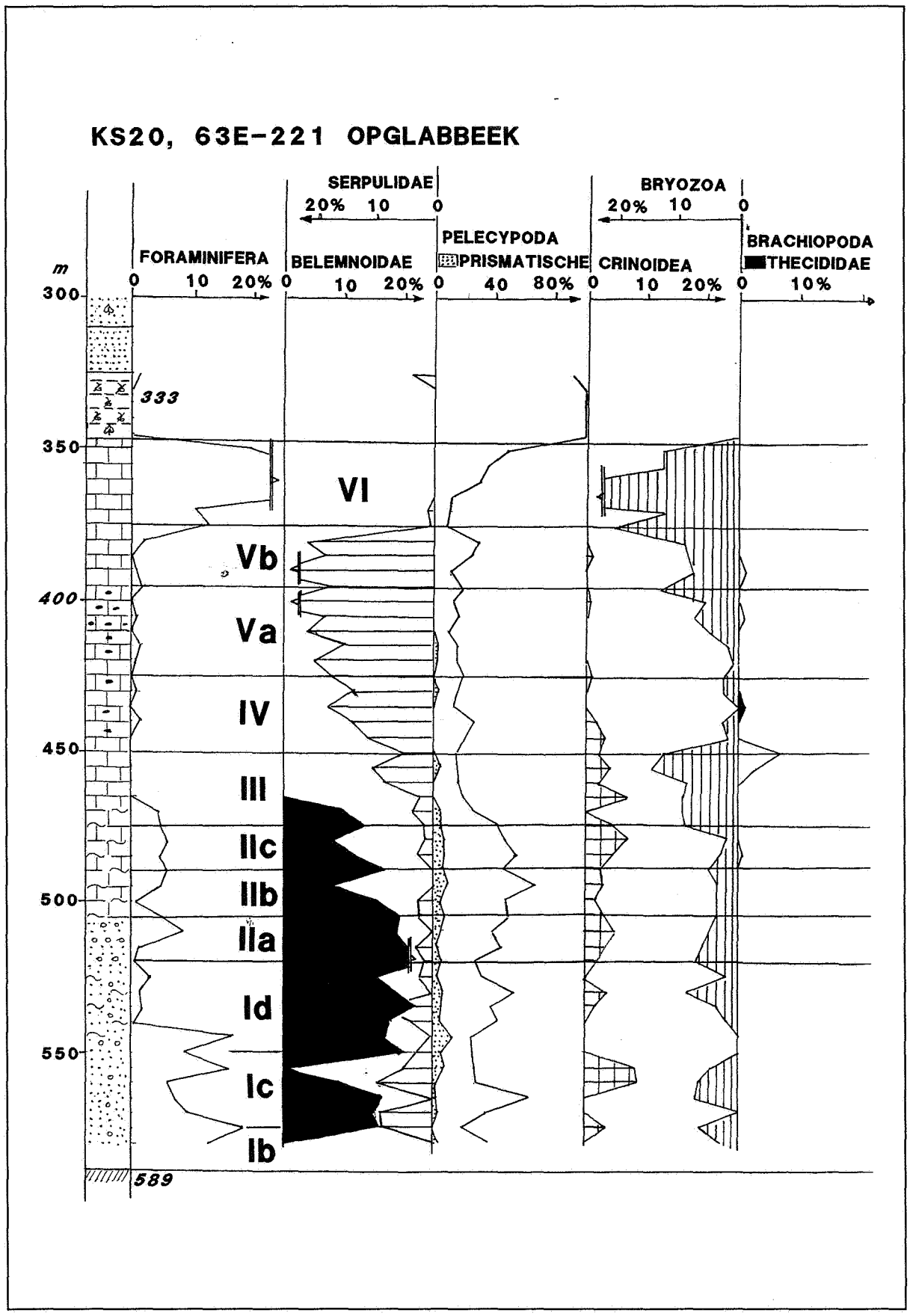
Figuur 56. Boring KS 17, 63W-214 te Opoeteren



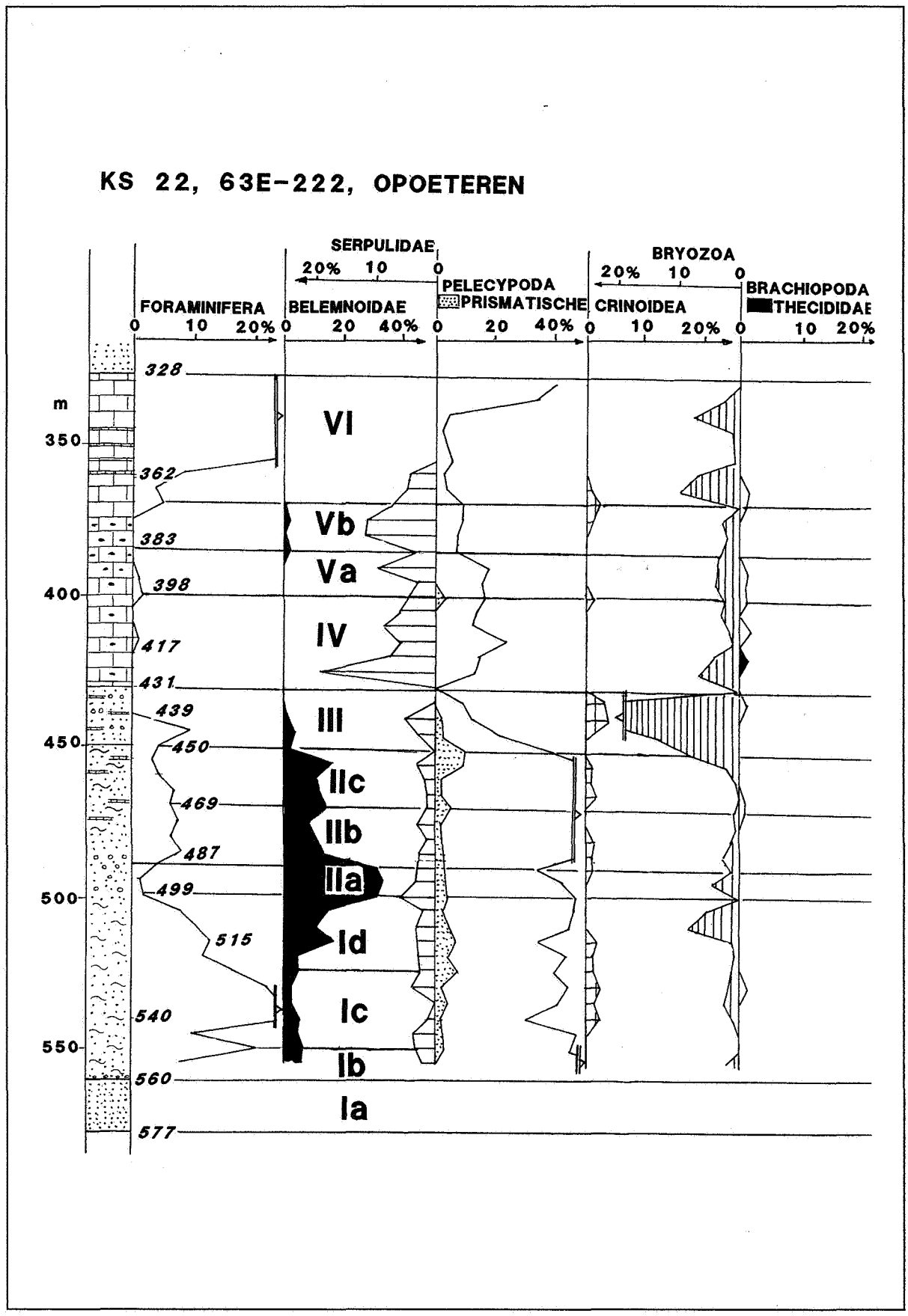
Figuur 57. Boring KS 18, 63E-220 te Opglabbeek



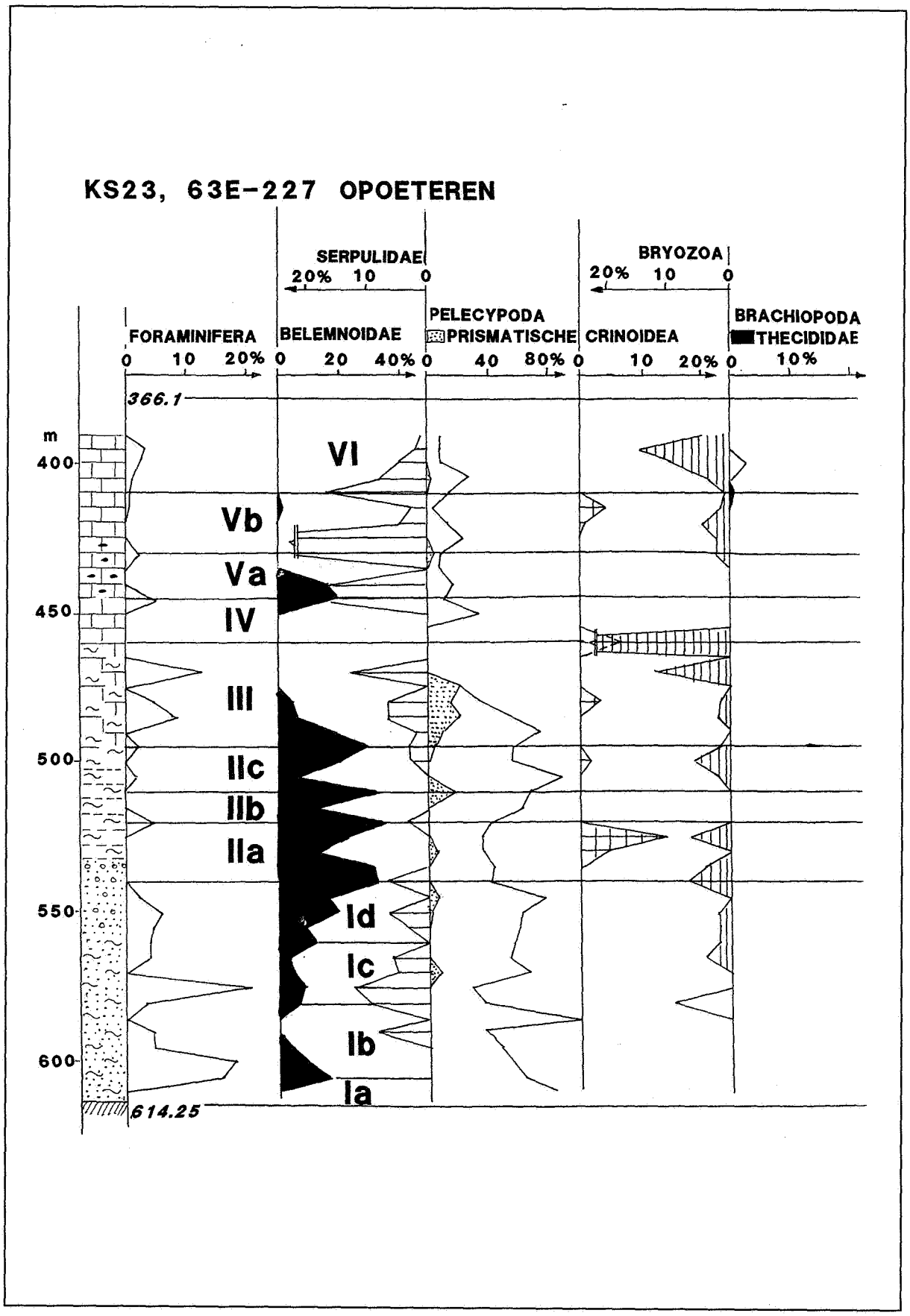
Figuur 58. Boring KS 19, 63W-215 te Opglabbeek



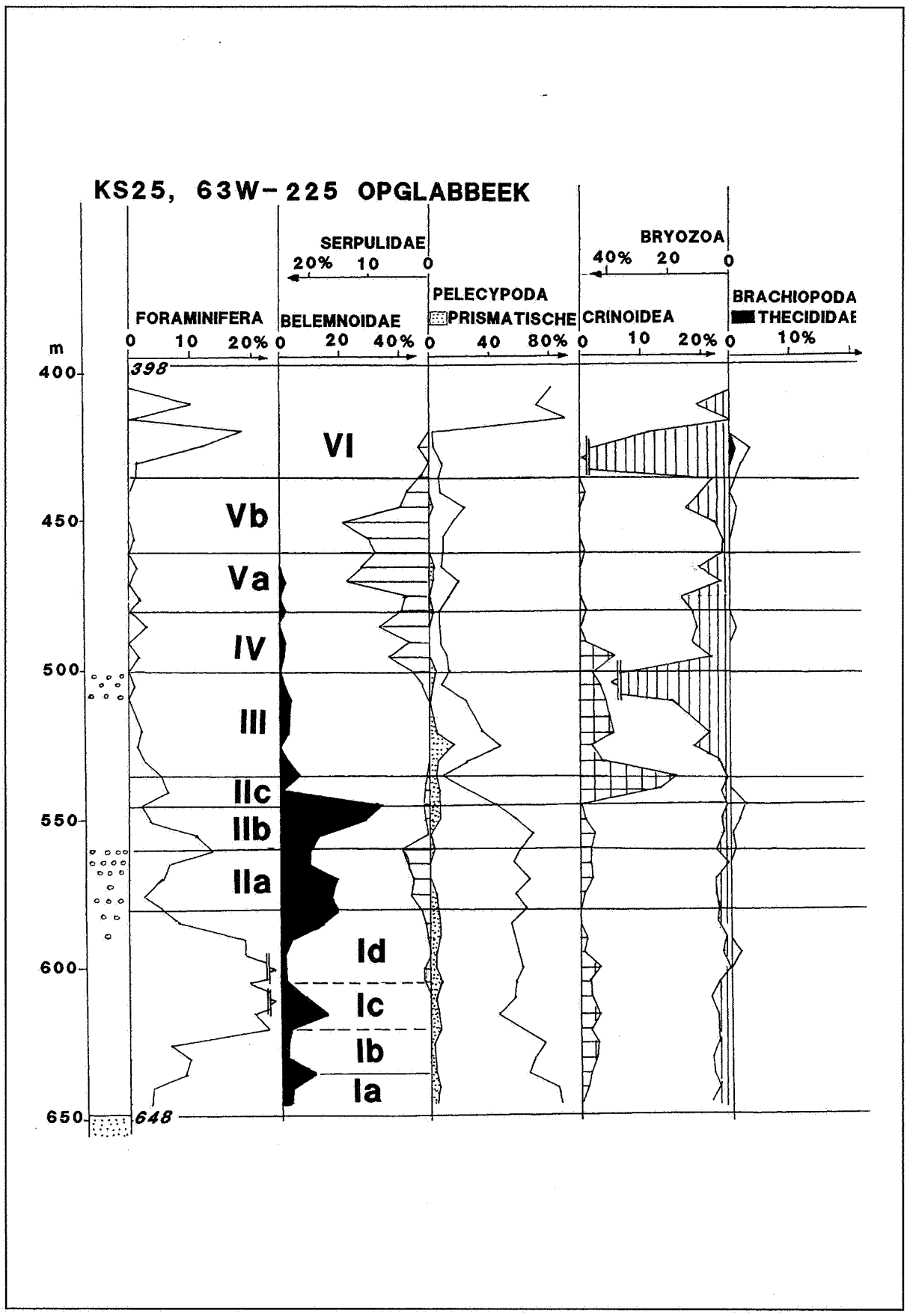
Figuur 59. Boring KS 20, 63E-221 te Opglabbeek



