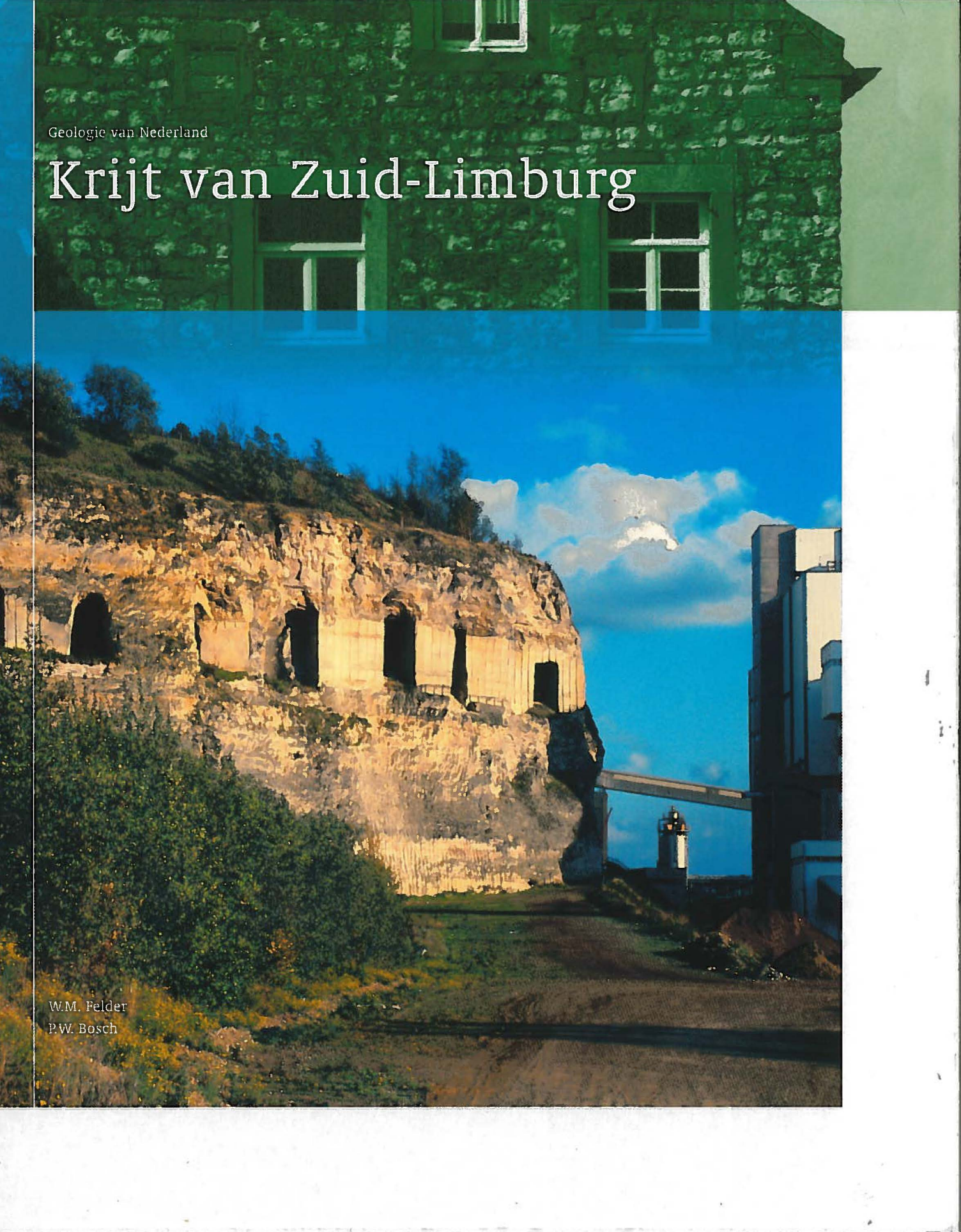




Geologie van Nederland

Krijt van Zuid-Limburg

W.M. Felder
P.W. Bosch

Geologie van Nederland, deel 5

Krijt van Zuid-Limburg

W.M. Felder

P.W. Bosch

Redactie: G.F.W. Herngreen

Vormgeving en illustraties: D.S. Lepelaar, TNO-NITG



Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO

Delft/Utrecht, Nederland

CIP-gegevens

W.M. Felder

P.W. Bosch

KRIJT VAN ZUID-LIMBURG

Serie: Geologie van Nederland, deel 5

**Nederlands Instituut voor
Toegepaste Geowetenschappen TNO**
Delft/Utrecht, Nederland

2000

Redactie: G.F.W. Herngreen

Opmaak en illustraties: D.S. Lepelaar, TNO-NITG

Druk: PlantijnCasparie, Rotterdam

ISBN 90-6743-710-7

Omslagfoto's

Voorkant:

Boerderij te Winthagen, gebouwd uit bekapte Kunrader Kalksteen. De top van de gevel bestaat uit gezaagde blokken Maastrichtse Kalksteen. De deur- en raamomlijstingen bestaan uit gezaagde ondercarbonische kalksteen.

De kalksteenwand onder de hoeve Lichtenberg aan de St. Pietersberg, Maastricht. Typelocatie van het Maastrichtien, de jongste etage van het Krijt. Zichtbaar is een deel van het ondergrondse gangenstelsel in de Kalksteen van Nekum (Foto 1).

Achterkant:

Bekapte vuurstenen in een groeve te Eben-Emael (B).

Inhoudsopgave

1 Inleiding — 5

2 Beknopt overzicht van de afzettingsgeschiedenis — 6

- 2.1 Afzettingen van de Formatie van Aken — 6
- 2.2 Afzettingen van de Formatie van Vaals — 7
- 2.3 Afzettingen van de Formatie van Gulpen — 8
- 2.4 Afzettingen van de Formatie van Maastricht — 10
- 2.5 Overgang Krijt/Tertiair — 11
- 2.6 Afzettingen van de Formatie van Houthem — 11

3 Lithostratigrafische indeling: typelocaties en typeprofielen — 12

- 3.1 Formatie van Aken — 21
- 3.2 Formatie van Vaals — 30
- 3.3 Formatie van Gulpen — 50
- 3.4 Formatie van Maastricht — 71
- 3.5 Formatie van Houthem — 93

4 Het profiel van enkele belangrijke groeven en ontsluitingen — 102

- 4.1 Kalksteengroeve ENCI, St. Pietersberg, Maastricht — 103
- 4.2 Kalksteengroeve 't Rooth, Cadier en Keer — 106
- 4.3 Kalksteengroeve Blom, Berg en Terblijt — 106
- 4.4 Kalksteengroeve Curfs, Geulhem — 110
- 4.5 Geologisch profiel van de Schaelsberg tussen Schin op Geul-Drie Beeldjes en Dölkesberg — 110
- 4.6 Kalksteengroeve Kunderberg te Kunrade, Voerendaal — 114
- 4.7 Kalksteengroeve Blankenberg, Cadier en Keer — 114
- 4.8 Groeve C.B.R. te Lixhe, België — 116
- 4.9 Geologisch monument groeve Keutenberg bij Schin op Geul — 116
- 4.10 Geologisch monument groeve Schiepersberg bij Cadier en Keer — 116
- 4.11 Geologisch monument groeve Trichterberg, Gronsveld — 120
- 4.12 Geologisch monument groeve Midweg, Voerendaal — 120
- 4.13 Geologisch monument zuidelijke dalwand van de Geul aan de Geulweg te Geulhem — 120
- 4.14 Geologisch monument zuidelijke dalwand van de Geul aan de Wolfsdriesweg te Geulhem — 120
- 4.15 Spoorweginsnijding te Hockai, Hoge Venen, België — 125
- 4.16 Reconstructie van het voormalige kalksteenpakket bij Hockai — 127

5 Samenstelling en economische betekenis van de kalkstenen — 130

- 5.1 Cementindustrie — 130
- 5.2 Overige industrie — 131
- 5.3 Samenstelling en vuursteenpercentage van diversen kalkstenen — 131
- 5.4 Exploitatiepunten — 133
- 5.5 Bouwstenen — 134

6 Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven — 135

- 6.1 Nummering en benaming van de ondergrondse groeven — 136
- 6.2 In de omgeving van Sibbe — 136
- 6.3 In de omgeving van Valkenburg — 139
- 6.4 Tussen Valkenburg en Meerssen — 141
- 6.5 Tussen Bemelen en Margraten — 145
- 6.6 Tussen Heer en Eysden — 148
- 6.7 In en nabij de Cannerberg bij Maastricht — 152
- 6.8 In het Nederlandse deel van de St. Pietersberg bij Maastricht — 155

7 Vuursteen — 159

- 7.1 Naamgeving en gebruik — 159
- 7.2 Vuursteentypen: platen, banken en concreties — 160
- 7.3 Vuursteen als grondstof — 163
- 7.4 Vuursteenonderzoek — 164

8 Prehistorische vuursteenmijnen bij Rijckholt — 165

- 8.1 Opgraving van de vuursteenmijnen — 165
- 8.2 Stratigrafische positie — 166
- 8.3 Omvang van de vuursteenwinning — 167
- 8.4 Werkwijze bij de vuursteenmijnbouw — 168
- 8.5 Ouderdom van de vuursteenmijnen — 169

9 Bouwstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg en omgeving: zandsteen, kalksteen en vuursteen — 170

- 9.1 Algemeen voorkomen en toepassing van de bouwstenen — 170
- 9.2 Gebouwen waarin natuurlijke bouwstenen zijn toegepast — 173

10 Literatuur — 176

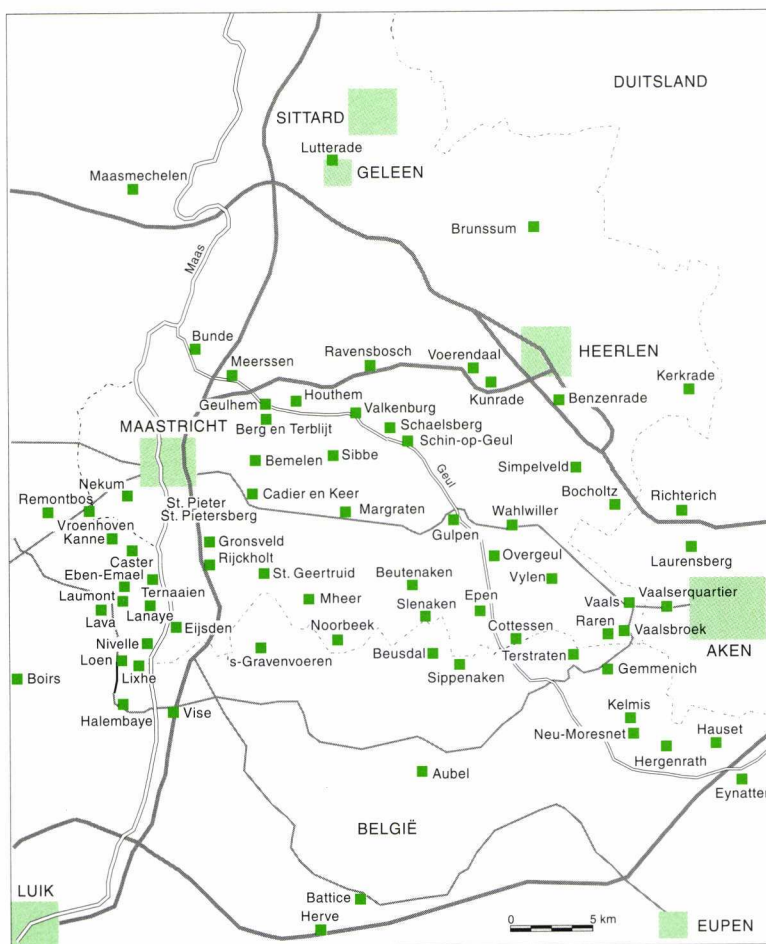
1 Inleiding

Sinds André Dumont in 1849 de kalksteenwand onder de hoeve Lichtenberg aan de voet van de St. Pietersberg bij Maastricht aanwees als de typelocatie van het Maastrichtien, kreeg het Zuid-Limburgse Krijtgebied bekendheid over de gehele wereld.

Over het Boven-Krijt van Zuid-Limburg zijn sindsdien een groot aantal publicaties geschreven en vele onderzoekers hebben in de loop der tijd het Zuid-Limburgse Krijtgebied bezocht tijdens talrijke congressen en excursies.

In de periode van 1965 tot 1995 is er door de Rijks Geologische Dienst, met name door Werner Felder, veel onderzoek verricht aan de afzettingen uit het Boven-Krijt en Danien van Zuid-Limburg. Vrijwel alle ontsloten kalksteenprofielen werden gedetailleerd opgenomen en beschreven en van alle formaties werden verbredingskaarten samengesteld. Tevens werd veel aandacht besteed aan de genese en verbreiding van de vuurstenen die onder meer leidden tot het onderscheiden van meer dan 40 vuursteenbanken.

Dit boek bevat een samenvattend overzicht van de verzamelde kennis. De internationaal erkende lithostratigrafische indeling van Felder (1975) vormt de basis van dit boek, waarin alle typelocaties van de diverse formaties en laagpakketten, profielen en locatiekaarten, in beeld worden gebracht. Tevens zijn enkele aanvullende gegevens over de stratigrafie opgenomen. Ook de economische betekenis en de winning van kalk-, bouw- en vuursteen wordt aan de orde gesteld.



Figuur 1.1
Belangrijkste plaatsen en locaties
genoemd in de tekst

2 Beknopt overzicht van de afzettingsgeschiedenis

Gedurende het Vroeg-Krijt maakte Zuid-Limburg deel uit van een landgebied. Verwering en erosie hadden er vrij spel. Ca. 85 miljoen jaar geleden begon, in samenhang met aanvankelijke bodemdaling, een transgressie van de zee die zich geleidelijk naar het zuiden in de richting van Zuid-Limburg en het Ardennen-RijnMassief uitbreidde. Het gebied in kwestie werd in het Cenomanien door de zee overspoeld. In het Laat-Krijt bereikte de zeespiegel hier een ongekende hoogte, met zeediepten van waarschijnlijk meer dan 100 m (Figuur 2.1).

2.1 Afzettingen van de Formatie van Aken

Foto 2

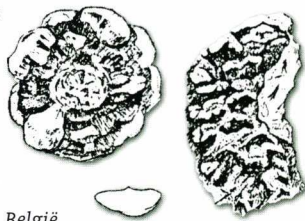
Conites altenbergensis

Stockmans, 1946.

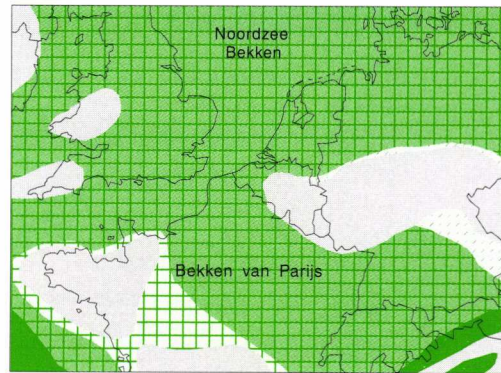
Een verkiezelde vruchtkegel uit de Formatie van Aken.

Vindplaats: Zandgroeve

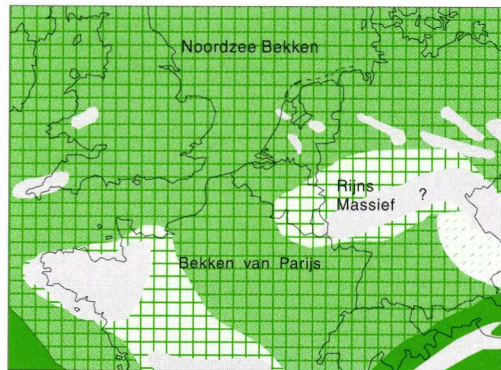
te Kelmis (La Calamine), België



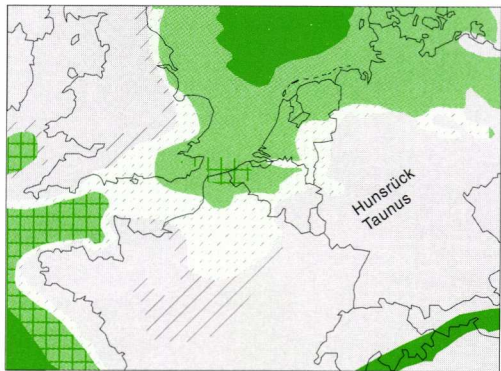
Aanvankelijk lag Zuid-Limburg in de kuststrook en werden door rivieren zand en klei aangevoerd (Klei van Hergenrath). Niet lang daarna overspoelde de zee het gehele gebied tot tegen de Hoge Venen ten zuiden van Eupen. Aanvankelijk was deze zee ondiep, zodat de golven de zeebodem nog raakten. In deze periode werden de Zanden van Aken afgezet (Fig. 2.2). Doordat de bodem meer bleef dalen dan er werd opgevuld of omdat dat de zeespiegel sneller steeg, werd de zee steeds dieper. De golven bereikten de zeebodem in het algemeen niet meer, alleen bij zware stormen werden eerder afgezette zandlagen verstoord. Rivieren voerden zand en klei aan en tevens stukken hout, bladeren, vruchtkegels enz. Met name hout en vruchten van naaldbomen zakten tot op de zeebodem en bleven als fossielen bewaard. Zo werd het Zand van



Krijt
Cenomanien



Krijt
Maastrichtien



Tertiair
Laat-Paleoceen



Figuur 2.1 Paleogeografische reconstructie van NW Europa tijdens het Cenomanien, Maastrichtien en Laat-Paleoceen

Hauset gevormd. Vervolgens kwam de bodem van Zuid-Limburg weer sterk in beweging en traden er transgressieve en regressieve fasen op. Het begin van de volgende formatie is het gevolg van een hernieuwde transgressie.

2.2 Afzettingen van de Formatie van Vaals

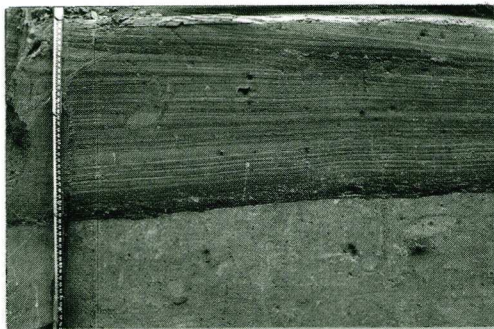


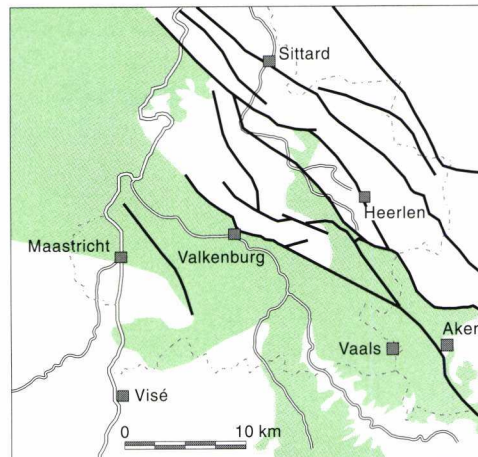
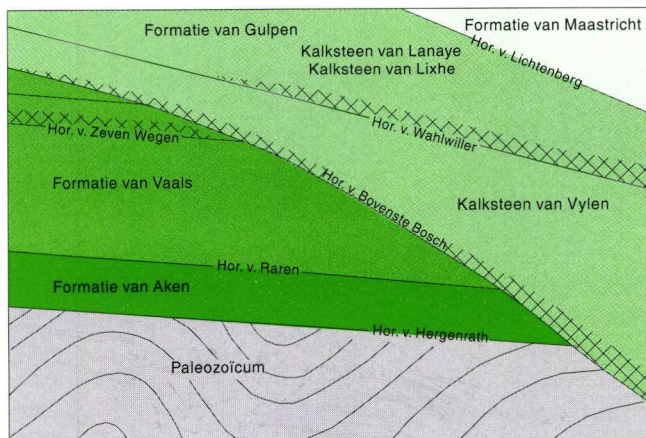
Foto 3

Gelamineerd zand in de Formatie van Vaals. De laminatie is de duidelijk zichtbaar door een sterk wisselende hoeveelheid korrels van het donkergroene mineraal glauconiet.

Opname gemaakt in de insnijding van de Randweg te Vaals

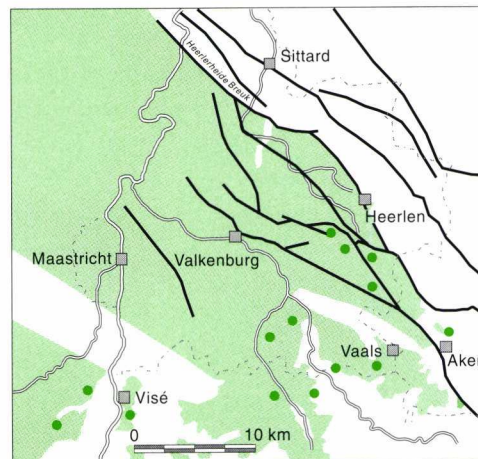
De basis van de Formatie van Vaals wordt gevormd door een enigszins conglomeratische laag (Horizont van Raren). De eigenlijke vorming van de Formatie van Vaals (Fig. 2.3) begon met de aanvoer van zeer fijn zand, silt en klei. In de nog jonge zeebodem vormde zich het mineraal glauconiet, dat aan de gehele afzetting een donkergroene kleur gaf.

In de matig-diepe shelfzee (waarschijnlijk ca. 100 - 150 m diep) werd plaatselijk een tot 150 m dik pakket z.g. 'Vaalsergroenzand'



Figuur 2.2

Verbreiding van de Formatie van Aken in Zuid-Limburg en omgeving



Figuur 2.3

Verbreiding van de Formatie van Vaals in Zuid-Limburg en omgeving

afgezet. Door zeestromingen ontstonden ondiepe geulen waarin grote hoeveelheden schelpen bij elkaar spoelden. Tegen het einde van deze vormingsperiode kregen tektonische bewegingen de overhand. Een groot deel van het zandpakket van de Formaties van Aken en Vaals werd weer afgebroken (Fig. 2.4).

Figuur 2.4 Discordantievlakken in het Boven-Krijt van Zuid-Limburg

2.3 Afzettingen van de Formatie van Gulpen

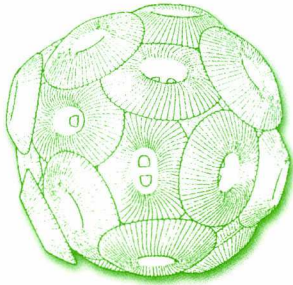


Foto 4a

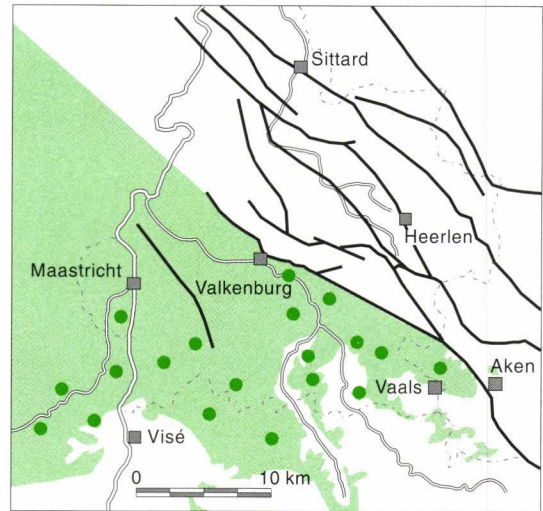
Coccolithes pelagicus (Wall)
Een coccoliet die al in het
Boven-Krijt voorkwam en nu
nog leeft. 1500x vergroot

Toen de zeebodem tot rust kwam begon de sedimentatie van de Formatie van Gulpen (Fig. 2.5). De eerste kalk die op de zeebodem werd afgezet is echt 'schrijfkrijt' (Kalksteen van Zeven Wegen). Dit is een spierwitte kalk, geheel bestaande uit planktonische organismen. De kalksedimentatie werd afgebroken toen de zeebodem weer in beweging kwam. Perioden van sedimentatie en erosie wisselden elkaar af. Hier en daar bleef de Kalksteen van Zeven Wegen bewaard. Dit was eveneens het geval met de hierna gevormde Kalksteen van Beutenaken.



Foto 4b

Een coccoliet uit de Kalksteen van Zeven Wegen, 7.200x vergroot.
Vindplaats: Groeve C.P.L. te Halembaye, België.
Opname: G.F.E., R.W.T.H. Aachen, H. Bick, 1975-1977



Figuur 2.5

Verbreiding van de Formatie van Gulpen in Zuid-Limburg en omgeving

Aan de basis van de Kalksteen van Vylen ontstond het z.g. 'Belemnieten kerkhof', een opeenhoping van resten van een uitgestorven soort inktvis. Plaatselijk treft men meer dan 5000 rostra (staartstukken) van deze inktvissen per m² aan (Foto 5). Dit wil zeggen dat er over een oppervlakte van 1 km² meer dan 5 miljard belemnieten bewaard zijn gebleven!

Gedurende een groot deel van de sedimentatie van de Kalksteen van Vylen bleef de zeebodem nog in beweging. Geleidelijk keerde de rust weer en werd weer schrijfkrijt gesedimenteerd.

Aan het begin van de Kalksteen van Lixhe verliep de sedimentatie zo rustig, dat zelfs vrij geringe veranderingen van het zeespiegelniveau, waterbewegingen en een wisselende aanvoer van kalkdeeltjes af te lezen zijn in het kalksteenpakket.

Perioden met veel en weinig of zelfs geen biogene activiteit wisselden elkaar af.

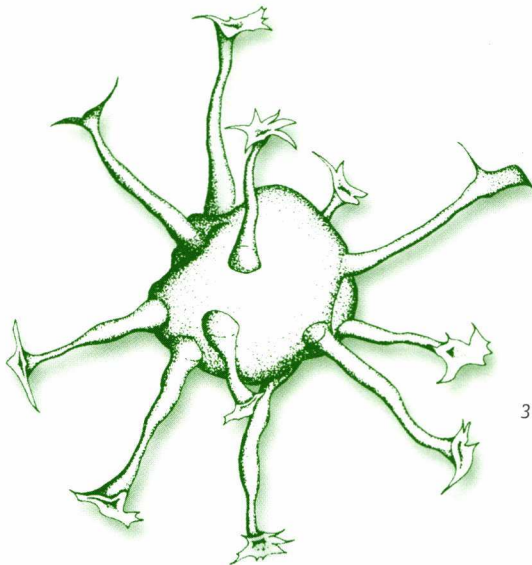
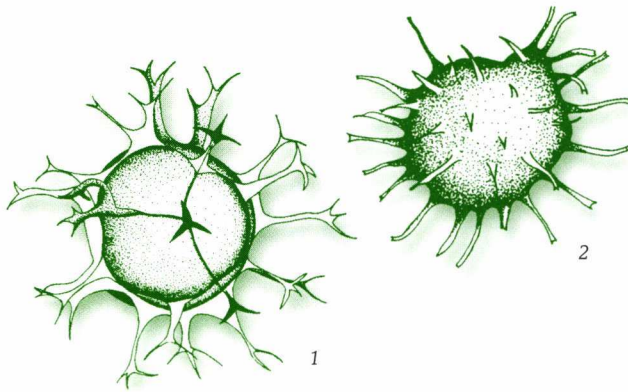


Foto 4c

1. *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg, 1838)
2. *Exochosphaeridium pseudohystrichodinium* (Deflandre, 1937)
3. *Oligosphaeridium complex* (White, 1842)
4. *Cerodinium speciosum* (Alberti, 1959) Lentin en Williams, 1987, 800x, Formatie van Maastricht, boring Bunde

1-3 tekeningen van dinoflagellaten (hystrichosphaeridae-type) zoals deze in dunne splinters vuursteen uit de Kalksteen van Lanaye worden gevonden (naar Rademakers, 1995). Het betreft een oude methode van onderzoek. Tegenwoordig worden de ruwe monsters chemisch bereid en de dinocysten gefotografeerd (4c-4). Hystrichosferen zijn cysten waarin de dinoflagellaat tijdens een ruststadium verblijft

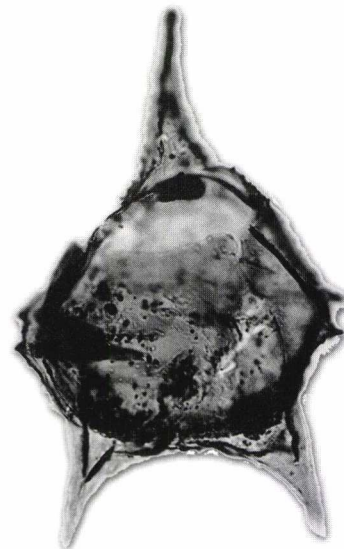


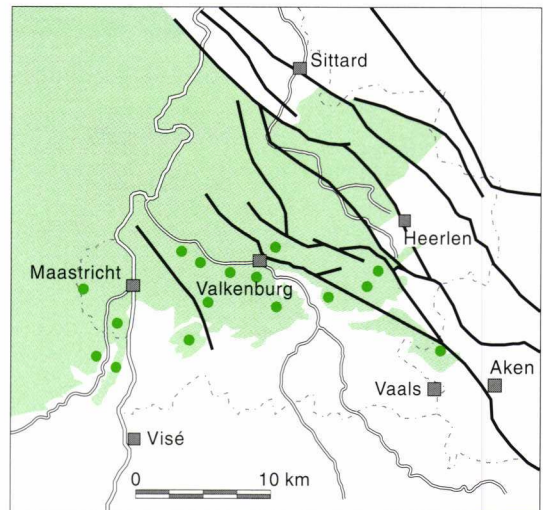
Foto 5

Belemnella obtusa Schulz, 1979.
34 rostra van belemnieten in een brok glauconiethoudende kalksteen uit het 'Belemnietenkerkhof' aan de basis van de Kalksteen van Vylen.
Vindplaats: Vylenerbosch, gem. Vaals

Deze cyclische sedimentatie is momenteel onderwerp van uitgebreide studies. Onder invloed van steeds wisselende omstandigheden, waaronder mogelijk warmer worden van het zeewater (klimaat), voltrokken zich processen die weerspiegeld zijn in de sedimentatiecycli. Vuursteenniveaus werden gevormd op plaatsen met een verhoogde biogene activiteit in de zeebodem. Na de sedimentatie van de Kalksteen van Lanaye was het met de rust gedaan, de zeebodem kwam weer in beweging. Laag liggende gebieden in de noordelijke helft van Zuid-Limburg kwamen zover omhoog dat hier vrijwel alle sedimenten uit de Formatie van Gulpen werden geërodeerd (Fig. 2.4).

2.4 Afzettingen van de Formatie van Maastricht

Toen de rust weerkeerde begon de sedimentatie van de Formatie van Maastricht (Fig. 2.6), met een aanvankelijk onregelmatige opbouw. Met de sedimentatie van de Kalksteen van Nekum werd de zee weer ondieper. Het warme (tropische) klimaat in die tijd is duidelijk af te lezen aan de bewaarde fossielen. Het hoogtepunt werd bereikt tijdens de sedimentatie van de Kalksteen van Meerssen. Rifvormende koralen en talrijke hieraan gebonden andere zeedieren en planten kwamen voor. De zee was minder dan 40 m diep en zeestromingen en golfbewegingen bereikten de zeebodem. Intussen waren ca. 15 miljoen jaar verstreken sinds de Krijtzee Zuid-Limburg overspoelde. Het Krijttijdperk liep ten einde.



Figuur 2.6
Verbreiding van de Formatie van Maastricht in Zuid-Limburg en omgeving

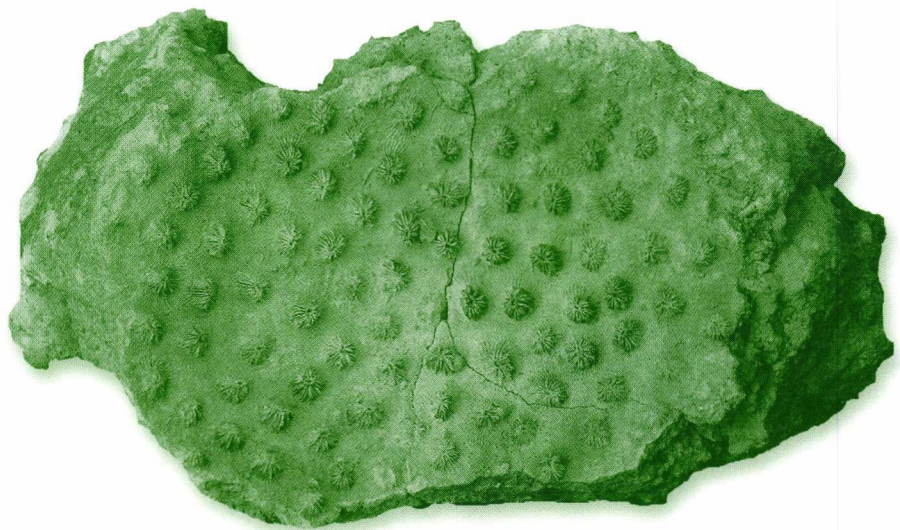


Foto 6
Montastrea francqana (Milne Edwards, 1857).
Rifbouwend koraal uit de Kalksteen van Meerssen.
Vindplaats: Groeve ENCI, St. Pietersberg te Maastricht

2.5 Overgang Krijt/Tertiair

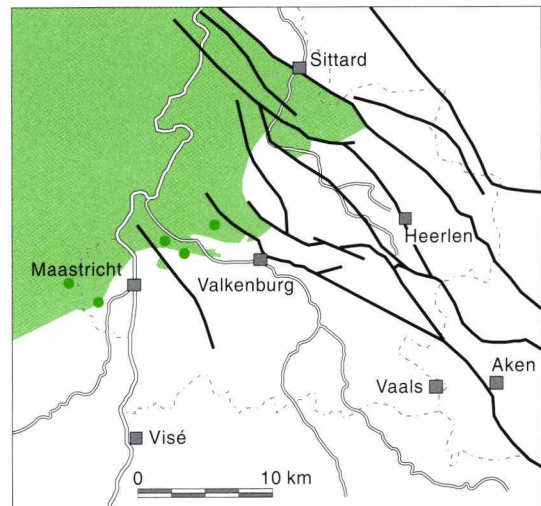
Terugkijkend in de geologische tijd voltrok zich aan het einde van het Krijt in een korte periode een ramp in de planten- en dierenwereld. Dinosaurussen, ammonieten, belemnieten, rudisten en talrijke andere, veelal kleine organismen, stierven uit.

Wat was er gebeurd? Verslechterde het klimaat in korte tijd? Werd de aarde geraakt door een meteoriet van enorme afmetingen of werd door grote vulkaanuitbarstingen de hemel verduisterd? De laatste jaren speuren vele onderzoekers op aarde naar oorzaken. Ook in Zuid-Limburg zijn duidelijke sporen van bovengenoemd verschijnsel terug te vinden. Misschien is Zuid-Limburg wel de plaats waar de sleutel om het probleem op te lossen gevonden kan worden.

Nabij de grens van de Formatie van Maastricht en de Formatie van Houthem vinden we namelijk ook in Zuid-Limburg een Krijt/Tertiair-grensklei; deze z.g. K/T-klei wordt in grote delen van de wereld aangetroffen. Deze merkwaardige klei, midden in een zuiver kalksteenpakket, is een van de raadselen van de Krijt/Tertiairgrens.

2.6 Afzettingen van de Formatie van Houthem

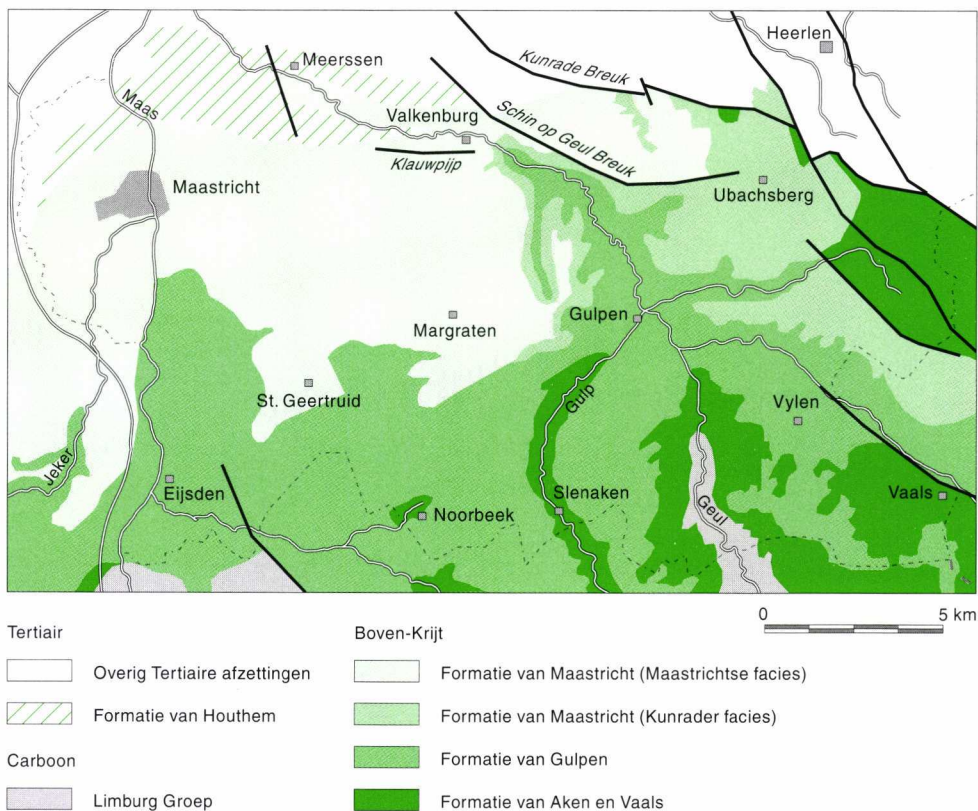
Aan het einde van de Krijtperiode stopte in Zuid-Limburg de sedimentatie van kalk niet maar ging door in het begin van het Tertiair met de vorming van een ca. 50 tot 60 m dik pakket kalksteen, de Formatie van Houthem (Fig. 2.7). Op het eerste oog ziet men weinig verschil tussen de kalkstenen uit het Krijt en Tertiair. Bekijken we echter de fossielinhoud dan vinden we in de Formatie van Houthem vrijwel geen macrofossielen meer die voorkomen in de Formatie van Maastricht.



Figuur 2.7

Verbreiding van de Formatie van Houthem in Zuid-Limburg en omgeving

3 Lithostratigrafische indeling: typelocaties en typeprofielen



Figuur 3.1

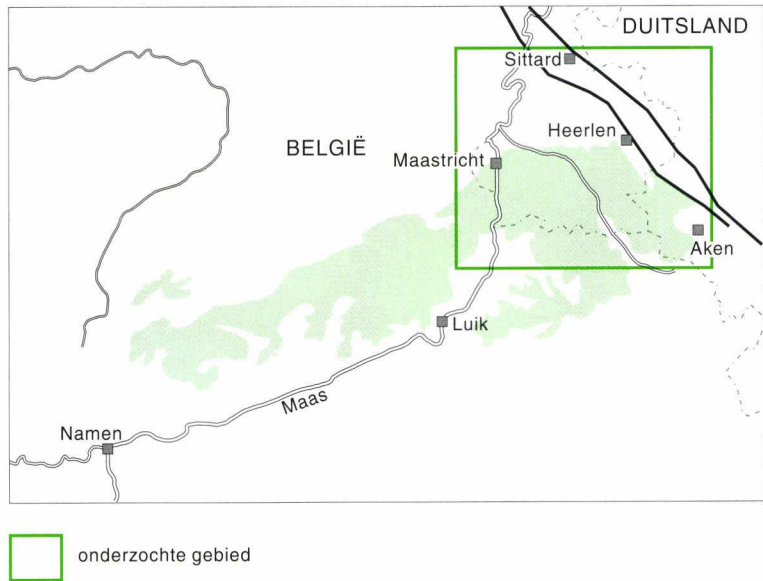
Geologische overzichtskaart van het Zuid-Limburs Krijtgebied

In een groot deel van Zuid-Limburg bevinden zich ten zuiden van de lijn Meerssen - Heerlen afzettingen uit het Boven-Krijt en Danien aan of nabij het oppervlak (Fig. 3.1). De tertiaire- en kwartaire bedekking in dit gebied (löss, zand, grind) varieert in dikte van 0 - 40 m.

De oorspronkelijke verbreiding van de sedimenten naar het zuiden gedurende het Laat-Krijt was veel groter dan het huidige voorkomen (Deroo, 1966).

Door Vogel (1892) is een klein voorkomen van kalkstenen beschreven uit de omgeving van Irnich (D) in de Eifel. Op de Hoge Venen, tussen Eupen en Malmedy, bevinden zich op meerdere plaatsen nog restanten van voormalige vuursteenhoudende kalkstenen uit het Boven-Krijt. Bij Hockai ligt zelfs nog een ca. 12 m dik vuursteeneluvium in stratigrafische opeenvolging (Hoofdstuk 4). De begrenzing van de afzettingen uit het Boven-Krijt strekte zich waarschijnlijk nog verder uit naar het zuiden, want ook op het Plateau de Tailles, Noord van Houffalize worden nog vuurstenen uit het Boven-Krijt aangetroffen.

Op basis van lithologische en paleontologische kenmerken, is het mogelijk het pakket gevormd in het Laat-Krijt en Danien stratigrafisch in te delen. Deze indeling kan zowel in grote eenheden maar ook zeer gedetailleerd worden gemaakt. Van oudsher zijn de afzettingen uit het Boven-Krijt in Zuid-Limburg op basis van lithologische kenmerken ingedeeld in vier grote eenheden: Akens Zand, Vaalser Groenzand, Gulpens Krijt en Maastrichts Krijt. Vele onderzoekers hebben op basis van deze kenmerken het Boven-Krijt in Zuid-Limburg ingedeeld, bijvoorbeeld Staring (1860) en Uhlenbroek (1912). Romein (1962 a-b) publiceerde voor het eerst de door J. Hofker gemaakte indeling van het Boven-Krijt op basis van foraminiferen onderzoek. In de publicatie van Hofker (1966) is deze indeling ongewijzigd overgenomen.



Figuur 3.2

Overzichtskartaal van het Nederlands-Belgisch Krijtgebied (naar Deroo, 1966)

In de uitgebreide literatuur over het Krijt in Zuid-Limburg zijn een groot aantal indelingen gepubliceerd. Het is niet altijd mogelijk deze oude indelingen nauwkeurig te vergelijken met de door ons gepubliceerde indeling. A. Dumont (1832-1878) heeft naast een gedetailleerde indeling ook uitvoerige profielbeschrijvingen gepubliceerd. Een deel van deze beschrijvingen wordt nu geheel of gedeeltelijk in een andere eenheid ondergebracht. Zo ook bij Uhlenbroek (1912), zijn Md in het Maastrichtsch Krijt omvat nu niet alleen de Kalksteen van Meerssen, maar ook een deel van de Kalksteen van Geulhem. Wil men een zo nauwkeurig mogelijke vergelijking maken, dan dient men de afzonderlijk gepubliceerde profielen te bestuderen en te vergelijken.

Alvorens op de nieuwste inzichten en de indeling van het Boven-Krijt en Danien in Zuid-Limburg in te gaan, volgt in Tabel 3.1 eerst een lijst van oude benamingen die men regelmatig in de literatuur aantreft.

Tabel 3.1

Overzicht van veel voorkomende benamingen en coderingen in de oudere literatuur over het Boven-Krijt van Zuid-Limburg

OUDE BENAMING	AUTEUR	OMSCHRIJVING
Aachener Sand	Bredden et al, 1963	Zand van Aken en Zand van Hauset
Aachener Sand	Debey, 1849	Formatie van Aken
Aachener Schichten	Bredden et al, 1963	Zand van Aken en Zand van Hauset
Akenssch Zand	Umbgrove, 1925	Formatie van Aken
Akensche Zand	Staring, 1860	Formatie van Aken
Akensche zanden / Cr1	Uhlenbroek, 1912	Formatie van Aken
Alternances de tuffeau friable, tuffeau caverneux et de tuffeau massif avec lits à bryozoaires	Marlière, 1954	Kalksteen van Meeressen en Kalksteen van Nekum
Assise d'Aix-la-Chapelle	Rutot, 1894	Formatie van Aken
Assise de Frameries	Marlière, 1954	Formatie van Aken
Assise de Herve	Marlière, 1954	Formatie van Vaals
Assise de Herve	Rutot, 1894	Formatie van Vaals
Assise de Maastricht	Marlière, 1954	Formatie van Maastricht
Assise de Nouvelles	Marlière, 1954	Deel van de Formatie van Gulpen
Assise de Nouvelles	Rutot, 1894	Formatie van Gulpen
Assise de Spiennes	Marlière, 1954	Deel van de Formatie van Gulpen
Assise de Spiennes	Rutot, 1894	Kalksteen van Lixhe en -Lanaye
Baggert	Staring, 1860	Sterk verweerde schalie aan de bovenkant van het Boven-Carboon, in contact met de Formatie van Aken
Bakovensteen	Staring, 1860	Deel van de Kalksteen van Vylen
Bank met Dentalium sexcarinatum	Staring, 1860	Derde Bryozoënl laag van Staring
Belemnieten Kerkhof	Jongmans, 1945	Grote aanrijking van rostra van belemnieten aan de basis van de Kalksteen van Vylen
Boormossellaag	Staring, 1860	Hardground
Bruin grindzand	Staring, 1860	Glauconietrijke laag aan de basis van de Formatie van Gulpen
Bryozoënl laag	Staring, 1860	Fossielgruislaag, rijk aan resten van bryozoën in de Kalksteen van Meeressen
Calcaire de Maastricht	Dumont, 1832	Deel van de Formatie van Gulpen en de Formatie van Maastricht
Chloritische Kreide	Debey, 1849	Onderste deel van de Kalksteen van Vylen
Conglomérat à Belemnitella mucronata	Rutot, 1894	Aanrijking van rostra van belemnieten aan de basis van de Kalksteen van Vylen
Cr1	Uhlenbroek, 1912	Formatie van Aken
Cr2a	Uhlenbroek, 1912	Basisconglomeraat van de Formatie van Vaals
Cr2c en Cr2b	Uhlenbroek, 1912	Niet gedefinieerd deel van de Formatie van Vaals
Cr3r/ Grindkrijt	Uhlenbroek, 1912	Glauconietrijke laag met weinig grind, aan de basis van de Kalksteen van Lixhe, boven de Horizont van Wahlwiller

OUDE BENAMING**AUTEUR****OMSCHRIJVING**

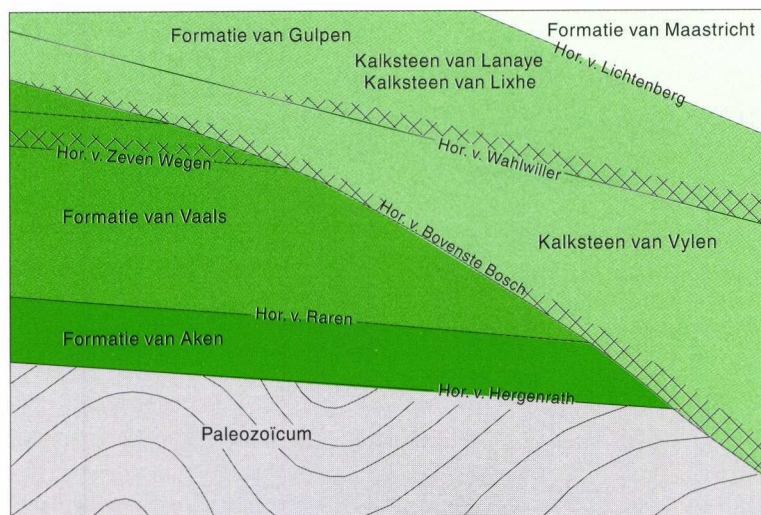
Cr3a / Glauconietkrijt	Uhlenbroek, 1912	Glauconietrijke laag aan de basis van de Formatie van Gulpen. Dit is zowel de basis van de Kalksteen van Zeven Wegen als de Kalksteen van Vylen
Cr3b	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Zeven Wegen t/m Kalksteen van Vylen
Cr3c	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Lixhe
Cr4	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Lanaye
Craie	Dumont, 1832	Formatie van Gulpen
Craie blanche	Rutot, 1894	Kalksteen van Zeven Wegen
Craie blanche à silex	Marlière, 1954	Kalksteen van Lixhe
Craie blanche à silex noirs	Rutot, 1894	Kalksteen van Lixhe en -Lanaye
Craie blanche sans silex	Marlière, 1954	Kalksteen van Zeven Wegen
Craie de Hesbaye	Mourlon, 1880	Formatie van Gulpen
Craie de Lanaye	Marlière, 1954	Kalksteen van Lanaye
Craie glauconifère à silex gris rudimentaires	Marlière, 1954	Kalksteen van Vylen en Kalksteen van Beutenaken
Craie grossière à silex bruns et noirs	Marlière, 1954	Kalksteen van Lanaye
Craie grossière à silex caverneux noirs	Rutot, 1894	Kalksteen van Lixhe
Craie grossière à silex gris	Marlière, 1954	Kalksteen van Valkenburg t/m Kalksteen van Emael
Craie grossière à silex gris foncé	Rutot, 1894	Kalksteen van Lanaye
Craie marneuse sans silex	Rutot, 1894	Kalksteen van Vylen en -Beutenaken
Cucullea - Niveau	v.d. Weyden, 1943	Grote concentratie van de lamellibranchiaat <i>Cucullaea</i> sp. in het hogere deel van de Formatie van Vaals
Dentaliumbank	Ubaghs, 1887	Fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Nekum, boven de Horizont van Laumont
Derde Bryozoënl laag	Staring, 1860	Fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Nekum, boven de Horizont van Laumont
Echiniedenlaagje	Staring, 1860	Fossielgruislaag boven de Horizont van Kanne
Echinocorys - Niveau	Felder, 1963	Grote concentratie van exemplaren van de zeeëgel <i>Echinocorys</i> sp. in de bovenste helft van de Kalksteen van Lixhe 1
Fossielbank Grenspaal 7	Felder, 1957	Horizont van Grenspaal 7
Gault	Dumont, 1832	Formatie van Vaals
Glauconietkrijt	Staring, 1860	Glauconietrijke laag kalksteen aan de basis van de Formatie van Gulpen
Greensand inférieur	Dumont, 1832	Formatie van Aken en Formatie van Vaals
Greensand supérieur	Dumont, 1832	Formatie van Vaals
Grès blanc	Dumont, 1832	Zandsteen uit de Formatie van Aken

OUDE BENAMING**AUTEUR****OMSCHRIJVING**

Grindkrijt	Staring, 1860	Glauconietrijke laag aan de basis van de Kalksteen van Lixhe, boven de Horizont van Wahlwiller
Groen grindzand	Staring, 1860	Grindrijke zandlaag aan de basis van de Formatie van Vaals, boven de Horizont van Raren
Groenzand van Vaals	Umbgrove, 1925	Formatie van Vaals
Gölpen Basisgeröll	Bredden et al, 1963	Aanrijking van belemnieten, wel of niet met weinig grind aan de basis van de Kalksteen van Vylen (Belemnieten Kerkhof)
Gölpen Glauconitmergel	Bredden et al, 1963	Kalksteen van Vylen
Gölpen Grünsand	Bredden et al, 1963	Onderste deel van de Kalksteen van Vylen
Gölpen Mergelkalk	Bredden et al, 1963	Kalksteen van Vylen
Gölpen Mergelschluff	Bredden et al, 1963	Deel van de Kalksteen van Vylen
Gölpen Schichten	Bredden et al, 1963	Formatie van Gulpen
Gölpenmergel	Bredden et al, 1963	Kalksteen van Vylen
Gulpensch Krijt	Francken, 1947	Formatie van Gulpen
Gulpensch Krijt	Umbgrove, 1925	Formatie van Gulpen
Gulpensch Krijt Cr4 en Cr3	Uhlenbroek, 1912	Formatie van Gulpen
Gulpensche Krijt	Staring, 1860	Formatie van Gulpen
Gyrolithen Grünsand	Debey, 1849	Deel van de Formatie van Vaals
Hemipneustes - Niveau	Felder, 1963	Grote concentratie van exemplaren van de zeeëgel <i>Hemipneustes striatoradiatus</i> in de Kalksteen van Nekum, onder de Horizont van Kanne
Hergenrather Schichten	Bredden et al, 1963	Klei van Hergenrath
Hergenrather Ton	Bredden et al, 1963	Klei van Hergenrath
Koprolithenlaagje	Staring, 1860	Fossielgruislaag aan de basis van de Formatie van Maastricht, boven de Horizont van Lichtenberg
Koraalkalk	Staring, 1860	Fossielgruislagen in de Kunrader facies van de Formatie van Maastricht
Kreidemergel a, ohne Feuerstein	Debey, 1849	Kalksteen van Zeven Wegen t/m Kalksteen van Vylen
Kreidemergel b, mit Feuerstein	Debey, 1849	Kalksteen van Lixhe en Lanaye
Krijt met grauwe vuursteen	Staring, 1860	Kalksteen van Lanaye
Krijt met vuursteen / Vuursteenkrijt	Staring, 1860	Bovenste deel van de Formatie van Gulpen, Kalksteen van Lixhe t/m Kalksteen van Lanaye
Krijt met zwarte vuursteen	Staring, 1860	Kalksteen van Lixhe
Krijt van Herve / Cr2	Uhlenbroek, 1912	Formatie van Vaals
Krijt zonder vuursteen	Staring, 1860	Onderste deel van de Formatie van Gulpen, Kalksteen van Zeven Wegen t/m Kalksteen van Vylen

OUDE BENAMING	AUTEUR	OMSCHRIJVING
Kunrader Formatie	Umbgrove, 1925	Kunrader facies van de Formatie van Maastricht
Kunrader Krijt	Francken, 1947	Kunrader facies van de Formatie van Maastricht
Lit à Coprolithes	Rutot, 1894	Fossielgruislaag aan de basis van de Formatie van Maastricht, boven de Horizont van Lichtenberg
Lit à Pyrgopolon Mosae	Rutot, 1894	Fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Nekum
Lit à Stellocavea	Rutot, 1894	Fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Nekum
Lits de Thecidium papillatum	Rutot, 1894	Fossielgruislaag aan de basis van de Formatie van Maastricht, boven de Horizont van Lichtenberg
Ma	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Vaikenburg t/m Kalksteen van Emael in Kunrader facies
Maastrichtien	Rutot, 1894	Formatie van Maastricht
Maastrichtsch Krijt	Francken, 1947	Maastrichtse facies van de Formatie van Maastricht
Maastrichtsch Krijt	Uhlenbroek, 1912	Formatie van Maastricht en onderste deel van de Kalksteen van Geulhem uit de Formatie van Houthem
Maastrichtsche Krijt	Staring, 1860	Formatie van Maastricht en onderste deel van de Kalksteen van Geulhem uit de Formatie van Houthem
Maastrichtsche Tufkrijt	Umbgrove, 1925	Maastrichtse facies van de Formatie van Maastricht
Mb	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Valkenburg t/m Kalksteen van Emael in Maastrichtse facies
Mc	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Nekum
Md	Uhlenbroek, 1912	Kalksteen van Meerssen en onderste deel van de Kalksteen van Geulhem uit de Formatie van Houthem
Me	Hofker, 1957	Hoogste deel van de Kalksteen van Meerssen in de omgeving van Geulhem
Mergel van Kunraad	Staring, 1860	Kunrader facies van de Formatie van Maastricht
Obere Grünsand	Debey, 1849	Bovenste deel van de Formatie van Vaals
Orsbacher Basisgeröll	Bredden et al, 1963	Glaucónietrijke laag aan de basis van de Kalksteen van Lixhe, boven de Horizont van Wahlwiller
Orsbacher Feuersteinkreide	Bredden et al, 1963	Kalksteen van Lixhe en Kalksteen van Lanaye
Orsbacher glauconitische Feuersteinkreide	Bredden et al, 1963	Kalksteen van Lixhe en Kalksteen van Lanaye
Orsbacher Schichten	Bredden et al, 1963	Kalksteen van Lixhe en Kalksteen van Lanaye
Sable	Dumont, 1832	Formatie van Aken en Formatie van Vaals

OUDE BENAMING	AUTEUR	OMSCHRIJVING
Sables d'Aix-la-Chapelle	Marlière, 1954	Formatie van Aken
Sables d'Aix-la-Chapelle	Mourlon, 1880	Formatie van Aken
Senonien	Rutot, 1894	Formatie van Aken t/m Formatie van Gulpen
Smectite de Herve	Marlière, 1954	Formatie van Vaals
Smectite de Herve	Mourlon, 1880	Formatie van Vaals
Système Aachenien	Dewalque, 1880	Formatie van Aken
Système Aachenien	Dumont, 1878	Formatie van Aken
Système Hervien	Dewalque, 1880	Formatie van Vaals
Système Hervien	Dumont, 1878	Formatie van Vaals
Système Maestrichtien	Dewalque, 1880	Formatie van Maastricht
Système Maestrichtien	Dumont, 1849	Formatie van Maastricht
Système Maestrichtien	Dumont, 1878	Formatie van Maastricht
Système Senonien	Dewalque, 1880	Formatie van Gulpen
Système Senonien	Dumont, 1878	Formatie van Gulpen
Tuffeau caverneux - 2e banc à Bryozoaires	Rutot, 1894	Kalksteen van Meerssen
Tuffeau à silex gris	Rutot, 1894	Kalksteen van Valkenburg t/m Kalksteen van Emael
Tuffeau de Maastricht	Marlière, 1954	Formatie van Maastricht
Tuffeau de Maastricht	Mourlon, 1880	Formatie van Maastricht
Tuffeau exploité	Rutot, 1894	Kalksteen van Nekum
Tufkrijt	Staring, 1860	Maastrichtse facies van de Formatie van Maastricht
Tusschenlaag van Wahlwylre	Umbgrove, 1925	Glauconietrijke laag aan de basis van de Kalksteen van Lixhe, boven de Horizont van Wahlwiller
Untere Grünsand von Aachen	Debey, 1849	Onderste deel van de Formatie van Vaals
Vaalser Basiskies	Bredden et al, 1963	Grindrijke laag aan de basis van de Formatie van Vaals, boven de Horizont van Raren.
Vaalser Glauconitsand	Bredden et al, 1963	Formatie van Vaals
Vaalser Schichten	Bredden et al, 1963	Formatie van Vaals
Valkenburger und Maestrichter Kreidetuff	Debey, 1849	Maastrichtse facies van de Formatie van Maastricht
Vetschauer Schichten	Bredden et al, 1963	Kunrader kalksteen, Formatie van Maastricht
Vetschauer und Kunraeder Corallenkalk	Debey, 1849	Bovenste deel Kunrader facies, Formatie van Maastricht
Vetschauer und Kunraeder Kalkmergel	Debey, 1849	Onderste deel Kunrader facies, Formatie van Maastricht
Zand van Herve	Staring, 1860	Formatie van Vaals



Figuur 3.3

Discordantievlakken in het Boven-Krijt van Zuid-Limburg

Gedurende het Laat-Krijt hebben in meerdere perioden tektonische bewegingen plaatsgevonden langs het al oudere breukenpatroon. Bij deze bewegingen hebben zich ook schollenkantelingen voorgedaan. Het gevolg hiervan is dat plaatselijk reeds tijdens het Laat-Krijt omvangrijke sedimentpakketten zijn geërodeerd. In Figuur 3.3 is in een schematisch profiel weergegeven hoe de basis van de kalksteen van Vylen is ingesneden tot in gesteenten uit het Paleozoïcum (Boven-Carboon).

In het kader van de geologische kartering en de praktische geologische toepassing, was het echter gewenst over een moderne indeling te beschikken die zoveel mogelijk gericht is op het gebruik en herkenbaarheid in het veld. Een dergelijke indeling van het Boven-Krijt werd door Felder in 1975 opgesteld, waarbij formatienamen werden ingevoerd en waarbij bovendien de onderpaleocene kalksteen als Formatie van Houthem werd onderscheiden (Fig. 3.4).

Zoals uit deze figuur blijkt, zijn de formaties weer onderverdeeld in meerdere kleine eenheden. Binnen deze eenheden wordt soms een tweedeling gemaakt, waarbij een onderste- en bovenste deel wordt onderscheiden. Verder worden de formaties verdeeld in specifieke laagpakketten, zoals bijvoorbeeld de Formatie van Aken in respectievelijk de Klei van Hergenrath, het Zand van Aken en het Zand van Hauset. Deze laagpakketten of samensmeltingen hiervan zijn van codes voorzien. De grensvlakken van de laagpakketten worden gekenmerkt door bepaalde horizonten. Formaties, laagpakketten, horizonten, typelocaties enz. worden in het hierna volgende deel gedetailleerd beschreven en gecompleteerd door lithostratigrafische profielen en locatiekaarten van de typelocaties. Dit wil niet zeggen dat alle locaties momenteel nog toegankelijk zijn. Een groot deel van de groeven of natuurlijke ontsluitingen is in de loop der tijden vervallen of dichtgegroeid. Voor zover als noodzakelijk is in onderstaande beschrijvingen hierover een korte opmerking toegevoegd. Breuken hebben belangrijke invloed uitgeoefend op de begrenzing en verbreiding van de diverse formaties. In Fig. 3.4.a is de ligging van de voornaamste breuken in Zuid-Limburg weergegeven.

Tijdsindeling en Chronostratigrafie	Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en Danien in Zuid-Limburg					Indeling van Uhlenbroek 1912	Indeling van Hofker 1966
	Formaties	Laagpakketten	Codes: Oostelijk gebied Westelijk gebied		Horizonten		
PALEOCEEN	Danien	FORM. VAN HOUTHEM	Kalksteen van Geleen	Vc	Horizont van Lutterade	Md	R
			Kalksteen van Bunde	Vb	Horizont van Geleen		Q
			Kalksteen van Geulhem	Va	Horizont van Bunde		P
				Xlw	Horizont van Vroenhoven		N L M
BOVEN - KRIJLT / LAAT - KRIJLT	Maastrichtien	FORM. VAN MAASTRICHT	Maastrichtse kalksteen	IVf	Xw	Mc	K
				IVe	IXw		
				IVd		Mb	I
				IVc			J
				IVb			H
				IVa			G
		FORM. VAN MAASTRICHT	Kunraden kalksteen			Ma	
						Cr4	F
						Cr3c	E
						Cr3y	
						Cr3b	D C
							B
		FORM. VAN MAASTRICHT	Kunraden kalksteen			Cr3a	A
						Cr2	A
	Campanien	FORM. VAN MAASTRICHT	Kunraden kalksteen			Cr2	A
						Cr1	
	Santonien	FORM. VAN MAASTRICHT	Kunraden kalksteen			Cr2	A
						Cr1	

Figuur 3.4

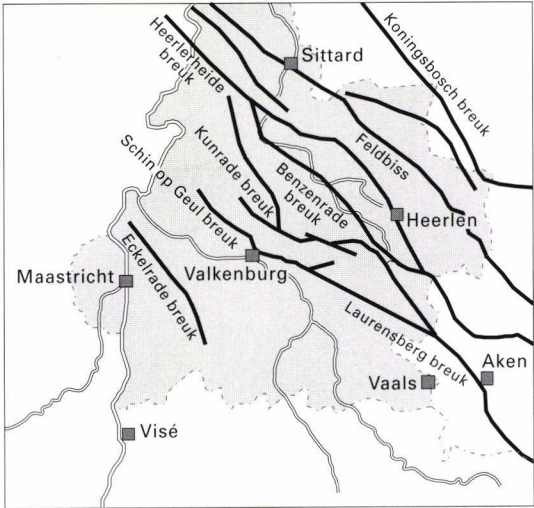
Lithostratigrafische indeling van het Boven-Krijt en Danien in Zuid-Limburg en omgeving (naar Felder, 1975 b)

3.1 FORMATIE VAN AKEN

Algemene beschrijving

De Formatie van Aken bestaat uit een complexe eenheid die in het typegebied overwegend uit zand is opgebouwd. Het onderste deel bestaat uit vnl. kleiige- en sil- tige zanden en zandige kleien. De dikte varieert van min- der dan 1 m tot ca. 60 m en kan worden onderverdeeld in drie laagpakketten. In het typegebied vormen geplooid- e paleozoïsche gesteenten de ondergrens, die wordt ge- markeerd door de Horizont van Hergenrath.

In Zuid-Limburg is de Formatie van Aken, behoudens en- kele verspreide kleine voorkomens, beperkt tot het ge- bied ten zuiden van de Heerlerheide Breuk. Binnen dit ge- bied ontbreekt de Formatie op en aan weerszijden van de Flexuur van Puth, de Antiklinaal van Waubach en in een groot deel van het gebied ten westen van de Gulp.



Figuur 3.4.a
Ligging van de voornaamste breuken in Zuid-Limburg

Tabel 3.2
Lithostratigrafische indeling van de Formatie van Aken

LAAGPAKKET		LITHOSTRATIGRAFISCHE CODES		HORIZONT
		OOST	WEST	
VAN DE MAAS				
boven	Zand van Hauset	Ic	-	Horizont van Raren
	Zand van Aken	Ib	-	Horizont van Flög
onder	Klei van Hergenrath	Ia	-	Horizont van Schampelheide
				Horizont van Hergenrath

Typegebied

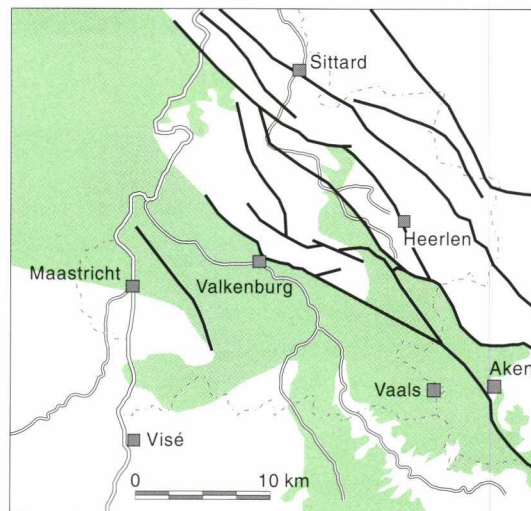
Het typegebied van de formatie als geheel is het boscomplex ten zuiden van Aken (Aachener Wald) op de grens tussen Duitsland en België.

Ouderdom

De ouderdom van de Formatie van Aken is niet precies bekend, maar het pakket stamt vermoedelijk geheel uit het Santonien volgens Albers en Felder (1979) en Batten et al. (1988).

Afzettingsgeschiedenis

In het Vroeg-Krijt maakte Zuid-Limburg deel uit van een landgebied. Onder invloed van bodemdaling en eustatische zeespiegelrijzing, breidde de zee zich in het Laat-Krijt geleidelijk uit naar het zuiden. Aanvankelijk lag Zuid-Limburg in de kuststrook en werden door rivieren zand en klei afgezet (Klei van Hergenrath). Niet lang daarna overspoelde de zee het gebied tot aan de rand van de Hoge Venen ten zuiden van Eupen (B). In deze ondiepe zee van maximaal enkele tientallen meters, waarbij de invloed van de golfbeweging van storm en eb en vloed op de zeebodem nog duidelijke invloed had, werden dikke pakketten zand afgezet (Zand van Aken). Onder invloed van aanhoudende bodemdaling werd de zee steeds dieper tot maximaal 40 m en werden eerder afgezette zandlagen alleen tijdens zware stormen verplaatst. Rivieren vanuit het achterland voerden niet alleen zand en klei aan, maar ook stukken hout, bladeren en vruchtkegels (Zand van Hauset). Een nieuwe transgressiefase kondigde hierna het begin aan van het regiem van de Formatie van Vaals.



Figuur 3.5
Verbreiding van de Formatie van Aken in Zuid-Limburg en omgeving

3.1.1 Klei van Hergenrath

Algemene beschrijving

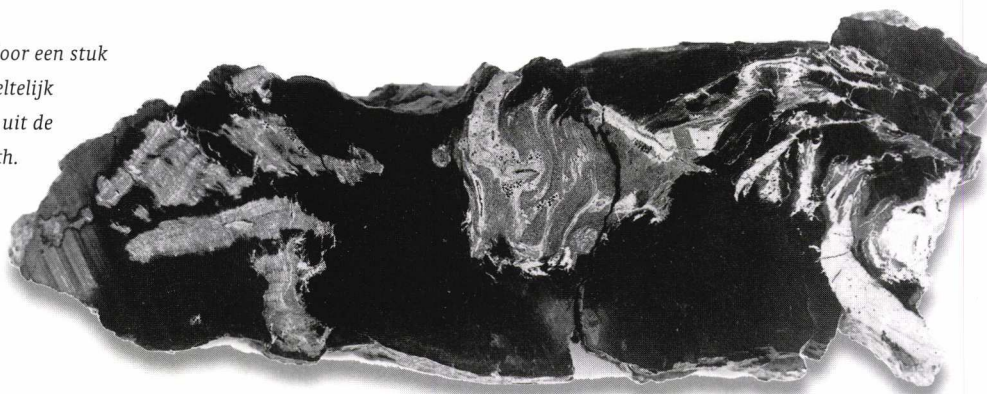
De Klei van Hergenrath omvat het pakket van lagen dat door Breddin et al. (1963) beschreven is als de 'Hergenrather Schichten' en bestaat uit een afwisseling van overwegend grijze, zandige en siltige kleien met siltige en kleiige, vaak relatief grofkorrelige zanden. Aan de basis komen grove zandlenzen voor met soms fijn kwartsrijk grind, de z.g. 'Mosperter Schotter' (Albers en Felder, 1979).

Plaatselijk bevat het pakket stukken ingekoold hout, plantenresten en markasiet- en pyrietconcreties (Foto 7).

Foto 7

Dwarsdoorsnede door een stuk ingekoold en gedeeltelijk gepyritiseerd hout uit de Klei van Hergenrath.

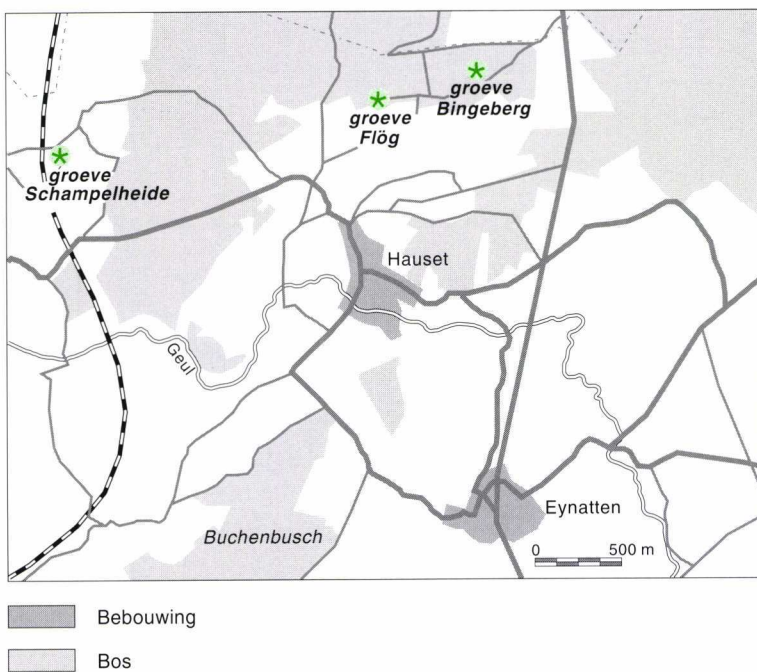
Vindplaats:
Grensstreek te
Cottessen,
gem. Vaals



Wortelbodems met aan de top dunne bruinkoollaagjes komen regelmatig voor. Met uitzondering van enkele fossiele schildjes van kevers, zijn tot nu toe alleen fossielen van planten aangetroffen. Goed bewaarde plantenfossielen zijn in de meer of minder vette kleien op talrijke plaatsen aangetroffen. Debey en Von Ettinghausen (1859) noemen niet minder dan 300 plantensoorten waaronder algen, varens, naaldbomen en talrijke bloemplanten.

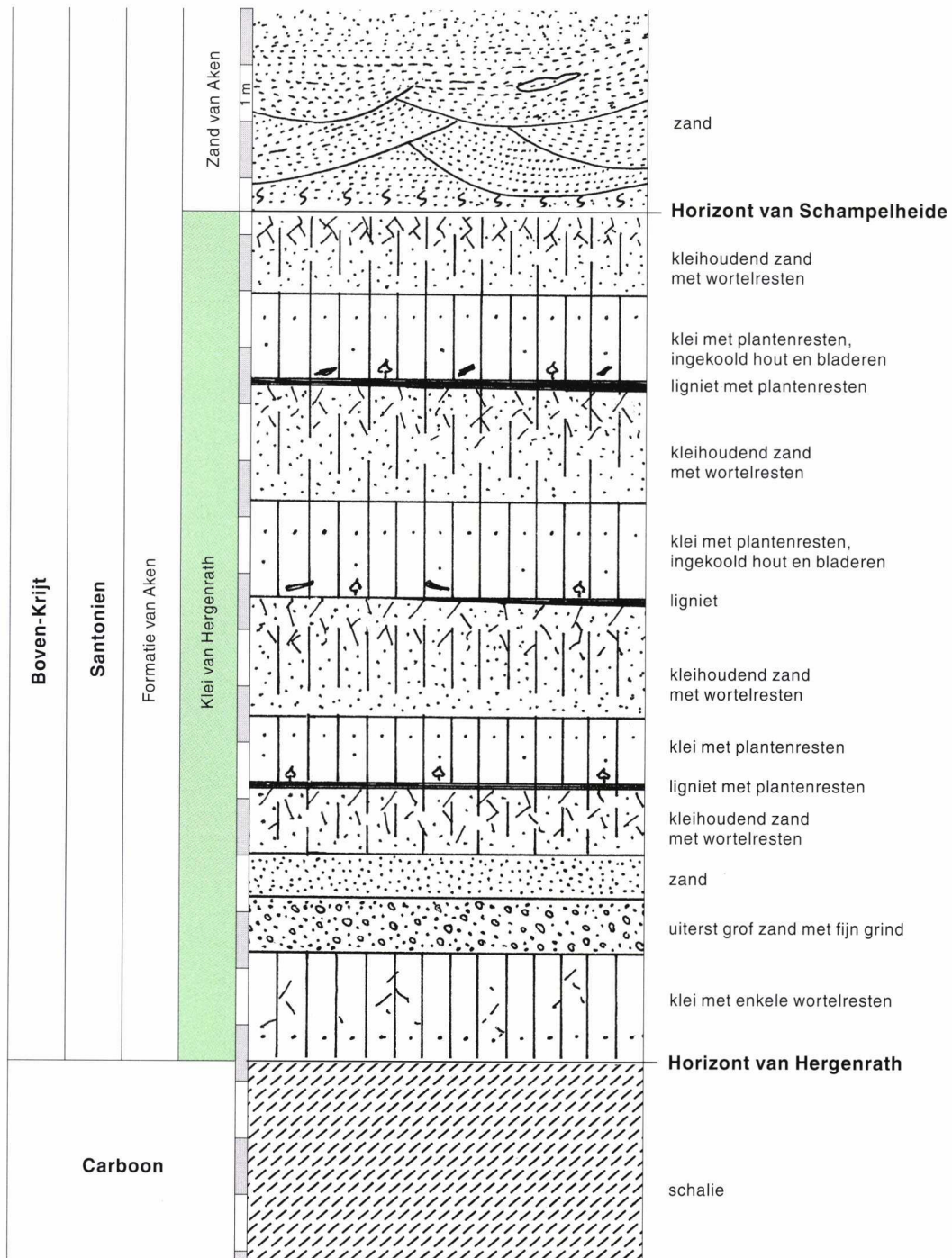
De dikte van de eenheid varieert van 0 tot 35 m. De ondergrens wordt gemarkeerd door de Horizont van Hergenrath, een paleobodem in de top van de paleozoïsche gesteenten. Daar waar de paleozoïsche gesteenten bestaan uit bovendevonische of ondercarbonische kalkstenen, is de Horizont van Hergenrath als gevolg van paleokarst zeer onregelmatig. De onderste kleilagen uit de Klei van Hergenrath zijn dan vaak rood en paars gekleurd. Op de meeste andere plaatsen is hij vaag door de sterke verwerking van de oude schalies en zandstenen; de schalie gaat dan geleidelijk over in een laag meer of minder zandige kleien. Met behulp van geochemisch onderzoek is de horizont echter duidelijk aan te geven (Flekken, 1975 - 1977). Het bovenliggende pakket wordt gevormd door het Zand van Aken; de grens wordt gemarkeerd door de Horizont van Schampelheide (zie par. 3.1.2).