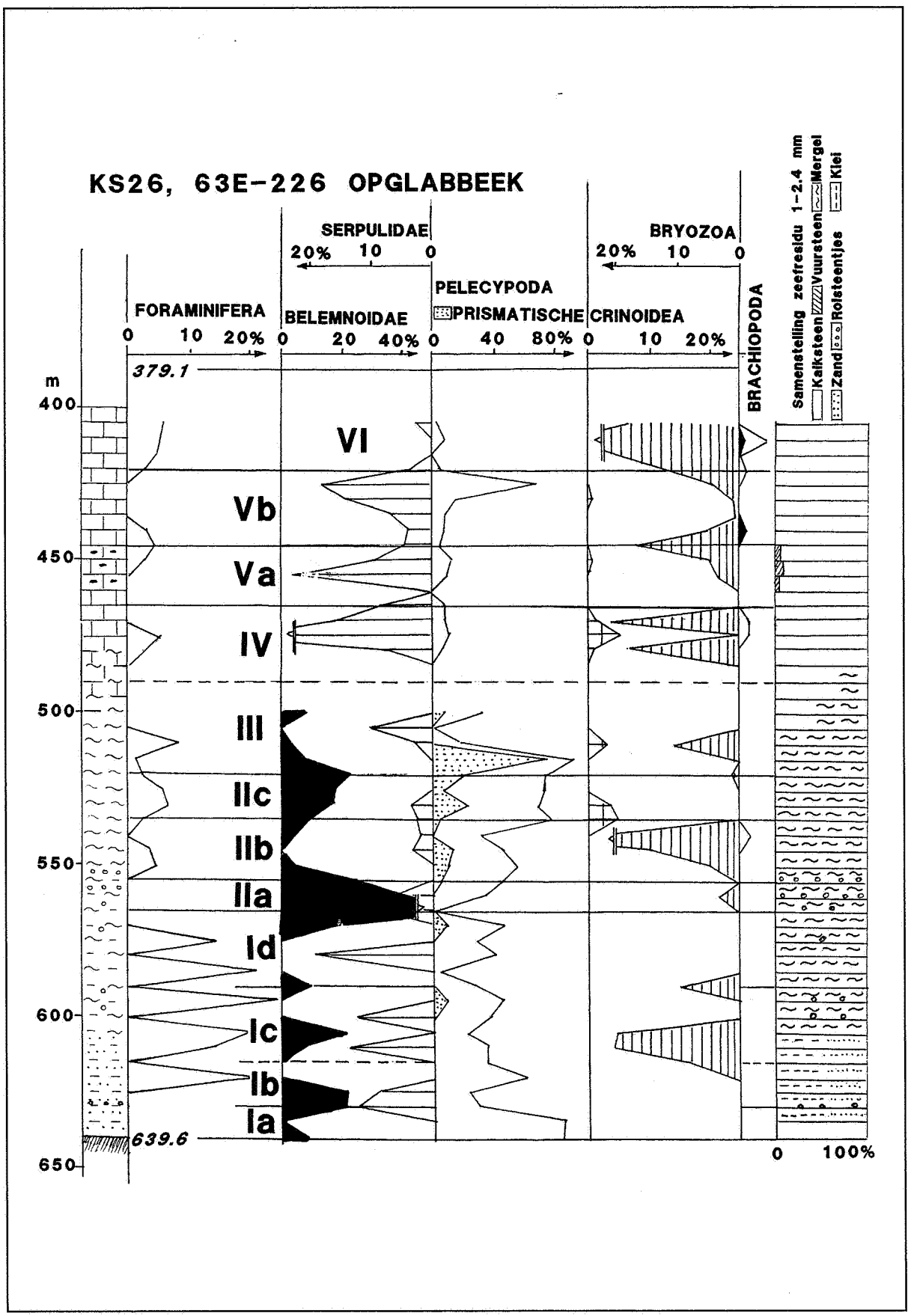
Figuur 60. Boring KS 22, 63E-222 te Opoeteren



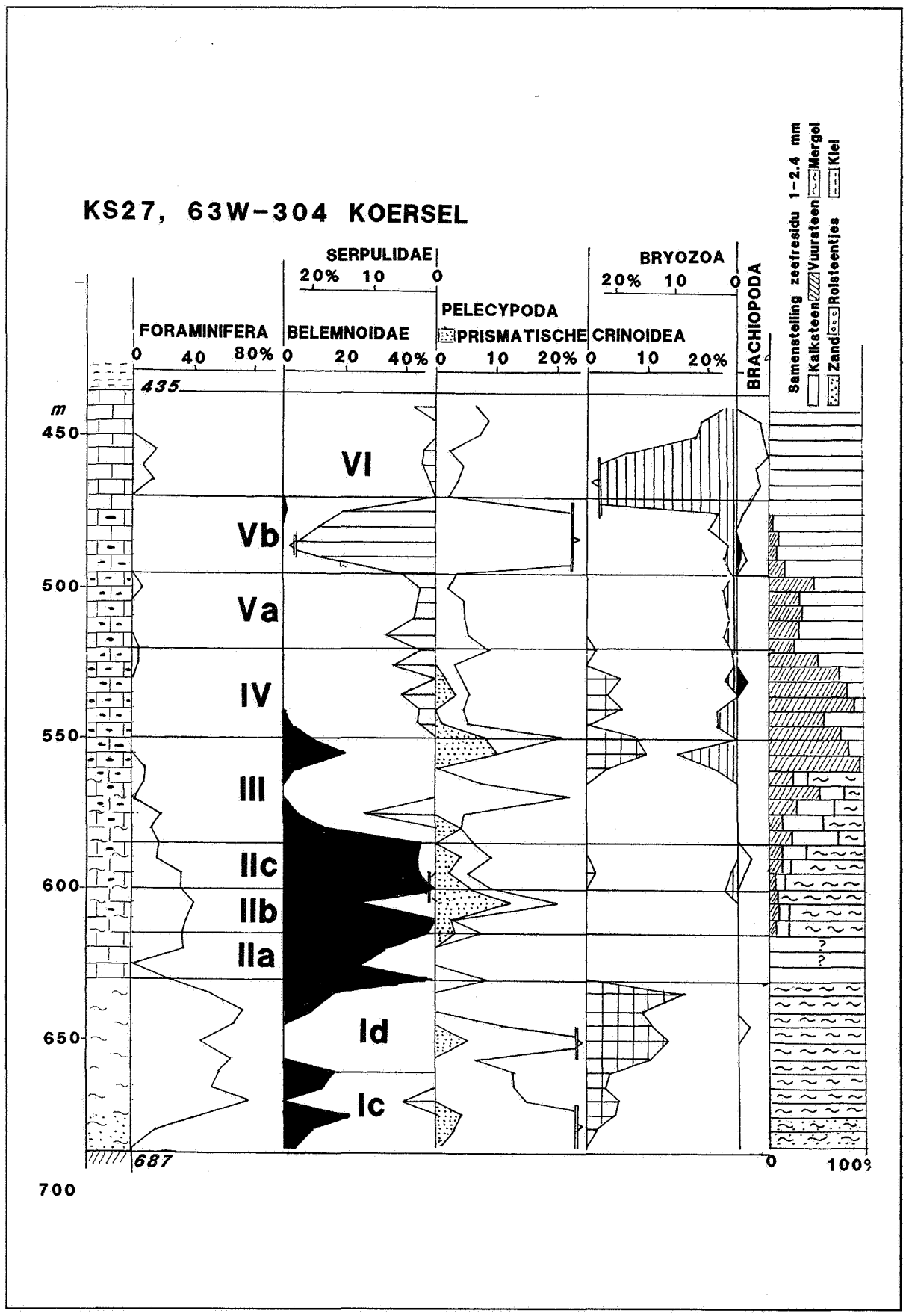
Figuur 61. Boring KS 23, 63E-227 te Opoeteren



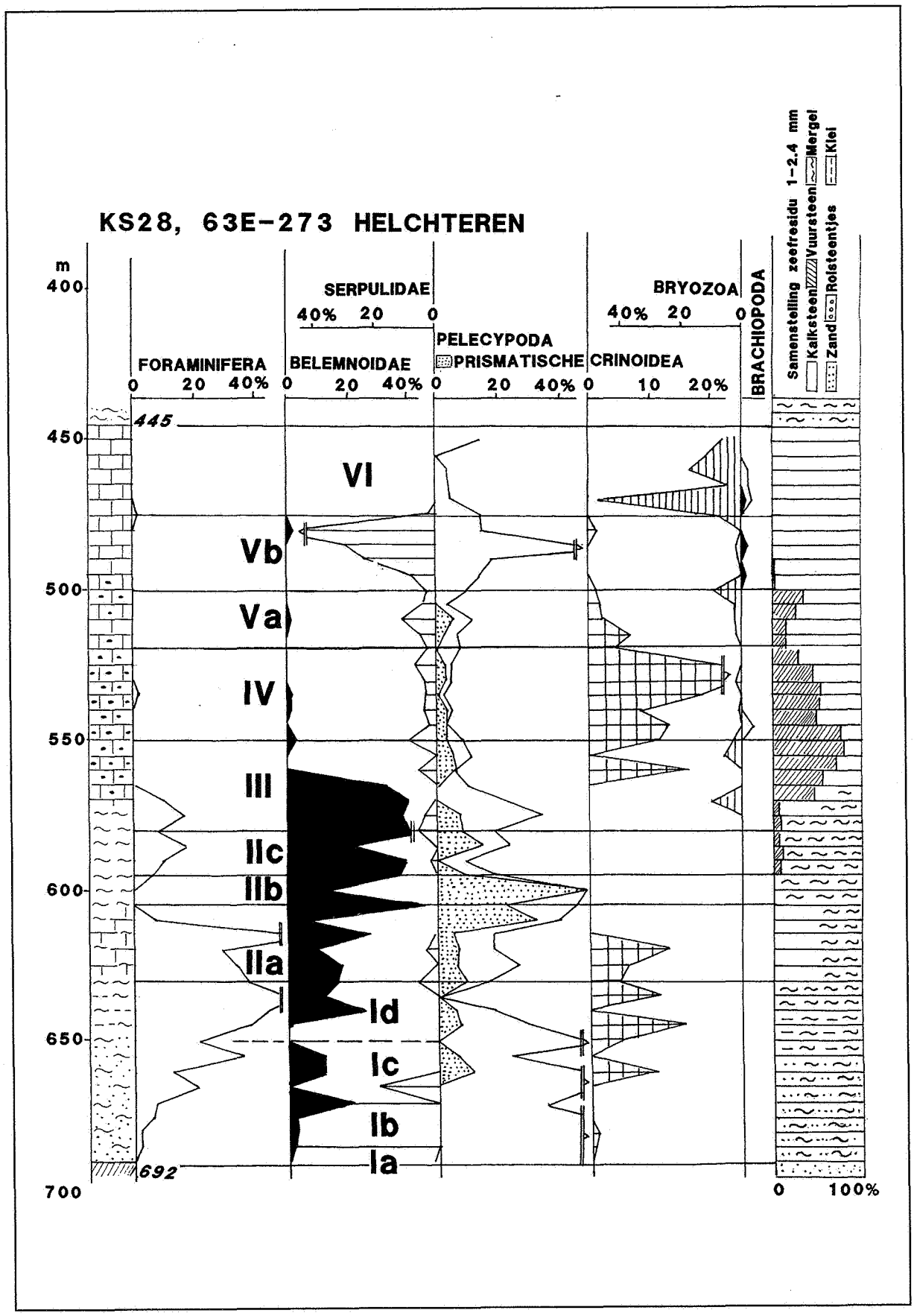
Figuur 62. Boring KS 25, 63W-225 te Opglabbeek