Van de drie eenheden uit de Formatie van Aken heeft de Klei van Hergenrath de grootste verbreiding. Ontsluitingen zijn alleen bekend in het Geuldal ten zuiden van Epen, in de bedding van enkele beekjes bij Camerig, Cottessen en Terziet. Op Belgisch gebied werd, in de omgeving van Hergenrath, Montzen en Welkenrath, de Klei van Hergenrath tot 1965 in een groot aantal groeven ontgonnen voor de aardewerkindustrie. Het bekende aardewerk van Raeren (B) uit de 15e tot 19e eeuw werd gebakken uit klei van deze eenheid. Op Duits gebied zijn de ontsluitingen beperkt tot het centrum van de stad Aken en het gebied ten zuiden en oosten van de stad. Ook hier bevonden zich in het verleden een aantal kleigroeven. Momenteel hebben de kleien uit de Klei van Hergenrath geen economische betekenis meer.



Figuur 3.6

Typelocatie van de Klei van Hergenrath, groeve Schampelheide en het Zand van Hauset, groeve Bingeberg



Figuur 3.7
Geschematiseerd lithologisch profiel van de Klei van Hergenrath bij de typelocatie groeve Schampelheide

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Schampelheide, N.W. van Hauset (B) (Fig. 3.6)

NITG ontsluiting nr.: 43/1-2 nr 1

Coördinaten: 201.250 - 302.750

In de typelocatie is de Klei van Hergenrath thans alleen bereikbaar door middel van boringen. Het in Fig. 3.7 weergegeven lithostratigrafische profiel is opgenomen in de groeve Schampelheide (62G-1) en de ernaast gelegen spoorweginsnijding. In de typelocatie bedraagt de dikte ca. 15 m. De Horizont van Hergenrath is in de typelocatie visueel niet herkenbaar. Ogenscheinlijk gaan de zeer sterk verweerde Bovencarbonische schalies geleidelijk over in de klei. In de typelocatie bevindt zich ca. 2,50 m boven de basis een ca. 1 m dikke onregelmatige laag uiterst grof zand met weinig afgerond fijn kwartsgrind.

Afzettingsmilieu

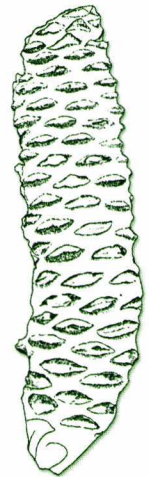
Zeer waarschijnlijk bestaat het grootste deel van het pakket uit fluviaal-limnische sedimenten, die gekenmerkt zijn door het voorkomen van wortelbodems, wel of niet bedekt door een dunne bruinkoollaag. In het hogere deel komen plaatselijk dunne mariene inschakelingen voor. Deze zijn gekenmerkt door mariene bioturbaties.

Foto 8

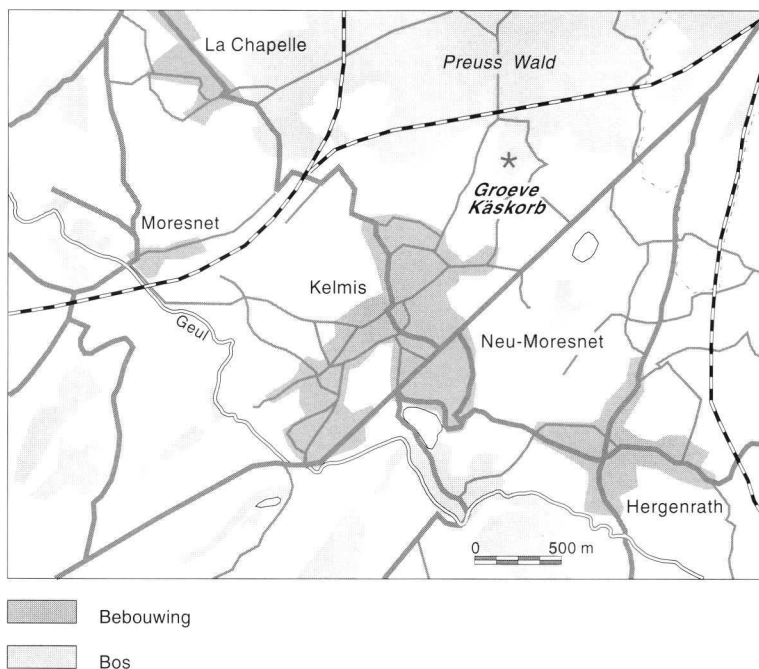
Pityostrobus purvesi

(Stockmans, 1946). Vruchtkegel van een naaldboom uit de Formatie van Aken.

Vindplaats: Zandgroeve te Henri-Chapelle, België (naar Stockmans, 1946)

**3.1.2 Zand van Aken***Algemene beschrijving*

Het Zand van Aken omvat het onderste deel van het pakket lagen dat door Breddin et al. (1963) is beschreven als de 'Aachener Schichten' en is opgebouwd uit kris-kras gelaagde, lichtgrijze tot geelwitte fijne zanden. Plaatselijk komen hierin dikke, over grote afstand te vervolgen, zandsteenbanken voor. Heel algemeen zijn dunne lagen zwak verkiezelde zandsteenknollen. De vormen van deze knollen lijken veel op die van de vuursteenknollen in de kalksteenpakketten. Behalve de vele bioturbaties van wormen en kreeften, komen talrijke stukken verkiezeld hout voor met boorgaten van boormossels (*Teredo* sp.). Zeldzaam zijn vruchtkegels van naaldbomen en vruchten van loofbomen, die voor het grootste deel bestaan uit geoxideerde pyriet. Verder is de verscheidenheid aan fossielen zeer gering en beperkt tot enkele, meestal slecht bewaarde, steenkernen van schelpen. De dikte van het pakket varieert van 1 m tot ca. 22 m. De ondergrens wordt gemarkeerd door de Horizont van Schampelheide, die wordt gekenmerkt door de omslag van kleien en zanden naar min of meer zuivere kwarts-zanden. In het typeprofiel komt in de top van de klei een zwak ontwikkelde wortelbodem voor. Het bovenliggende pakket wordt gevormd door het Zand van Hauset; de grens wordt gemarkeerd door de Horizont van Flög (zie par. 3.1.3.). Buiten het typegebied is over de verbreiding van het Zand van Aken weinig bekend. Daar waar de verbreiding van de Formatie van Aken alleen bekend is uit boringen of kleinere ontsluitingen, is het niet mogelijk een onderscheid te maken tussen het Zand van Aken en -Hauset. In Zuid-Limburg komt het Zand van Aken alleen voor ten zuidoosten van de lijn Lemiers - Epen. Ontsluitingen bevinden zich in de dalwand van de Zieversbeek bij Lemiers en in de Grensbeek te Cottessen. Op Belgisch gebied is het Zand van Aken ontsloten in groeven bij Kelmis (La Calamine) en Hauset. Op Duits gebied is dit zand ontsloten aan de voet van de Lousberg bij Aken en in de bermen van enkele holle wegen in het Aachener Wald. Voor 1960 werd het zand op talrijke plaatsen afgegraven als vulzand. Momenteel is nog slechts één groeve bij Kelmis in bedrijf.



Figuur 3.8

Typelocatie van het Zand van Aken, groeve Käskorb

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Käskorb te Kelmis (B) (Fig. 3.8)

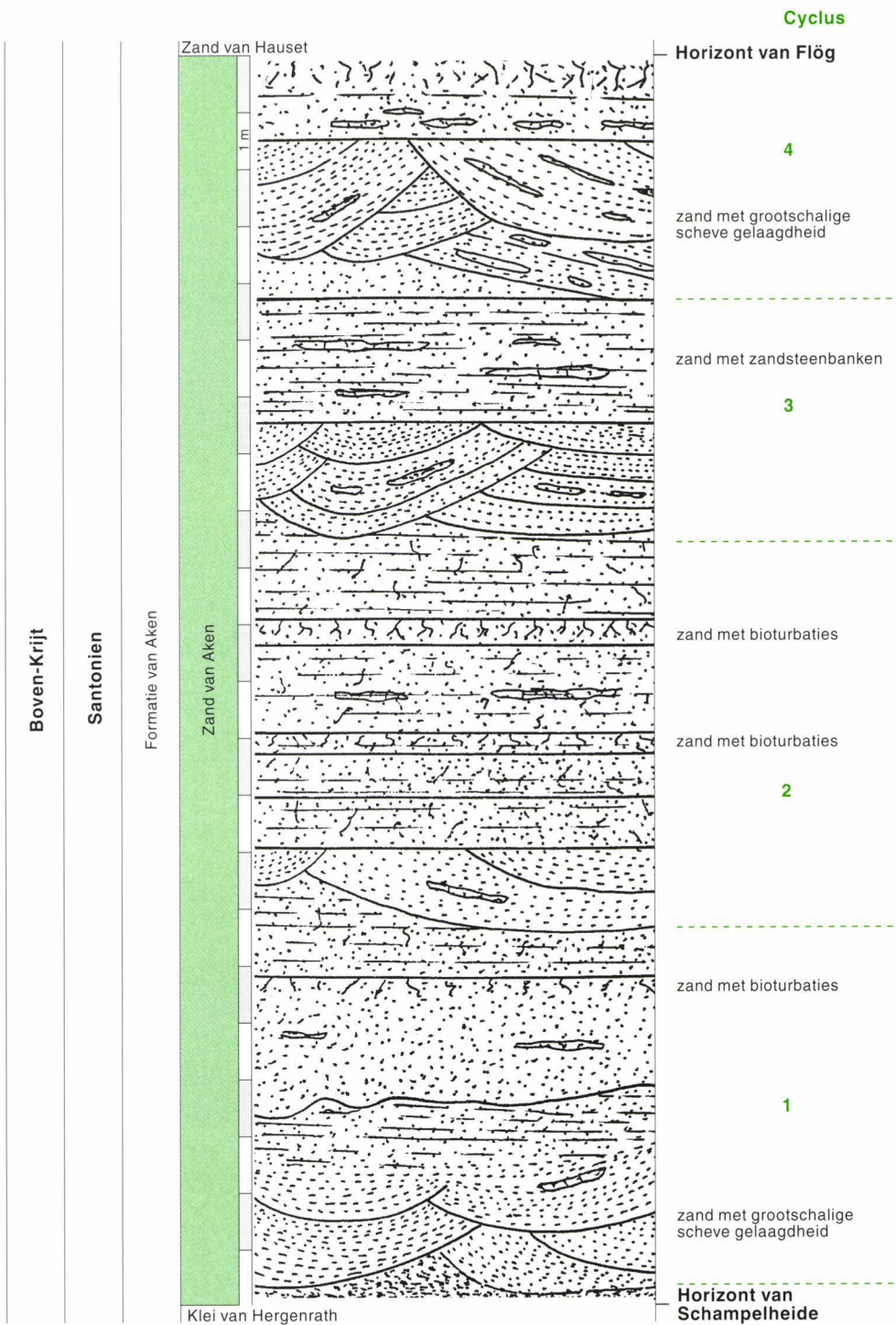
NITG ontsluiting nr.: 62D-74

Coördinaten: 199.750 - 304.000

De sectie van de typelocatie (Fig. 3.9) bestaat uit vier cycli die aan de basis bestaan uit grootschalige geulopvullingen. Naar boven gaan deze over in meer of minder duidelijk horizontaal gelaagde zanden met verspreide, in lagen gerangschikte, bioturbaties en zwak verkiezelde knollen. In de typelocatie is de dikte van het Zand van Aken ca. 22 m.

Afzettingssmilieu

De sedimentstructurele opbouw wijst op een cyclische, mariene afzetting onder invloed van sterke getijdenwerking, overgaande in een meer rustig sedimentatiemilieu. Dit kan wijzen op een waterdiepte die waarschijnlijk 20 m of minder bedroeg.



Figuur 3.9
Lithologisch profiel van het Zand van Aken in de typelocatie groeve Käskorb

3.1.3 Zand van Hauset

Algemene beschrijving

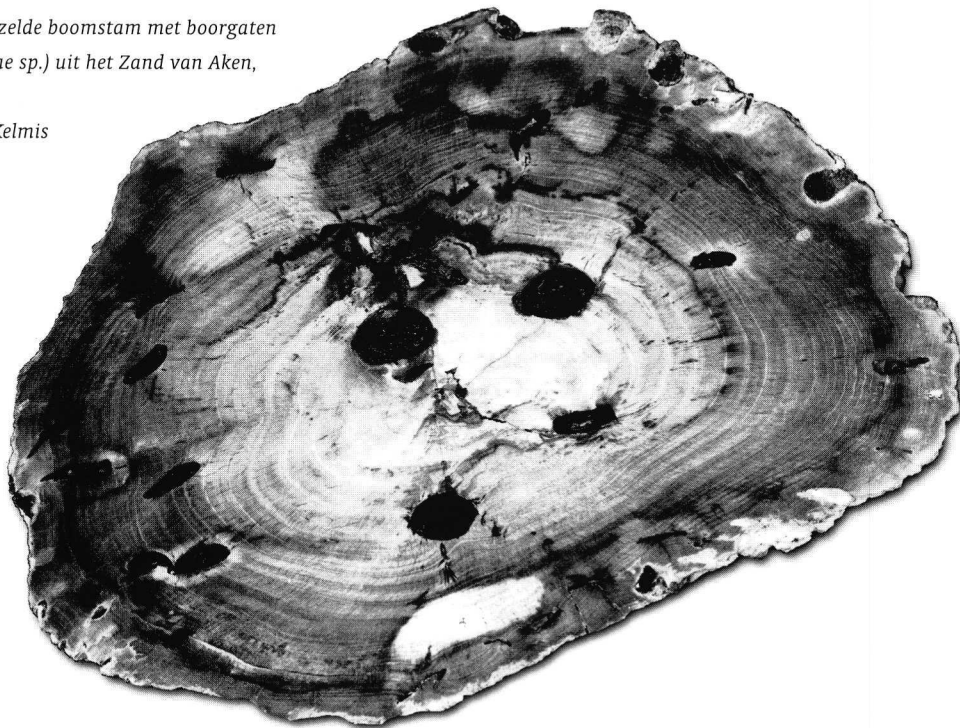
Het Zand van Hauset omvat het bovenste gedeelte van het laagpakket dat door Breddin et al. (1963) beschreven is als de 'Aachener Schichten' en bestaat uit een afwisseling van gelamineerde, mariene, licht- tot middelgrijze fijne zanden. Plaatselijk komen kleiige zanden met dunne kleilaagjes voor. Kris-kras gelaagdheid is zelden aanwezig. In tegenstelling tot het Zand van Aken is deze eenheid overwegend opgebouwd uit dunne, grootschalige cyclische sedimentlichamen. De invloed van getijdenwerking is beperkt. De cycli zijn opgebouwd uit gelamineerd wel of niet klei- en/of silthoudend zand met in de top een duidelijke bioturbatiezone. Naast de algemeen voorkomende bioturbaties van kreeften en wormen, komen talrijke stukken verkiezeld hout voor, vaak met boorgaten van boormossels (Foto 9). Tevens worden in geoxideerde markasiet- of pyrietconcreties vruchtkegels van naaldbomen en andere plantenresten aangetroffen (Foto 8). De dikte van het pakket varieert van minder dan 1 m tot ca. 25 m. De ondergrens wordt gemarkeerd door de Horizont van Flög, die wordt gekenmerkt door een scherpe overgang van de deels kris-kras gelaagde zanden naar over het algemeen gelamineerde fijne zanden. De top, die het contact vormt met de Formatie van Vaals, wordt gevormd door de Horizont van Raren. Deze horizont is niet ontsloten in de typelocatie.

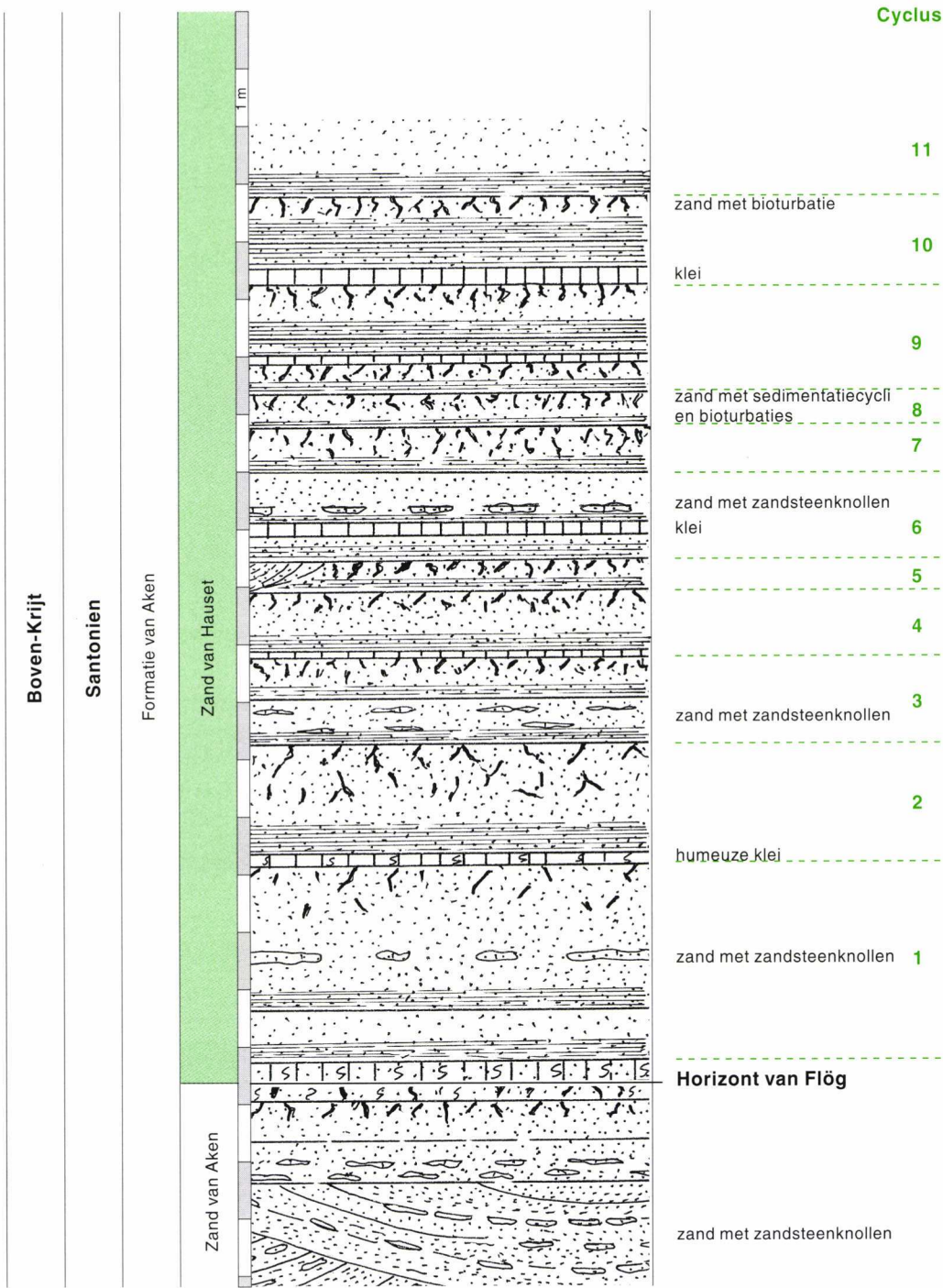
Buiten het typegebied van de Formatie van Aken is over de verbreiding van het Zand van Hauset weinig bekend. In Zuid-Limburg komt het Zand van Hauset alleen voor ten zuidoosten van de lijn Lemiers - Epen. Op Belgisch gebied ligt een aantal groeven in de omgeving van Hauset, Kelmis en Hergenrath, waar het zand wordt afgegraven voor het gebruik als ophoogzand en toepassingen in de wegebouw.

Foto 9

Dwarsdoorsnede van verkiezelde boomstam met boorgaten van paalwormen (*Teridinidae* sp.) uit het Zand van Aken, Formatie van Aken.

Vindplaats: Zandgroeve te Kelmis (La Calamine), België





Figuur 3.10
Lithologisch profiel van het Zand van Hauset in de typelocatie groeve Bingenberg

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Bingeberg, Noord van Hauset (B) (Fig. 3.6)

NITG ontsluiting nr.: 62G-69

Coördinaten : 204.100 - 303.550

Oorspronkelijk is door Albers en Felder (1979) als typelocatie de groeve Flög bij Hauset (NITG ontsl. nr. 62G-19) aangewezen. Momenteel is deze groeve vervallen en niet meer toegankelijk. Op geringe afstand van deze groeve is nu een nieuwe, grotere groeve in bedrijf waar het Zand van Hauset met een grotere dikte is ontsloten. Dit was de reden om als nieuwe typelocatie te kiezen voor de groeve Flög-Bingeberg te Hauset. In het typeprofiel (Fig. 3.10) is het Zand van Hauset niet compleet ontsloten en heeft een dikte van ca. 21 m. De grens tussen het Zand van Hauset en de Formatie van Vaals (Horizont van Raren) ligt waarschijnlijk ca. 5 m boven de top van het profiel. In de typelocatie zijn 11 sedimentatiecycli ontsloten. De dikte van deze cycli varieert van 0,60 tot 3,80 m. Alle cycli zijn aan de top afgesloten met een bioturbatiezone. Bij 6 cycli bevindt zich aan de basis een 10 tot 40 cm dikke meer of minder zandige kleilaag. Opvallend zijn de plaatselijk zeer grillig gevormde zandsteenknollen.

Afzettingsmilieu

De sedimentstructurele opbouw wijst op een cyclische mariene afzetting die op enkele uitzonderingen na vrij is van sterke getijdenwerking en voor het grootste deel ook beneden de stormbasis is afgezet. De zeediepte bedroeg waarschijnlijk 20 tot 40 m.

3.2 FORMATIE VAN VAALS*Algemene beschrijving*

Een eenheid die in het typegebied overwegend bestaat uit geel- tot groengrijze, glauconiethoudende fijne zanden, afgewisseld met siltige en kleiige zanden. In het meest zuidoostelijk deel van het gebied bestaat de formatie overwegend uit zeer fijnkorrelig glauconiethoudend zand en klei en zandhoudend silt. In dit gebied is het pakket op de meeste plaatsen kalkloos als gevolg van verwerking. Daar waar kalk in het sediment aanwezig is, varieert dit van 2 tot ca. 15%. Naar het westen en noordwesten gaat het pakket vrij snel over in kalk- en glauconiet-houdende siltrijke kleien. Uiterst fijnkorrelige zanden vormen hier een uitzondering. Het kalkgehalte varieert van 20 tot 30%. Een schematisch overzicht van de lithologische veranderingen binnen de Formatie van Vaals is weergegeven in Fig. 3.12. Plaatselijk is de Formatie van Vaals zeer fossilrijk, zoals talrijke mollusken, vissen en belemnieten (*Goniatites granulata/quadrata*) (Albers, 1976). Het grootste deel van de fossielen is alleen als afdruk en steenkern bewaard gebleven. Alleen van de fossielen die oorspronkelijk een calcietschaal bezaten, zijn de schelpen nog aanwezig. Op enkele plaatsen komen ook fossielen in verkiezelde vorm voor.

Als gevolg van tektonische bewegingen tijdens de sedimentatie en postsedimentaire erosie, varieert de dikte van de Formatie van Vaals van minder dan 1 m tot ca. 150 m. De grootste dikte is aangetroffen in een boring (62B-426) ten zuiden van Welten bij Heerlen en bedraagt 154 m. Bij Benzenrade is in de boring 62B-450 een dikte doorboord van 140 m. Beide boringen liggen even ten zuiden van de Kunrade Breuk. Ten zuiden van de Schin op Geul Breuk bij Walem bedraagt de dikte ca. 107 m. In het typegebied bij Vaals en Aken is de dikte niet meer dan ca. 60 m.

In westelijke richting neemt de dikte af en is bij Visé en Maastricht nog slechts ca. 25 m. Op vrijwel alle plaatsen is in dit gebied alleen het onderste deel van de formatie bewaard gebleven. Plaatselijk ontbreekt hier zelfs het gehele pakket (Fig. 3.11).

In de omgeving van het typegebied heeft Albers (1974) de Formatie van Vaals onderverdeeld in laagpakketten, waarbij het mogelijk bleek vier transgressieve en drie regressieve fasen te onderscheiden, die zijn opgebouwd uit 21 cycli.

De ondergrens wordt in het typegebied gevormd door de Horizont van Raren. De bovengrens, die het contact vormt met de Formatie van Gulpen wordt gemarkeerd door de Horizont van Zeven Wegen. Verder noordelijk, waar de Kalksteen van Zeven Wegen ontbreekt, vormt de Horizont van Bovenste Bosch de bovengrens. In Zuid-Limburg is de Formatie van Vaals, behoudens enkele kleine voorkomens ten noorden van de Heerlerheide Breuk, beperkt tot het gebied ten zuiden van deze breuk. Binnen het gebied ten zuiden van de breuk ontbreekt de formatie op het hoogste deel van de Flexuur van Puth en op een deel van de Antiklinaal van Waubach. In het westelijk deel van Zuid-Limburg en het aangrenzende Belgische gebied komt alleen het onderste deel van de Formatie van Vaals voor.

Tabel 3.3
Lithostratigrafische indeling van de Formatie van Vaals

LAAGPAKKET		LITHOSTRATIGRAFISCHE CODES		HORIZONT
		OOST	WEST	
		VAN DE MAAS		
boven	Zand van Benzenrade	Ilg		Horizont van Zeven Wegen
				Horizont van Benzenrade
	Zand van Terstraten	IIf		Horizont van Terstraten
	Zand van Beusdal	Ile		Horizont van Beusdal
	Zand van Vaalsbroek	IId		Horizont van Overgeul
onder	Zand van Gemmenich	IIf	Iw	Horizont van Gemmenich
	Zand van Cottessen	IIf		Horizont van Cottessen
	Zand van Raren	IIf		Horizont van Raren

Typegebied
Het typegebied van de formatie als geheel is de omgeving van de Vaalserberg bij het Drielandenpunt.

Ouderdom
De Formatie van Vaals wordt geplaatst in het Campanien (Hofker, 1957a). Meessen (1980) plaatst op grond van foraminiferen het onderste deel in het Onder-Campanien. Het jongste deel van de formatie, het Zand van Benzenrade, wordt geplaatst in het onderste deel van het Boven-Campanien (Jagt et al., 1987).

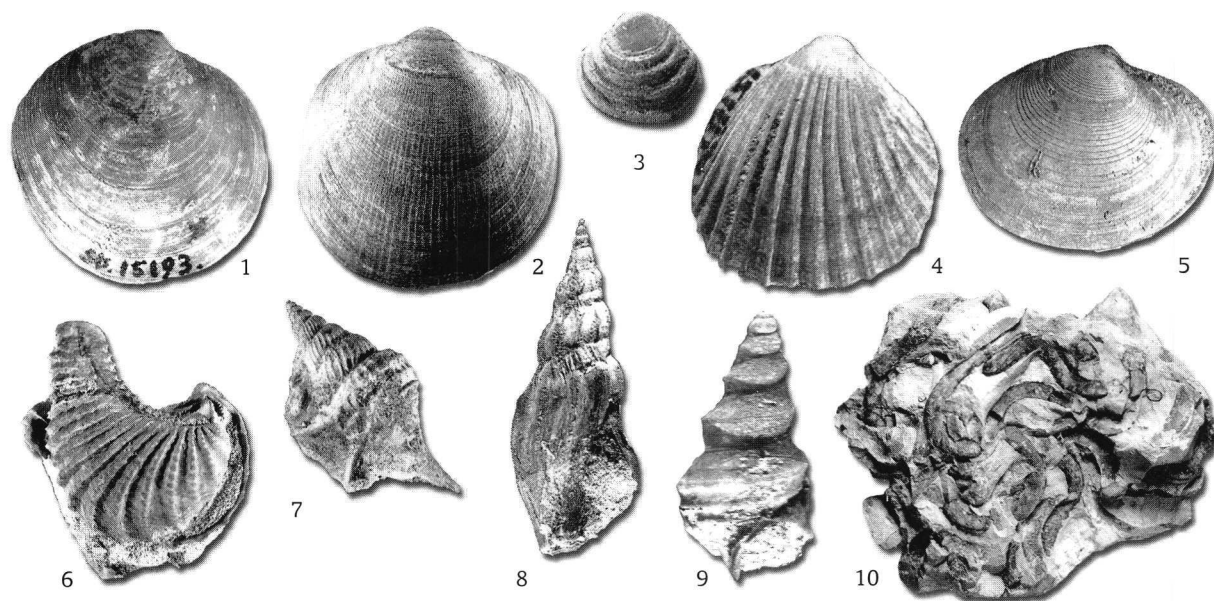


Foto 10

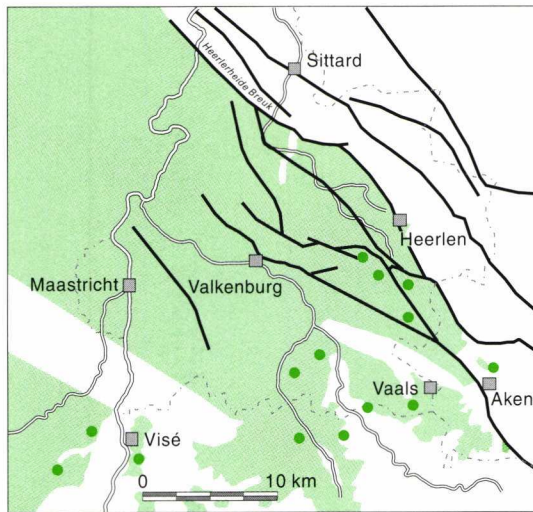
Fossielen uit de Formatie van Vaals

1. *Eriphyla lenticularis* (Goldfuss, 1834)
2. *Glycymeris geinitzi* (d'Orbigny, 1850)
3. *Astarte similis* Münster, 1834, 3,5x
4. *Cardium becksi* J. Müller, 1847
5. *Cytherea ovalis* J. Böhm, 1885
6. *Pterotrigonia vaalsensis* (J. Böhm, 1885)
7. *Aporrhais granulosa* (J. Müller, 1851)
8. *Volutilithes subsemplicata* (Goldfuss, 1844)
9. *Aporrhais* (*Cultrigera*) *nilssoni* (J. Müller, 1851)
10. *Gyrolithes davreuxi* de Saporta, 1884, 0,5x

Vindplaats: nr. 1 t/m 9, insnijding Randweg te Vaals

Vindplaats: nr. 10, Groeve C.P.L., Halembaye, België

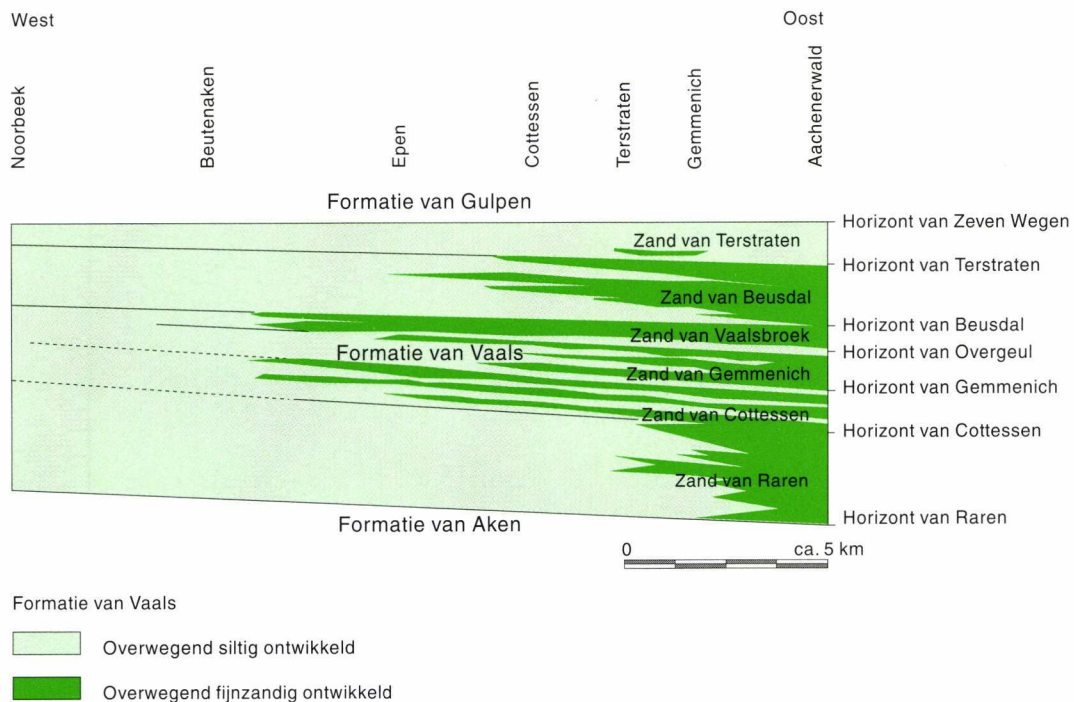
Met uitzondering van nr. 3 en nr. 10 alle afbeeldingen op ware grootte



Figuur 3.11
Verbreiding van de Formatie van Vaals in Zuid-Limburg en omgeving

Afzettingsgeschiedenis

Met de afzetting van de Formatie van Vaals begon de aanvoer van marien zeer fijn zand, silt en klei. In de nog jonge zeebodem vormde zich, vooral in bioturbatiezones, het mineraal glauconiet, dat aan de gehele afzetting een donkergroene kleur gaf. In de matig diepe shelf-zee (waarschijnlijk 50 - 150 m) werd plaatselijk een tot 150 m dik pakket z.g. 'Vaalsers Groenzand' afgezet. Door zeestromingen ontstonden ondiepe geulen waarin grote hoeveelheden schelpen en glauconietkorrels bij elkaar spoelden. Tegen het einde van het Campanien werden onder invloed van tektonische bewegingen grote delen van de Formaties van Aken en Vaals weer afgebroken.



Figuur 3.12
Schema van de lithologische ontwikkeling van de Formatie van Vaals (Albers, 1974)

3.2.1 Zand van Raren

Algemene beschrijving

Dit laagpakket bestaat in het typegebied overwegend uit gelamineerde, geel tot grijsgroene glauconiethoudende fijne zanden, afgezet in geulen. Plaatselijk komen zandsteenlenzen voor met een rijke fauna. Naar het westen vertanden deze zich met kleiige fijne zanden en zandige kleien. De dikte varieert van 12 tot 18 m. In de typelocatie is het Zand van Raren alleen ontwikkeld in geulen.

De ondergrens wordt gevormd door de Formatie van Aken en is gemarkeerd door de Horizont van Raren. De bovengrens vormt het contact met het Zand van Cottessen dat aan de basis gemarkeerd is door de Horizont van Cottessen. Door de geringe lithologische verschillen in de laagopbouw en de afname van de glauconiet in westelijke richting in de Horizont van Cottessen, is over de verbreiding van het Zand van Raren ten westen van de lijn Mheer - Aubel weinig bekend.

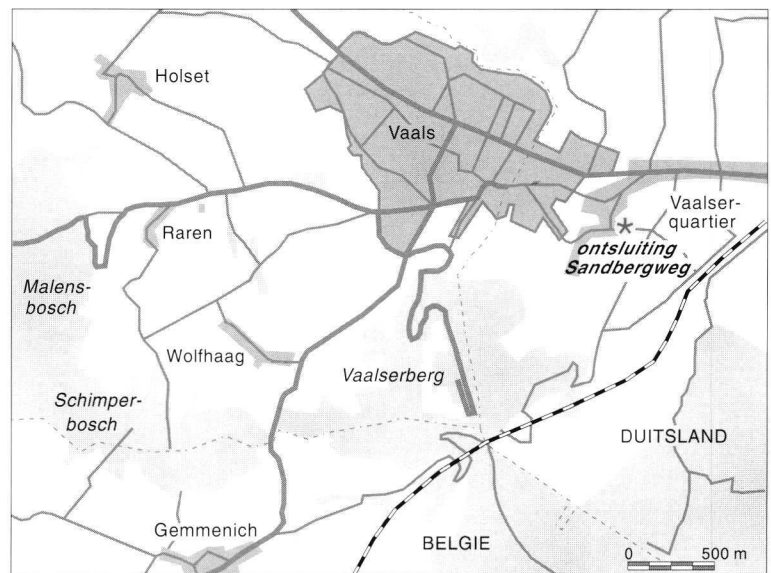
Typeprofiel

Typelocatie: weginsnijding Sandbergweg, Vaalserkwartier (Dld) (Fig. 3.13)

NITG ontsluiting nr.: 62G-14

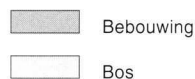
Coördinaten: 200.600 - 308.700

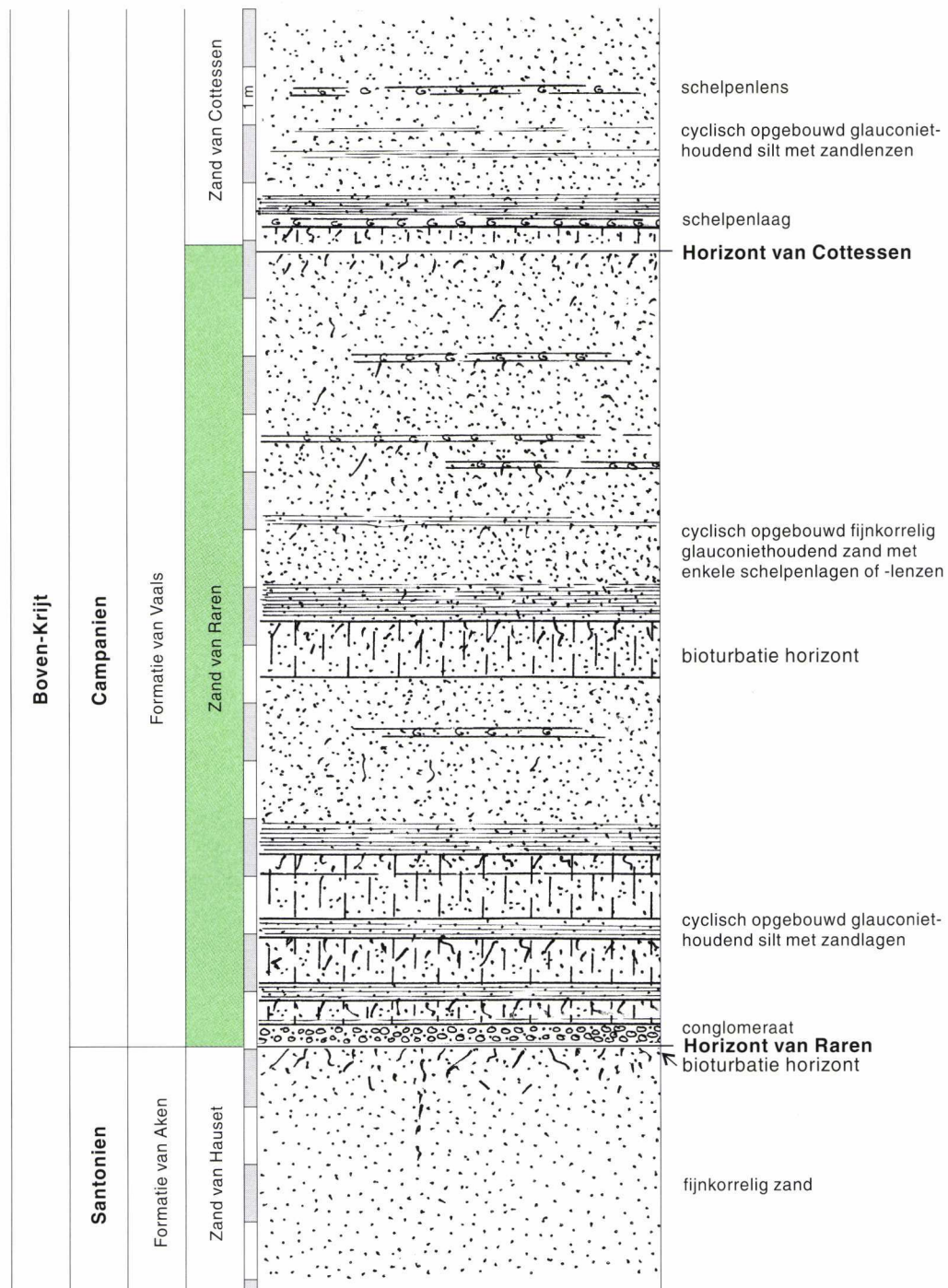
In het typeprofiel (Fig. 3.14) bestaat het Zand van Raren uit een ca. 19 m dik pakket cyclisch opgebouwde glauconietzanden, die met name aan de basis kleiig en siltig zijn ontwikkeld. Plaatselijk bevinden zich aan de basis van deze cycli schelpenlagen. De basis van het Zand van Raren wordt gevormd door de Horizont van Raren. Deze is gekenmerkt door een bioturbatiezone in de top van de Formatie van Aken en een 25 tot 50 cm dik basisconglomeraat met rolstenen van paleozoïsche kwarts-, kwartsiet- en arkose. Door Voigt (1929) werd in deze horizont een geremaneerde ammoniet (*Parkinsonia*) uit de Jura (Dogger) gevonden. Plaatselijk is het basisconglomeraat nauwelijks aanwezig, maar kan de grens tussen de Formatie van Aken en Vaals gemakkelijk worden herkend aan de intensieve groenkleuring van de Formatie van Vaals.



Figuur 3.13

Typelocatie van het Zand van Raren, weginsnijding Sandbergweg te Vaalserkwartier (Dld) bij Vaals





Figuur 3.14

Lithologisch profiel van het Zand van Raren in de typelocatie, weginsnijding Sandbergweg (onstl. 62G-14) te Vaalserquartier (D) bij Vaals

Afzettingsmilieu

De sedimentstructurele opbouw wijst op een cyclisch mariene afzetting onder invloed van sterke getijdenwerking. Opvallend is dat onder invloed van de getijdenwerking de cyclus onderbroken moet zijn geweest. Gedurende de tijd dat in de top van de cyclus een bioturbatiehorizont kon ontstaan, moet de invloed van de getijdenwerking vrijwel nul geweest zijn. Bij het begin van een nieuwe cyclus is de invloed van de getijdenwerking weer duidelijk merkbaar. De waterdiepte tijdens de sedimentatie bedroeg zeer waarschijnlijk 20 m of minder. Mogelijk is de diepte tijdens de vorming van de bioturbatiezone, in de top van de cyclus, meer dan 20 m geweest.

3.2.2 Zand van Cottessen*Algemene beschrijving*

De laagopbouw bestaat in het typegebied van de Formatie van Vaals uit een cyclische afwisseling van gele tot grijsgroene, glauconiethoudende, gelamineerde geulopvullingen en licht grijsbruine fijnzandige silten en zanden. Plaatselijk komen fossielrijke zandsteen- of kalksteenbanken voor. Naar het westen treden onregelmatige verkieselde conreties op.

Buiten het typeprofiel is over de dikte van het Zand van Cottessen weinig bekend.

De ondergrens wordt gevormd door het Zand van Raren, gemarkeerd door de Horizont van Cottessen, die is ontwikkeld als een duidelijke glauconietzone. In oostelijke richting neemt het glauconietgehalte af en is deze horizont moeilijk herkenbaar. De bovengrens wordt gevormd door het Zand van Gemmenich, gemarkeerd door de Horizont van Gemmenich.

Door de geringe lithologische verschillen in de laagopbouw tussen het Zand van Cottessen en de erboven liggende zanden is over de verbreiding, buiten het typegebied, weinig bekend.

Typeprofiel

Typelocatie: holle weg te Cottessen (Fig. 3.15)

NITG ontsluiting nr.: 62D-105

Coördinaten: 194.540 - 308.200

In het typeprofiel (Fig. 3.16) bestaat het Zand van Cottessen uit een ca. 6 m dik pakket glauconiethoudend silt met dunne zandlaagjes. De basis wordt gevormd door de Horizont van Cottessen, die gekenmerkt is door een opvallende bioturbatiezone in de top van het Zand van Raren en een gelamineerde laag glauconietzand aan de basis van het Zand van Cottessen.

Afzettingsmilieu

Evenals in het Zand van Raren, wijst de sedimentstructurele opbouw op een cyclische, mariene afzetting onder duidelijke invloed van een sterke getijdenwerking. De waterdiepte heeft zeer waarschijnlijk niet afgeweken van die tijdens de afzetting van het Zand van Raren.



Figuur 3.16

Lithologisch profiel van het Zand van Cottessen in de typelocatie, hollé weg te Cottessen

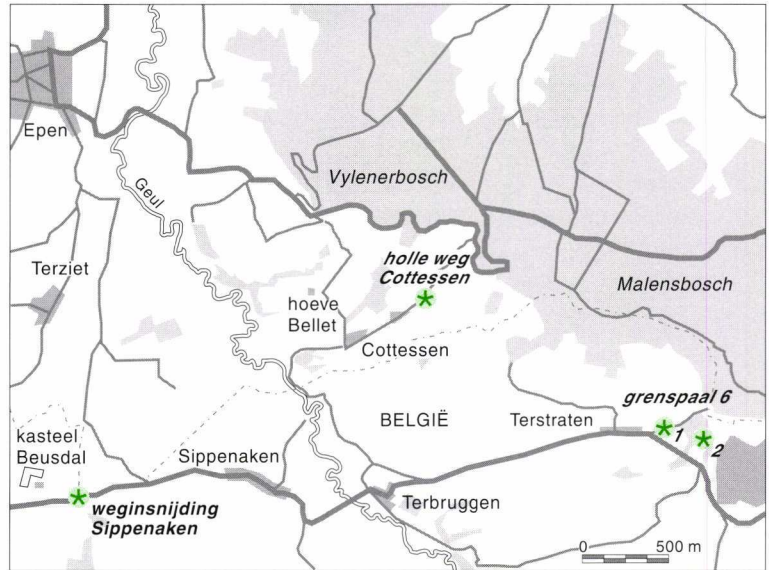
Figuur 3.15

Typelocatie van het Zand van Cottessen in een holle weg te Cottessen.

Typelocatie van het Zand van Gemmenich bij grenspaal 6-1 te Terstraten (B).

Typelocatie van het Zand van Beusdal in de weginsnijding tussen Terstraten en Sippenaken.

Typelocatie van het Zand van Terstraten bij grenspaal 6-2



3.2.3 Zand van Gemmenich

Algemene beschrijving

De laagopbouw bestaat in het typegebied van de Formatie van Vaals uit een cyclische afwisseling van gele tot grijsgroene, glauconiethoudende, gelamineerde geulopvullingen en licht grijsbruine fijnzandige silten en zanden. Plaatselijk komen fossielrijke zandsteenbanken voor. Naar het westen treden onregelmatige verkiezelde concreties op, maar vervaagt ook de typische, gelaagde opbouw van het pakket. De dikte varieert van ca. 10-12 m.

De basis wordt gevormd door het Zand van Cottessen, gekenmerkt door de Horizont van Gemmenich (ook wel aangeduid als de 'Fossielbank van Grenspaal 7') die zich aan de basis van het Zand van Gemmenich bevindt en bestaat uit een fossielrijke, donkergroengrijze glauconietrijke silthoudende zandsteen. Deze zandsteenbank is zeer rijk aan steenkernen van fossielen zoals zeeëgels, slakken, ammonieten, nautilussen, koralen, kreeften en verkiezeld hout. De bovengrens wordt gevormd door het Zand van Vaalsbroek en is gekenmerkt door de Horizont van Overgeul.

De verbreiding van het Zand van Gemmenich is beperkt tot het gebied ten oosten van de lijn Mheer - Aubel - Battice.

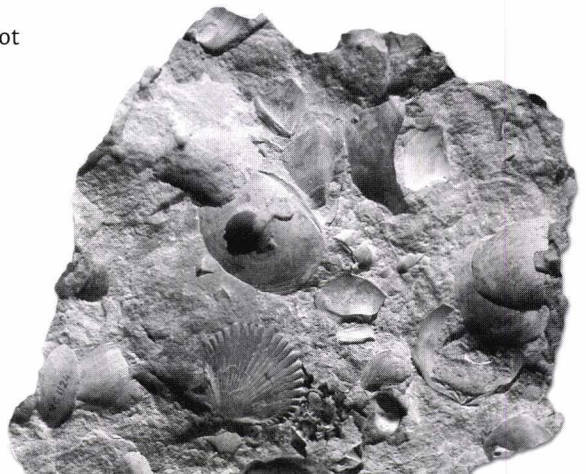
Foto 11

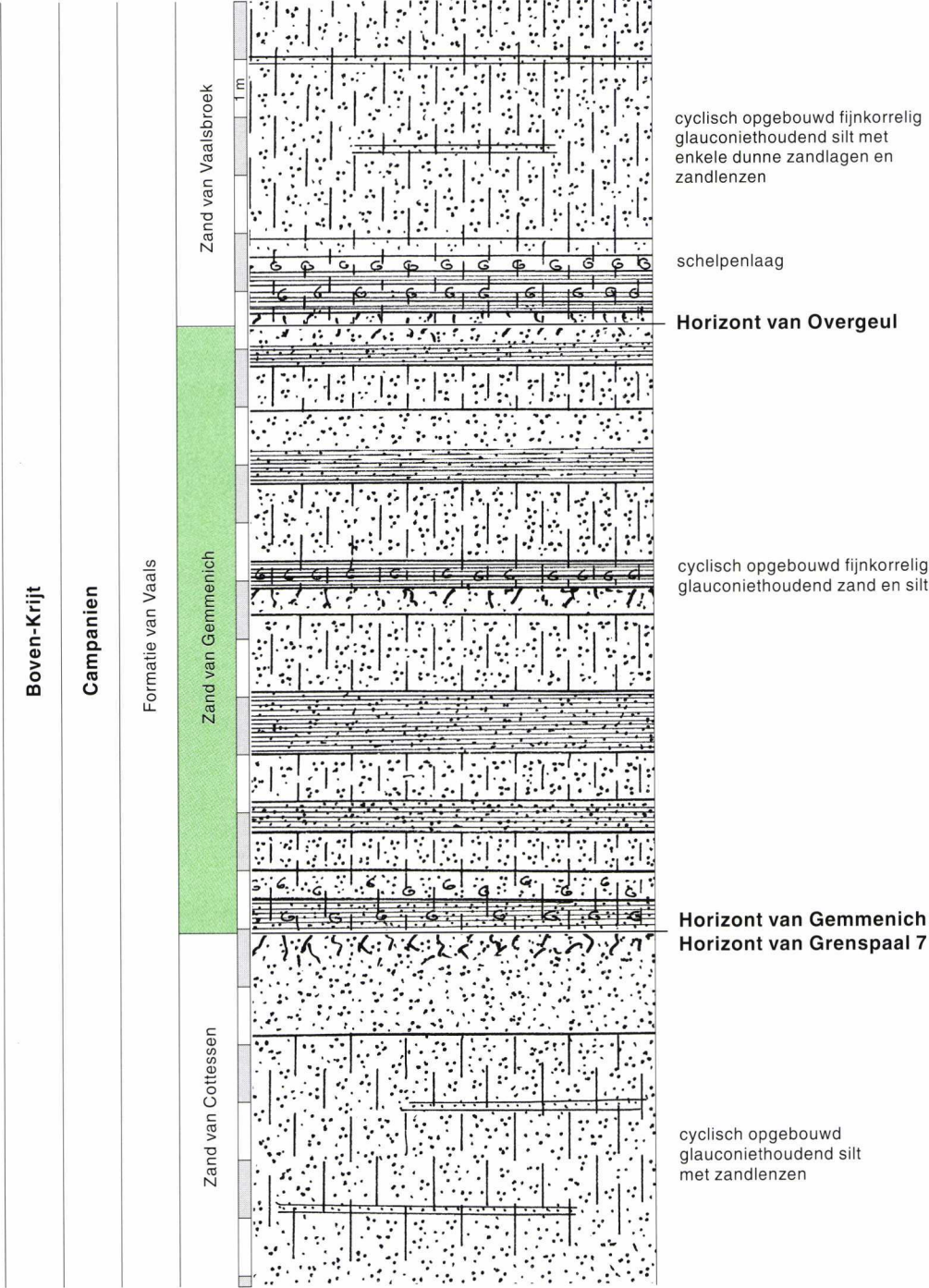
Glauconiethoudende siltige zandsteen met fossiele afdrukken en steenkernen van schelpen, o.a.

1. *Neithea regularis* (von Schlottheim, 1813)

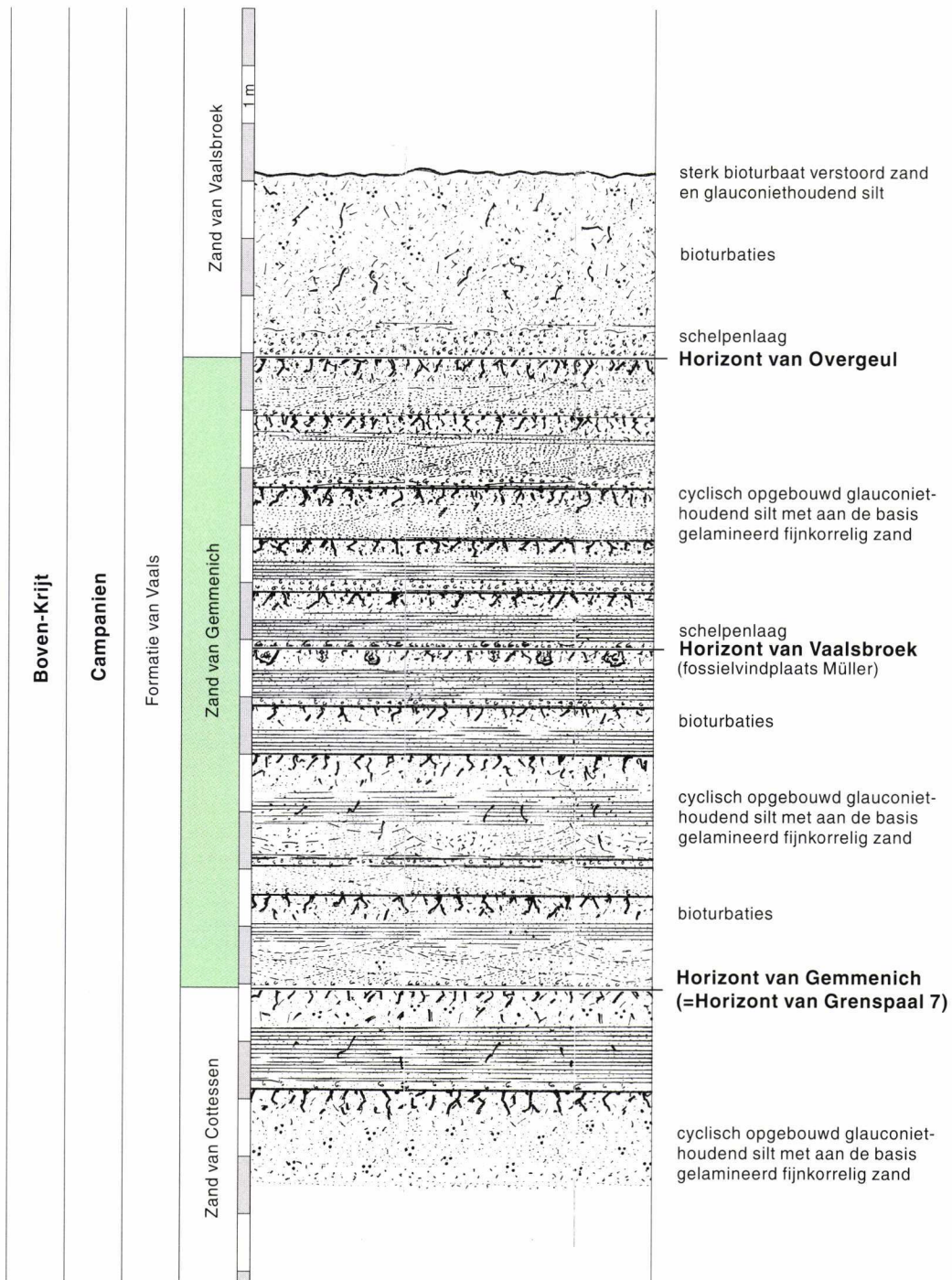
2. *Crassatella arcacea* Roemer, 1841. Formatie van Vaals.

Vindplaats: Bron van de Grensbeek nabij grenspaal 7 te Cottessen, gem. Vaals





Figuur 3.17
Lithologisch profiel van het Zand van Gemmenich in de typelocatie, holle weg bij grenspaal 6, Oost van Terstraten (B)



Figuur 3.18

Lithologisch profiel van het Zand van Gemmenich in de weginsnijing Eschberg te Vaals

Typeprofiel

Typelocatie: holle weg bij grenspaal 6, Oost van Terstraten (B) (Fig. 3.15)

NITG ontsluiting nr.: 62D-114

Coördinaten: 196.120 - 307.300

In het typeprofiel (Fig. 3.17) bestaat het Zand van Gemmenich uit een ca. 10 m dik pakket cyclisch opgebouwde glauconiethoudende groene zanden en silten met aan de basis van de cycli wel of niet fossielrijke lagen. De Horizont van Gemmenich is in het gebied tussen Cottessen en Gemmenich gekenmerkt door een fossielrijke zandsteenbank aan de basis van het Zand van Cottessen. Deze is in de oudere literatuur beschreven onder de naam 'Fossilbank van Grenspaal 7'. In het verleden was deze plaats een van de rijkste fossielvindplaatsen in de Formatie van Vaals. Het grootste deel van de fossielen is als steenkern bewaard gebleven. Daarnaast komen echter ook zeer fraai met schaal bewaarde, verkiezelde fossielen voor. De bron van de Grensbeek of Mergelsbeek ligt even boven de genoemde zandsteenbank. Het is niet uitgesloten dat lokaal ook hoger in het Zand van Cottessen dergelijke fossielrijke zandsteenbanken voorkomen.

Afzettingsmilieu

Evenals in het Zand van Raren en Cottessen wijst de sedimentstructurele opbouw op een cyclische, mariene afzetting onder invloed van sterke getijdenwerking. De waterdiepte heeft zeer waarschijnlijk niet afgeweken van die tijdens de afzetting van het Zand van Raren en Cottessen.

Opmerking

Albers (1974 en 1976) en Albers en Felder (1979), die de lithostratigrafie van de Formatie van Vaals hebben beschreven, waren eertijds aangewezen op overwegend kleine ontsluitingen en resultaten van boringen met vaak sterk verstoorde monsters. In de profielen van de typelocaties was het niet altijd mogelijk alle details even nauwkeurig te beschrijven. Voor het Zand van Gemmenich werd een gedetailleerd aanvullend profiel opgenomen in de weginsnijding Eschberg bij Vaals (ontsl. 62D-96). In deze grote ontsluiting was het in 1987 - 1988 mogelijk deze eenheid zeer gedetailleerd op te nemen en in te meten (Fig. 3.18).

3.2.4 Zand van Vaalsbroek

Algemene beschrijving

Het Zand van Vaalsbroek bestaat uit een afwisseling van gele tot groengrijze, glauconiethoudende gelamineerde fijne zanden en silten met intensieve bioturbaties. Plaatselijk komen zandsteenknollen en fossielrijke lagen voor. De dikte varieert van ca. 4 tot 6 m.

De basis wordt gevormd door het Zand van Gemmenich, gemarkeerd door de Horizont van Overgeul, die bestaat uit een duidelijke glauconietaanrijking met steenkernen van fossielen en zandsteenconcreties. Bij Beusdal, Hom-bourg en Montzen is deze horizont ontwikkeld als een glauconietarme, zwak verkitte zone met fossielen.

De bovengrens wordt gevormd door het Zand van Beusdal en is gemarkeerd door de Horizont van Beusdal.

De verbreiding komt overeen met het Zand van Raren. Daar waar de Horizont van Overgeul niet als duidelijke glauconietrijke zone aanwezig is, is de grens tussen het Zand van Vaalsbroek en het Zand van Gemmenich niet te herkennen.

Typeprofiel

Typelocatie: een sterk begroeide holle weg te Overgeul bij Mechelen (Fig. 3.19)

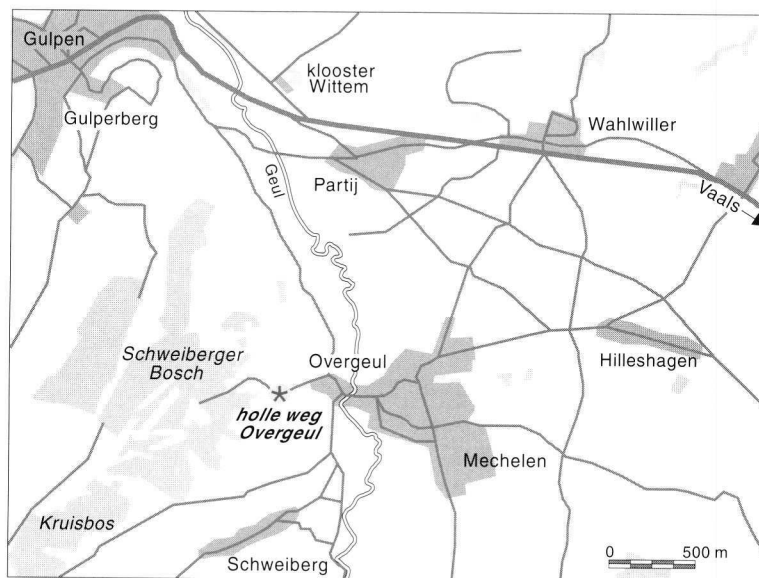
NITG ontsluiting nr.: 62D-31

Coördinaten: 192.000 - 311.820

In het typeprofiel (Fig. 3.20) bestaat het Zand van Vaalsbroek uit een 3,5 m dik pakket cyclisch opgebouwde, glauconiethoudende silt met enkele dunne zandlagen. In de Horizont van Overgeul komen talrijke steenkernen van schelpen voor. Met enige moeite is ook de fossielrijke Horizont van Beusdal in dit profiel te ontsluiten.

Afzettingsmilieu

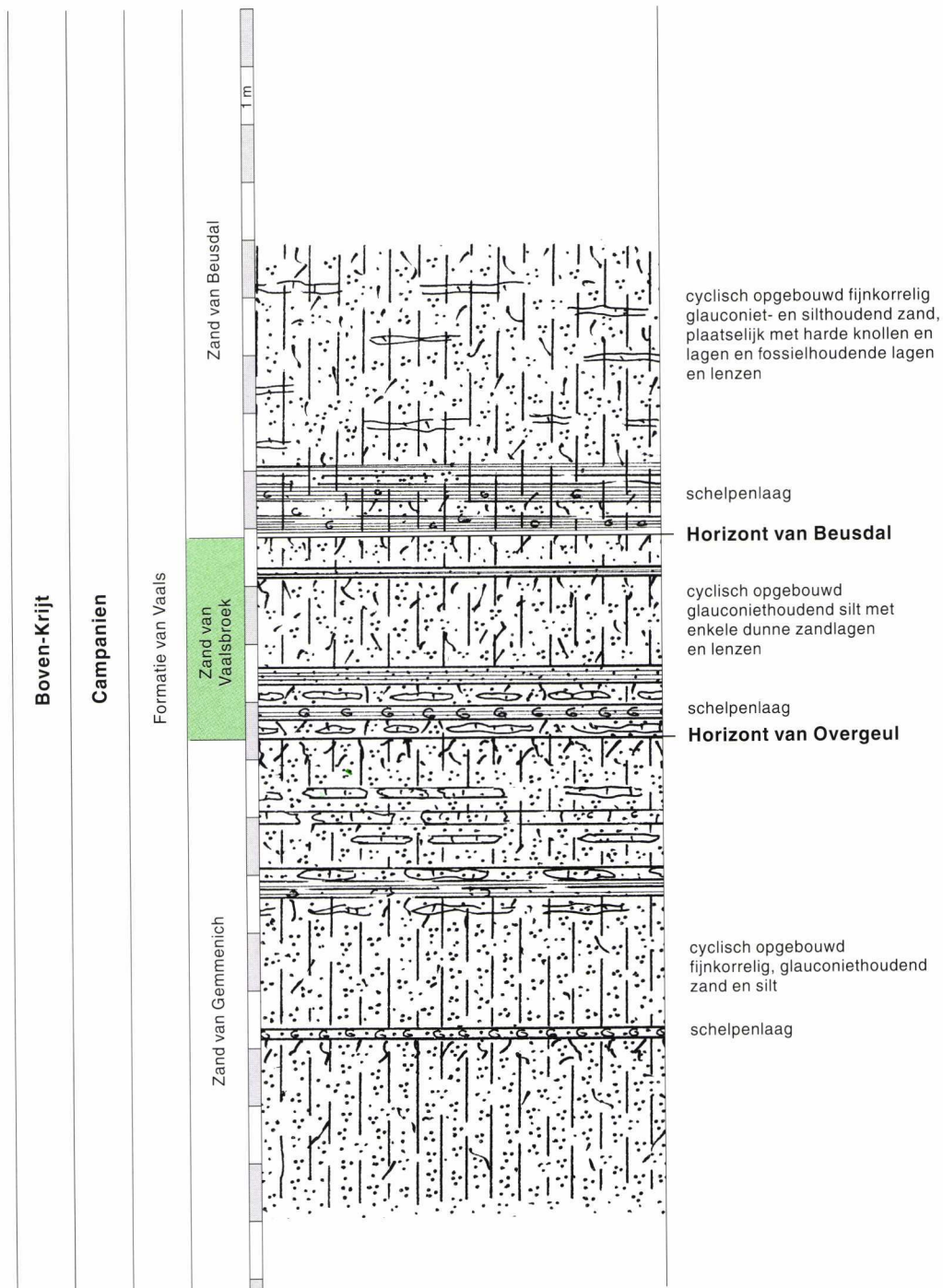
De sedimentstructurele opbouw van de afzonderlijke sedimentcycli wijst op een geringe invloed van de getijdenwerking. De afname van de getijdeninvloed wijst zeer waarschijnlijk op een toename van de waterdiepte die varieerde tussen 20 en 40 m.



Figuur 3.19

Typelocatie van het Zand van Vaalsbroek, holle weg te Overgeul bij Mechelen





Figuur 3.20

Lithologisch profiel van het Zand van Vaalsbroek in de typelocatie, holle weg te Overgeul bij Mechelen

3.2.5 Zand van Beusdal

Algemene beschrijving

Het Zand van Beusdal bestaat in het oosten uit een cyclische afwisseling van gele tot grijsgroene glauconiet-houdende, gelamineerde fijne zanden en glauconiethoudende, kleiige fijne zanden met intensieve bioturbaties. Plaatselijk komen fossielhoudende lagen en lenzen voor. Ten westen van de lijn Terstraten - Vylen, in zuidoostelijk Zuid-Limburg, gaat deze afwisseling over in verharde, siltige fijne zanden die bestaan uit onregelmatige knollen en banken. De dikte varieert van 14 - 25 m.

De basis wordt gevormd door het Zand van Vaalsbroek en is gemarkeerd door de Horizont van Beusdal. Deze horizont is gekenmerkt door een intensieve bioturbatiezone in de top van het Zand van Vaalsbroek en een sterk bio-geen verstoorde donkergrijsgroene glauconietlaag aan de basis van het Zand van Beusdal. Op talrijke plaatsen worden in deze laag aanrijkingen van fossielen aangetroffen. De bovengrens wordt gevormd door het Zand van Terstraten en gemarkeerd door de Horizont van Terstraten.

De verbreiding komt overeen met het Zand van Raren.

Typeprofiel

Typelocate: weginsnijding tussen Sippenaken en kasteel Beusdal (B) (Fig. 3.15)

NITG ontsluiting nr.: 62D-133

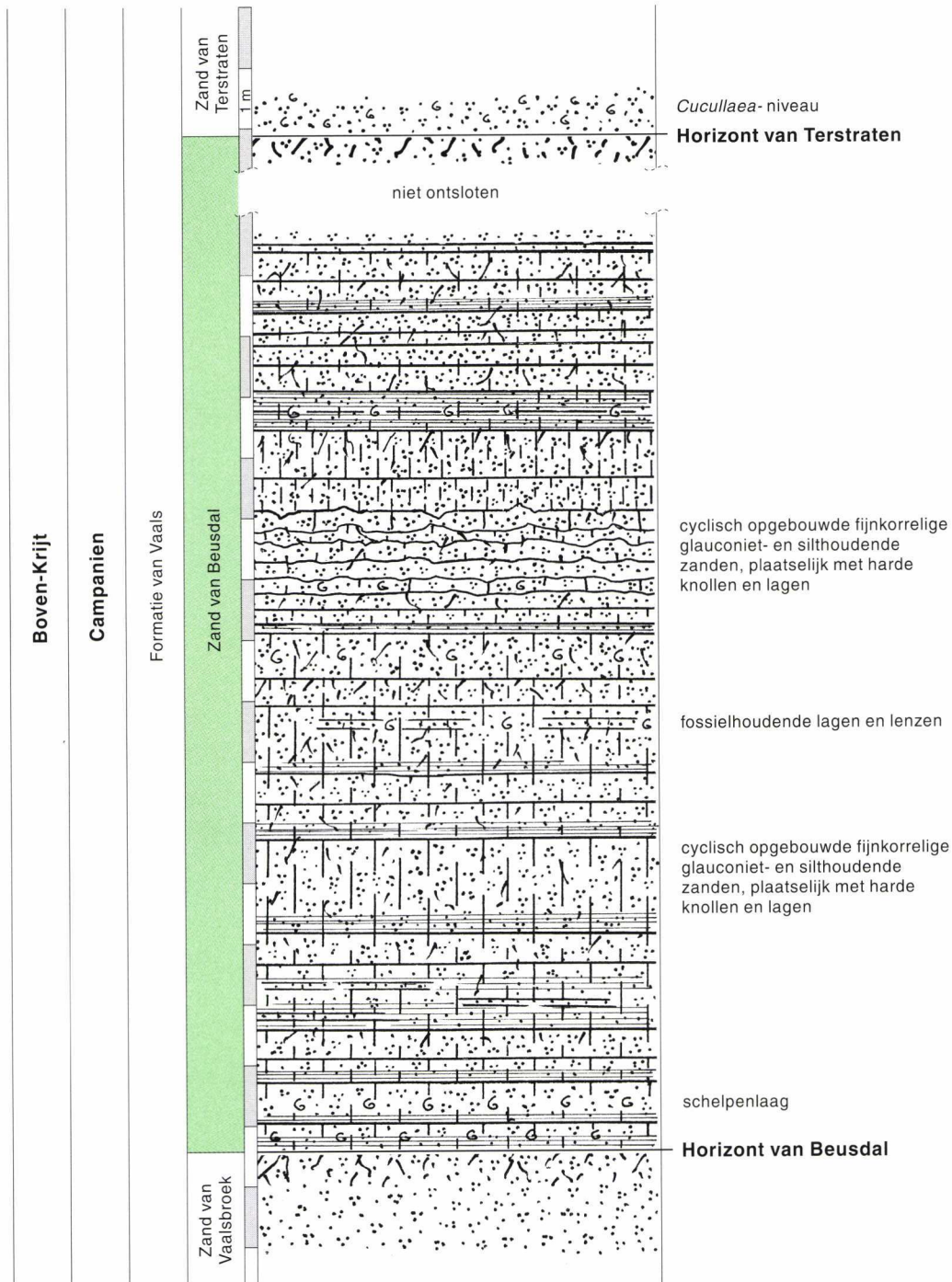
Coördinaten: 192.240 - 306.830

In het typeprofiel (Fig. 3.21) bestaat het Zand van Beusdal uit een meer dan 20 m dik pakket glauconiet- en silt-houdende zanden met plaatselijk harde knollen en lagen. Fossiellagen en lenzen komen regelmatig voor.

De Horizont van Beusdal, die hier gekenmerkt is door een fossielrijke, glauconiethoudende zandsteenbank, kan in de noordelijke steilrand van de weg gemakkelijk worden ontsloten. Het onderliggende Zand van Vaalsbroek, bestaat uit grijsbruine, glauconietarme silten en is duidelijk herkenbaar.

Afzettingsmilieu

De sedimentstructurele opbouw wijst op een geringe invloed van de getijdenwerking. Aanwijzingen hiervoor zijn gaaf bewaard gebleven sedimentatiecycli en een afname van de korrelgrootte in het sediment. Dit wijst ook op een steeds groter wordende afstand van de kust. De waterdiepte varieerde van 20 tot 40 m.



Figuur 3.21

Lithologisch profiel van het Zand van Beusdal in de typelocatie weg-insnijding tussen Sippenaken en kasteel Beusdal

3.2.6 Zand van Terstraten

Algemene beschrijving

Het Zand van Terstraten is in het gebied van Aken en Gemmenich ontwikkeld als een afwisseling van zand- en siltlagen. Verder naar het westen, waar nauwelijks zand werd afgezet, is het pakket opgebouwd uit grijs-groene kleihoudende silt waarin kalkrijke, soms verkiezelde concreties voorkomen. De dikte varieert van 0 tot ca. 15 m.

De basis wordt gevormd door de Horizont van Terstraten die gekenmerkt is door een bioturbatiezone in de top van het Zand van Beusdal. Aan de basis van het Zand van Terstraten bevindt zich een fossielrijke laag zwak verkit fijnzandig silt met weinig glauconiet. Het Zand van Terstraten is verder gekenmerkt door het algemeen voorkomen van *Cucullaea subglabra* d'Orbigny, het z.g. *Cucullaea*-niveau (Van der Weijden, 1943).

Dit niveau is eveneens goed herkenbaar in de omgeving van Gemmenich, Sinnich (B) en Epen. Van der Weijden (1943) heeft dit niveau ook vastgesteld in de schachtprofielen van de Staatsmijn Maurits te Lutterade, in de Staatsmijn Emma te Hoensbroek en de Oranje Nassamijn 3 te Heerlerheide. Hiermee is het Zand van Terstraten de tot nu toe over de grootste afstand verbreide eenheid (ca. 29 km) uit de Formatie van Vaals.

De grens tussen het Zand van Terstraten en de Kalksteen van Zeven Wegen wordt gevormd door de Horizont van Zeven Wegen. Deze is gekenmerkt door een glauconiet-rijke laag kalksteen aan de basis van Zeven Wegen en een duidelijke bioturbatiezone in de top van het Zand van Terstraten. De verbreiding van het Zand van Terstraten strekt zich uit ten oosten van de lijn Mheer - Aubel - Battice.

Typeprofiel

Typelocatie: Holle weg ten oosten van Terstraten,
tussen Gemmenich en Sippenaeken (B)

NITG ontsluiting nr.: 62D-114

Coördinaten: 196.420 – 307.420

In het typeprofiel (Fig. 3.22) bestaat het Zand van Terstraten uit een ca. 5 m dik pakket glauconiethoudend silt met enkele dunne zandlagen en harde knollen. Vooral in het onderste deel komen veel verspreide fossielen voor. Opvallend is de grote rijkdom aan steenkernen van losse schelpen en dubletten van *Cucullaea subglabra* d'Orbigny. In de typelocatie ontbreekt het Zand van Benzenrade.

Afzettingssmilieu

Evenals bij het Zand van Terstraten wijst de sedimentstructurele opbouw op een geringe invloed van de getijdenwerking en een steeds groter wordende afstand tot de kust. De waterdiepte was maximaal 50 m.

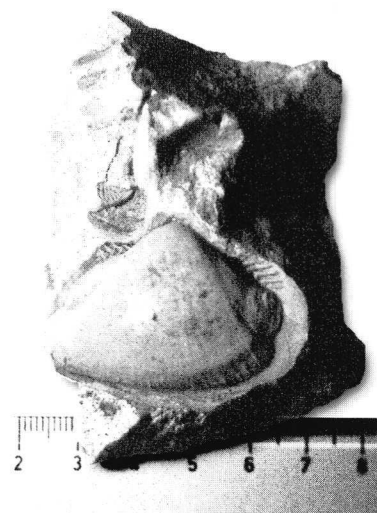


Foto 12

Als steenkern bewaard gebleven schelp van *Cucullaea subglabra* d'Orbigny, 1850 uit het z.g. '*Cucullaea*-Niveau' (Van der Weijden, 1943) in de Formatie van Vaals.