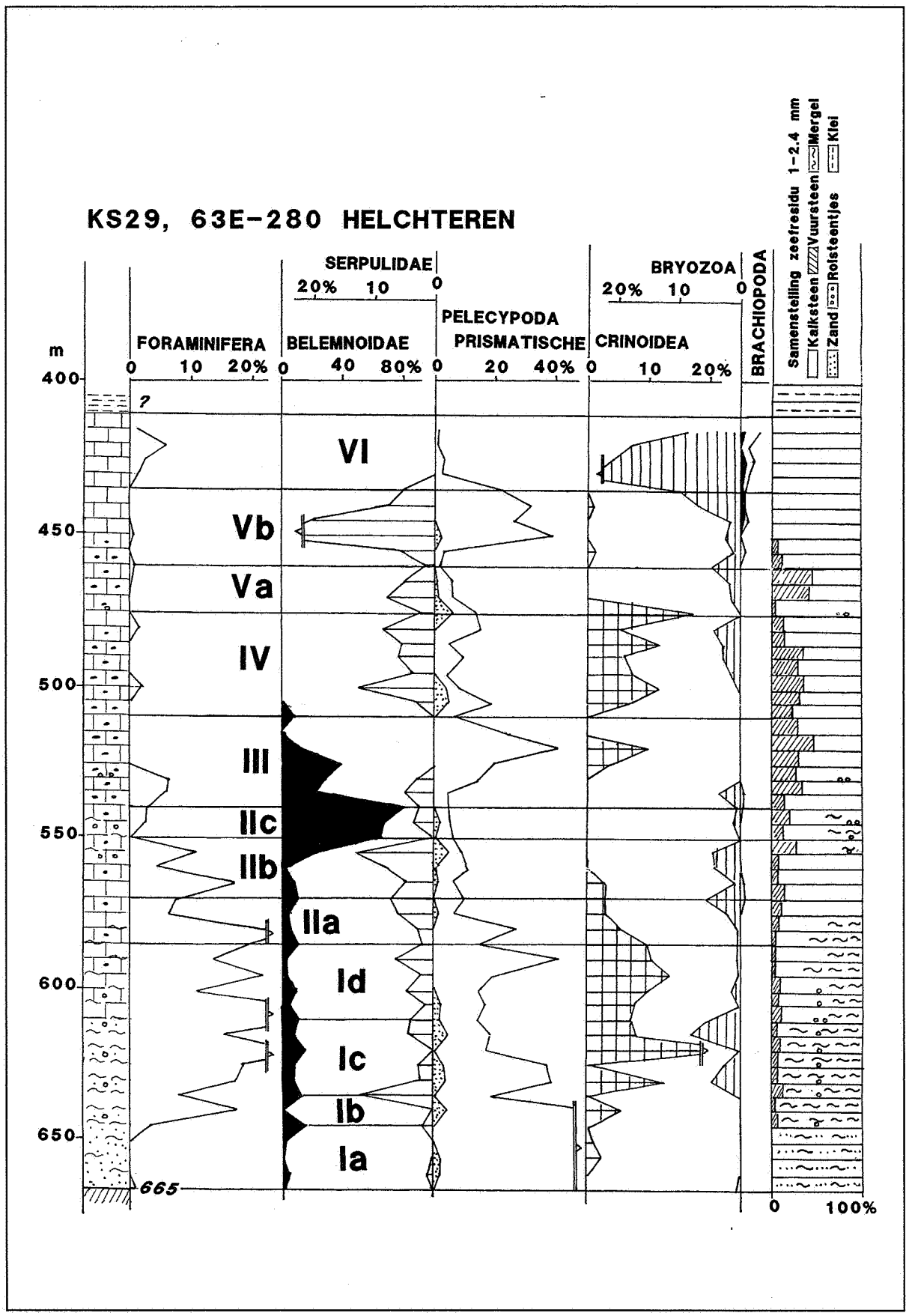
Figuur 63. Boring KS 26, 63E-226 te Opglabbeek



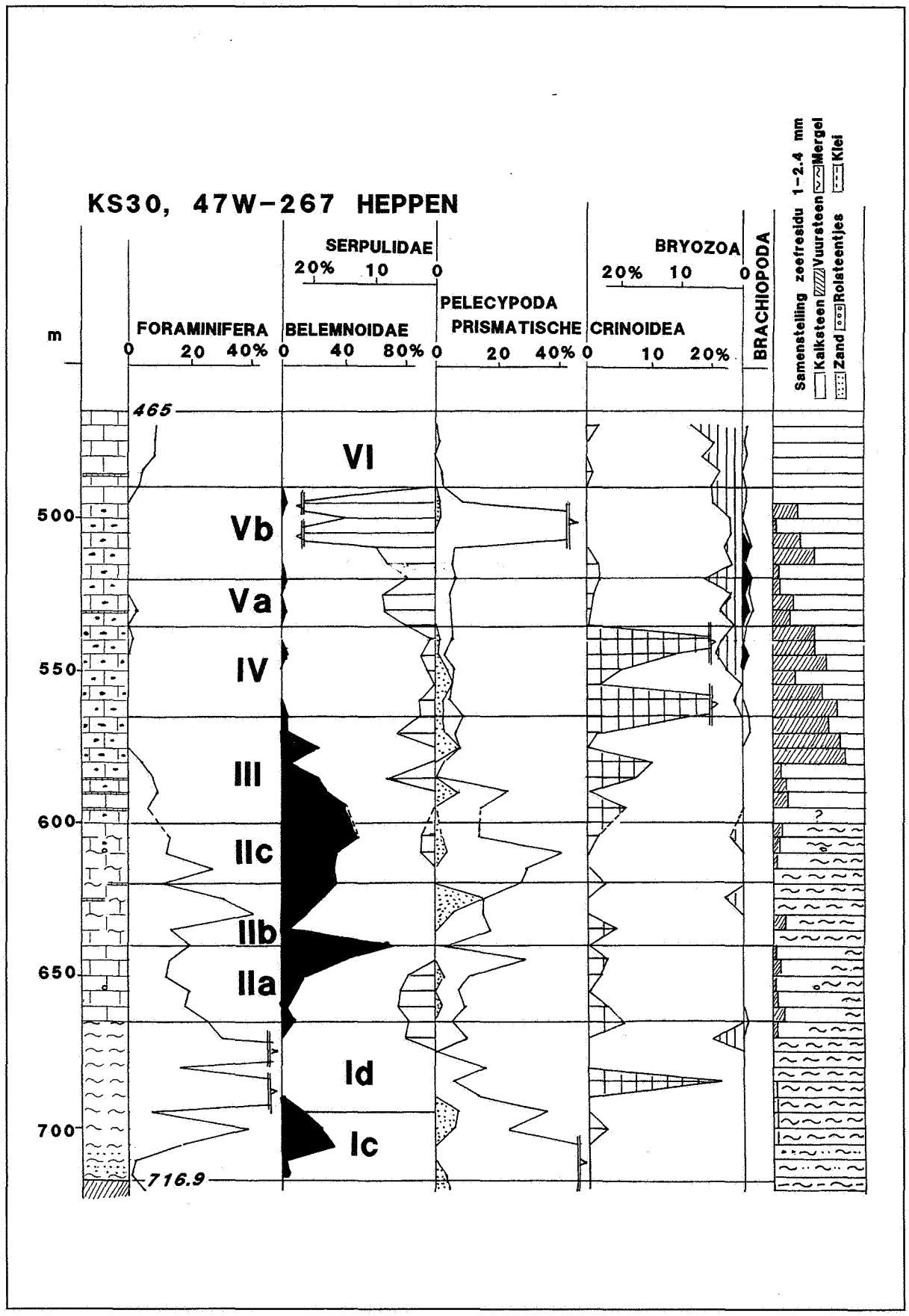
Figuur 64. Boring KS 27, 63W-304 te Koersel



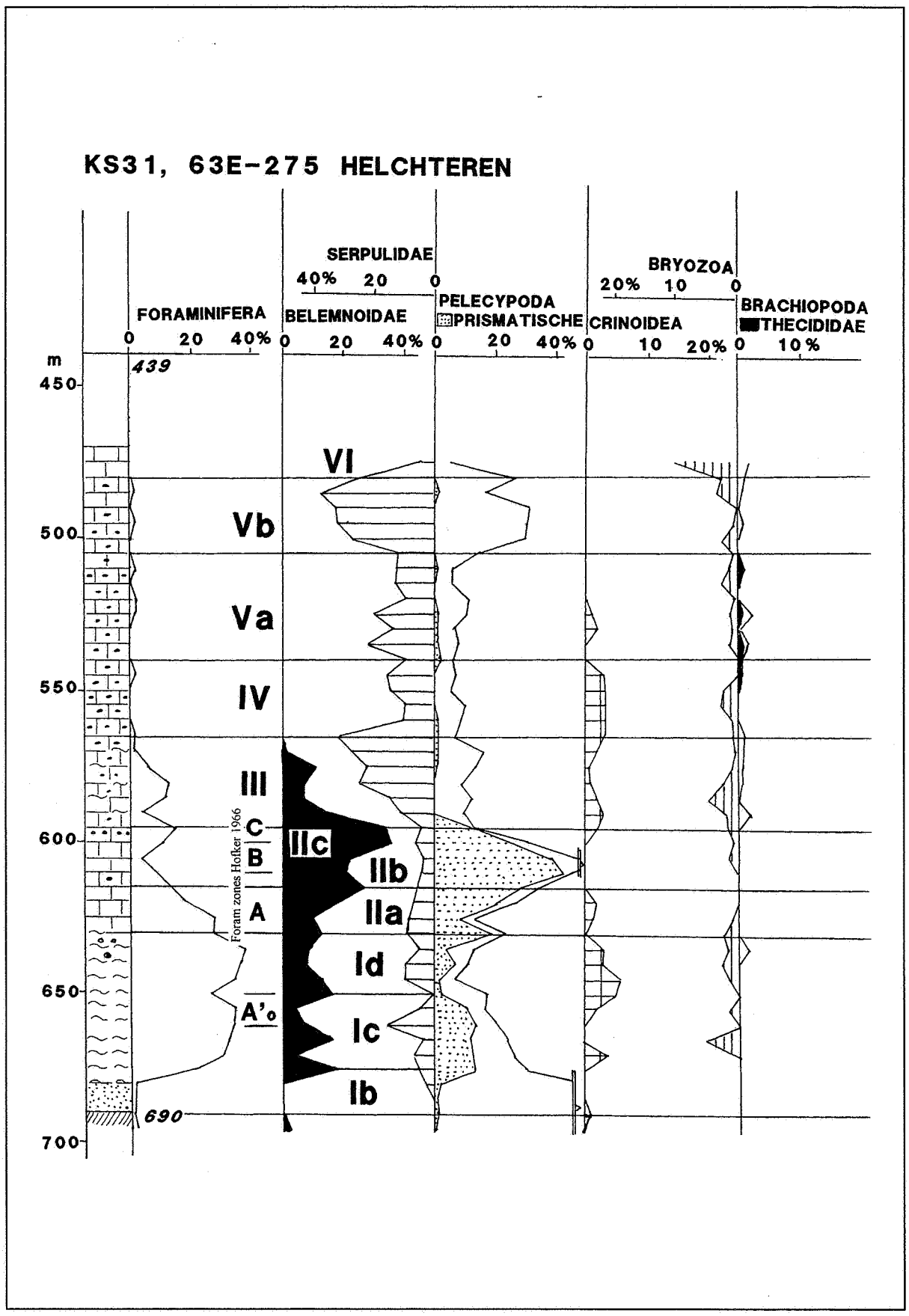
Figuur 65. Boring KS 28, 63E-273 te Helchteren



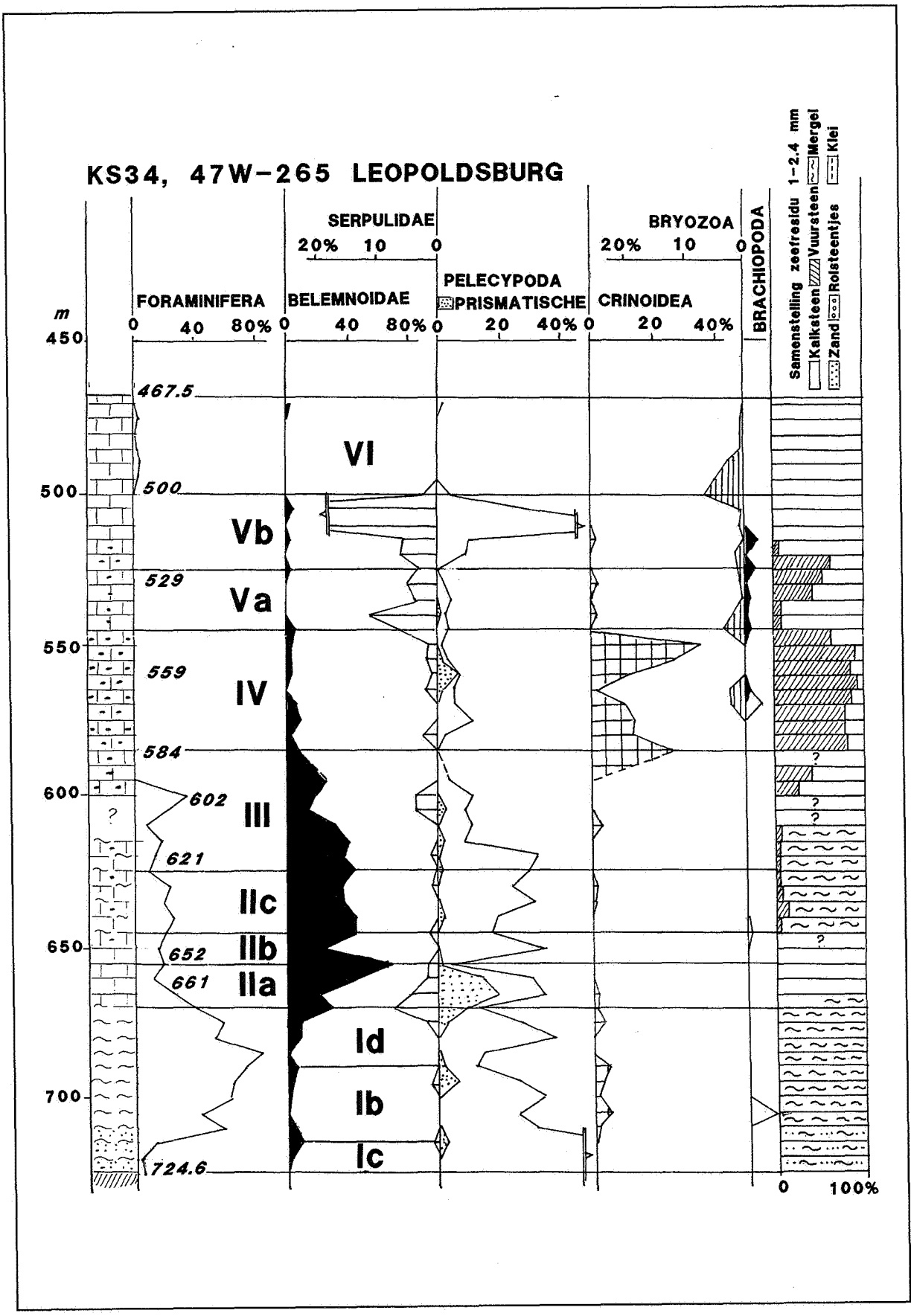
Figuur 66. Boring KS 29, 63E-280 te Helchteren