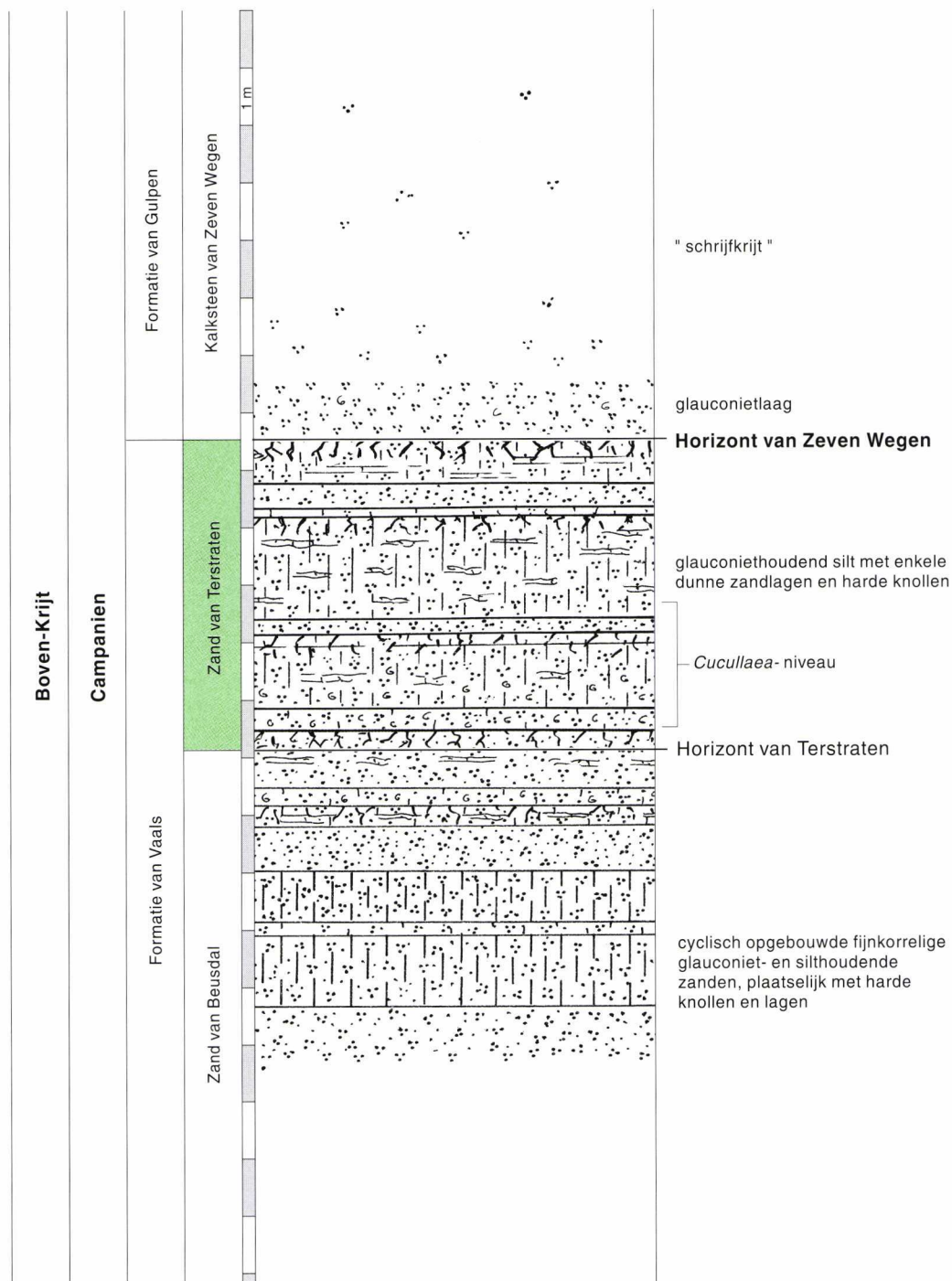
Vindplaats: weginsnijing nabij kasteel Beusdal te Sippenaeken, België



Foto 13

Patagiosites stobaiei (Nilsson, 1827). Een ruim 60 cm grote ammoniet uit het hoogste deel van de Formatie van Vaals (Zand van Benzenrade).

Vindplaats: Putberg, Benzenrade



Figuur 3.22

Lithologisch profiel van het Zand van Terstraten in de typelocatie, holle weg bij grenspaal 6, Oost van Terstraten

3.2.7 Zand van Benzenrade

Algemene beschrijving

Dit laagpakket bestaat in het typegebied uit cyclisch opgebouwd, geelbruin tot grijsgroen, kalkrijk, glauconiet-houdend silt. Aan de basis van de cycli bevinden zich plaatselijk dunne kalk- en glauconiethoudende zandlaagjes. In de top van de cycli is in veel gevallen een meer of minder duidelijke hardground met bioturbaties ontwikkeld. De ondergrens wordt gevormd door de Horizont van Benzenrade. De bovengrens wordt in de typelocatie gevormd door de Formatie van Maastricht (Kunrader kalkfacies) met aan de top de Horizont van Lichtenberg. In de typelocatie ontbreekt derhalve de gehele Formatie van Gulpen.

De juiste verbreiding van het Zand van Benzenrade is niet bekend. Zeer waarschijnlijk komt deze eenheid alleen voor in een smalle strook tussen de Schin op Geul - Laurensberg Breuk in het zuiden en de Kunrade-Richterich Breuk in het noorden.

Typeprofiel

Typelocatie: Ontsluiting bij de hoeve de Dael aan de Putberg tussen Benzenrade en Ubachsberg (Fig. 3.23)

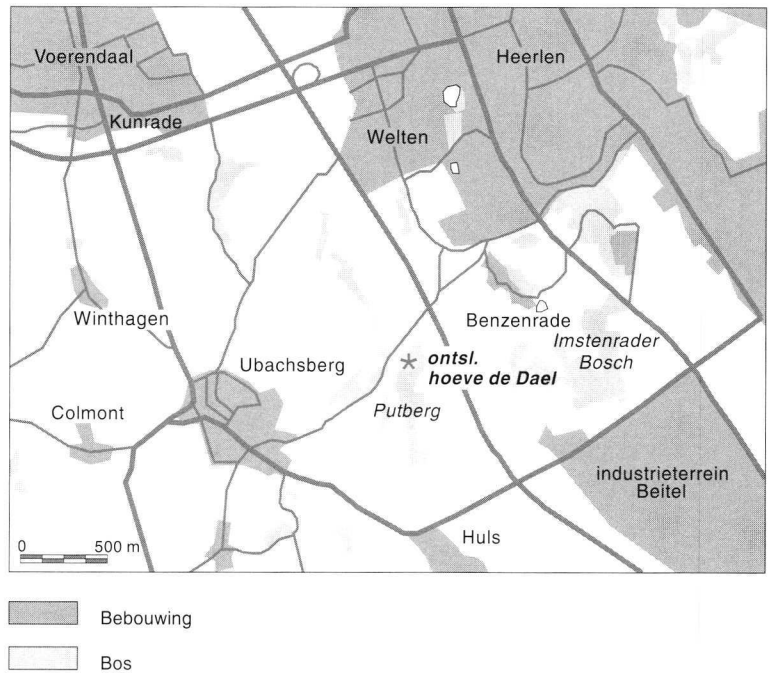
NITG ontsluiting nr.: 62B-376

Coördinaten: 195.800 - 318.820

Dit pakket is alleen ontsloten in de diep ingesneden erosiegeul die zich uitstrekt in het typegebied van Ubachsberg in de richting van Benzenrade. In het typeprofiel (Figuur 3.24) is de basis van het Zand van Benzenrade alleen bereikbaar met graafwerk. Het profiel bestaat uit een plaatselijk verharde cyclisch opgebouwde, grijsgroene kalkhoudende silt. Plaatselijk worden fossielen aangetroffen.

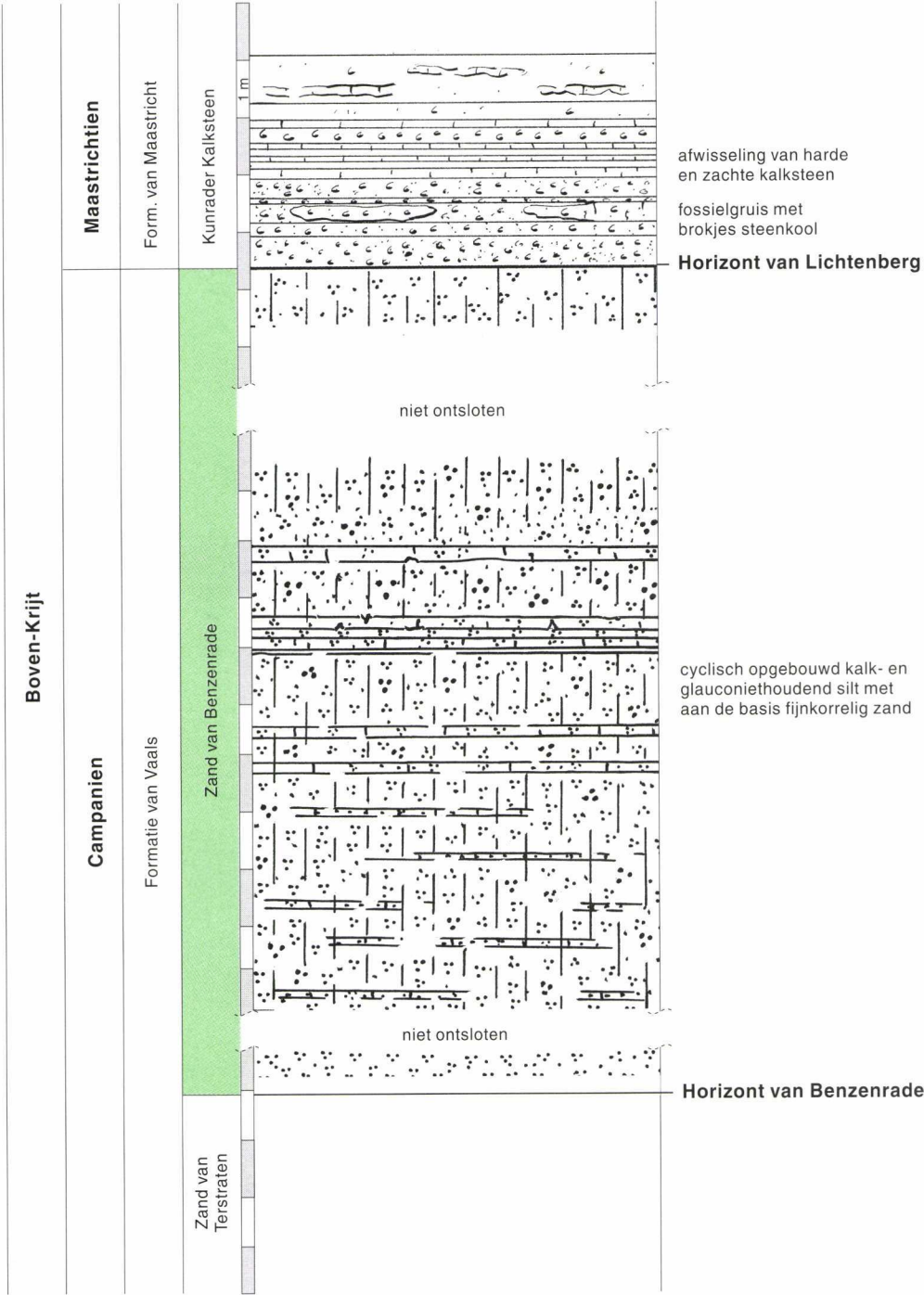
Afzettingsmilieu

De sedimentstructurele opbouw wijst op het ontbreken van getijdenwerking en storminvloeden. De waterdiepte was zodanig toegenomen dat grote ammonieten, met dunne schalen er in konden leven (Jagt et.al., 1987). De afstand tot de kust was nog verder toegenomen.



Figuur 3.23

Typelocatie van het Zand van Benzenrade, ontsluiting bij de hoeve de Dael (ontsl. 62B-376) tussen Benzenrade en Ubachsberg



Figuur 3.24
Lithologisch profiel van het Zand van Benzenrade in de typelocatie, ontsluiting bij de hoeve de Dael (ontsl. 62B-376) aan de Putberg tussen Benzenrade en Ubachsberg

3.3 FORMATIE VAN GULPEN

Algemene beschrijving

De Formatie van Gulpen omvat de afzettingen die in de oudere literatuur van Staring (1860), Uhlenbroek (1912) en Pannekoek (1956) zijn beschreven als het ‘Gulpens Krijt’. Breddin (1963) beschreef deze afzettingen als ‘Gulpen Schichten’ en ‘Orsbacher Schichten’. In België zijn deze afzettingen beschreven als de ‘Assise de Nouvel-les et Spiennes’ (Rutot, 1894).

De Formatie van Gulpen is opgebouwd uit overwegend zachte, fijnkorrelige kalksteen. Het onderste deel bestaat uit minder zuivere kalksteen (50 - 90% CaCO₃) met glauconiet en het bovenste deel uit meer of minder zuivere kalksteen (80 - 95% CaCO₃), maar met veel opvallende vuursteenknollen, die tot meer dan 20% van het geheel uit kunnen maken. De dikte varieert van minder dan 1 tot ca. 175 m. In het typegebied wordt de ondergrens gekenmerkt door hetzij de Horizont van Zeven Wegen of door de Horizont van Bovenste Bosch, die gekenmerkt zijn door een bioturbatielaag in de top van de Formatie van Vaals en een glauconietrijke kalksteen aan de basis van de Formatie van Gulpen.

De bovengrens wordt gevormd door de Formatie van Maastricht en is gekenmerkt door de Horizont van Lichtenberg, bestaande uit een bioturbatielaag in de top van de Formatie van Gulpen en een dunne fossielgruislaag met glauconiet aan de basis van de Formatie van Maastricht.

In Zuid-Limburg is de verbreiding beperkt tot het gebied ten zuiden van de Benzenrade- en Schin op Geulbreuk. De Formatie van Gulpen kan op basis van lithologische kenmerken (Felder, 1975b) worden onderverdeeld in 7 eenheden:

Tabel 3.4
Lithostratigrafische indeling van de Formatie van Gulpen

LAAGPAKKET		LITHOSTRATIGRAFISCHE CODES		HORIZONT
		OOST	WEST	
VAN DE MAAS				
boven	Kalksteen van Lanaye	IIIg	VIIw	Horizont van Lichtenberg
	Kalksteen van Lixhe 3	IIIg	VIw	Horizont van Nivelles
	Kalksteen van Lixhe 2	IIIe	Vw	Horizont van Boirs
	Kalksteen van Lixhe 1	IIId	IVw	Horizont van Halembaye 1
	Kalksteen van Vylen	IIIC	IIIw	Horizont van Wahlwiller
onder	Kalksteen van Beutenaken	IIIB		Horizont van Bovenste Bosch
	Kalksteen van Zeven Wegen	IIIA	IIw	Horizont van Slenaken
				Horizont van Zeven Wegen

Typegebied

Het typegebied van de formatie als geheel is de omgeving van Gulpen, met name de Gulperberg.

Ouderdom

Door Hofker (1966) is het onderste deel van de Formatie van Gulpen (Kalksteen van Zeven Wegen) in het Boven-Campanien geplaatst, de Kalkstenen van Beutenaken en Vylen in het Onder-Maastrichtien en het hogere deel (Kalkstenen van Lixhe en Lanaye) in het Boven-Maastrichtien. Later onderzoek heeft aangetoond dat de Kalksteen van Beutenaken ook in het Boven-Campanien geplaatst moet worden (Verbeek, 1983). In het typegebied van het Maastrichtien, de groeve van de ENCI enz., is de formatie volledig aanwezig, maar slechts ten dele ontsloten (hoofdstuk 4, fig. 4.2).

Afzettingsgeschiedenis

Gedurende het jongste deel van de Formatie van Vaals deden zich al duidelijk veranderingen voor in de sedimentatieomstandigheden. Deze waren zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan het geleidelijk aan dieper worden van de zee en een toenemende afstand tot de kust. Dit proces werd onderbroken door versterkte tektonische bewegingen in de ondergrond. Grote delen van het sedimentpakket uit de Formatie van Vaals vielen ten offer aan erosie. De sedimentatie, na deze submariene erosiefase, op de grens tussen de Formatie van Vaals en de Formatie van Gulpen begint met een transgressieve uitbreiding van de zee naar het zuidoosten, waarin overwegend Coccolietenslik (schrijfkrijt) werd gesedimenteerd. In het meest zuidwestelijke deel van Zuid-Limburg bedraagt het CaCO_3 gehalte in de regel meer dan 95%, naar het oosten neemt dit af tot minder dan 80%.

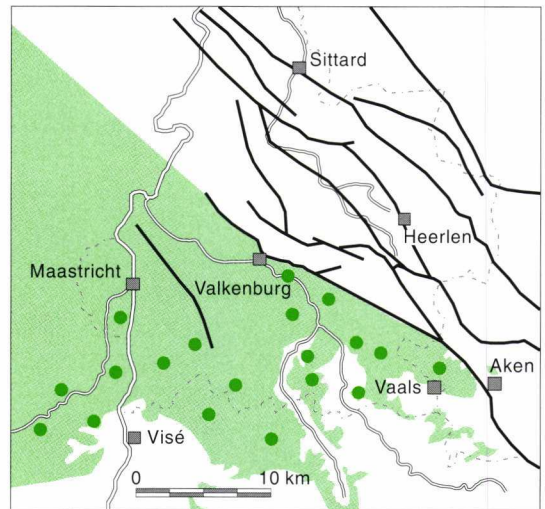
Nog voor het einde van het Laat-Campanien werd de sedimentatie van dit schrijfkrijt afgebroken als gevolg van hernieuwde tektonische bewegingen in de ondergrond. Een deel van de Kalksteen van Zeven Wegen viel hierdoor ten offer aan erosie. Bij het inzetten van de nieuwe sedimentatie werd lokaal een ca. 10 m dik pakket fijnkorrelige glauconiethoudende kalksteen afgezet, de Kalksteen van Beutenaken. Over het oorspronkelijke sedimentatiegebied van deze kalksteen is weinig bekend, daar deze nog slechts aanwezig is in een smalle, zuidoost-noordwest gerichte strook vanaf Epen naar Maastricht. Waarschijnlijk hangt dit samen met de tektonische bewegingen die zich op de grens met de Kalksteen van Beutenaken en Vylen in verhevigde vorm voordeden. De grens tussen de Kalksteen van Beutenaken en Vylen valt samen met de grens tussen het Campanien en Maastrichtien. In deze tijd deden zich ingrijpende tektonische veranderingen voor, waarbij in meer of minder duidelijke zuidoost-noordwest gerichte stroken plaatselijk alle voorgaande sedimenten uit het Krijt werden geërodeerd; de vrijkomende ruimte werd vervolgens opgevuld met nieuw sediment behorende tot de Kalksteen van Vylen. Gedurende het grootste deel van de tijd, waarin de Kalksteen van Vylen werd gesedimenteerd, bleef de tektonische activiteit, nu in omgekeerde vorm, doorgaan. Het gevolg hiervan was dat in het meest zuidwestelijke deel van het Krijtgebied bij Visé, de Kalksteen van Vylen slechts 15 m dik is. In dezelfde tijd werd in de omgeving van Aken plaatselijk tot 100 m kalksteen gesedimenteerd (Fig. 3.3). Het onderste deel van de Kalksteen van Vylen bestaat op die plaatsen waar de dikte meer dan 25 m bedraagt uit glauconietrijke tot glauconiethoudende kalksteen. In het westelijk deel van Zuid-Limburg is het hoogste deel van deze kalksteen glauconietvrij of arm.

Met het inzetten van de sedimentatie van de Kalksteen van Lixhe 1 t/m 3 en de Kalksteen van Lanaye, ontstond in het westelijk deel van het sedimentatiegebied een situatie waarbij fraai ontwikkelde cyclische sedimenten werden afgezet die gekenmerkt zijn door het regelmatig voorkomen van vuursteenhoudende lagen (Fig. 3.33, 3.34, 3.35 en 3.37). Dat de tektonische activiteiten niet geheel achterwege gebleven zijn, bewijzen de veranderingen die zich voordeden in de sedimenten van zuidwest naar noordoost. Bij het naderen van de Roerdal Slenk treden

duidelijke lithologische veranderingen op die wijzen op tektonische activiteit. Vooral het voorkomen van glauconiet aan de basis van de sedimentatiecycli en het optreden van harde kalksteenbanken (hardgrounds) in de top van deze cycli, zijn hiervoor duidelijke aanwijzingen. De grens tussen de Formatie van Gulpen en Maastricht is gekenmerkt door het inzetten van ingrijpende tektonische bewegingen.

Figuur 3.25

Verbreiding van de Formatie van Gulpen in Zuid-Limburg en omgeving



3.3.1 Kalksteen van Zeven Wegen

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een pakket zachte, zeer fijnkorrelige, witte kalkstenen (z.g. schrijfkrijt). Het gehalte aan CaCO_3 is variabel. Van Oost naar West neemt dit toe van 75 - 80% in de omgeving van Vaals en Epen tot 90 - 95% in de omgeving van Visé. De dikte varieert van 0 - 30 m. Het s.g. varieert van 1,550 tot 1,570. De ondergrens wordt gevormd door de Formatie van Vaals en wordt gemarkeerd door de Horizont van Zeven Wegen. Deze is gekenmerkt door een bioturbatiezone in de top van de Formatie van Vaals. Op deze bioturbatiezone volgt altijd een laag glauconietrijke kalksteen aan de basis van de Kalksteen van Zeven Wegen. Naast glauconiet komen ook enkele rolsteentjes van kwarts en kwartsiet en meer of minder sterk afgeronde fossielfragmenten voor. De dikte van de laag glauconietrijke kalksteen varieert van ca. 0,50 m tot 1,50 m. Aan de bovenkant is de glauconietrijke laag niet scherp begrensd maar gaat geleidelijk over in glauconietvrij schrijfkrijt. Met uitzondering van een gebied tussen Geul en Gulp en een klein gebied in het westen, wordt de bovengrens gevormd door de Kalksteen van Vylen, gemarkeerd door de Horizont van Bovenste Bosch. Deze horizont is gekenmerkt door een hardground met bioturbaties in de top van de Kalksteen van Zeven Wegen en een glauconietrijke kalksteen met veel rostra van belemnieten, enkele rolsteentjes van kwarts, forforietknolletjes en gefosforitiseerde steenkernen van fossielen. In het gebied tussen de Geul en Noorbeek wordt de bovengrens gevormd door de Kalksteen van Beutenaken, gemarkeerd door de

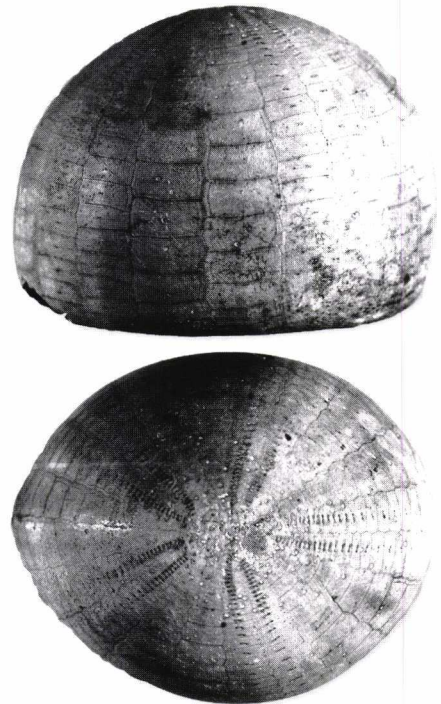


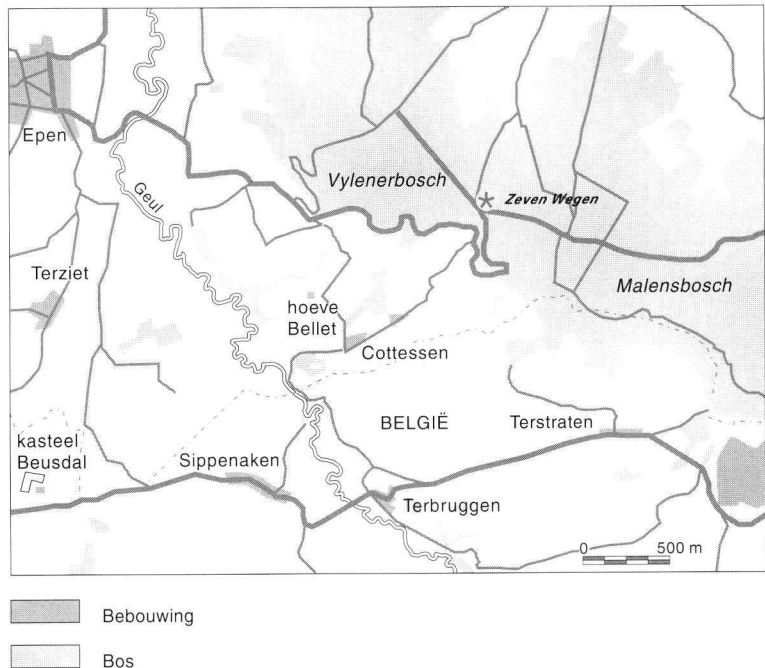
Foto 14

Echinocorys subglobosa (Leske, 1778), zeeëgel uit de Kalksteen van Zeven Wegen, Formatie van Gulpen.

Vindplaats: Raren, gem. Vaals

Figuur 3.26

Typelocatie van de Kalksteen van Zeven Wegen, weginsnijding naar Zeven Wegen), Vylenerbosch, Vaals



Horizont van Slenaken die eveneens gekenmerkt is door een gelijksoortige glauconietrijke zone aan de basis van de Kalksteen van Beutenaken.

De Kalksteen van Zeven Wegen is rijk aan fossielen. Kenmerkende fossielen zijn o.a. de zeeëgels *Galeola papillosa*, *Micraster schröderi* en *Echinocorys gr. scutatus*.

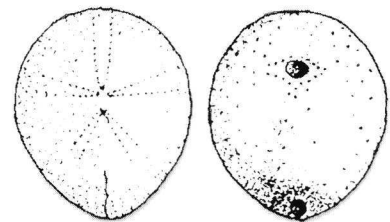
Het voorkomen is beperkt tot het gebied ten zuiden van de lijn Meerссен - Gulpen - Vaals. De Kalksteen van Zeven Wegen ontbreekt, als gevolg van erosie, ten noorden van deze lijn en ten zuiden ontbreekt deze kalksteen ook in een smalle strook die zich uitstrekt van Eijsden naar 's-Gravenvoeren. Ontsluitingen in de Kalksteen van Zeven Wegen komen vooral voor aan de westkant van de Maas bij Lixhe en Halembaye en in een aantal groeven bij Haccourt en Heure-le-Romain. Kleine ontsluitingen bevinden zich ten noorden van Aubel, in het dal van de Gulp ten zuiden van Mechelen en in het boscomplex ten zuiden van Vylen en Aken.

In de groeven aan de westkant van de Maas wordt de Kalksteen van Zeven Wegen afgegraven ten behoeve van de cement-, keramische- en chemische industrie. In het verleden werd deze kalksteen op talrijke plaatsen afgegraven in kleine groeven ten bate van de kalkbemesting op akkers en weilanden.

Foto 15

Galeola papillosa basiplana Ernst, 1971.

Naar: Van der Ham et al, 1987. Uit de Kalksteen van Zeven Wegen, Formatie van Gulpen



Typeprofiel

Typelocatie: weginsnijding naar Zeven Wegen, Vylenerbosch, Vaals (Fig. 3.26)

NITG ontsluiting nr.: 62D-15b

Coördinaten: 194.940 - 308.550

In het typeprofiel (Fig. 3.27) is slechts een klein deel van deze kalksteen ontsloten. Het is echter mogelijk op deze plaats het gehele pakket te doorboren. De dikte bedraagt hier ca. 20 m.

Binnen de typelocatie wijkt het profiel van de Kalksteen van Zeven Wegen weinig of niet af van alle andere ontsluitingen. Aan de basis bevindt zich een ca. 1,20 m dikke laag glauconiethoudende kalksteen die naar boven overgaat in glauconietvrij schrijfkrijt. Aan de top wordt de Kalksteen van Zeven Wegen afgesloten door een duidelijk ontwikkelde hardground met graafgangen die zijn opgevuld met glauconietrijke kalksteen behorende tot de Kalksteen van Vylen. De Kalksteen van Beutenaken ontbreekt in de typelocatie van de Kalksteen van Zeven Wegen.

Afzettingmilieu

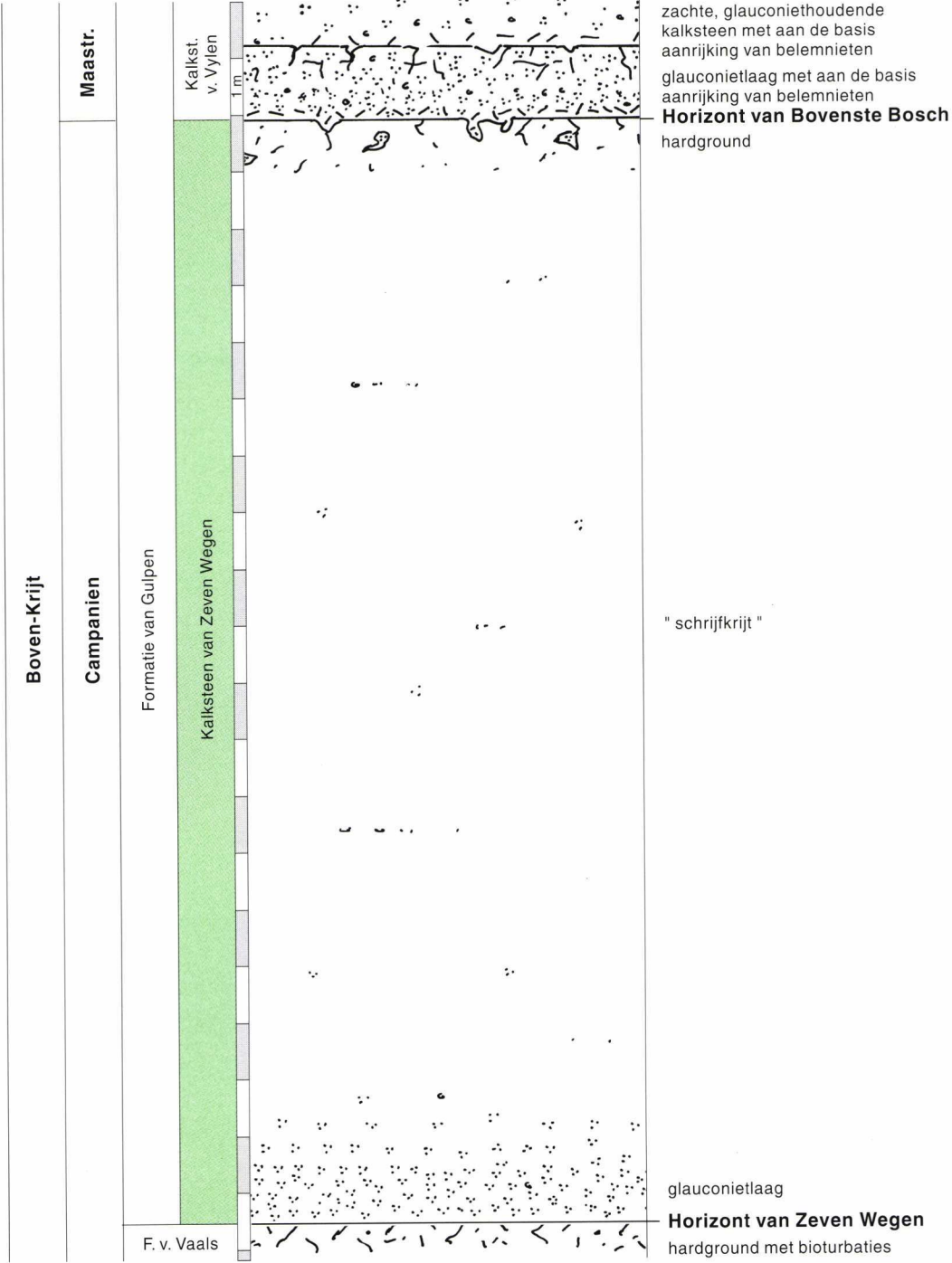
De Kalksteen van Zeven Wegen is een volmariene kalksteen die voor het grootste deel bestaat uit Coccolieten-gruis (schrijfkrijt) dat gesedimenteerd is in een zee op grote afstand van de kust, waardoor terrestrische invloed beperkt bleef. Over de diepte van de zee waarin dit soort sedimenten werd gevormd, is weinig bekend.

3.3.2 Kalksteen van Beutenaken*Algemene beschrijving*

Deze kalksteen bestaat uit een zachte, fijnkorrelige, glauconiethoudende, lichtgrijze kalksteen met enkele onduidelijke lichtgrijze vuursteenknollen. Over de inhoud aan fossielen is weinig bekend. Naast rostra van belemnieten zijn slechts enkele brachiopoden en zeeëgels aangetroffen. Het gehalte aan CaCO_3 varieert van 70 - 80%. Het s.g. varieert van 1,500 tot 1,700. De dikte varieert van 0 - 12 m. De grootste dikte is aangetroffen in de boring 61F-419 in het noordelijk deel van de groeve ENCI in de St. Pietersberg en bedraagt 16,05 m.

Binnen het totale verbreidingsgebied wordt de ondergrens gevormd door de Kalksteen van Zeven Wegen, gemarkeerd door de Horizont van Slenaken, gekenmerkt door een bioturbatiezone in de top van de Kalksteen van Zeven Wegen en een glauconietrijke laag aan de basis van de Kalksteen van Beutenaken. De bovengrens wordt gevormd door de Kalksteen van Vylen, gemarkeerd door de Horizont van Bovenste Bosch.

Het voorkomen is beperkt tot een klein gebied tussen Epen en Slenaken en een smalle strook die zich uitstrekt vanaf Slenaken naar Cadier en Keer en Maastricht. Ontsluitingen in de Kalksteen van Beutenaken bevinden zich alleen in het dal van de Gulp tussen Hombourg en Pesaken en in de westelijke dalwand van de Geul tussen Hombourg en Mechelen. In het verleden werd deze kalksteen in enkele kleine groeven bij Epen, Slenaken en Beutenaken afgegraven ten behoeve van de kalkbemesting op akkers en weilanden.



Figuur 3.27
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Zeven Wegen in de typelocatie, weginsnijding naar Zeven Wegen, Vylenerbosch, Vaals

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Habets in het dal van de Gulp te Beutenaken (Fig. 3.28)

NITG ontsluiting nr.: 62C-22

Coördinaten: 188.250 - 309.270

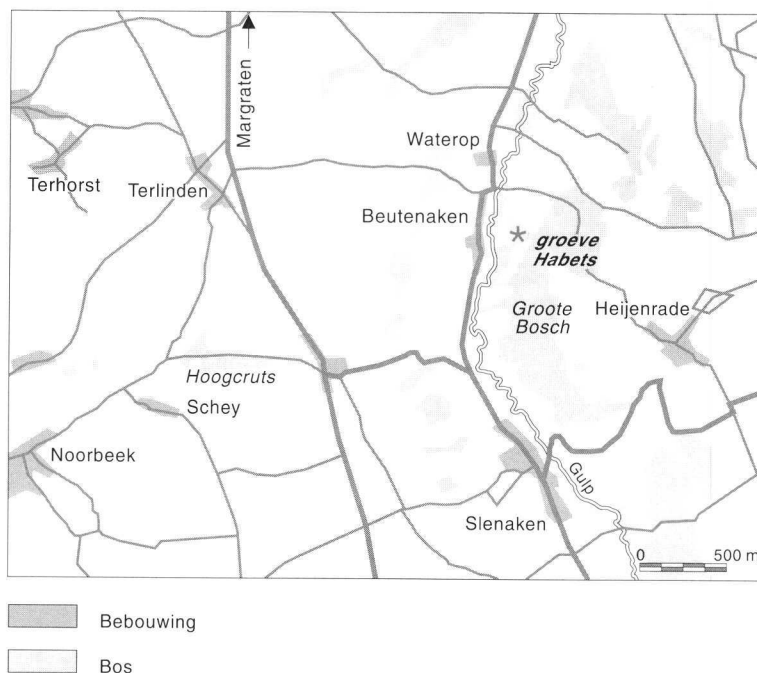
In het typeprofiel (Figuur 3.29) bevindt zich aan de basis van de Kalksteen van Beutenaken een 1 m dikke laag glauconietrijke kalksteen met enkele rolsteentjes van kwarts, ondercarbonische vuursteen, gefosforitiseerde fossielfragmenten en rostra van belemnieten. Naar boven gaat deze kalksteen over in een homogene fijnkorrelige kalksteen met fijnkorrelige glauconiet. Aan de top wordt de kalksteen afgesloten door een ca. 1 m dikke hardground met graafgangen.

Afzettingmilieu

De Kalksteen van Beutenaken is een fijnkorrelige kalksteen met fijnkorrelige glauconiet. De sedimentatie heeft zeer waarschijnlijk plaatsgevonden in een geulvormige strook parallel aan het breukenpatroon van de Roerdal Slenk. Over de diepte van de zee zijn geen gegevens bekend.

Figuur 3.28

Typelocatie van de Kalksteen van Beutenaken, groeve Habets in het dal van de Gulp te Beutenaken

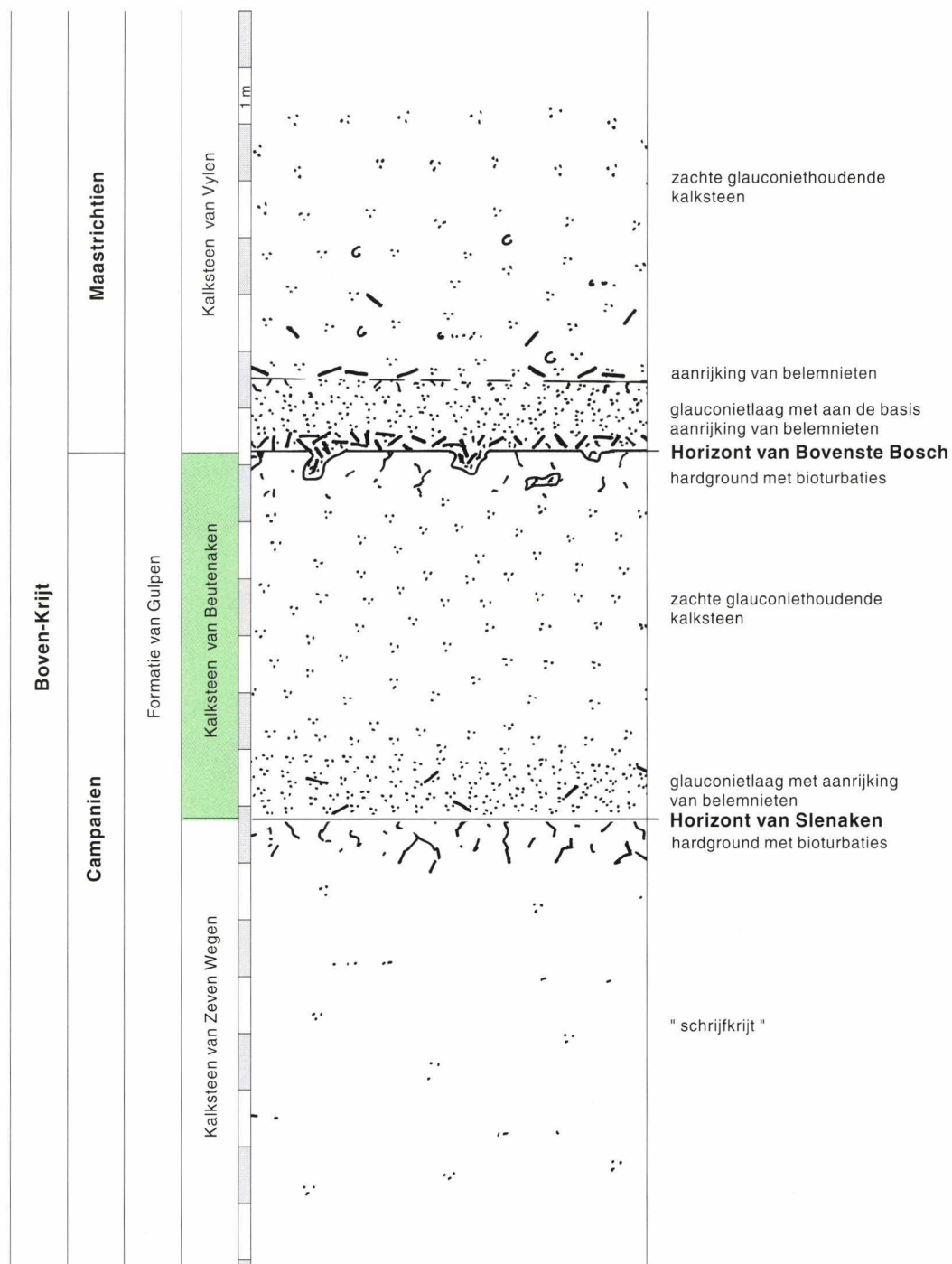


3.3.3 Kalksteen van Vylen

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat voor het grootste deel uit een fijnkorrelige, glauconiethoudende, lichtgrijze kalksteen. In het hoogste deel is de hoeveelheid glauconiet aanzienlijk lager dan in het onderste deel. Het gehalte aan CaCO_3 is zeer variabel en ligt tussen 50 en 85% in het onderste deel en tussen 80 en 90% in het hoogste deel. Aan de basis van de Kalksteen van Vylen bevindt zich een sterk in dikte wisselende laag glauconietrijke kalksteen.

In het hoogste deel, waar het glauconietgehalte laag is, komen veel fijnverdeelde kiezelzuuraanrijkingen voor in de vorm van onduidelijke vuursteenknollen. Dit kiezelzuur kan 10 - 20% van het geheel uitmaken. De Kalksteen van Vylen is plaatselijk zeer rijk aan fossielen. Bijzonder opvallend is het z.g. 'Belemnieten kerkhof' dat lokaal aan de basis voorkomt en zeer rijk is aan rostra van belemnieten. In de omgeving van Slenaken zijn in dit belemnieten kerkhof meer dan 5000 rostra per m^2 geteld. Deze rostra zijn voor een groot deel geremanieerd uit onderliggende oudere sedimenten. Zo komen op enkele plaatsen in deze laag regelmatig rostra voor van de belemniet *Goniotentis quadrata* die afkomstig zijn uit de Formatie van Vaals. Naast een aantal brachiopoden, zeeëgels en pelecypoda komen ook enkele ammonieten en nautilussen in de Kalksteen van Vylen voor.



Figuur 3.29

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Beutenaken in de typelocatie, groeve Habets in het dal van de Gulp te Beutenaken

De dikte van deze kalksteen is zeer variabel en ligt tussen 0 en meer dan 100 m. Het s.g. varieert van 1,480 tot 1,750. De Kalksteen van Vylen ligt diskordant op de Kalkstenen van Beutenaken, Zeven Wegen of de Formaties van Vaals en Aken. De ondergrens wordt gevormd door de Horizont van Bovenste Bosch. De bovengrens wordt in de typelocatie gevormd door de Kalksteen van Lixhe, gemarkeerd door de Horizont van Wahlwiller (= Horizont van Lixhe). Deze horizont is gekenmerkt door een bioturbatielaag in de top van de onderliggende eenheid en een glauconietrijke laag aan de basis van de Kalksteen van Lixhe.

Het voorkomen van deze kalksteen is beperkt tot het gebied ten zuiden van de lijn Meeressen - Valkenburg - Simpelveld. In het verleden zijn deze kalkstenen in het gebied tussen Gulpen en Aken gedolven als bouwsteen. Bijzonder harde kalkstenen zijn gebruikt voor het bouwen van bakovens, bekend onder de naam 'bakovensteen'.

Typeprofiel

Typelocatie: Holle weg van Mamelis naar Bocholtzerheide en boring te Mamelis, Vylen (Fig. 3.30)

NITG ontsluiting nr.: 62D-79

Coördinaten: 196.450 - 312.330

NITG boring nr.: 62D-168

Coördinaten: 196.290 - 312.020

In het typeprofiel (Figuur 3.31) is slechts een deel van de Kalksteen van Vylen ontsloten die voor het grootste deel bestaat uit een cyclisch opgebouwd pakket glauconiethoudende kalkstenen. De dikte van de cycli varieert van ca. 1 tot 3 m. Aan de basis van deze cycli bevindt zich altijd een meer of minder glauconietrijke laag met een dikte van 20 tot 50 cm. In de top bevindt zich altijd een bioturbatiezone. Uitgaande van de boring 62D-168 te Mamelis wordt de dikte van het gehele pakket in de typelocatie geschat op ca. 100 m.

Afzettingmilieu

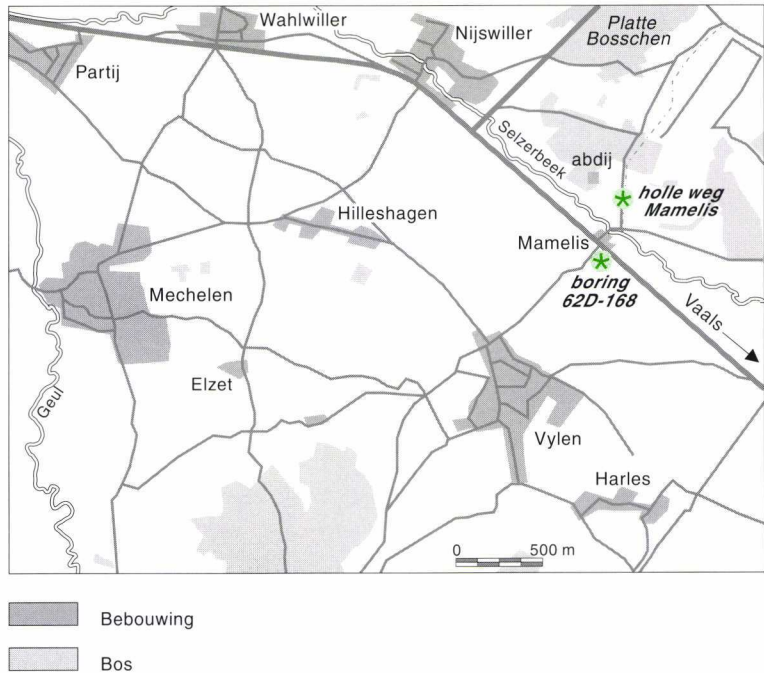
De Kalksteen van Vylen is een volmariene kalksteen met een wisselende hoeveelheid fijn- tot matig fijnkorrelige glauconiet. De sedimentatie begint met een sterk erosieve fase waardoor geulvormige patronen zijn ontstaan parallel aan de richting van de Roerdal Slenk. Gedurende de sedimentatie is het noordoostelijke deel van het afzettingsgebied, tussen Gulpen en Aken, zodanig gedaald dat plaatselijk tot meer dan 100 m sediment werd afgezet. In het zuidwestelijk deel, in de omgeving van Visé, werd in dezelfde tijd slechts 15 m glauconietvrije kalksteen gesedimenteerd. Vanaf Visé naar het noorden neemt de dikte toe tot ca. 50 m, in de omgeving van Eijsden ligt de Kalksteen van Vylen op gesteenten uit het Onder-Carboon en ontbreekt zowel de Kalksteen van Zeven Wegen als de Formatie van Vaals.

Tussen Lixhe en Eijsden schakelt zich aan de onderkant van de glauconietarme Kalksteen van Vylen, die ontsloten is in de groeve CBR (hoofdstuk 4), een glauconietrijke mergelige kalksteen in. Tot voor kort was over de grens tussen deze glauconietarme en de glauconietrijke mergelige kalksteen weinig bekend. Deze overgang is nu echter ontsloten in de groeve ENCI bij Maastricht (Fig. 4.03). De grens tussen beide kalkstenen is duidelijk gemarkeerd door een onderbreking in de sedimentatie. In de top van de glauconietrijke mergelige kalksteen bevindt zich een zwak ontwikkelde hardground met bioturbaties. Hierop volgt een ca. 1 m dikke glauconiethoudende kalksteen met fossielen en fosforietknollen.

Het grensvlak tussen deze twee lagen wordt in deze publicatie als nieuwe horizont beschreven en de Horizont van Zonneberg genoemd (Fig. 4.03). Typelocatie voor deze horizont is de groeve ENCI aan de St. Pietersberg te Maastricht, NITG ontsluiting nr. 61F-19, coördinaten: 175.000 – 314.500.

Figuur 3.30

Typelocatie van de Kalksteen van Vylen, holle weg van Mamelis naar Bocholtzerheide en boring te Mamelis, Vylen



Verder naar het noorden neemt de dikte af om bij Rothem nogmaals in dikte toe te nemen tot 43 m en vervolgens tussen Meerssen en Ulestraten uit te wiggen als gevolg van een discordantievak tussen de Formatie van Gulpen en de Formatie van Maastricht.

In de Kalksteen van Vylen zien we binnen het gehele sedimentatiegebied van onder naar boven een duidelijke afname van synsedimentaire tektonische bodembewegingen en vormen zich regelmatig sedimentatiecycli. Over de zeediepte zijn verder geen gegevens bekend.

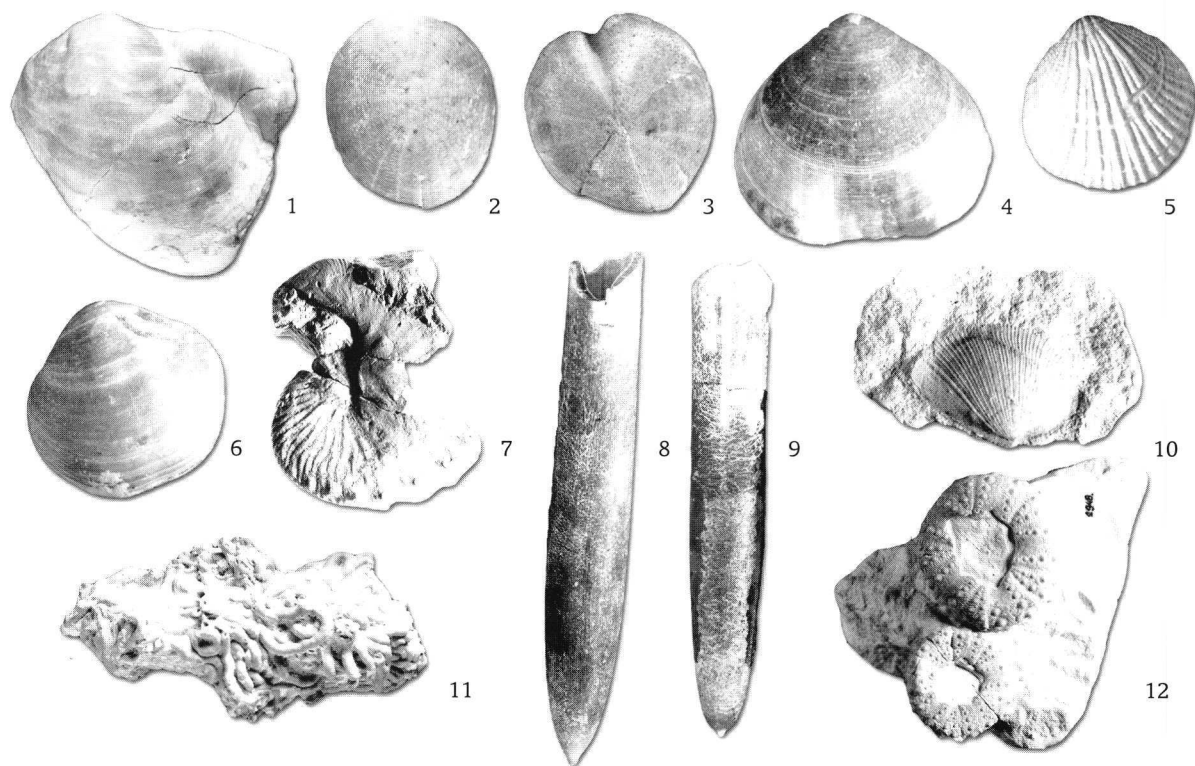


Foto 16

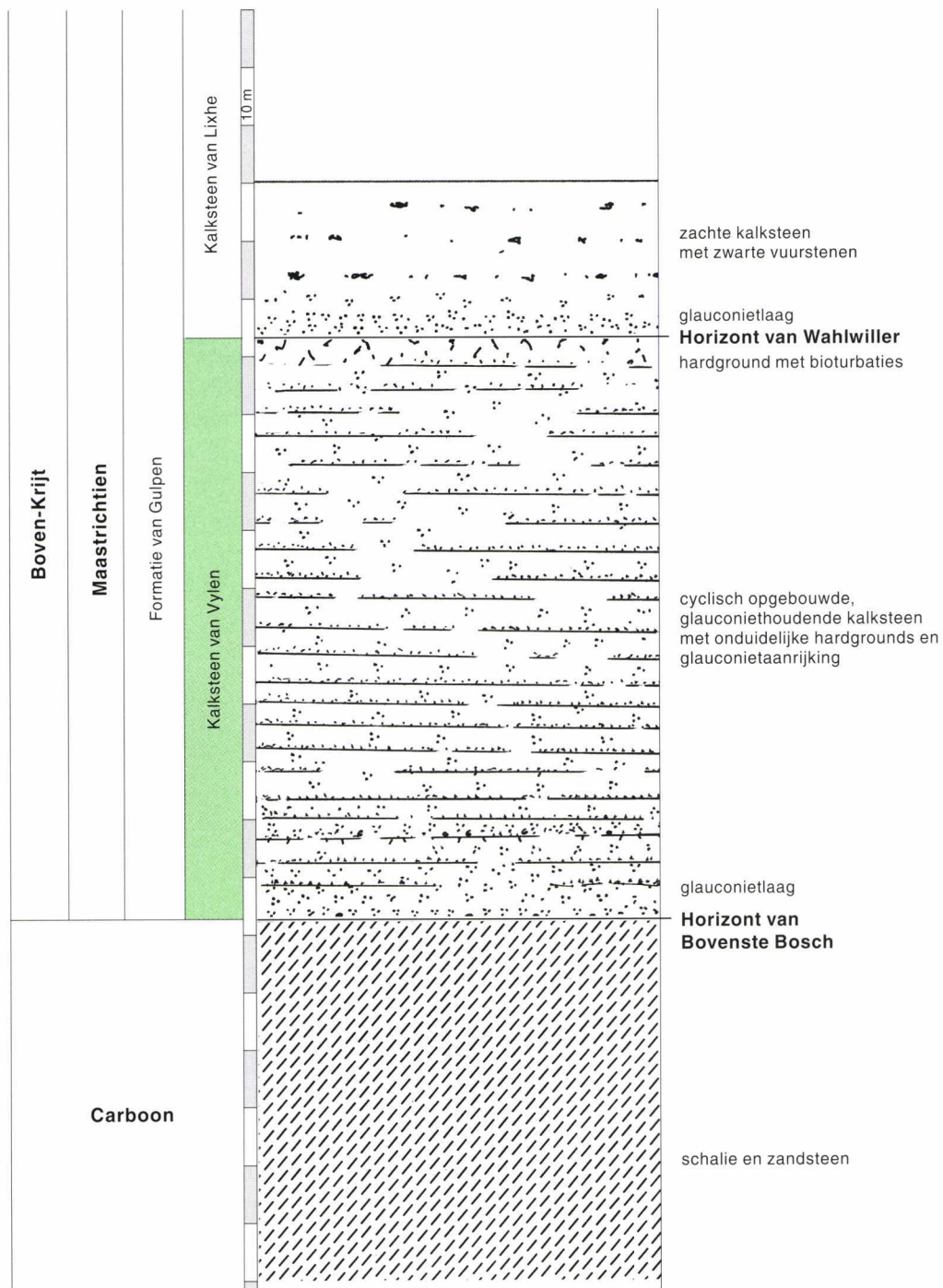
Fossielen uit de Formatie van Gulpen

- 1 *Pycnodonte vesicularis* (Lamarck, 1806)
- 2 *Echinocorys limburgica* Lambert, 1903
- 3 *Cardiaster granulosus* (Goldfuss, 1829)
- 4 *Cretirhynchia* gr. *limbata* (von Schlottheim, 1813)
- 5 *Terebratulina gracilis* (von Schlottheim, 1813)
- 6 *Magas chitoniformis* (von Schlottheim, 1813)
- 7 *Hoploscaphites constrictus* (J. Sowerby, 1817)
- 8 *Belemnitella* gr. *junior* Nowak, 1913
- 9 *Belemnitella* gr. *mucronata* (von Schlottheim, 1813)
- 10 *Liopistha* sp. nov.
- 11 *Glomerula gordialis* (von Schlottheim, 1820)
- 12 *Gauthieria pseudoradiata* auctt.

Nr. 1-7, 10 en 12, Kalksteen van Vylen

Nr. 9 en 11, Kalksteen van Zeven Wegen

Vindplaats: Vylenerbosch, gem. Vaals



Figuur 3.31

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Vylen in de typelocatie, holle weg van Mamelis naar Bochtolzerheide en boring te Mamelis, Vylen

3.3.4 Kalksteen van Lixhe 1 t/m 3

Algemene beschrijving

De Kalksteen van Lixhe is in het westelijk deel van Zuid-Limburg op basis van lithologische kenmerken in te delen in drie eenheden. In het oostelijk deel van Zuid-Limburg, waar veel minder ontsluitingen in deze kalksteen aanwezig zijn, is het niet mogelijk deze driedeling door te voeren.

De Kalksteen van Lixhe 1 t/m 3 is niet rijk aan fossielen.

Kenmerkend voor deze kalkstenen is het voorkomen van de zeeëgel *Echinocorys* gr. *scutatus*. Deze zeeëgel laat van onder naar boven een duidelijke toename van de grootte zien.

De totale dikte bedraagt ca. 25 m.

Aan de basis is de Kalksteen van Lixhe 1 t/m 3 begrensd door de Horizont van Wahlwiller (= Horizont van Lixhe) en aan de top door de Horizont van Nivelle. De verbreiding van de Kalksteen van Lixhe is beperkt tot het gebied ten zuiden van de lijn Meerssen - Valkenburg - Simpelveld.

De Kalksteen van Lixhe wordt alleen toegepast in de cement-industrie.



Foto 17

Steenkern, bestaande uit vuursteen, van de zeeëgel *Echinocorys conoidea* (Goldfuss, 1829). Vindplaats: Vuursteeneluvium, ontstaan uit de Kalksteen van Lixhe, in het Vylenerbosch, gem. Vaals

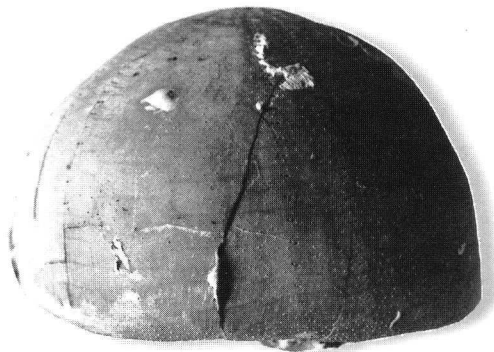
Typeprofiel

Typelocatie: groeve Dierkx, noordwest van Lixhe (B) (Fig. 3.32)

NITG ontsluiting nr.: 61H-18

Coördinaten: 174.500 - 308.400

In het typeprofiel (Fig. 3.33-3.35) zijn de Kalkstenen van Lixhe 1 t/m 3 duidelijk van elkaar te onderscheiden. De Kalksteen van Lixhe 1 is gekenmerkt door het voorkomen van kleine donkergrijze tot zwarte vuurstenen. Hoewel deze voor een groot deel in lagen gerangschikt zijn, is dit niet opvallend. In de Kalksteen van Lixhe 2 zien we een duidelijke toename van de afmetingen van de vuurstenen en een meer opvallende rangschikking in lagen. De Kalksteen van Lixhe 3 is gekenmerkt door de aanwezigheid van opvallend grote vuurstenen die vrijwel allemaal gerangschikt zijn in duidelijke lagen. In de typelocatie van Lixhe 3 zijn 15 duidelijk herkenbare vuursteenlagen te onderscheiden.



Afzettingsmilieu

De kalkstenen van Lixhe 1 t/m 3 zijn volmariene kalkstenen. De sedimentatie heeft plaatsgevonden in een ondiepe shelfzee, beneden de invloedszone van de golfbewegingen, veraf gelegen van het vasteland. Onduidelijk is nog waardoor de faciële verschillen zijn veroorzaakt.

Foto 18

Echinocorys conoidea (Goldfuss, 1829) uit de Kalksteen van Lixhe 1, Formatie van Gulpen.

Vindplaats: Groeve ENCI, St. Pietersberg te Maastricht

Kalksteen van Lixhe 1

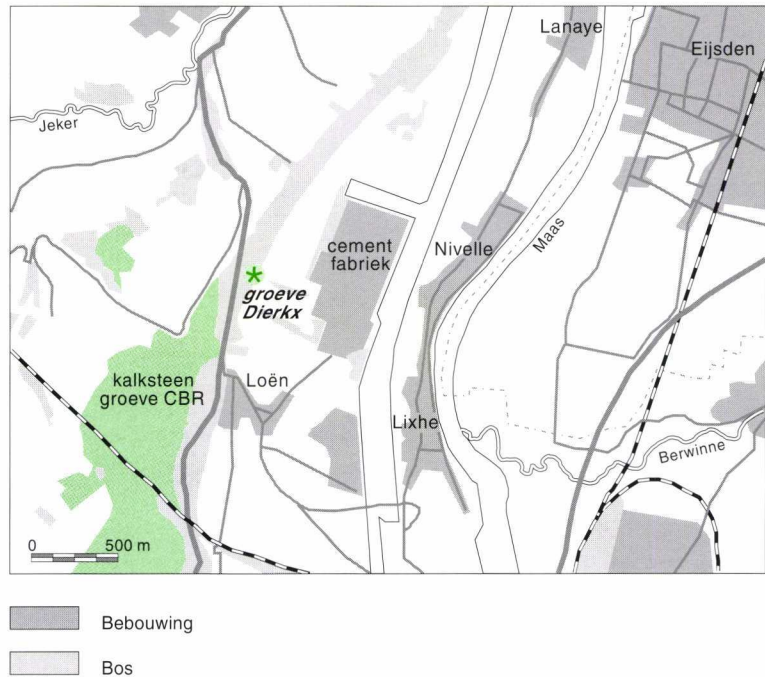
Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een zeer fijnkorrelige, witte tot lichtgrijze kalksteen met veel verspreid voorkomende, zeer grillig gevormde, kleine zwarte en grijze vuurstenen (Fig. 3.33). De basis wordt gemarkeerd door de Horizont van Wahlwiller (=Horizont van Lixhe), de top door de Horizont van Halem-baye 1. De Horizont van Wahlwiller is in het oostelijk deel van Zuid-Limburg gekenmerkt door een bioturbatiezone in de top van de Kalksteen van Vylen en een laag glauconietrijke kalksteen met kwartszand en fijnkorrelig grind aan de basis van de Kalksteen van Lixhe. Naar het westen wigt de Horizont van Wahlwiller uit en gaat over in de Horizont van Lixhe. Deze is gekenmerkt door de eerste over grote afstand doorlopende zwarte vuursteenbank (Fig. 3.33 en Foto 19).

Als gevolg van de zeer grillige vuursteenvormen, afmetingen en glasachtige structuur, is een groot deel van de vuurstenen zeer splinterig.

De hoeveelheid vuursteen bedraagt ca. 15%.

De dikte van de kalksteen varieert van 5 tot ca. 10 m. Het CaCO_3 gehalte, exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 92 - 95%. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,510 tot 1,640.



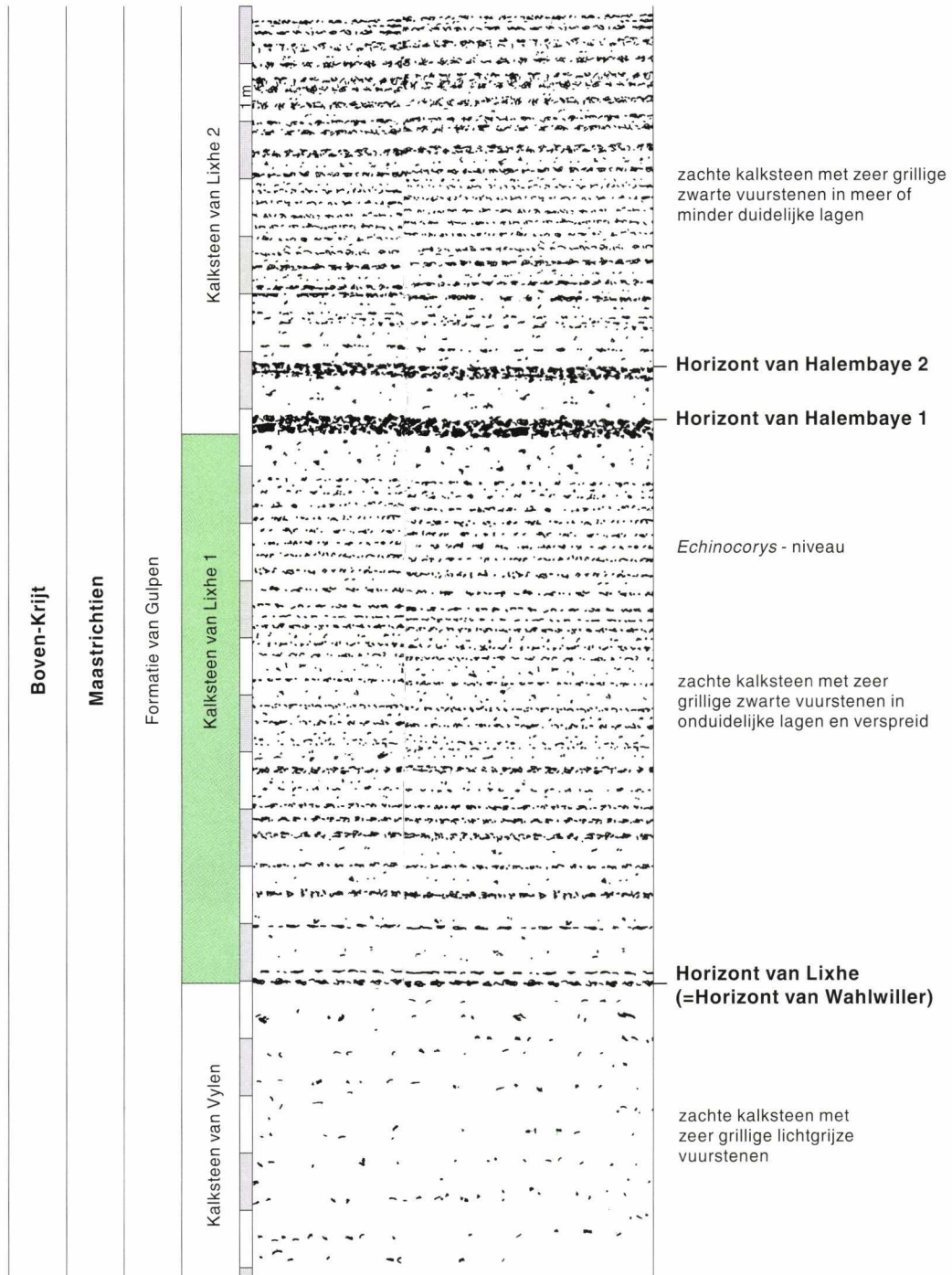
Figuur 3.32

Typelocatie van de Kalksteen van Lixhe, groeve Dierkx, noordwest van Lixhe (B)

Foto 19

Horizont van Wahlwiller (= Lixhe)
in de groeve ENCI, St. Pietersberg te
Maastricht





Figuur 3.33

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Lixhe 1 in de typelocatie, groeve Dierkx, noordwest van Lixhe (B)

Kalksteen van Lixhe 2

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een zeer fijnkorrelige, witte tot lichtgrijze kalksteen met veel verspreide en deels in lagen gerangschikte, kleine tot matig grote, zeer grillige zwarte vuurstenen (Fig. 3.34). Evenals de Kalksteen van Lixhe 1 zijn de vuurstenen zeer splinterig. De hoeveelheid vuursteen bedraagt ca. 15%. De dikte van het pakket is 8 tot 12 m. Het CaCO_3 gehalte, exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 93 tot 97%. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,510 tot 1,640.

De ondergrens wordt gevormd door de Horizont van Halembaye 1, de bovengrens door de Horizont van Boirs. Aan de basis van de Kalksteen van Lixhe 2 bevinden zich twee opvallend duidelijke vuursteenlagen. De basis van de onderste laag vormt de Horizont van Halembaye 1 (Fig. 3.34 en Foto 20).

Kalksteen van Lixhe 3

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een zeer fijnkorrelige, witte tot lichtgrijze kalksteen met overwegend in lagen gerangschikte, kleine tot grote, zeer grillige, grijze tot zwarte vuurstenen (Fig. 3.35). Ook een deel van deze vuurstenen is als gevolg van vorm, afmeting en glasachtige structuur zeer splinterig. De hoeveelheid vuursteen bedraagt ca. 20%. De dikte van deze kalksteen varieert van 9 tot 11 m. Het CaCO_3 gehalte, exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 94 tot 97%. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,510 tot 1,640.

De basis wordt gevormd door de Horizont van Boirs die is gekenmerkt door de onderkant van een opvallend dikke, grijs tot zwarte, veelal dubbele, vuursteenlaag. De top,

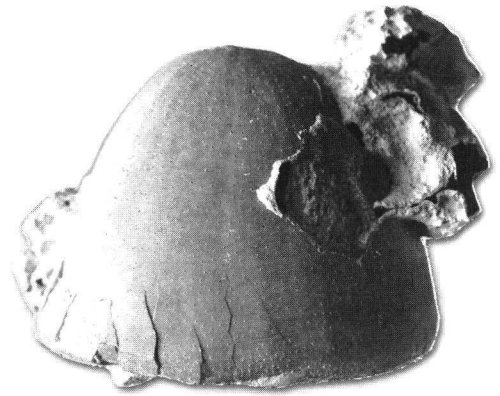


Foto 21

Echinocorys conoidea (Goldfuss, 1829) uit de Kalksteen van Lixhe 3, Formatie van Gulpen.

Vindplaats: Groeve ENCI, St. Pietersberg te Maastricht

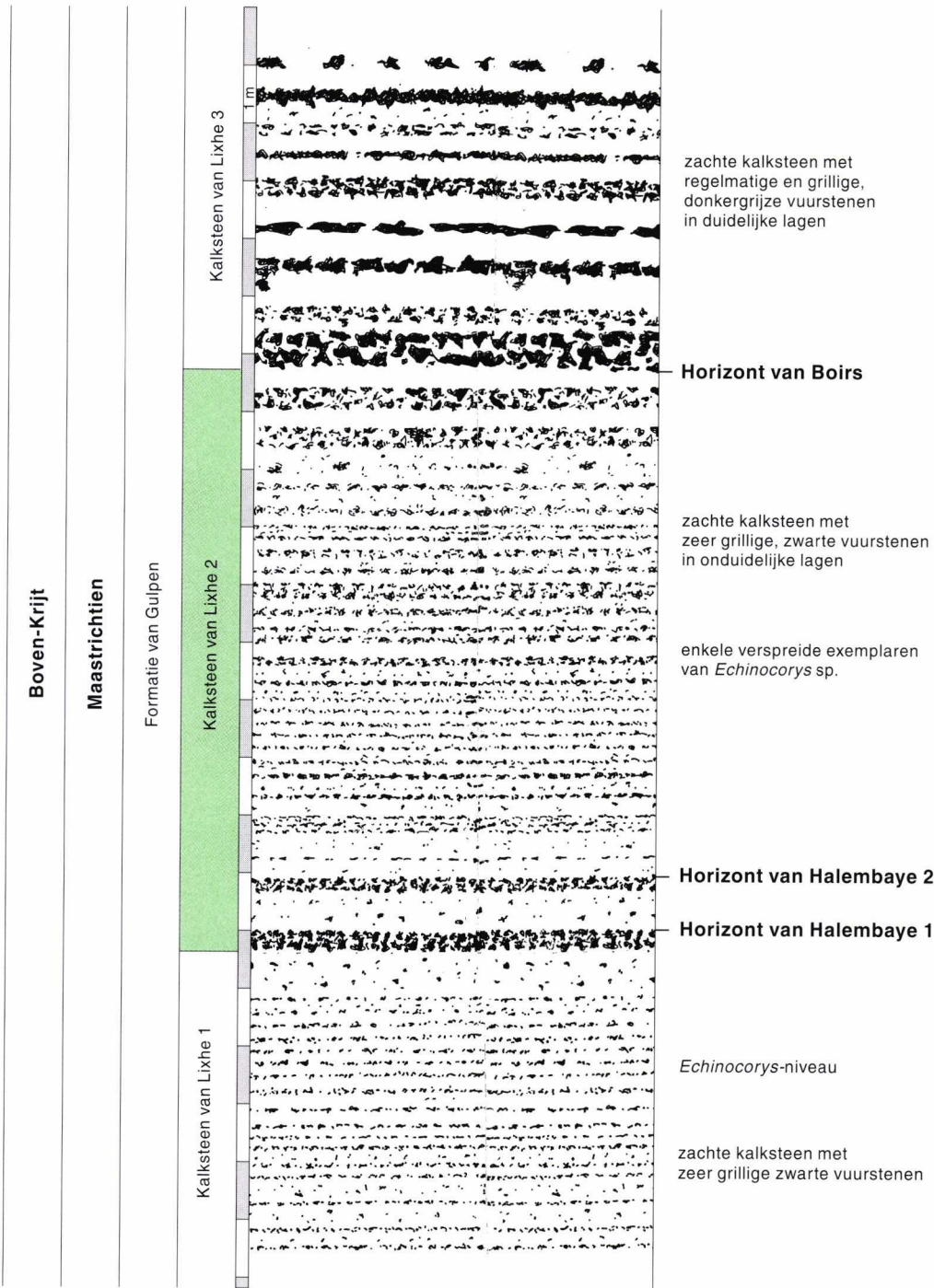
gemarkeerd door de Horizont van Nivelles, vormt het contact met de Kalksteen van Lanaye. In de typelocatie komen in de Kalksteen van Lixhe 3, 15 meer of minder duidelijk herkenbare vuursteenlagen voor. Naar het noordwesten zijn meer vuursteenlagen aanwezig.

Foto 20

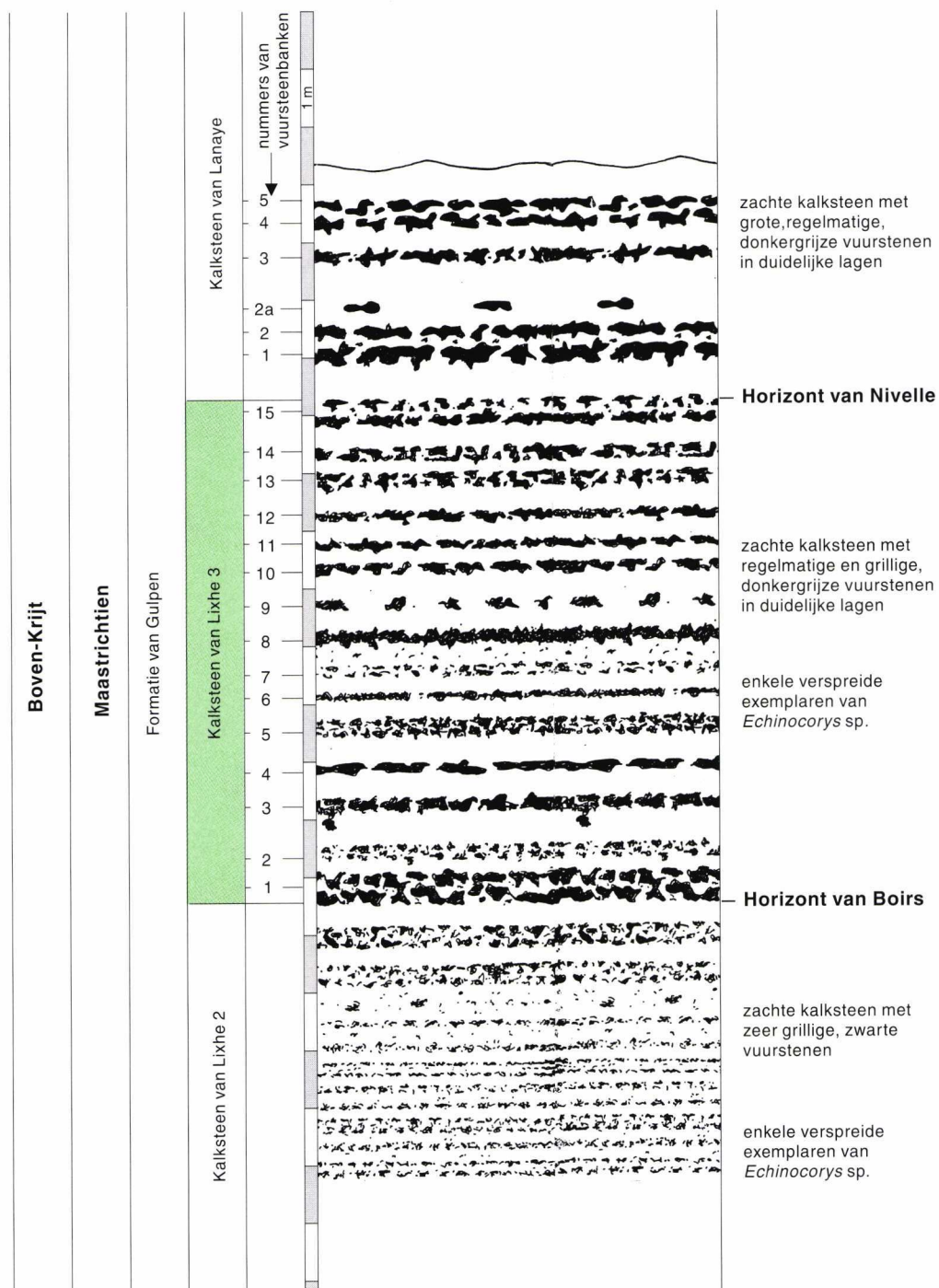
Horizont van Bovenste Bosch (= Froidmont),

Halembaye 1 en 2 en de Horizont van Boirs in de groeve C.P.L. te Halembaye, België





Figuur 3.34
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Lixhe 2 in de typelocatie, groeve Dierkx, noordwest van Lixhe (B)



Figuur 3.35

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Lixhe 3 in de typelocatie, groeve Dierkx, noordwest van Lixhe (B)

3.3.5 Kalksteen van Lanaye

Algemene beschrijving

De Kalksteen van Lanaye bestaat in het westelijk deel van Zuid-Limburg uit een fijnkorrelige, witte kalksteen met veel licht- tot donkerblauwgrijze vuursteenknollen (Fig. 3.37). Het gehalte aan CaCO_3 bedraagt ca. 80%.