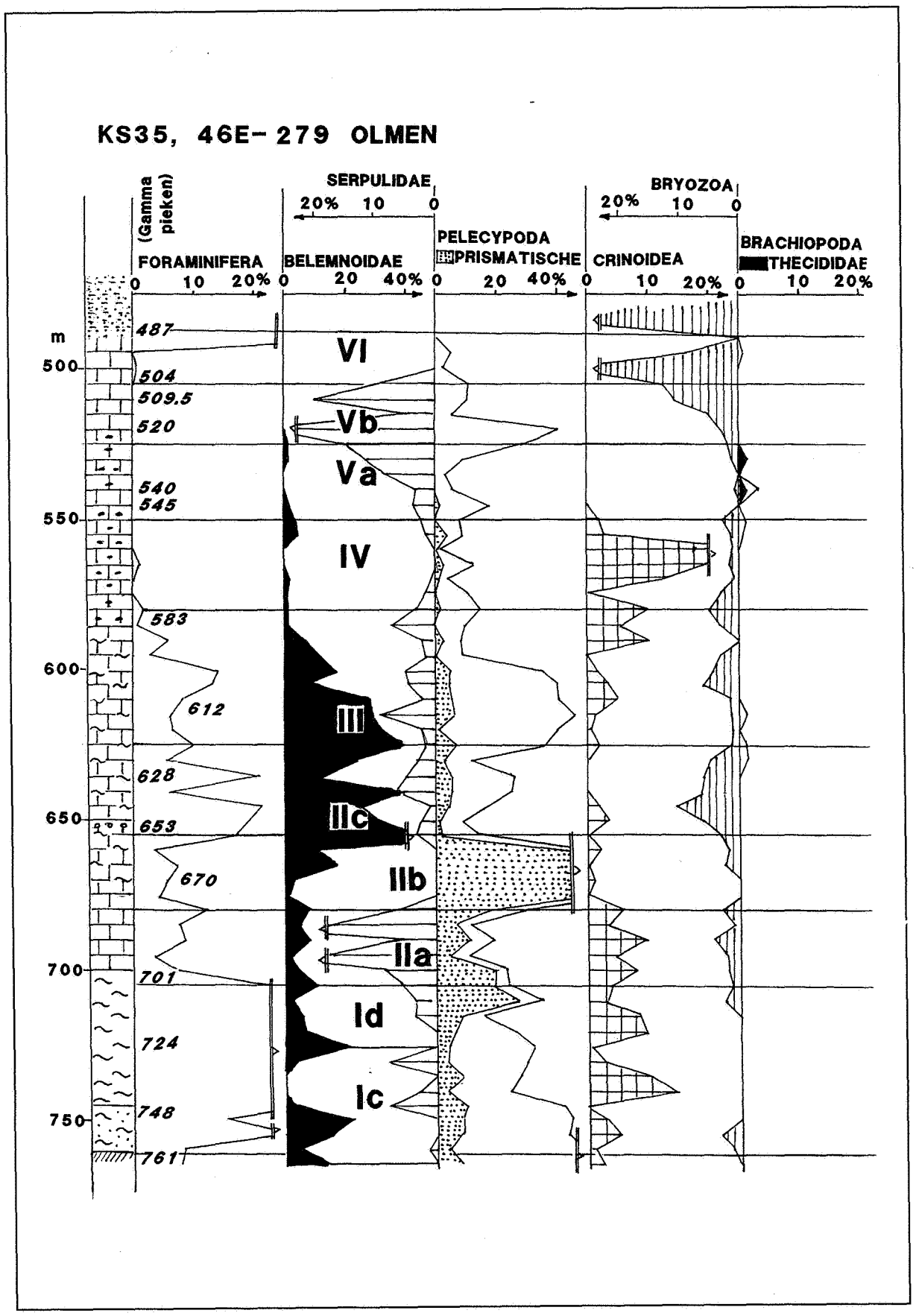
Figuur 67. Boring KS 30, 47W-267 te Heppen



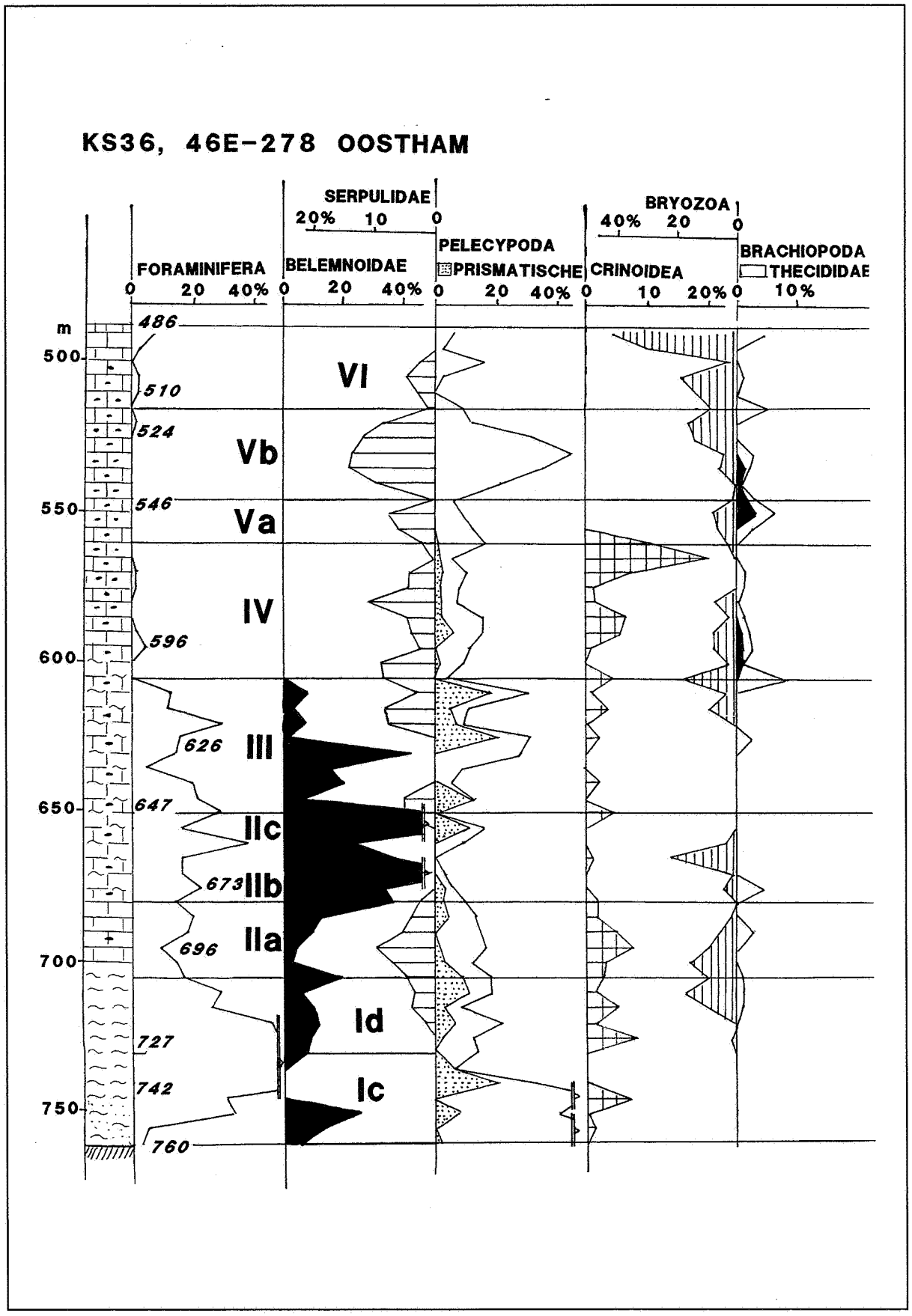
Figuur 68. Boring KS 31, 63E-275 te Helchteren



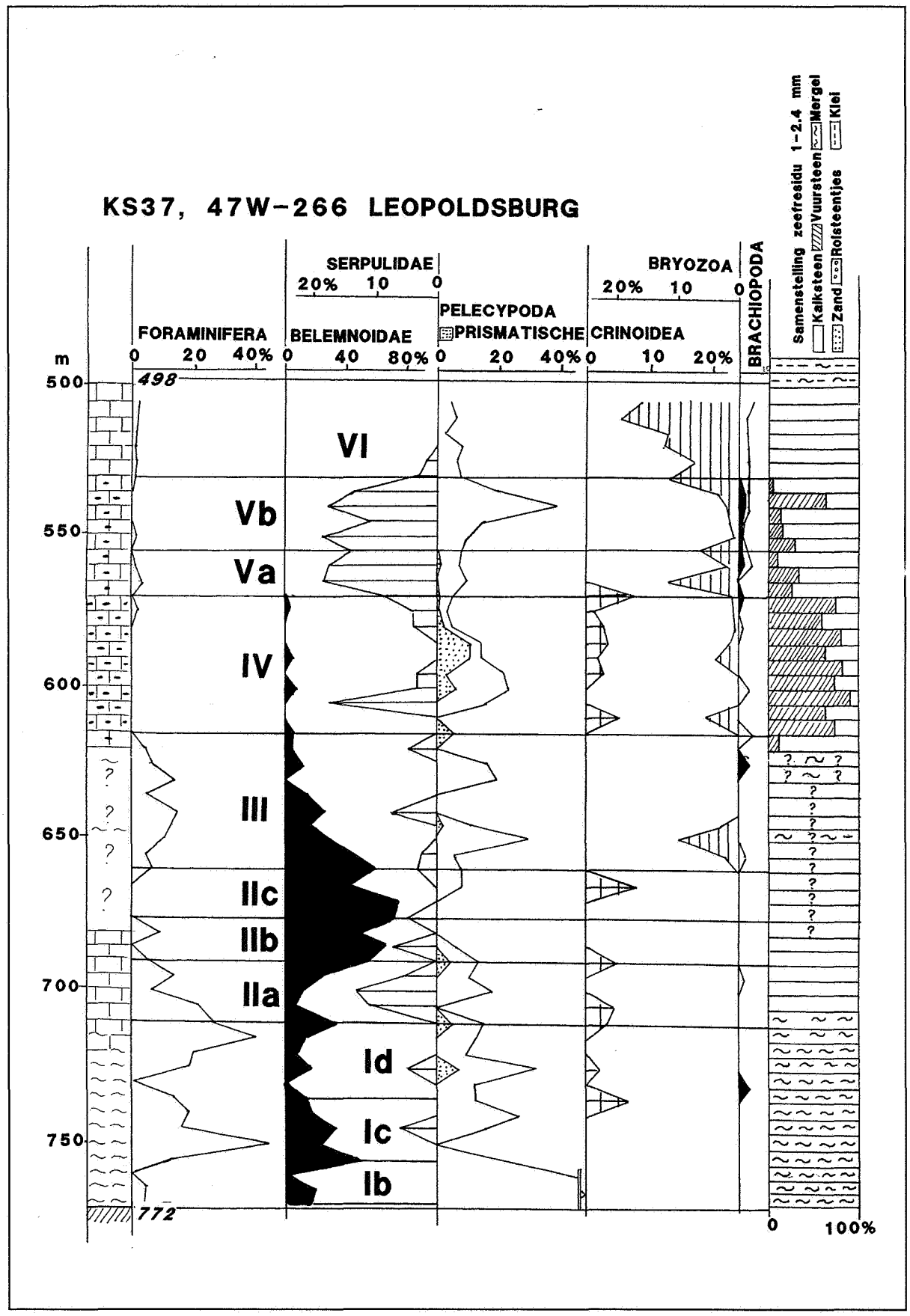
Figuur 69. Boring KS 34, 47W-265 te Leopoldsburg



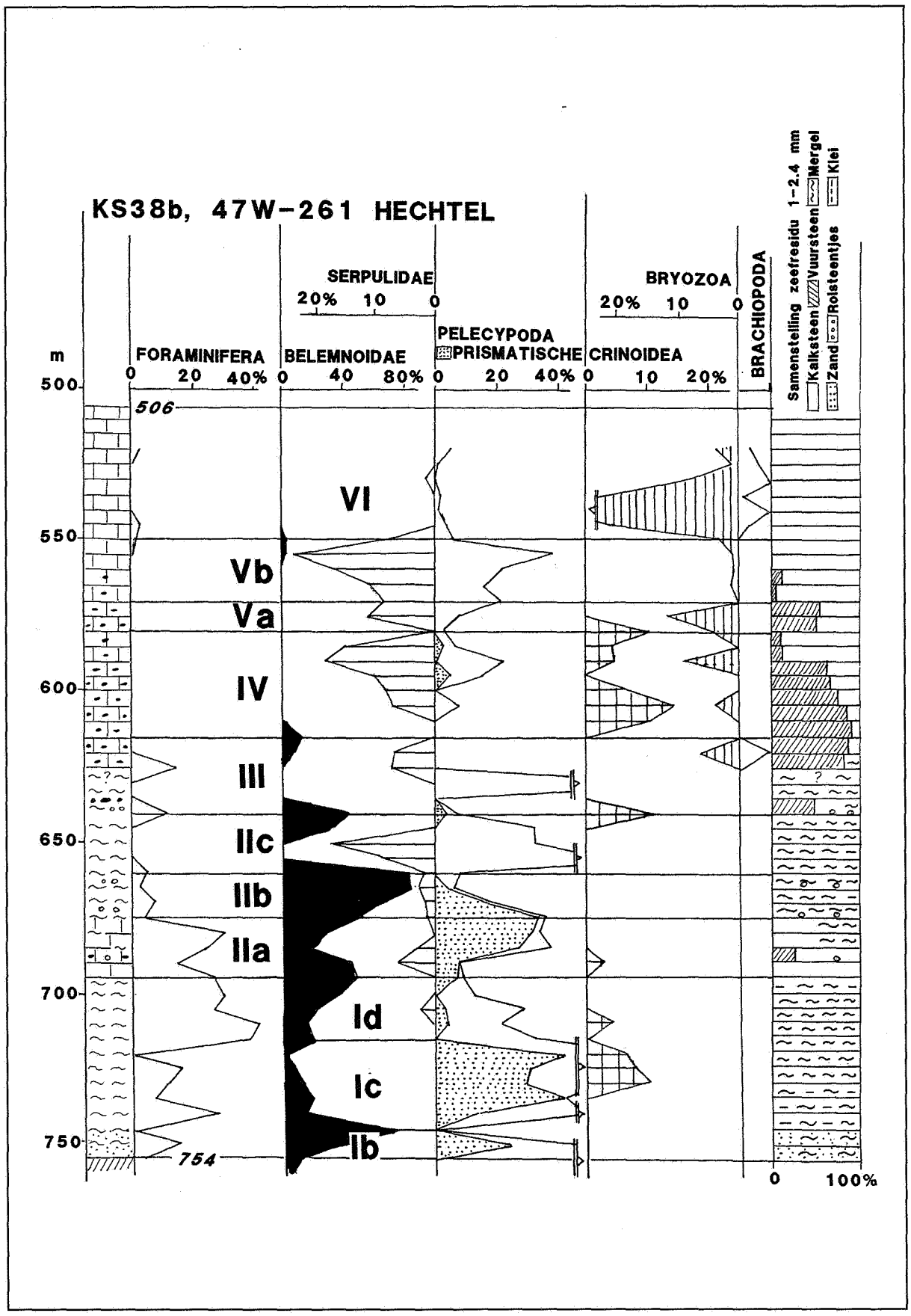
Figuur 70. Boring KS 35, 46E-279 te Olmen



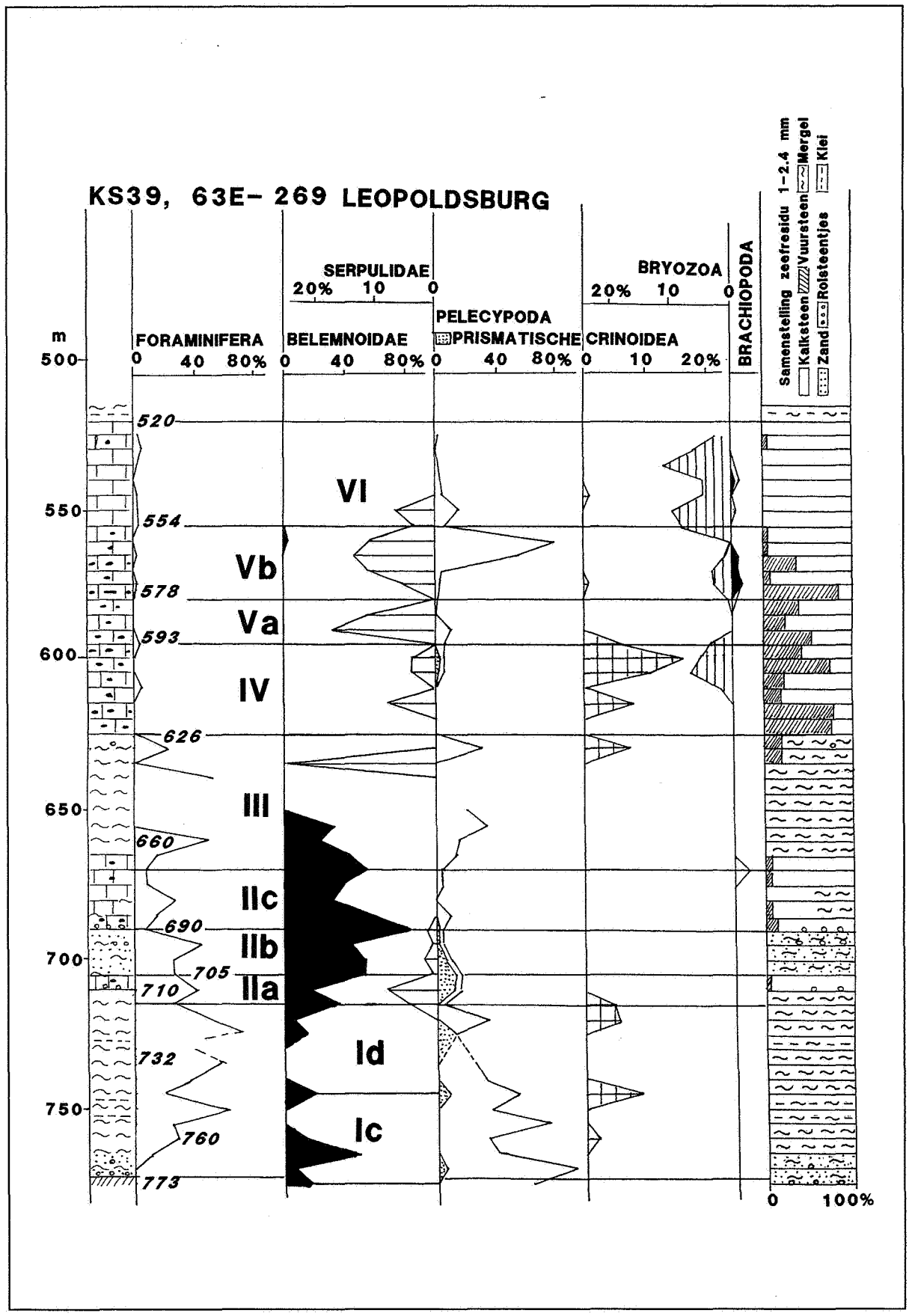
Figuur 71. Boring KS 36, 46E-278 te Oostham



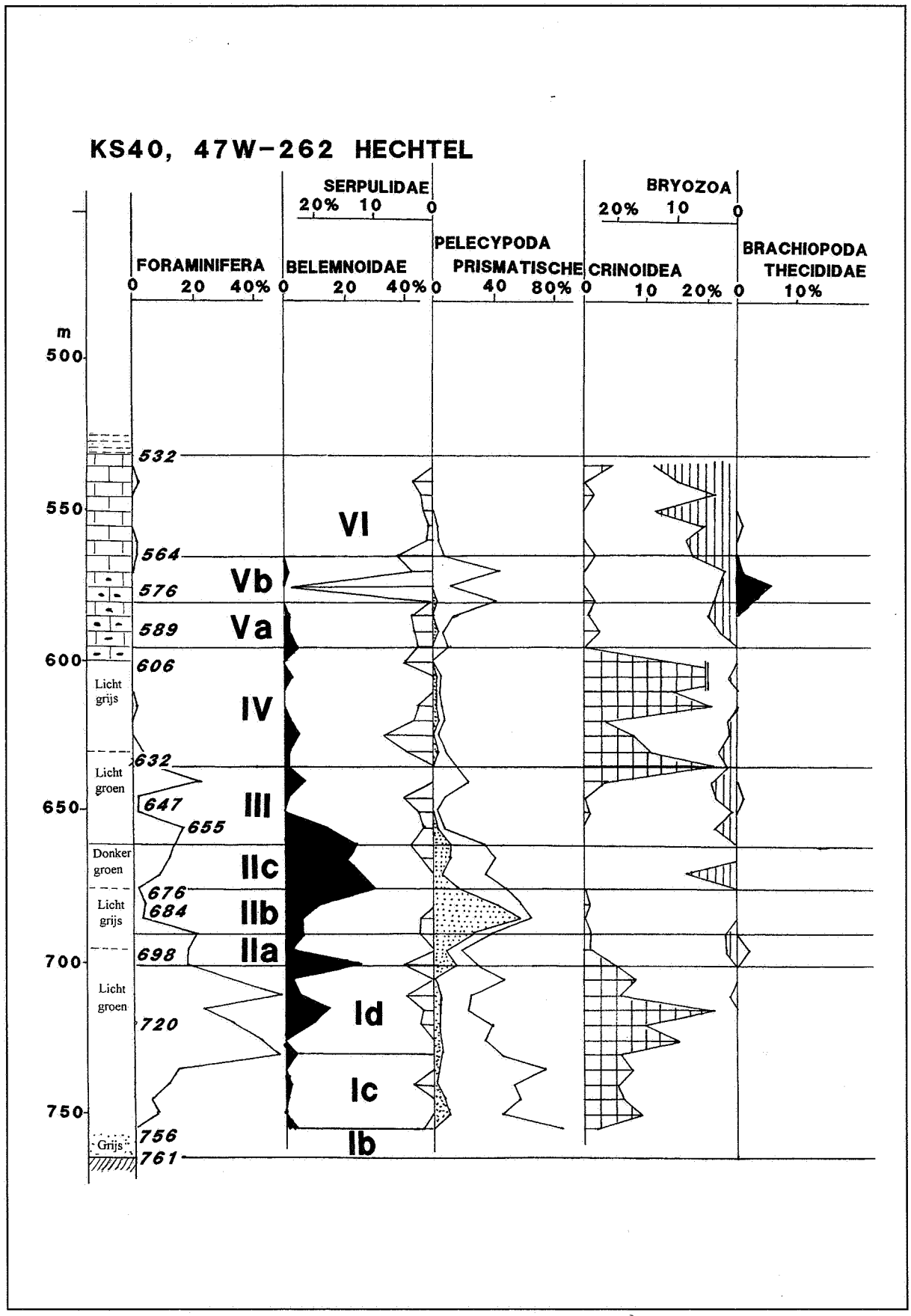
Figuur 72. Boring KS 37, 47W-266 te Leopoldsburg



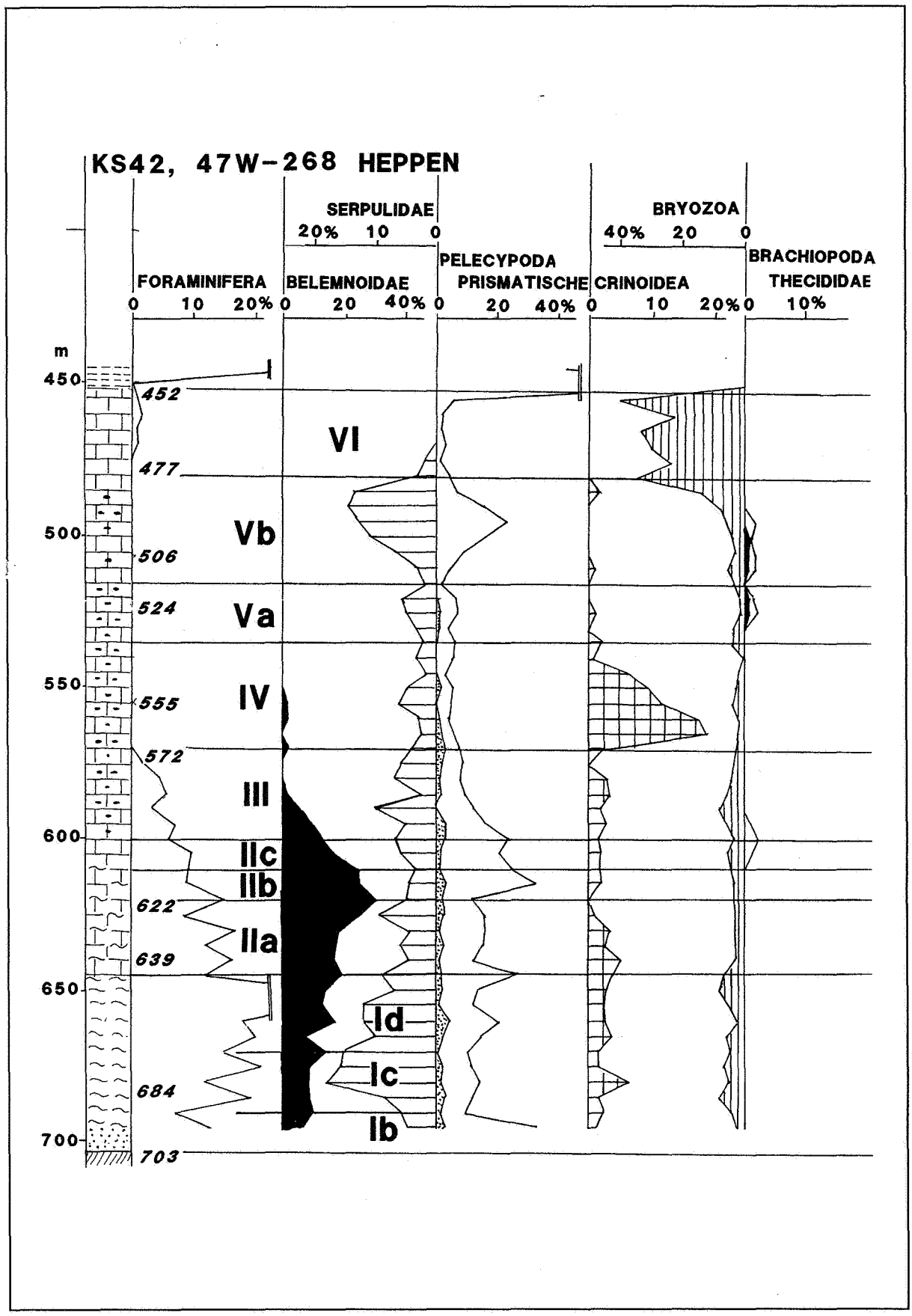
Figuur 73. Boring KS 38b, 47W-261 te Hechtel