De vuurstenen, die 18 - 20% van het geheel uitmaken, komen in het westelijk deel van Zuid-Limburg voor in 23 herkenbare lagen. Meer naar het noorden ontbreekt aan de bovenzijde een deel van de kalksteen, zodat in de groeve ENCI aan de St. Pietersberg nog maar 18 vuursteenbanken voorkomen. Nog verder naar het noorden wigt deze kalksteen uit. Naar het oosten voltrekt zich binnen deze kalksteen een faciesverandering. De opvallende vuursteenbanken vervagen tot onduidelijke, grillige lagen. In het oostelijk deel van Zuid-Limburg gaat een deel van de zachte kalksteen over in een afwisseling van harde en zachte banken. Door de grote afmeting van de vuursteenknollen (0,10 - 1,00 m), kunnen ze mechanisch gescheiden worden van de kalksteen en is het mogelijk zeer hoogwaardige kalksteen te winnen met een CaCO_3 gehalte van 95 - 98%. Naar het oosten neemt het CaCO_3 gehalte af en varieert bij Aken en Valkenburg van ca. 70 tot 90%.

De Kalksteen van Lanaye is rijk aan fossielen. In deze kalksteen komt voor het eerst de bekende zeeëgel *Hemipneustes striatoradiatus* voor. Daarnaast is een twaalfstal andere zeeëgels bekend (Van der Ham et al., 1987). Niet zeldzaam zijn ook enkele soorten brachiopoden zoals *Thecidia papillata*, *Trigonocemus pectiniformis*, *Isocrania costata* en *Carneithyrus carnea*. Vrij algemeen zijn ook rostra van belemnieten en steeldelen van de zeelolie *Bourquiticrinus* sp.

De dikte varieert van 15 - 18 m. Het s.g. is zeer variabel. In de omgeving van Eben Emael ligt dit, exclusief de aanwezige vuurstenen, tussen 1,300 en 1,500. Buiten dit gebied en in het diepere deel van het pakket varieert het s.g. van 1,400 tot 1,560. In het meest oostelijke deel van Zuid-Limburg, waar in de Kalksteen van Lanaye duidelijke harde banken voorkomen, varieert het s.g. van de zachte lagen tussen 1,400 en 1,600 en van de harde banken tussen 1,800 en 2,500.

De basis van de Kalksteen van Lanaye wordt gemarkeerd door de Horizont van Nivelles. Deze is gekenmerkt door de basis van de onderste dikke vuursteenlaag. In werkelijkheid ligt de horizont in de eronder liggende laag kalksteen, aangezien de genoemde vuursteenbank al deel uitmaakt van de Kalksteen van Lanaye. De top, die wordt begrensd door de Horizont van Lichtenberg (Coprolietenlaagje van Staring, 1860) vormt het contact met de Formatie van Maastricht.

Het voorkomen van de typische Kalksteen van Lanaye is beperkt tot het westelijk deel van Zuid-Limburg. In het oostelijk deel komt de opbouw van deze kalksteen

Foto 22

Fragment van een 'Fossielval'. Instortingstrechters van graafgangen zijn ideale plaatsen voor het samenspoelen van schelpen. In deze 'Fossielval' zijn schelpen van *Carneithyrus subcardinalis* Sahni, 1925 bewaard gebleven in de vorm van steenkernen die uit vuursteen bestaan.

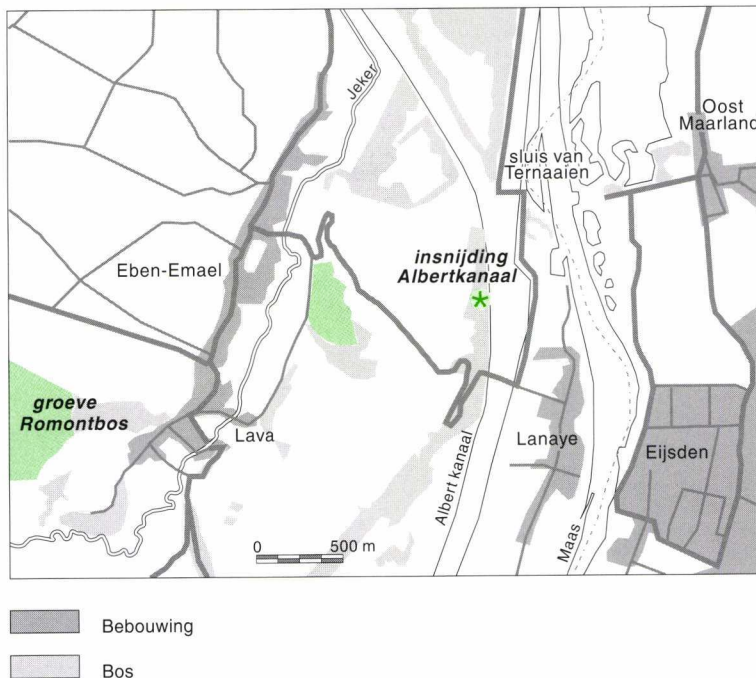
Vindplaats: Vuursteeneluvium, ontstaan uit de Kalksteen van Lanaye, Vylenerbosch, gem. Vaals



overeen met de Kalksteen van Lixhe. De verbreiding is beperkt tot een gebied dat in het noorden wordt begrensd door de Benzenrade- en Schin op Geulbreuk en in het zuiden door de lijn Eijsden - Gulpen - Vaals. Zuidelijk van deze lijn is de Kalksteen van Lanaye door erosie verdwenen.

In de omgeving van Eben-Emael en verder westwaarts in het Jekerdal tot in de omgeving van Sluizen heeft men, vooral in het hoogste deel van de Kalksteen van Lanaye, in open en ondergrondse groeven kalksteen gewonnen voor kalkbemesting. De vuurstenen werden gebruikt voor het bekleden van maaltrommels, als bouwstenen en als paklaag in de wegenbouw.

Momenteel wordt de kalksteen hoofdzakelijk gedolven ten behoeve van de cementindustrie. In enkele groeven bij Eben-Emael wordt nog kalksteen gedolven voor andere industriële doeleinden. Uniek zijn enkele werkplaatsen waar uit een deel van de vuursteenlagen, nr. 20, 21 en 22, stenen worden gekapt voor het bekleden van maaltrommels.



Figuur 3.36

Typelocatie van de Kalksteen van Lanaye, insnijding van het Albertkanaal, noordwest van Lanaye (B)

Typeprofiel

Typelocatie: Insnijding van het Albertkanaal, noordwest van Lanaye (B) (Fig. 3.36)

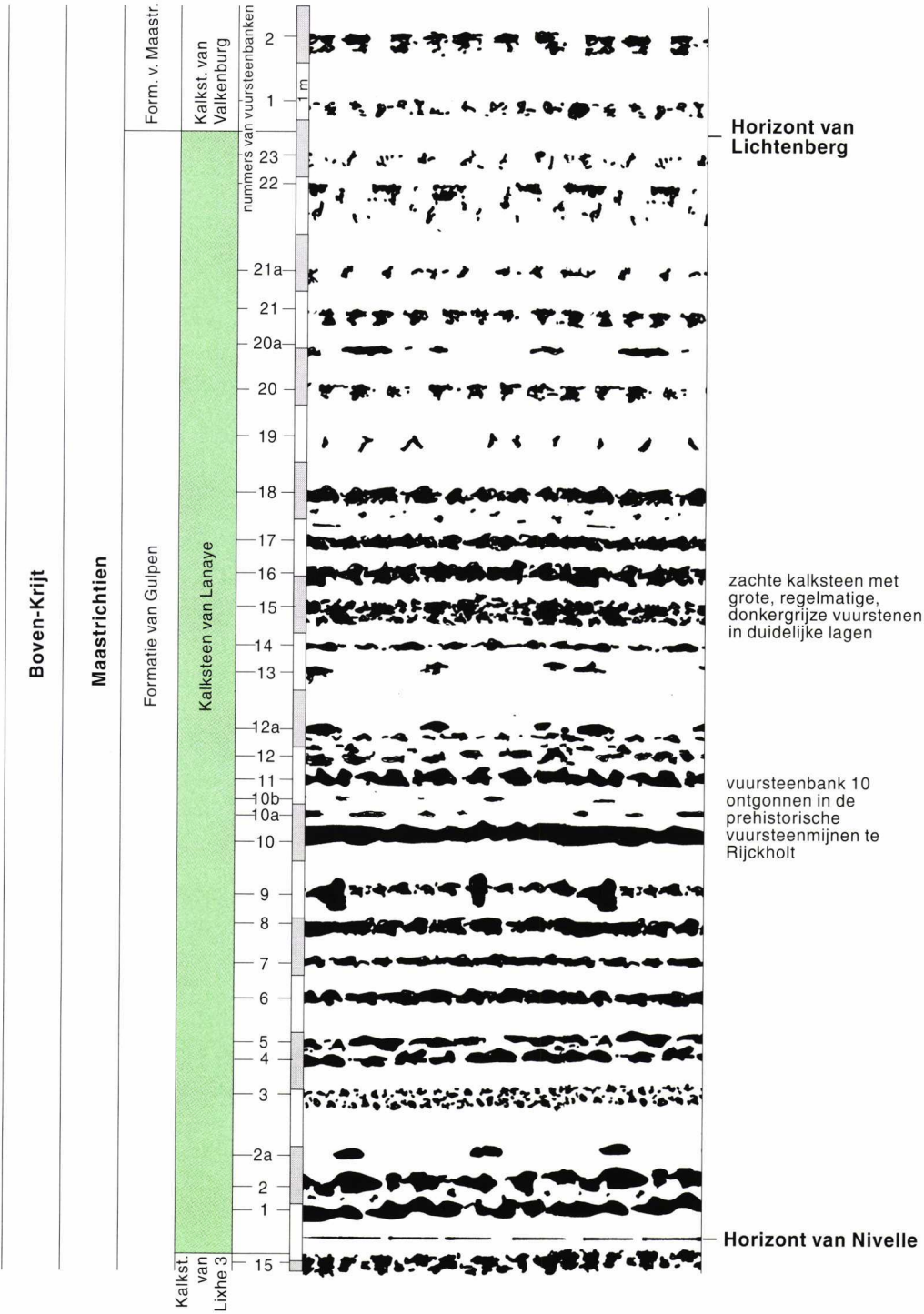
NITG ontsluiting nr.: 61H-36

Coördinaten: 176.150 - 311.000

Afzettingsmilieu

De Kalksteen van Lanaye is een volmariene kalksteen. In het zuidwestelijke deel van het verbreidingsgebied is deze gesedimenteerd in een zee waarvan de bodem onbereikbaar was voor golfbewegingen. In de richting van de Roerdal Slenk treedt in de kalksteen een verandering op door het voorkomen van glauconiet, zowel verspreid in de kalksteen als aan de basis van de sedimentatiecycli. Hoe dichterbij de Roerdal Slenk, hoe meer glauconiet voorkomt. In de basislaag van de cyclus komen dan ook fijnkorrelig kwartszand en enkele stukjes grind voor. In de top van de cyclus bevinden zich dan duidelijk ontwikkelde harde banken (hardgrounds). Deze verschijnselen hangen zeer waarschijnlijk samen met tektonische bewegingen in en nabij de Roerdal Slenk.

Op grond van de fossielen moet men er van uitgaan dat de zee niet meer dan 40 tot 50 m diep en de watertemperatuur merkbaar toegenomen was.



Figuur 3.37
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Lanaye in de typelocatie, insnijding van het Albertkanaal, noordwest van Lanaye (B)

3.4 FORMATIE VAN MAASTRICHT

Algemene beschrijving

De Formatie van Maastricht bestaat uit twee facieel verschillende kalkstenen. In het westelijk deel van Zuid-Limburg komt de MAASTRICHTSE KALKSTEEN voor en in het oostelijk deel de KUNRADER KALKSTEEN (Fig. 3.1, 3.38 en 3.39).

Maastrichtse facies

De Maastrichtse Kalksteen bestaat overwegend uit zachte, fijn- tot zeer grofkorrelige, geelwitte kalkstenen, al dan niet met vuurstenen.

Kunrader facies

De Kunrader Kalksteen bestaat uit een afwisseling van lagen harde- en zachte lichtgrijze kalksteen.

In het westelijk deel van Zuid-Limburg wordt de Formatie van Maastricht onderverdeeld in twee grote eenheden. Het onderste deel bestaat uit zachte, fijnkorrelige kalkstenen met 5 - 12% lichtgrijze- tot bruingrijze vuurstenen. Het bovenste deel bestaat uit fijn- tot zeer grofkorrelige kalkstenen met weinig (max. 1%) of geen vuurstenen, maar wel enkele onregelmatige harde banken, z.g. hardgrounds, en zeer grofkorrelige fossielgruislagen. De laagpakketten worden aan de onder- en bovenkant begrensd door horizonten. Deze horizonten in de Formatie van Maastricht zijn gekenmerkt door hardgrounds in de top van het laagpakket en bedekt door één of meer dunne fossielgruislagen aan de basis van het bovenliggende laagpakket. In het typegebied vormt de Formatie van Gulpen de ondergrens. Deze grens wordt gekenmerkt door de Horizont van Lichtenberg, bestaande uit een bioturbatielaag in de top van de Formatie van Gulpen en een dunne fossielgruislaag met glauconiet aan de basis van de Formatie van Maastricht. De bovengrens wordt gevormd door de Formatie van Houthem en gemarkeerd door de Horizont van Vroenhoven, bestaande uit een opvallend duidelijke hardground met bioturbaties in de top van de Formatie van Maastricht en een meer of minder duidelijke fossielgruislaag aan de basis van de Formatie van Houthem. Met uitzondering van het gebied waar de Formatie van Maastricht door erosie is verdwenen, te weten ten zuiden van de lijn St. Geertruid - Gulpen - Vaals en het meest oostelijke gebied, ten noorden van de Heerlerheide Breuk, komt de Formatie van Maastricht in geheel Zuid-Limburg voor. De dikte van de Formatie van Maastricht varieert van ca. 45 tot ca. 90 m.

Typegebied

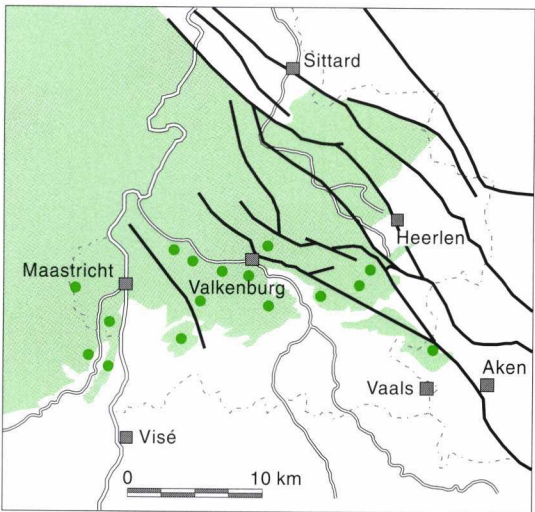
Het typegebied van de formatie als geheel is de St. Pietersberg ten zuiden van Maastricht. Het pakket is hier als Maastrichtse Kalksteen ontwikkeld. Het typegebied voor de Kunrader Kalksteen is de Kunderberg bij Voerendaal (Hoofdstuk 4).

Ouderdom

De groevewand van de ENCI onder de hoeve Lichtenberg is de typelocatie van het Maastrichtien (Romein, 1963), de jongste etage van de Krijtperiode (Foto omslag voorkant). De gehele Formatie van Maastricht maakt deel uit van het Boven-Maastrichtien.

Tabel 3.5
Lithostratigrafische indeling van de Formatie van Maastricht

LAAGPAKKET		LITHOSTRATIGRAFISCHE CODES		HORIZONT
		OOST	WEST	
VAN DE MAAS				
boven	Kalksteen van Meerssen	IIVf	Xw	Horizont van Vroenhoven
	Kalksteen van Nekum	IIVe	IXw	Horizont van Caster
	Kalksteen van Emael	IIVd		Horizont van Laumont
onder	Kalksteen van Schiepersberg	IIVc		Horizont van Romontbos
	Kalksteen van Gronsveld	IIVb	VIIIw	Horizont van Schiepersberg
	Kalksteen van Valkenburg	IVa		Horizont van St. Pieter
				Horizont van Lichtenberg



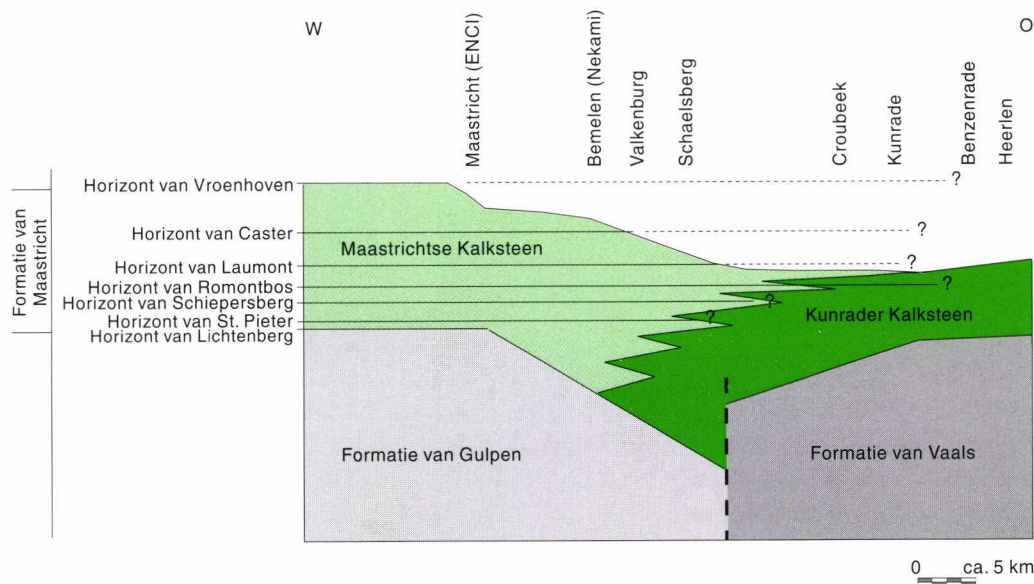
Figuur 3.38
Verbreiding van de Formatie van Maastricht in
Zuid-Limburg en omgeving

Afzettingsgeschiedenis

Al voor het inzetten van de sedimentatie van de Formatie van Maastricht, deden zich in en aan de rand van de Roerdal Slenk ingrijpende veranderingen voor. Als gevolg van een opheffing van het gebied ten noord-oosten van de Breuk van Schin op Geul en de Breuk van Richterich, werden de daar nog aanwezige sedimenten uit de Formatie van Gulpen geheel weggeërodeerd. Zuidwest van deze breuken werd het gebied door een kantelende beweging opgeheven, met als gevolg dat er een discordantievlak ontstond tussen de Formaties van Gulpen en Maastricht. Het resultaat hiervan is dat de Formatie van Maastricht ten noordoosten van deze breuken nu op de Formatie van Vaals ligt en vanaf deze breuken naar het zuidwesten op steeds jongere afzettingen uit de Formatie van Gulpen. In de omgeving van Lanaye bevindt zich het nulpunt van deze opheffing en het hieruit voortkomende discordantievlak. Kort na het begin van de sedimentatie eindigde de kanteling van het gebied en begon een opheffing in tegenovergestelde richting. In de tijd dat ten zuidwesten van Maastricht de Kalksteen van Valkenburg in een dikte van 2,50 m werd gesedimenteerd, vond tegen de Schin op Geul Breuk aan een sedimentatie plaats met een dikte van ca. 45 m.

Een overeenkomstig verschijnsel, maar dan veel minder sterk en in afnemende mate, deed zich ook nog voor tijdens de sedimentatie van de Kalksteen van Gronsveld, Schiepersberg en Emael. Gedurende de hele tijd bleef er een duidelijk verschil bestaan tussen de sedimenten in het zuidwestelijk deel, de z.g. Maastrichtse facies, en in het noordoostelijk deel de Kunrader facies. Met de aanvang van de sedimentatie van de Kalksteen van Nekum treedt er een duidelijke verandering op. De voorkomende sedimenten zijn veel minder duidelijk cyclisch opgebouwd, het sediment is gofkorreliger en in de biroturbatiezones ontwikkelde vuursteenconcreties zijn beperkt of ontbreken geheel. Perioden van rustige sedimentatie worden afgewisseld met perioden van sterke waterbewegingen waardoor grofkorrelige fossielgruislagen ontstaan. Bij het inzetten van de afzetting van de Kalksteen van Meerssen begint een geheel nieuwe periode van sedimentatie. Er worden duidelijk cyclisch opgebouwde sedimenten afgezet. Perioden van rustige sedimentatie en sedimentatie-onderbreking wisselen af met sterke erosieve waterbewegingen. In de perioden dat de sedimentatie werd onderbroken, ontwikkelden zich op uitgebreide schaal bryozoënriffen en op enkele plaatsen zelfs rifbouwende koralen met bijbehorende flora- en fauna-elementen. Bij het inzetten van hernieuwde sedimentatie met sterke waterbewegingen werden deze riffen weer afgebroken en konden hieruit grofkorrelige fossielgruislagen ontstaan, die in de literatuur bekend zijn als 'bryozoënlagen'. Aan het einde van de Krijtperiode werd deze cyclische sedimentatie van de Kalksteen van Meerssen afgebroken.

De veranderingen die zich op de grens tussen het Krijt en Tertiair hebben voorgedaan, zijn ook in het Zuid-Limburgse Krijtgebied van ingrijpende aard. Nergens is dit beter waar te nemen dan in de omgeving van Geulhem. Zowel in de groeve Curfs (Fig. 3.50) als in de ondergrondse groeve Geulhemmerberg is deze grens nauwkeurig te bestuderen (Brinkhuis & Smit, 1996).



Schematische weergave van de Kunrader facies in de Formatie van Maastricht

3.4.1 Kalksteen van Valkenburg

Algemene beschrijving

De Kalksteen van Valkenburg bestaat in het zuid-westelijk deel van Zuid-Limburg uit een fijnkorrelige, witgele- tot geelgrijze kalksteen met weinig grillige lichtgrijze- tot grijsbruine vuurstenen. Naar het oosten gaat deze kalksteen over in een afwisseling van lagen harde- en zachte kalksteen en vormt een deel van de Kunrader kalksteen.

Het gehalte aan CaCO_3 is variabel. In de St. Pietersberg bij Maastricht bedraagt dit ca. 95%, naar het noordoosten neemt dit af. In het westelijk deel van het Plateau van Margraten bedraagt het CaCO_3 gehalte ca. 86% in het onderste deel en ca. 92% in het hoogste deel.

Afhankelijk van de vorm van de vuursteenknollen, die 5 - 8 vol.% van het geheel uitmaken, is het mogelijk de kwaliteit van de te winnen kalksteen te verhogen door kalksteen en vuursteen te scheiden. Een deel van het kiezelzuur is echter zo fijn verdeeld dat het niet te scheiden is van de kalksteen. In het meest noordoostelijke deel ligt het CaCO_3 gehalte tussen 75 en 90% en is het SiO_2 in de vorm van fijn verdeelde vuursteen, niet te scheiden van de kalksteen. Het s.g. varieert van 1,300 tot 1,800.

De hoeveelheid harde kalksteen is zeer variabel. Aan de St. Pietersberg bedraagt de dikte ca. 3 m, naar het noordoosten neemt de dikte snel toe, bij Bemelen tot ca. 25 m en bij Valkenburg tot ca. 45 m.

De ondergrens van de Kalksteen van Valkenburg wordt gevormd door de Formatie van Gulpen, gemarkeerd door de Horizont van Lichtenberg. Deze is gekenmerkt door een bioturbatiezone in de onderliggende eenheid en een glauconiethoudende fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Valkenburg (Foto 23). De bovengrens met de Kalksteen van Gronsveld is gemarkeerd door de Horizont van St. Pieter.

De Kalksteen van Valkenburg is niet bijzonder rijk aan fossielen. Het fossielgruislaagje, het z.g. coprolietenlaagje van Staring (1860), aan de basis en de ook hoger in het profiel voorkomende fossielgruislagen bestaan voor een groot deel uit geremanieerde fossielen, afkomstig uit de onderliggende sedimenten.

De Kalksteen van Valkenburg heeft een grote verbreiding. Hij ontbreekt slechts ten zuiden van de lijn St. Geertruid - Bochtoltz, waar hij door oplossing en erosie is verdwenen.

Foto 23

Horizont van Lichtenberg, het grensvlak tussen de Formatie van Gulpen en de Formatie van Maastricht in de groeve ENCI, St. Pietersberg te Maastricht

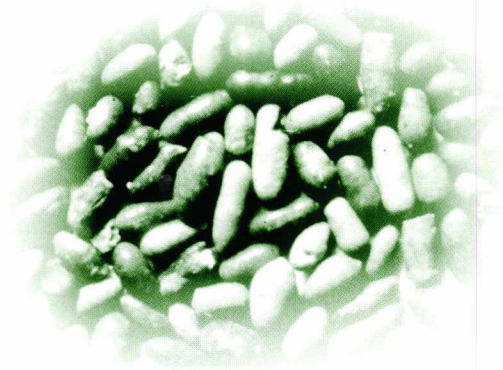


Foto 24

Coprolus maastrichtensis van Amerom, 1971.

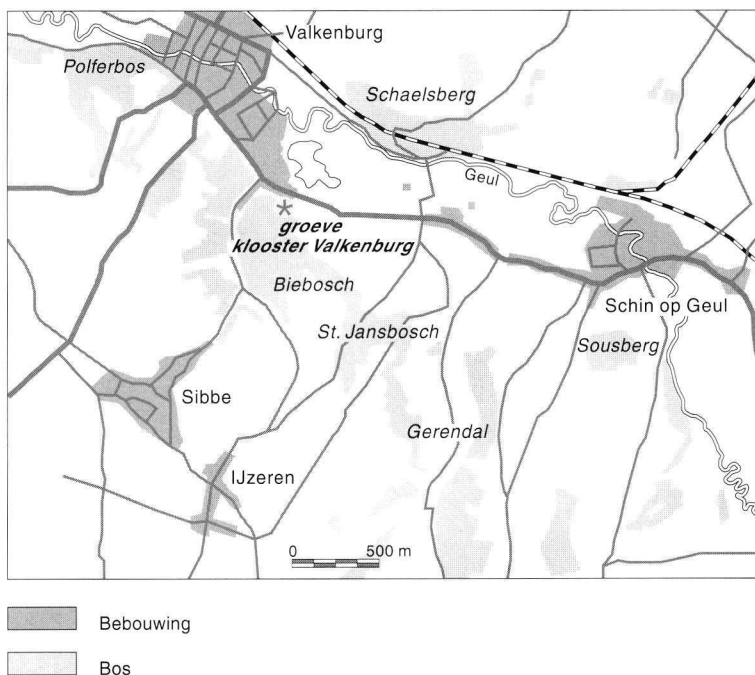
Uitwerpselen van een nog onbekend dier uit het z.g. 'Koprolithenlaagje', (Staring, 1860).

Vindplaats: Groeve ENCI, St. Pietersberg te Maastricht

Figuur 3.40

Typelocatie van de Kalksteen van Valkenburg, groeve en boring bij klooster te Valkenburg (ontsl. 62A-207 en boring 62A-294)

In het verleden is deze kalksteen op talrijke plaatsen in kleine open groeven gedolven voor de bemesting van akkers en weilanden. Tussen Zichen en Eben-Emael zijn in enkele ondergrondse groeven tot omstreeks 1960 bouwstenen gedolven. Momenteel wordt deze kalksteen gebruikt in de cementindustrie en voor overige industriële toepassingen.



Typeprofiel

Typelocatie: groeve en boring bij klooster te Valkenburg (Fig. 3.40)

NITG ontsluiting nr.: 62A-207, boring nr. 62A-294

Coördinaten: 186.770 - 318.520

In de typelocatie is alleen het hoogste deel van de Kalksteen van Valkenburg ontsloten. Het verdere profiel (Fig. 3.41) is bekend uit de boring 62A-294 die is uitgevoerd in de vloer van de groeve, aangezien dit de enige plaats is waar het mogelijk is het gehele profiel ononderbroken te bestuderen. Aan de basis bevindt zich een ca. 8 m dikke glauco-niethoudende laag kalksteen met onregelmatige harde banken. Hierboven volgt een zwak glauconiet-houdende zachte kalksteen met onregelmatige harde banken die naar boven geleidelijk overgaat in glauconiet-vrije zachte kalksteen met onregelmatige harde banken.

De top van de Kalksteen van Valkenburg is in de wand van de groeve ontsloten.

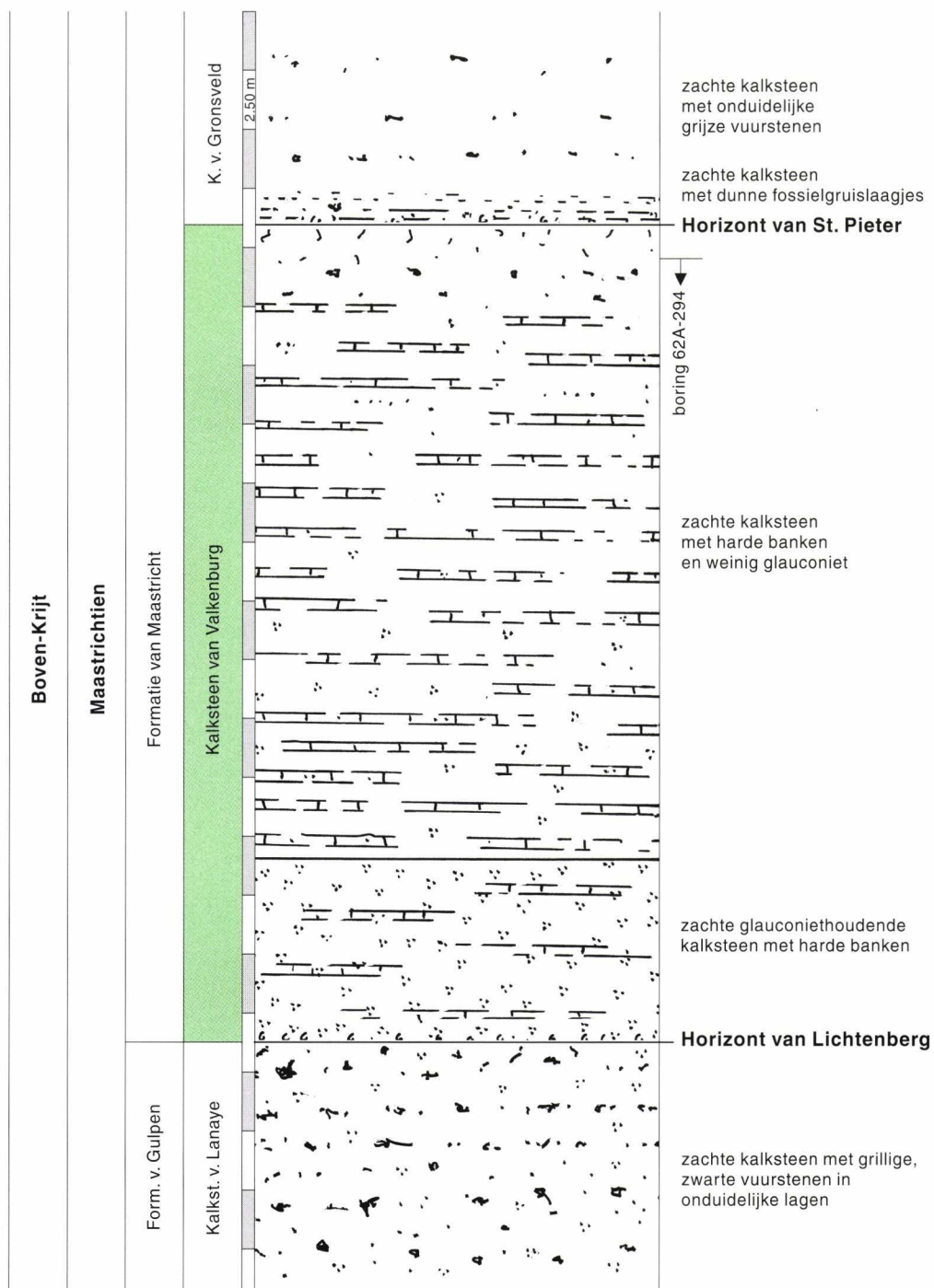
Afzettingssmilieu

De Kalksteen van Valkenburg is een volmariene kalksteen. In het zuidwesten van het verbreidingsgebied is deze afgezet in een ondiepe zee beneden het bereik van de golfbewegingen. Naar het noordoosten is de sedimentatie sterk beïnvloed door tektonische bewegingen in de ondergrond en aanvoer van glauconiet en klastische sedimentbestanddelen. Deze zijn zeer waarschijnlijk afkomstig van een sub-mariene hoog ter plaatse van de voormalige Roerdal Slenk, waar erosie plaatsvond.

Foto 25

Diplodetus parvistella (Schlüter, 1899). Zeeëgel uit de Kalksteen van Valkenburg.
Vindplaats: Schaelsberg te Valkenburg





Figuur 3.41

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Valkenburg in de typelocatie, groeve en boring bij klooster te Valkenburg (ontsl. 62A-207 en boring 62A-294)

3.4.2 Kalksteen van Gronsvelt

Algemene beschrijving

De Kalksteen van Gronsvelt bestaat in het gebied ten westen van de Geul uit zeer fijnkorrelige, geelwitte kalkstenen met kleine tot grote, zeer grillige, bruingrijze vuurstenen. De hoeveelheid vuurstenen varieert van 5 tot 10%. Het CaCO_3 gehalte, exclusief de aanwezige vuurstenen varieert van 92 tot 97%. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,210 tot 1,400.

Ten oosten van de Geul is de Kalksteen van Gronsvelt ontwikkeld in de Kunrader facies en bestaat uit een afwisseling van harde en zachte kalksteenbanken. In dit gebied is het CaCO_3 gehalte gelijk aan dat van de Kalksteen van Valkenburg. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,300 tot 1,800. De Kalksteen van Gronsvelt is niet bijzonder rijk aan fossielen. Een uitzondering hierop vormen plaatselijk z.g. fossielvallen en duidelijk gelamineerde, fijnkorrelige fossielgruislaagjes. De z.g. fossielvallen hangen samen met oneffenheden in de zeebodem die zijn veroorzaakt door bioturbaties. De daarin bij elkaar gespoelde fossielen zijn deels in verkieselde vorm bewaard gebleven. In de gelamineerde fossielgruislaagjes kan het voorkomen dat zeelelies, slang- en zeesterren geheel of gedeeltelijk in anatomisch verband samenhangend worden aangetroffen.

De dikte van de kalksteen van Gronsvelt varieert van 4 tot 10 m.

De ondergrens wordt gevormd door de Kalksteen van Valkenburg, gemarkeerd door de Horizont van St. Pieter die wordt gekenmerkt door een opvallende bioturbatiezone in de top van de Kalksteen van Valkenburg en een dunne fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Gronsvelt. Duidelijk herkenbaar is deze horizont aan het verschil in de hoeveelheid CaCO_3 onder en boven de horizont. Hoewel het een normaal verschijnsel is dat de basis van een sedimentcyclus een lager CaCO_3 gehalte heeft, is dit bij de Horizont van St. Pieter bijzonder groot. De bovengrens wordt gekenmerkt door een onregelmatig discordantievlak en aan de basis van de Kalksteen van Schiepersberg een of meer dunne fossielgruislaagjes en grote lichtgrijze vuurstenen. De verbreiding van deze kalksteen is alleen bekend in het westelijk deel van Zuid-Limburg, ten zuiden van de Kunrade- en Schin op Geul Breuk. Door gebrek aan ontsluitingen en boorgegevens is de laagopeenvolging ten noorden van deze breuken niet bekend.

In het verleden is de Kalksteen van Gronsvelt in de omgeving van Gronsvelt als bouwsteen gedolven in een aantal ondergrondse groeven. Daarnaast is deze kalksteen ook in een aantal open groeven gedolven ten behoeve van kalkbemesting van akkers en weilanden. Nu wordt deze kalksteen gebruikt in de cementindustrie en voor andere industriële toepassingen.

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Wijngaardsberg / Varkensgat aan de Riesenbergrand te Gronsvelt (Fig. 3.42, 3.43)

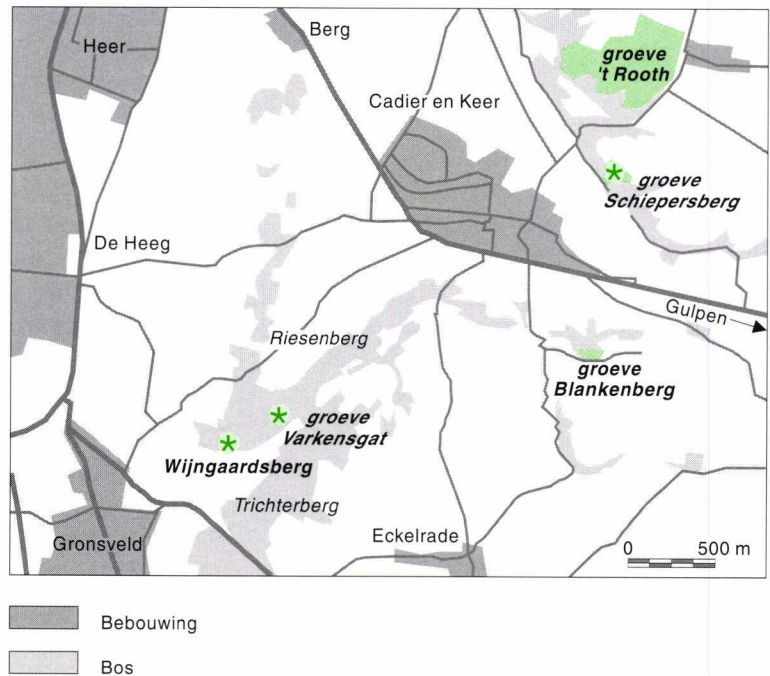
NITG ontsluiting nr.: 62A-424 en 62A-159

Coördinaten: 180.150 - 314.050

Het typeprofiel (Fig. 3.43) is opgenomen bij de ingang van de ondergrondse kalksteengroeve Varkensgat en de daarbij direct boven gelegen ondergrondse groeve Wijngaardsberg. Aan de basis bevindt zich een ca. 0,50 m dikke laag gelamineerde, fijnkorrelige kalksteen. Daarboven volgt een ca. 3 m dikke laag fijnkorrelige kalksteen met onregelmatig verspreide, weinig of niet opvallende grijze vuurstenen die overgaat in fijnkorrelige zachte kalksteen met meer of minder regelmatige lagen grillige grijze vuurstenen. Het hoogste deel van het pakket, met een dikte van ca. 5,50 m is gekenmerkt door het voorkomen van regelmatig ontwikkelde grijze vuursteenlagen.