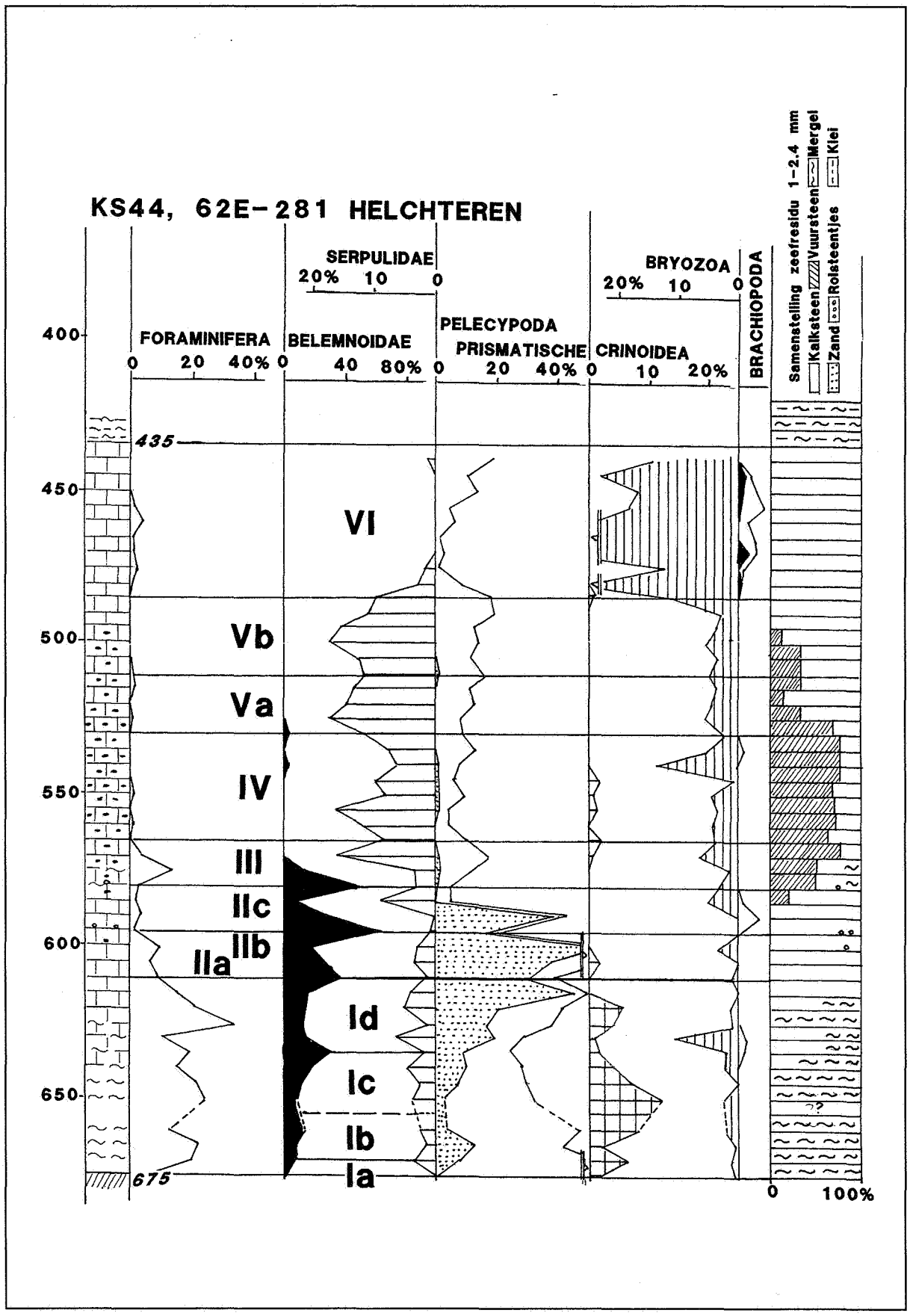
Figuur 74. Boring KS 39, 63E-269 te Leopoldsburg



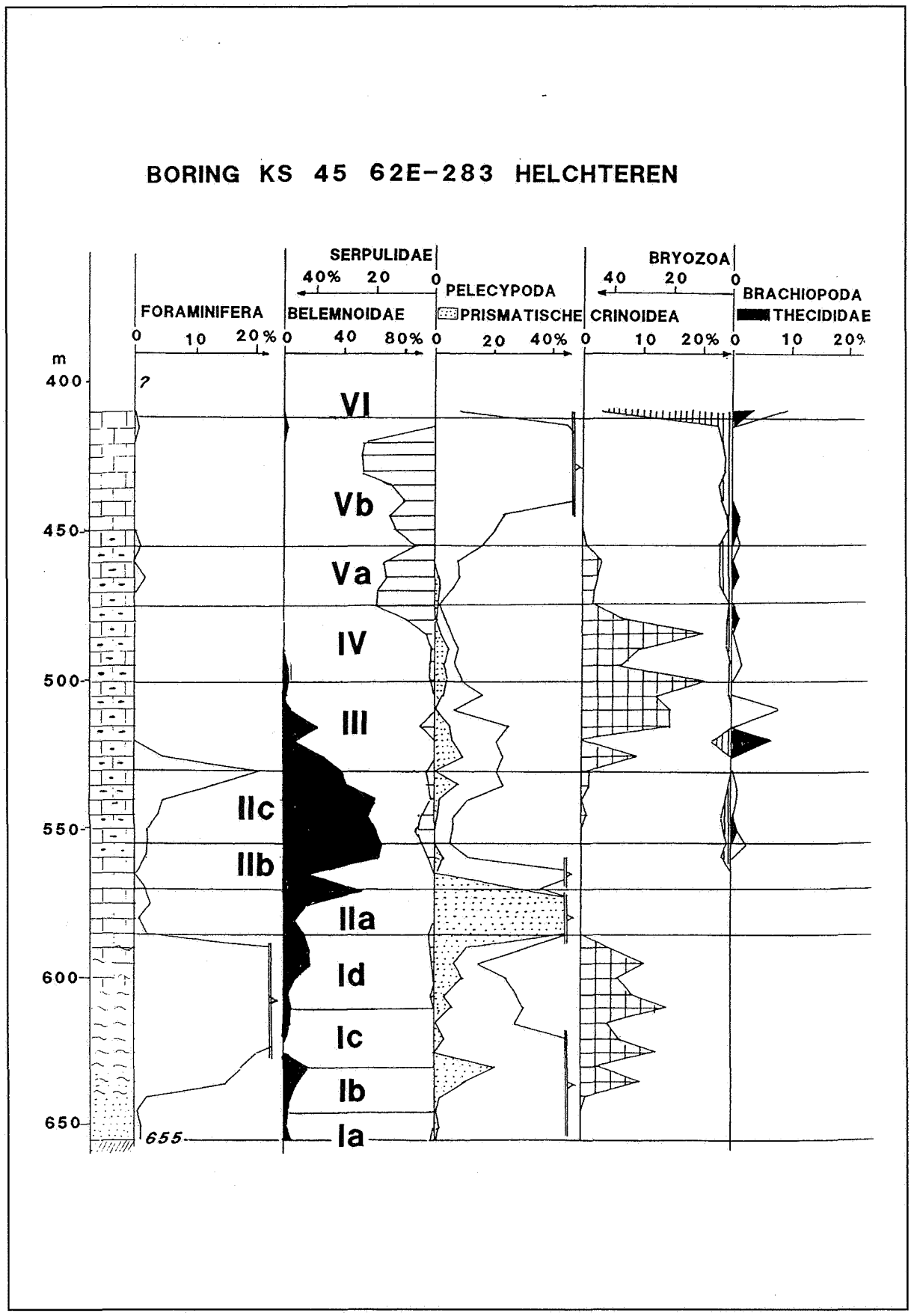
Figuur 75. Boring KS 40, 47W-262 te Hechtel



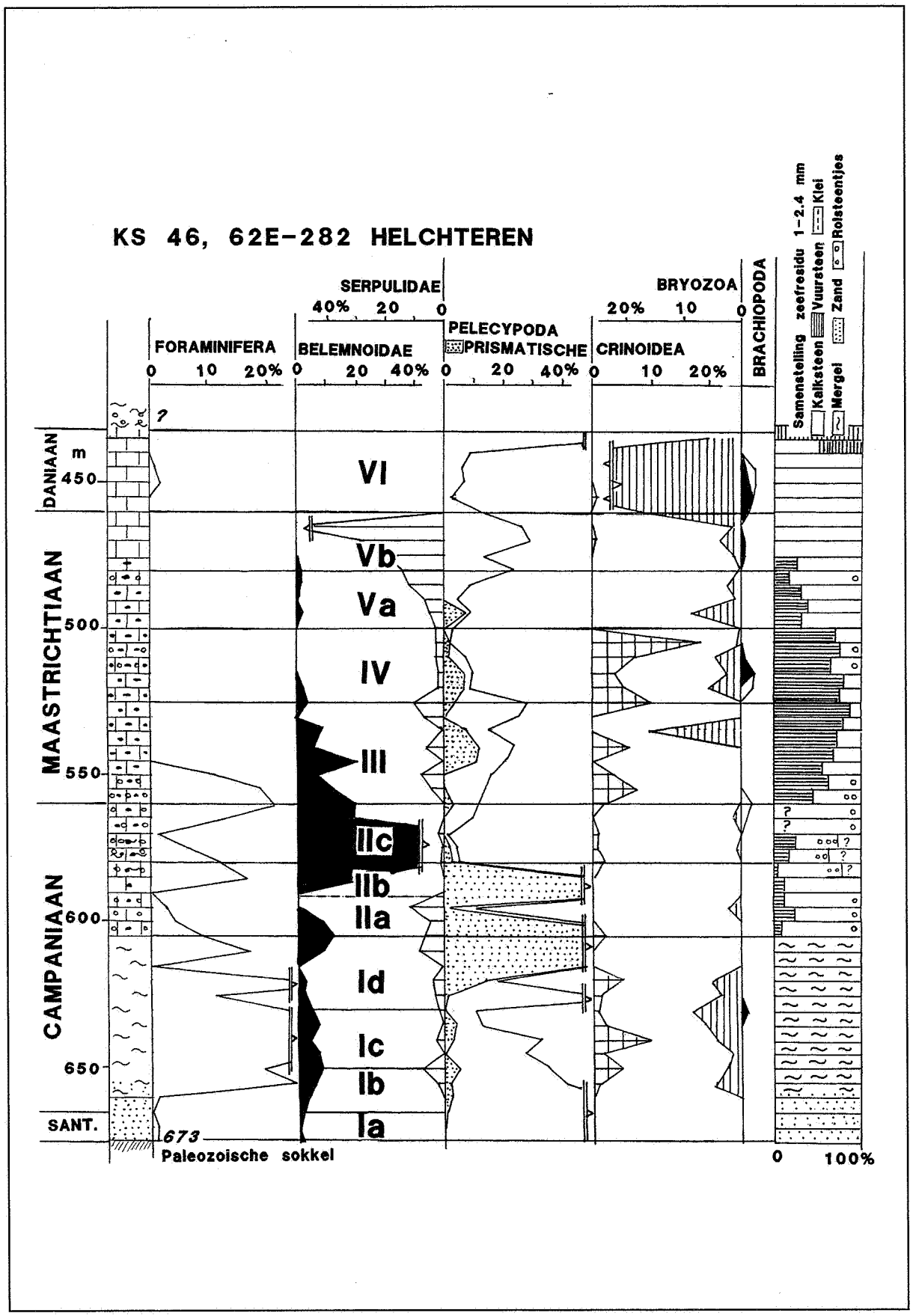
Figuur 76. Boring KS 42, 47W-268 te Heppen



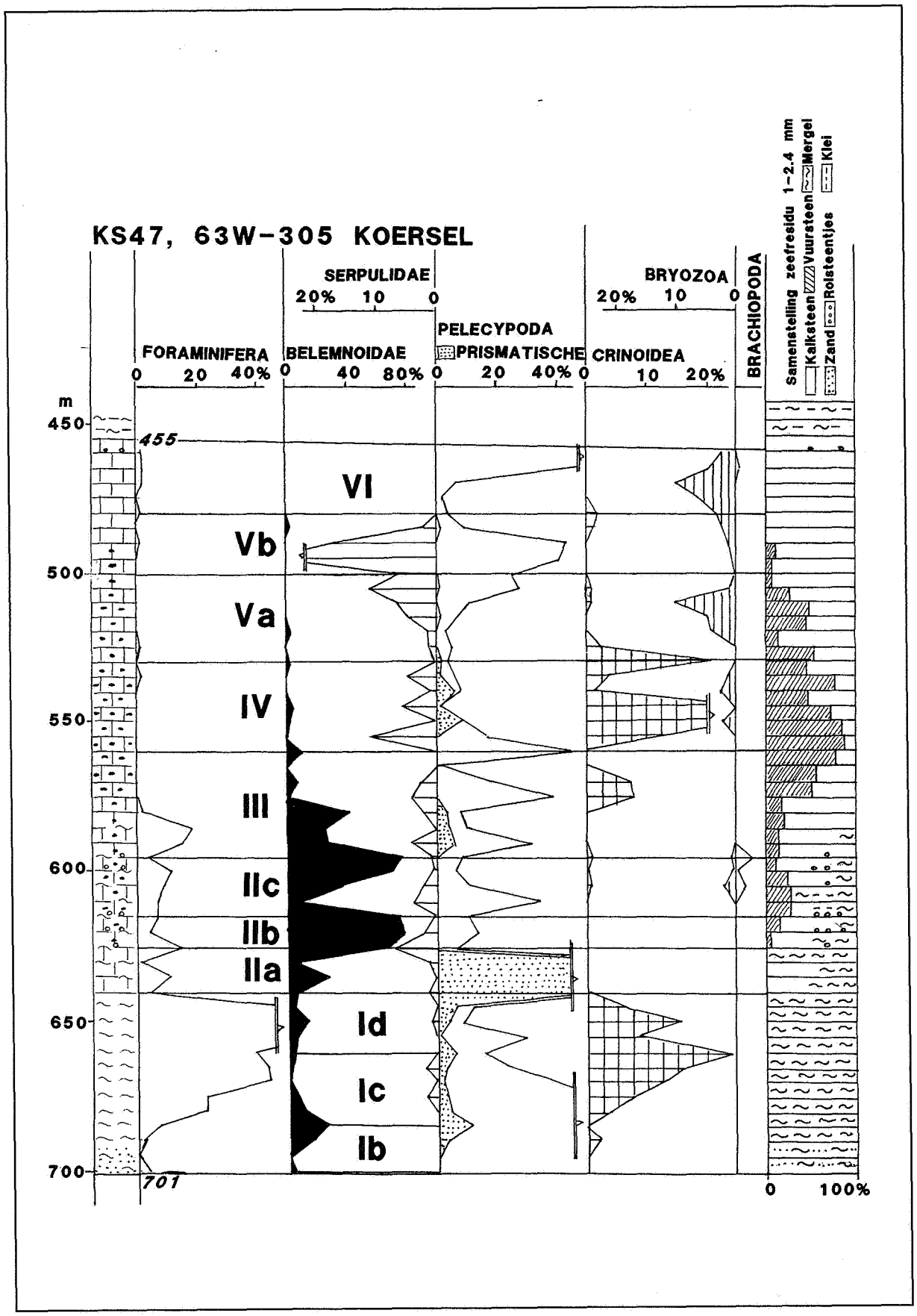
Figuur 77. Boring KS 44, 62E-281 te Helchteren



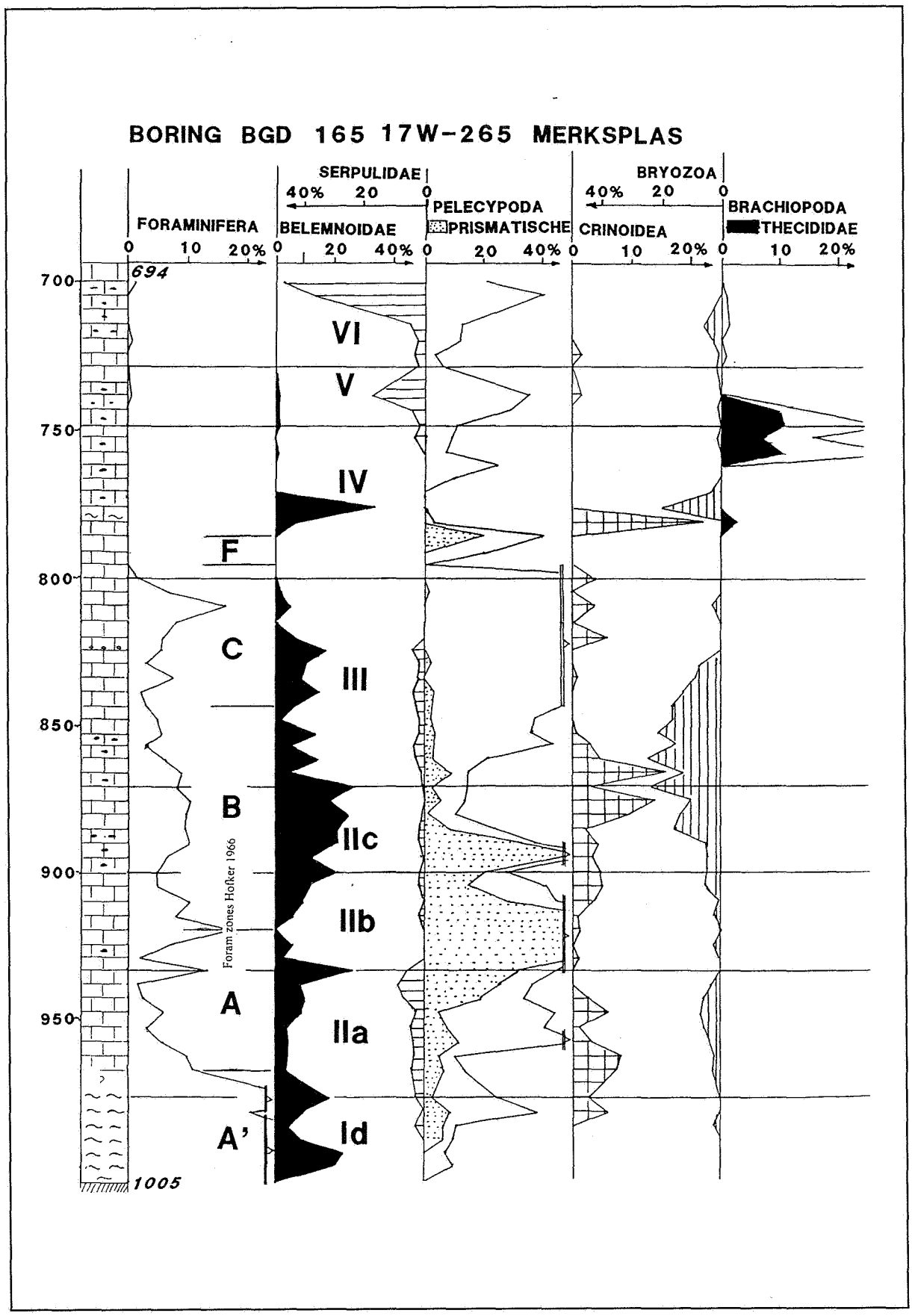
Figuur 78. Boring KS 45, 62E-283 te Helchteren



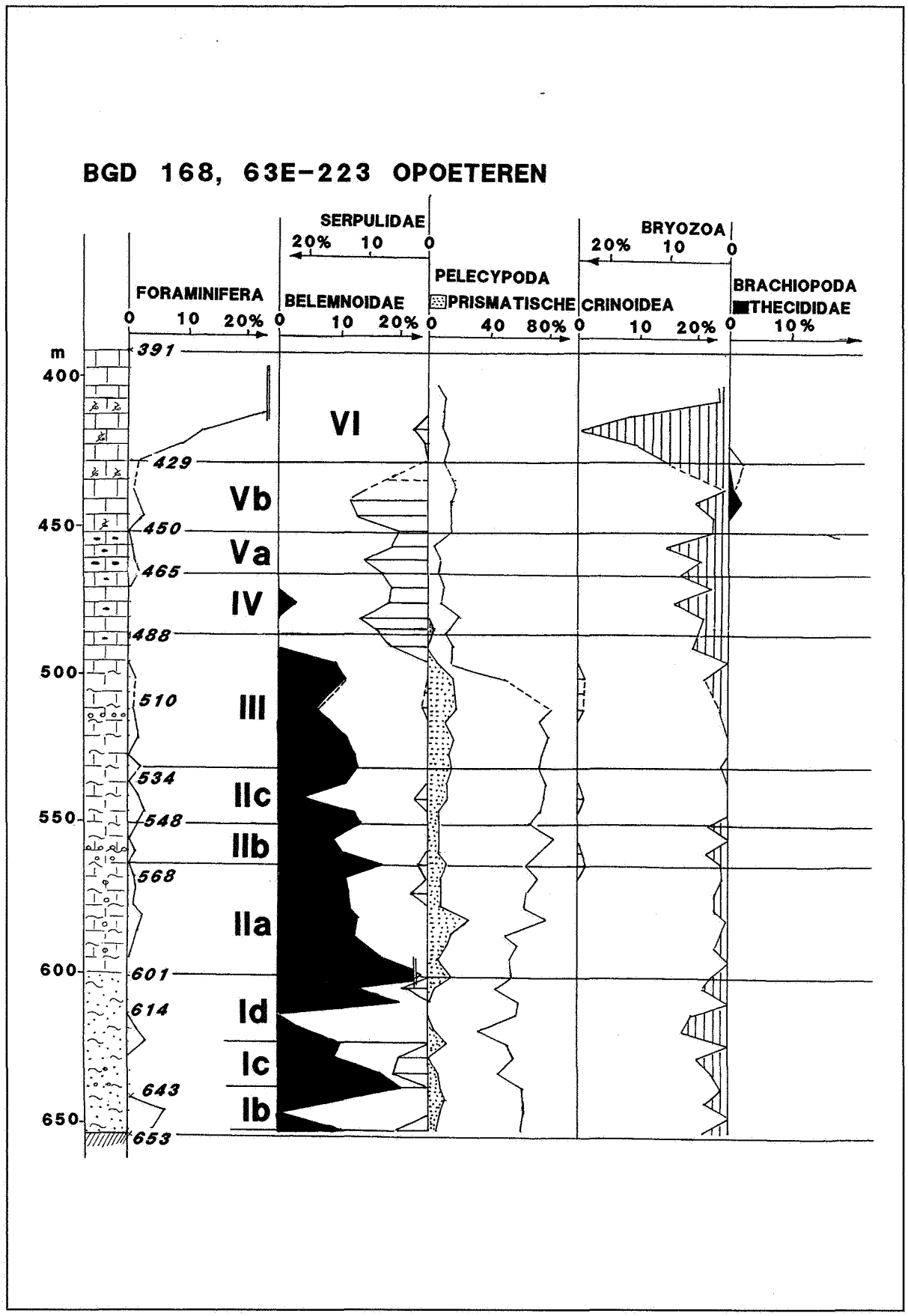
Figuur 79. Boring KS 46, 62E-282 te Helchteren



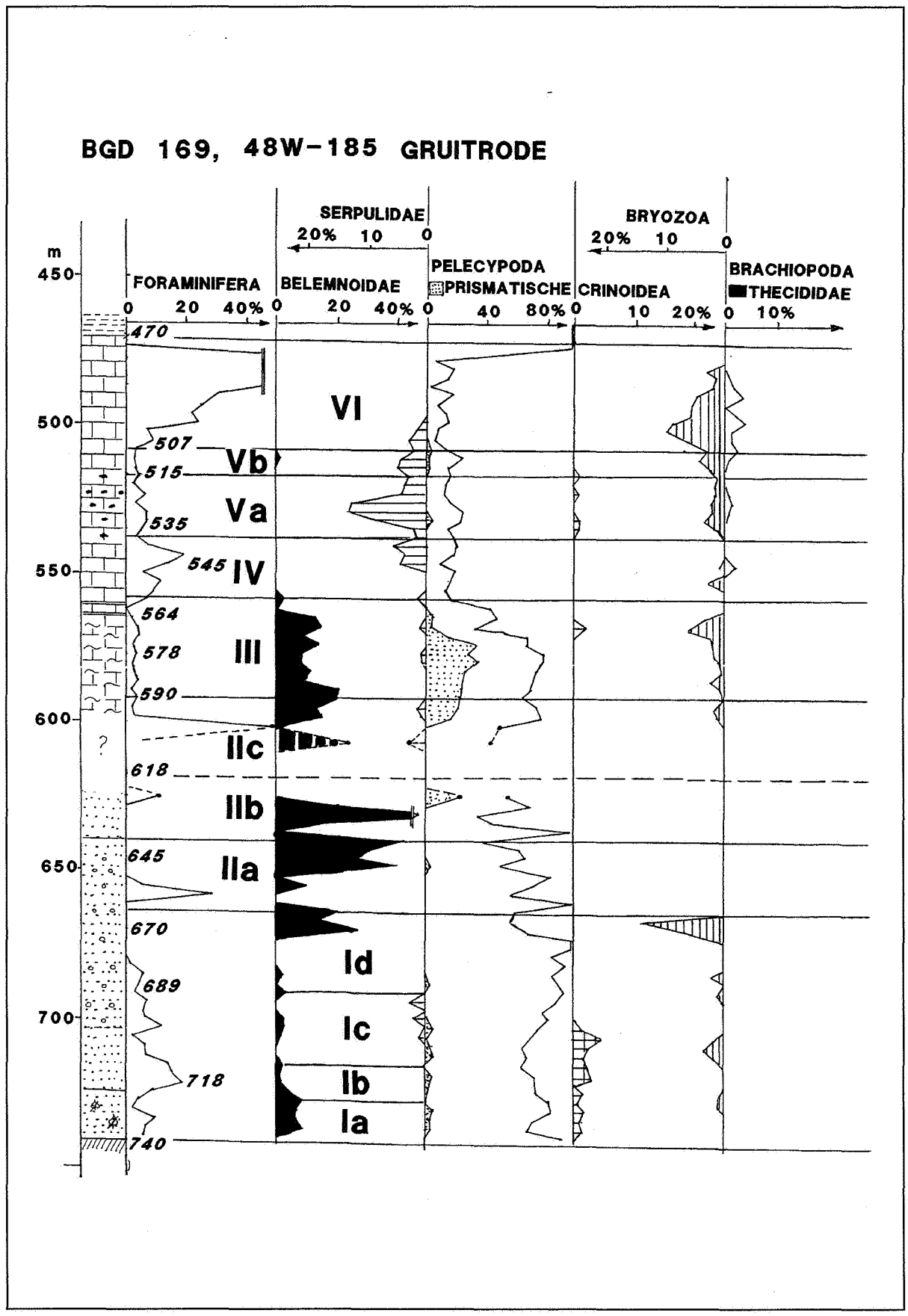
Figuur 80. Boring KS 47, 63W-305 te Koersel



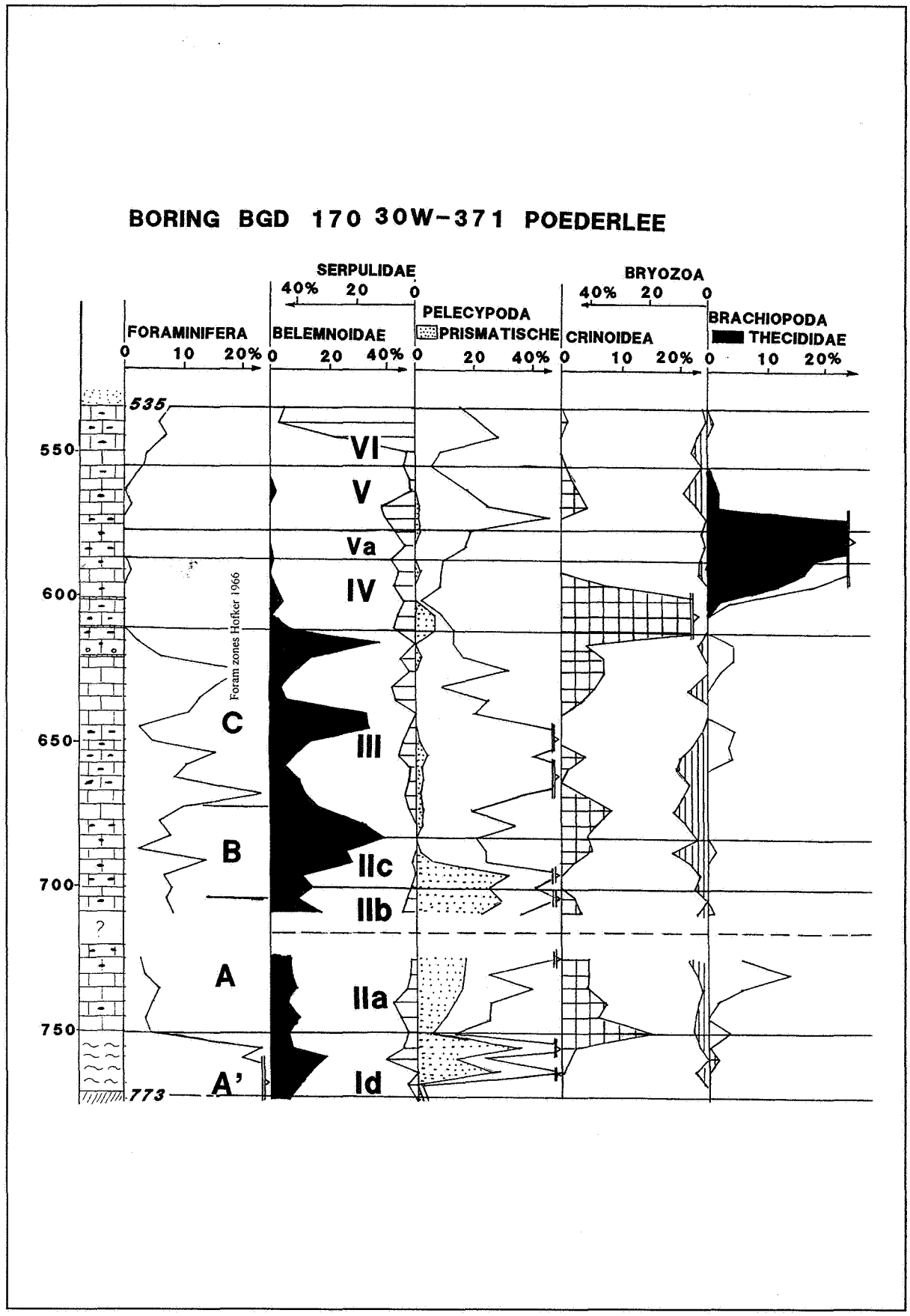
Figuur 81. Boring KB 165, 17W-265 te Merksplas



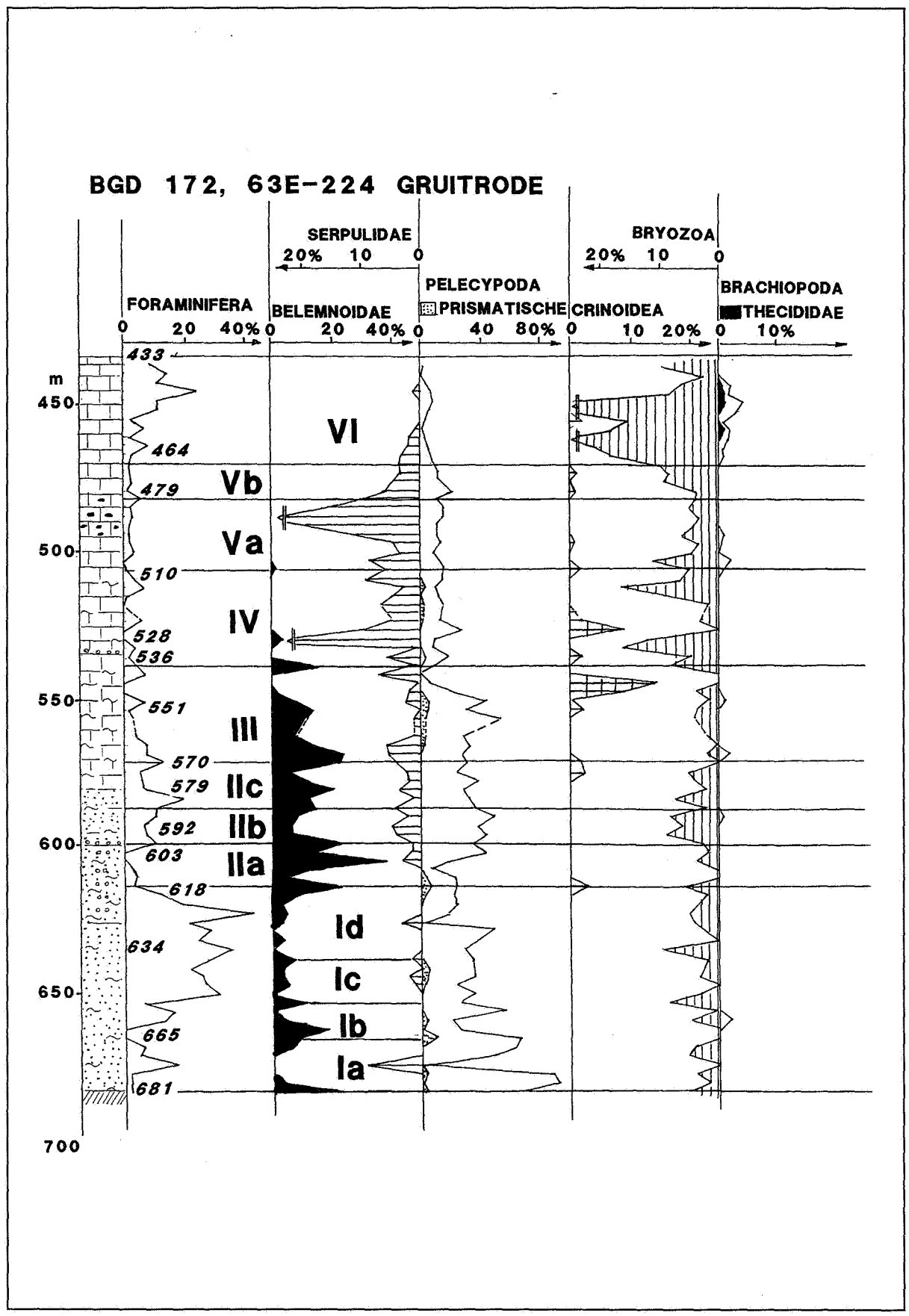
Figuur 82. Boring KB 168, 62E-223 te Opoeteren



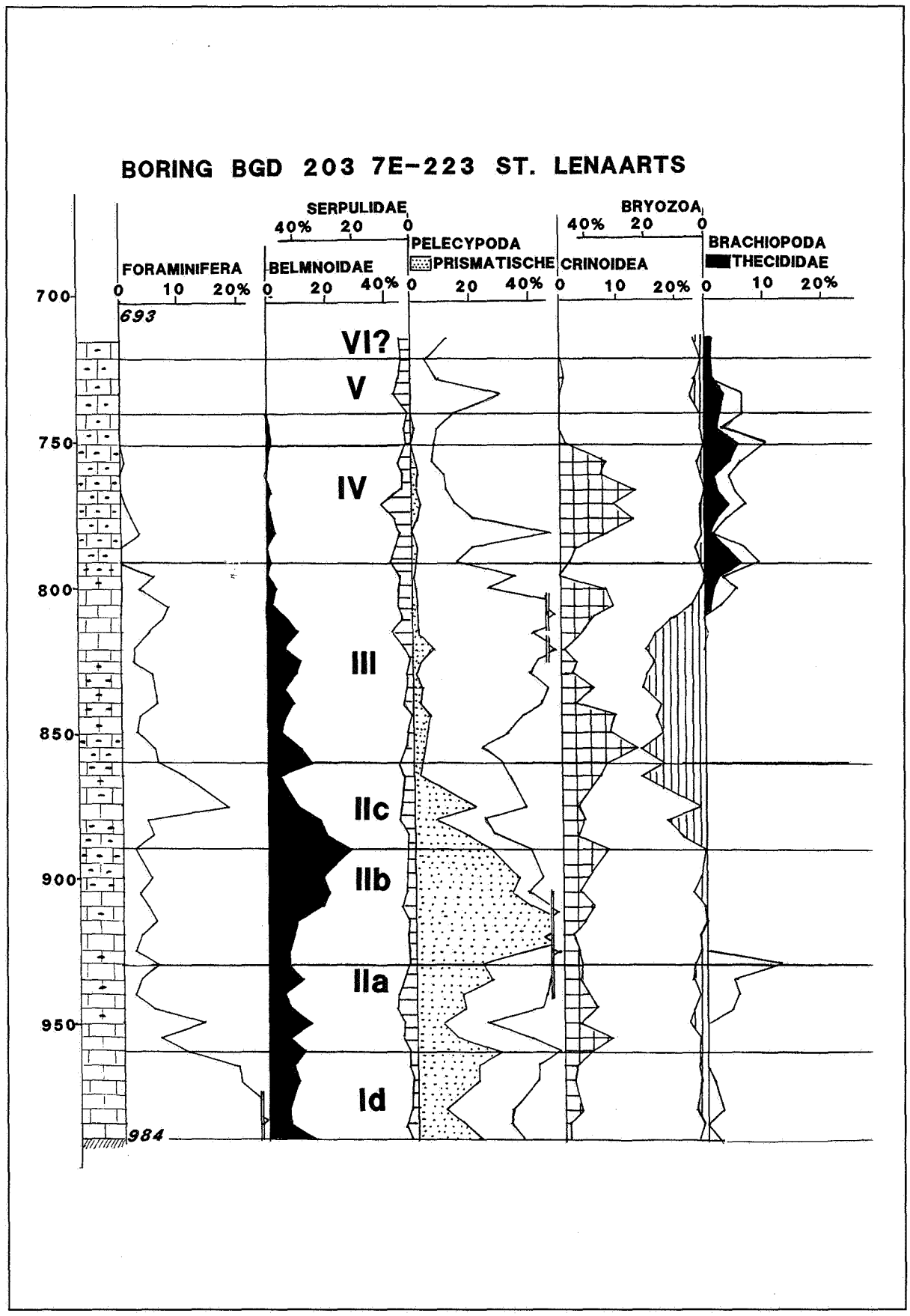
Figuur 83. Boring KB 169, 48W-185 te Gruitrode



Figuur 84. Boring KB 170, 30W-371 te Poederlee



Figuur 85. Boring KB 172, 63E-224 te Gruitrode



Figuur 86. Boring KB 203, 7E-223 te St. Lenaarts