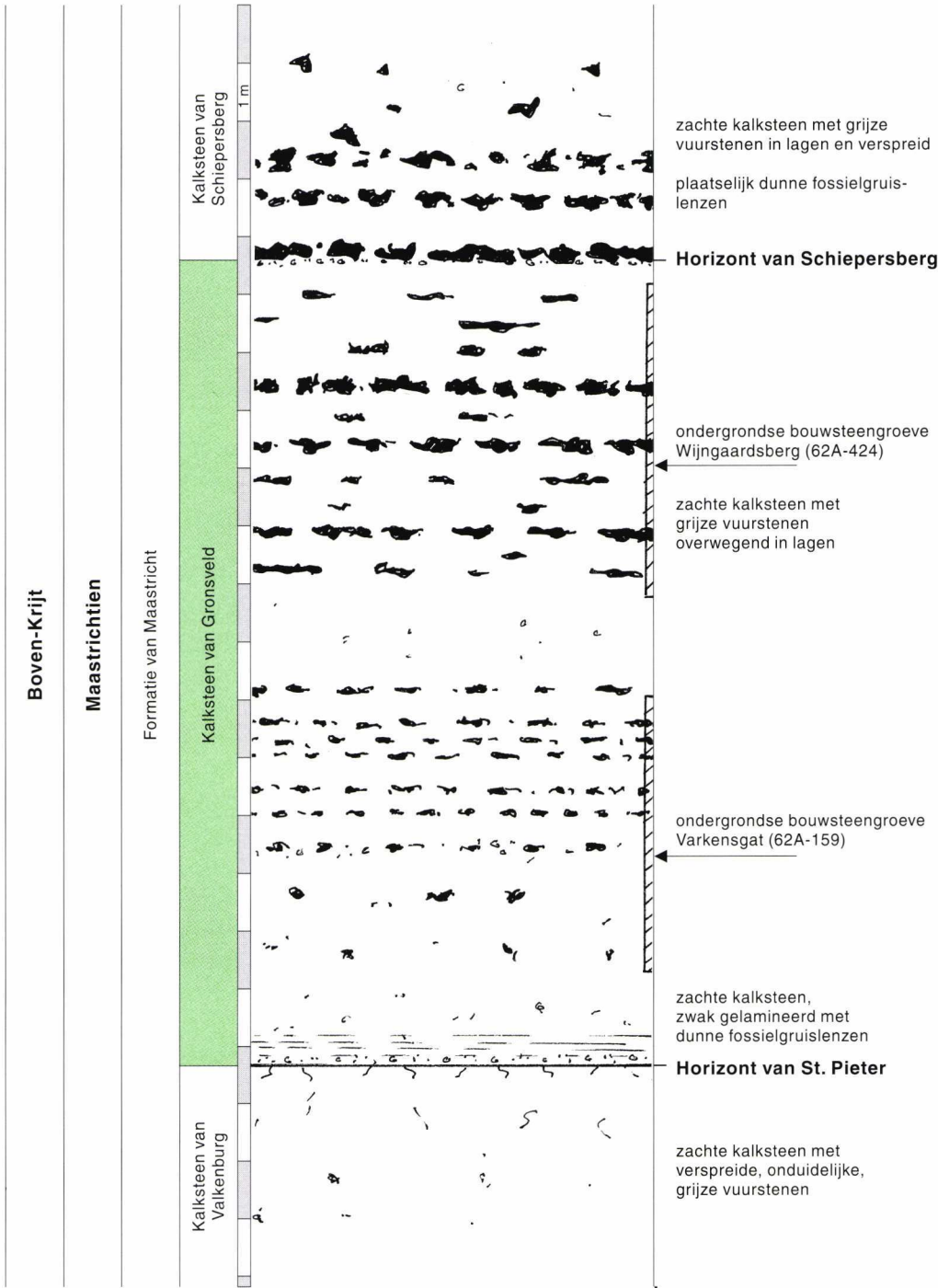
Figuur 3.42

Typelocatie van de Kalksteen van Gronsvelt, groeve Wijngaardsberg (ontsl. 62A-424) en groeve Varkensgat (ontsl. 62A-159) aan de Riesenberg te Gronsvelt en typelocatie van de Kalksteen van Schiepersberg, groeve Schiepersberg (ontsl. 62A-26) te Cadier en Keer



Afzettingmilieu

De Kalksteen van Gronsvelt is een volmariene kalksteen, gesedimenteerd in een ondiepe zee, weinig of niet beïnvloed door de golfbeweging en op grote afstand van de kust. In het noordoosten van het sedimentatiegebied is de sedimentatie beïnvloed door tektonische bewegingen in de Roerdal Slenk.



Figuur 3.43
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Grönsveld in de typelocatie, groeve Wijngaardsberg (ontsl. 62A-424) en groeve Varkensgat (ontsl. 62A-159) aan de Riesenbergr te Grönsveld

3.4.3 Kalksteen van Schiepersberg

Algemene beschrijving

De Kalksteen van Schiepersberg bestaat in het gebied ten westen van de Geul uit een zachte, fijnkorrelige, geelwitte tot lichtgele, typische Maastrichtse Kalksteen met talrijke, in regelmatige lagen en verspreid voorkomende, lichtgrijze tot bruingrijze vuursteenknollen. Plaatselijk komen ook grote plaatvormige vuursteenknollen voor. Aan de oostzijde van de Geul gaat deze kalksteen geleidelijk over in Kunrader Kalksteen. Het gehalte aan CaCO_3 bedraagt zonder vuurstenen ca. 96%. De aanwezige vuurstenen zijn mechanisch te scheiden van de kalksteen, waardoor zuivere kalksteen gewonnen kan worden. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,210 tot 1,400. De Kalksteen van Schiepersberg is niet bijzonder rijk aan fossielen. De dikte varieert van 4 tot 6 m. De ondergrens wordt gevormd door de Horizont van Schiepersberg die wordt gekenmerkt door een onregelmatig discordantievlak aan de top van de Kalksteen van Gronsveld en een of meer dunne fossielgruislaagjes aan de basis van de Kalksteen van Schiepersberg. De bovengrens wordt gevormd door de Kalksteen van Emael, gemarkeerd door de Horizont van Romontbos.

De verbreiding van deze kalksteen wijkt weinig of niet af van de voorgaande kalkstenen uit de Formatie van Maastricht. De enige uitzondering hierop is dat deze kalksteen in het zuidelijk deel van de St. Pietersberg bij Maastricht ontbreekt.

In het verleden heeft men op enkele plaatsen pogingen ondernomen om in het bovenste deel van deze kalksteen bouwstenen te delven. In de omgeving van Scheulder, Groot Welsden, Oud Valkenburg en Sibbe bevinden zich deels in oude open groeven, kleine ondergrondse groeven, die getuigen van deze pogingen. Op talrijke plaatsen is deze kalksteen in open groeven gedolven voor het bemesten van akkers en weilanden. Nu wordt deze kalksteen gedolven ten behoeve van de cementindustrie en overige industriële toepassingen.

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Schiepersberg, Oost van Cadier en Keer (Fig. 3.42)

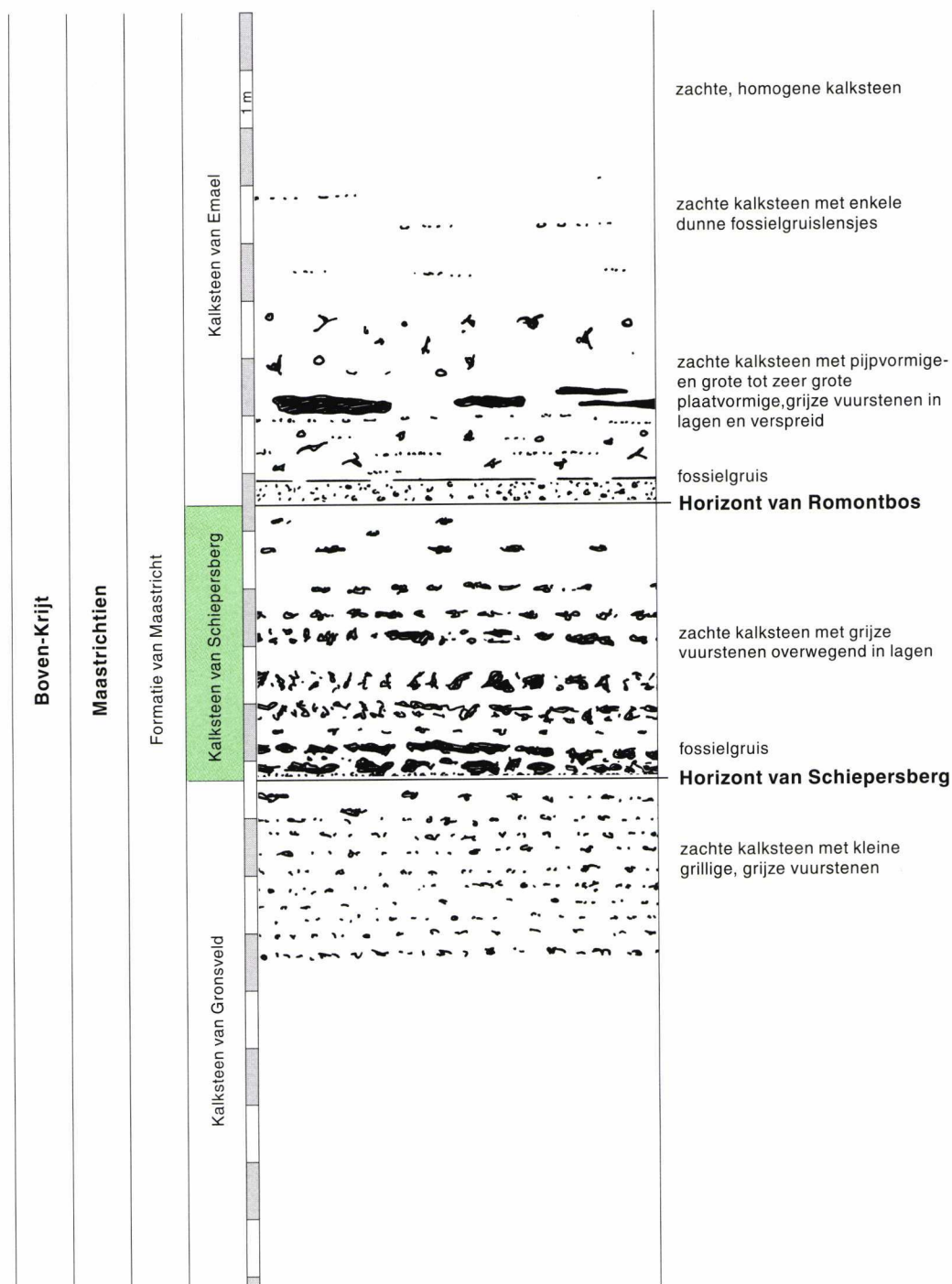
NITG ontsluiting nr.: 62A-26

Coördinaten: 182.680 - 315.800

In het typeprofiel (Fig. 3.44) bestaat de Kalksteen van Schiepersberg uit een zachte kalksteen met meer of minder regelmatige grijze vuursteenlagen. In het hoogste deel van het pakket komen slechts weinig vuurstenen voor.

Afzettingsmilieu

De Kalksteen van Schiepersberg is een volmariene kalksteen, gesedimenteerd in een ondiepe zee op grote afstand van de kust. De sedimentatie begon in een rustig milieu, onderbroken door sterke waterbewegingen, waarbij een deel van het reeds aanwezige sediment geheel of gedeeltelijk geresedimenteerd werd. Hoger in het profiel nam deze sterke waterbeweging duidelijk af. Dit wel of niet beïnvloeden van de sedimentatie is een fenomeen dat in alle sedimenten uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg zichtbaar is, maar nergens zo duidelijk als in de Kalksteen van Schiepersberg en in de daarboven liggende Kalksteen van Emael. Zeer waarschijnlijk moet dit verschijnsel worden toegeschreven aan het cyclisch op en neer gaan van de zeespiegel en de daarmee samenhangende beweging van het zeewater.



Figuur 3.44

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Schiepersberg in de typelocatie, groeve Schiepersberg (62A-26), Oost van Cadier en Keer

3.4.4 Kalksteen van Emael

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat in het westelijk deel van Zuid-Limburg tot aan de Geul uit een zachte-, fijnkorrelige, lichtgele, typische Maastrichtse kalksteen, met in het onderste deel veel grote, lichtgrijze vuursteenknollen. Aan de oostzijde van de Geul gaat deze kalksteen geleidelijk over in Kunrader kalksteen. Opvallend in deze kalksteen zijn de mooie pijpvormige vuurstenen en grote plaatvormige knollen. Het gehalte aan CaCO_3 bedraagt zonder vuurstenen ca. 97%. De aanwezige vuurstenen zijn mechanisch te scheiden van de kalksteen, waardoor zuivere kalksteen gewonnen kan worden.

De Kalksteen van Emael is niet bijzonder rijk aan fossielen. Een uitzondering hierop vormt het hoogste deel van het pakket in de omgeving van Eben-Emael waar plaatselijk boven de Horizont van Lava veel fossielgruis wordt aangetroffen. De dikte van de kalksteen varieert van 2 tot 10 m. Het s.g., exclusief de aanwezige vuurstenen, varieert van 1,280 - 1,370.

De basis van de Kalksteen van Emael wordt gemarkeerd door de Horizont van Romontbos gekenmerkt door een zwak ontwikkelde hardground in de top van de Kalksteen van Schiepersberg en een dunne gelamineerde fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Emael. De top is gemarkeerd door de Horizont van Laumont.

De verbreiding wijkt weinig of niet af van de voorgaande kalkstenen uit de Formatie van Maastricht.

In het hoogste deel van de Kalksteen van Emael bevinden zich in de omgeving van Valkenburg, Sibbe en Bemelen ondergrondse groeven waarin bouwstenen werden gedolven. De belangrijkste groeven bevinden zich bij Sibbe waar de afbouwwaardige laag 2 tot 2,50 m dik is. De Sibbergroeve is de grootste ondergrondse groeve in deze kalksteen en de enige waarin nu nog bouwstenen worden gedolven. De Sibber bouwsteen is verreweg de beste bouwsteen uit de gehele Formatie van Maastricht. Naast een hoge drukvastheid is deze kalksteen weinig of niet vorstgevoelig. Evenals alle andere kalkstenen is ook deze kalksteen in het verleden op talrijke plaatsen gedolven in kleine open groeven voor bemesten van akkers en weilanden. Momenteel wordt deze kalksteen, naast de bouwsteenontginning in de Sibbergroeve, in andere groeven alleen gedolven ten behoeve van de cementindustrie en andere industriële doeleinden.

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Marnebel te Eben-Emael (B) (Fig. 3.45)

NITG ontsluiting nr. : 61H-7

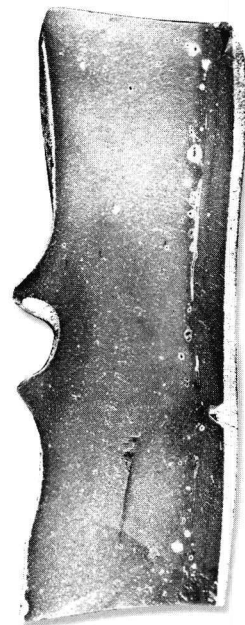
Coördinaten: 175.050 - 310.850

In het typeprofiel (Fig. 3.46) bevindt zich aan de basis van de Kalksteen van Emael een ca. 10 cm dik fossielgruislaagje, gevolgd door een ca. 1 m dikke laag zachte kalksteen met pijp- en plaatvormige, grijze vuurstenen. Hierop volgt een ca. 2,50 m dikke laag homogene kalksteen. In de top van deze laag bevindt zich een zwak ontwikkelde bioturbatiezone (hardground) met daarboven de Horizont van Lava. Boven deze horizont volgt een ca. 3,50 m dik pakket fijnkorrelige geelgrijze kalksteen met onregelmatige fossielgruisnesten, harde kalksteenknollen en enkele fossielgruislagen. Aan de top wordt deze kalksteen afgesloten door een onregelmatig ontwikkelde hardground onder de Horizont van Laumont.

Foto 26

Plaatvormige vuursteen uit het onderste deel van de Kalksteen van Emael.

Vindplaats: Groeve 't Rooth, gem. Margraten

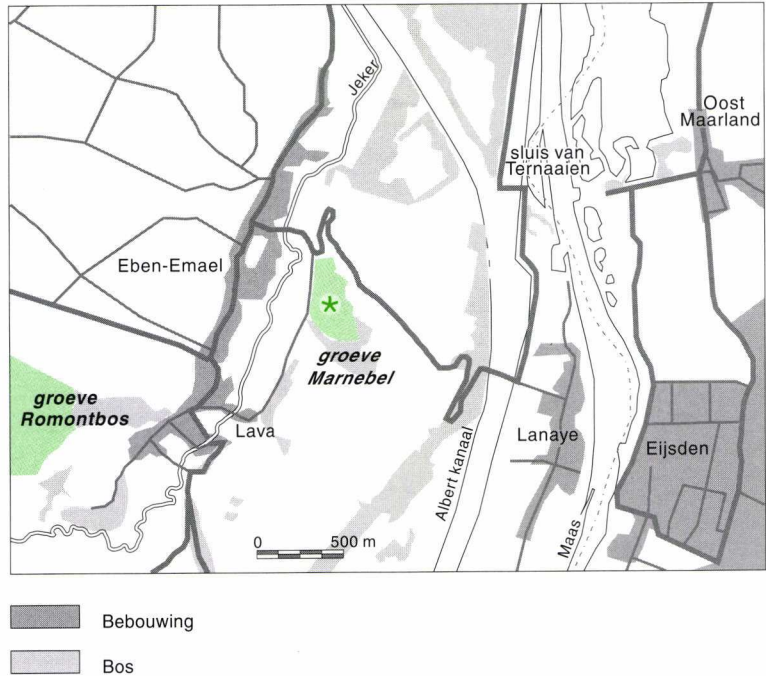


Figuur 3.45

Typelocatie van de Kalksteen van Emael, groeve Marnebel (ontsl. 61H-7), te Eben-Emael (B)

Afzettingsmilieu

De Kalksteen van Emael is een vol-mariene kalksteen, gesedimenteerd in een ondiepe zee, op grote afstand van de kust. Deze vertoont veel overeenkomst met de Kalksteen van Schiepersberg.



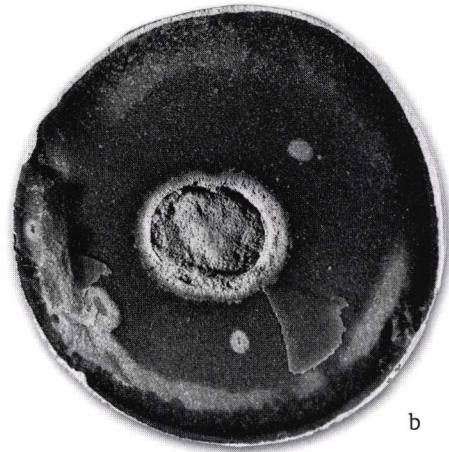
Van het bovenste deel van de Formatie van Maastricht, dat onder te verdelen is in twee laagpakketten (Kalksteen van Nekum en Kalksteen van Meerssen), is het voorkomen hoofdzakelijk beperkt tot het gebied ten westen van de Geul.

Foto 27

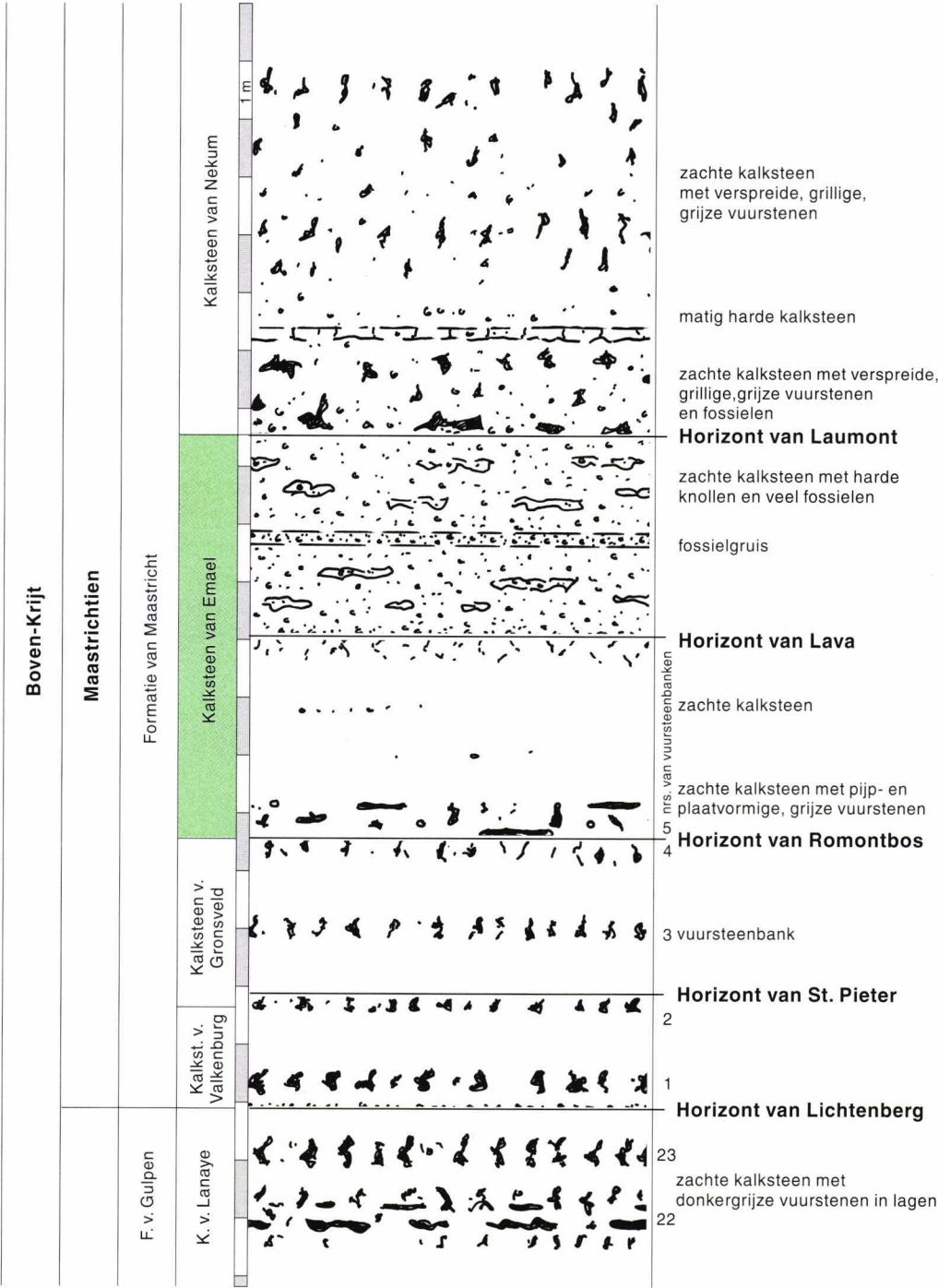
- Pijpvormige vuursteen, ontstaan rond graafgangen van een kreeft, uit het onderste deel van de Kalksteen van Emael
 - Dwarsdoorsnede van een dergelijke pijpvormige vuursteen. De opvulling van de graafgang bestaat uit onverkit kalkgruis.
- Vindplaats: Groeve 't Rooth, gem. Margraten



a



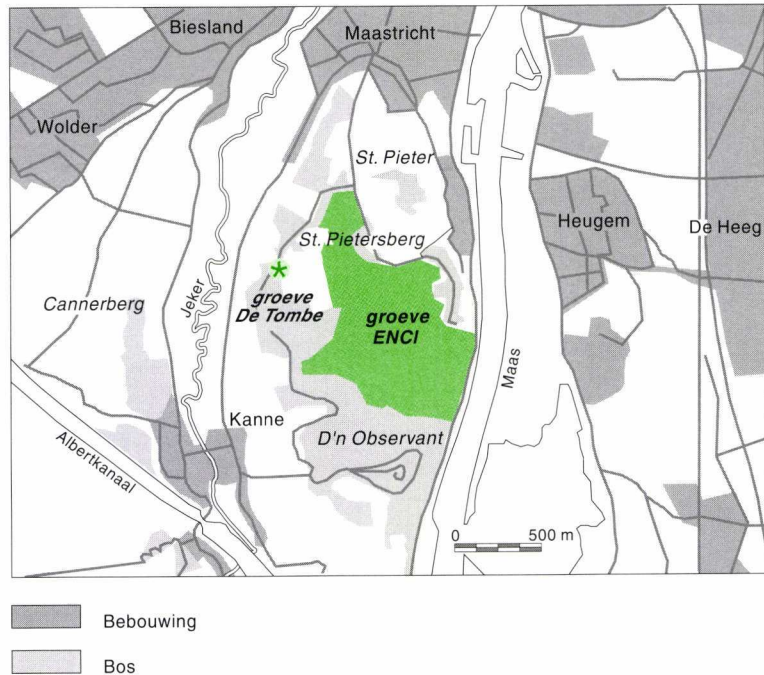
b



Figuur 3.46
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Emael in de typelocatie, groeve Marnebel (ontsl. 61H-7), te Eben-Emael (B)

Figuur 3.47

Typelocatie van de Kalksteen van Nekum, groeve De Tombe (ontsl. 61F-8), aan de westkant van de St. Pietersberg te Maastricht



3.4.5 Kalksteen van Nekum

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een zachte, fijn- tot grofkorrelige, witgele kalksteen met enkele verspreide bruingrijze vuursteenknollen. Het gehalte aan CaCO_3 bedraagt 94 - 99%. Het s.g. varieert van 1,280 tot 1,490. De weinige vuurstenen, die niet meer dan 1% van het geheel uitmaken, zijn mechanisch te scheiden van de kalksteen. De dikte varieert van 9 tot 15 m. Het bovenste deel, dat geen vuurstenen bevat, is zeer homogeen van opbouw en was in het verleden, tot 1960, een belangrijke bouwsteen (mergelsteen), die op grote schaal gedolven werd bij Maastricht, Bemelen en Valkenburg.

De basis van de Kalksteen van Nekum wordt gemarkeerd door de Horizont van Laumont. Deze is gekenmerkt door een hardground in de top van de Kalksteen van Emael en een of meer fossielgruislagen aan de basis van de Kalksteen van Nekum. Deze fossielgruislagen zijn bijzonder rijk aan fossielen van de kokerworm *Sclerostyla mosae* en een afwijkende vorm van de oester *Pycnodonte vesicularis*. De normale vorm van deze oester is duidelijk ovaal, terwijl ze aan de basis van de Kalksteen van Nekum meer sikkelvormig is. Plaatselijk is deze fossielgruislaag ook rijk aan gastropoden en bivalven en de rechte ammoniet *Baculites vertebralis*.

Aan de top is de Kalksteen van Nekum gemarkeerd door de Horizont van Caster. Niet alleen de fossielgruislaag aan de basis van het kalksteenpakket is rijk aan fossielen, maar ook het overige deel. Hoger in het profiel is de grote zeeëgel *Hemipneustes striatoradiatus* het allesoverheersende fossiel. Het grootste deel van de fossielen van deze zeeëgel bestaat echter uit brokstukken. Onder de Horizont van Kanne komen plaatselijk relatief veel meer of minder gaaf bewaarde schalen van deze zeeëgel voor in het z.g. *Hemipneustes*-niveau. Dit niveau is verder gekenmerkt door het algemeen voorkomen van resten van de kreeft *Protocalianassa faujasi* en de kleine oester *Ostrea lunulata*. Om de grote rijkdom aan fossielen in deze kalksteen te illustreren wordt er op gewezen dat naast

de zeeëgel *Hemipneustes striatoradiatus* nog een 27 tal andere zeeëgels in deze kalksteen voorkomen (Van der Ham et al. 1887). Het voorkomen van deze kalksteen is beperkt tot het gebied tussen Maastricht, Margraten en Valkenburg. In het hoogste deel van de Kalksteen van Nekum bevinden zich zeer uitgestrekte ondergrondse groeven. De grote ondergrondse groeven in de St. Pietersberg tussen Maastricht en Lanaye, de Cannerberg tussen Maastricht en Eben Emael en talrijke groeven rond Cadier en Keer en Valkenburg bevinden zich alle in deze kalksteen (zie hoofdstuk 6). Geen van deze groeven is nu nog in bedrijf. Momenteel wordt deze kalksteen in een 4 tal open groeven afgegraven ten behoeve van de cementindustrie en andere industriële toepassingen.

Typeprofiel

Typelocatie: groeve De Tombe aan de westkant van de St. Pietersberg, Maastricht (Fig. 3.47 en 3.48)

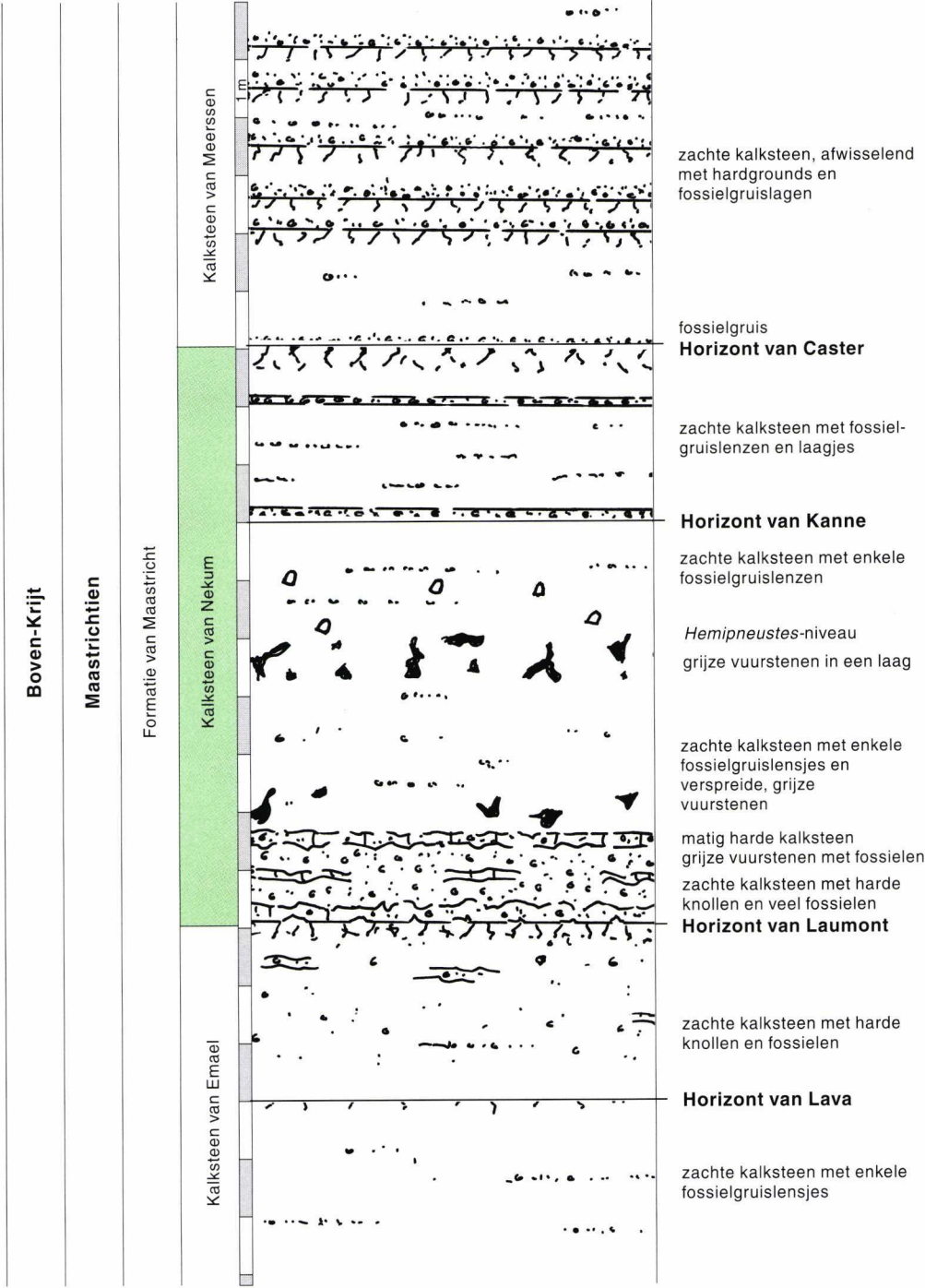
NITG ontsluiting nr.: 61F-8

Coördinaten: 175.350 - 315.130

In het typeprofiel (Fig. 3.48) is de Kalksteen van Nekum ca. 10 m dik. Aan de basis bevindt zich een ca. 1,50 m dikke fossielgruislaag met aan de basis en de top een in dikte wisselende harde kalksteenlaag. Boven deze fossielgruislaag volgt een ca. 2,50 m dikke laag kalksteen met onregelmatig verspreide, zeer grillige grijze vuursteenknollen en vervolgens een ca. 70 cm dikke laag kalksteen met in en rond bioturbaties gevormde vuursteenknollen. Dit zijn de laatste vuursteenknollen die in de Formatie van Maastricht worden aangetroffen. Boven deze laag met vuurstenen volgt het z.g. *Hemipneustes*-niveau. Dit niveau wordt afgesloten door de Horizont van Kanne. De fossielgruislaag boven deze horizont, evenals de fossielgruislaagjes en lenzen die hoger in het profiel worden aangetroffen, bestaan voor een groot deel uit resten van de bovengenoemde zeeëgel. Het profiel wordt afgesloten door de Horizont van Caster.

Afzettingsmilieu

De Kalksteen van Nekum is een volmariene kalksteen, gesedimenteerd in een ondiepe zee, op grote afstand van de kust. Zeer waarschijnlijk van een geringere diepte dan van de voorgaande kalksteen van Gronsveld, Schiepersberg en Emael. Opvallend is dat de dikke fossielgruislaag aan de basis is gekenmerkt door een sterke waterbeweging die enkele malen werd onderbroken door sedimentatie in rustig water, waarbij plaatselijk hardgroundvorming kon optreden. De gevormde hardgrounds zijn vervolgens door overbelasting, op het er onderliggend sediment gebroken en gedeeltelijk weggezakt. Naar boven volgen sedimenten die in meer of minder rustig water zijn gesedimenteerd. Vanaf de Horizont van Kanne bereikte de waterbeweging weer een hoogtepunt om vervolgens naar de top af te nemen.



Figuur 3.48
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Nekum in de typelocatie, groeve De Tombe (ontsl. 61F-8), aan de westkant van de St. Pietersberg te Maastricht

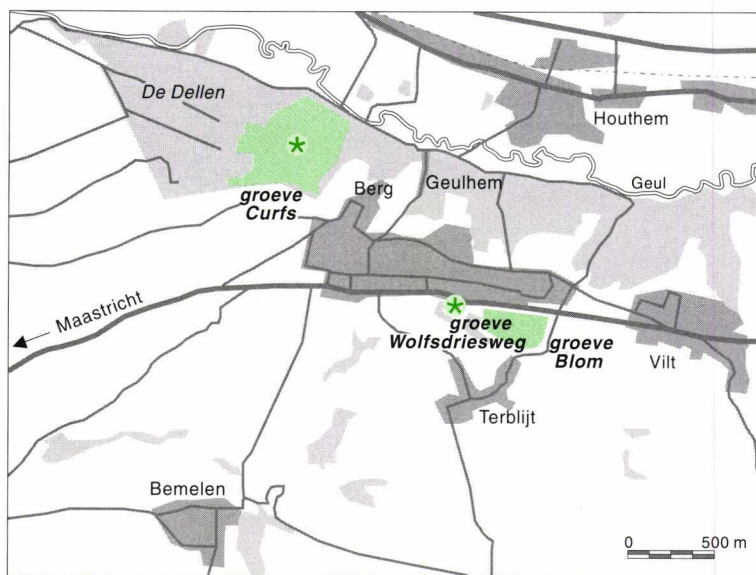
3.4.6 Kalksteen van Meerssen

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een zachte, fijn- tot zeer grofkorrelige kalksteen met onregelmatige, matig harde kalksteenbanken (hardgrounds) met zeer veel fossielgruis.

In deze kalksteen komen geen vuurstenen voor. Het CaCO_3 gehalte is hoog en ligt tussen 95 en 99%. De harde banken maken ca. 10% van het geheel uit. De dikte bedraagt ca. 18 m. Het s.g. varieert van 1,280 - 1,400. Bij de harde kalksteenbanken varieert dit van 1,500 - 2,400.

De Kalksteen van Meerssen is veruit het fossielrijkste deel van alle afzettingen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg. Kenmerkend voor deze kalksteen zijn de talrijke fossielgruislagen met resten van kolonievormende planten en dieren, zoals het roodwier *Lithothamnium mamillosum*, het grote aantal soorten mosdiertjes (bryozoa) en koralen (anthozoa) en aan dit milieu verbonden diergroepen zoals brachiopoden, mollusken, gastropoden, zeeëgels enz. De zeeëgel *Hemipneustes striatoradiatus* is vertegenwoordigd door opvallend kleine exemplaren. Naast deze soort zijn nog 31 andere soorten bekend. Behalve de belemniet *Belemnitella junior* komt in de bovenste helft van de Kalksteen van Meerssen een nieuwe soort voor, n.l. *Belemnella (Neobelemnella) kazimiroviensis*. In dit gedeelte komen ook de laatste ammonieten voor, o.a. *Hoploscaphites constrictus*, *Baculites vertebralis* en *Sphenodiscus binckhorsti*. Opvallend is ook het veelvuldig voorkomen van de schelp *Tenuiptera argentea*. De basis van de Kalksteen van Meerssen wordt gemarkeerd door de Horizont van Caster, die wordt gekenmerkt door een hardground in de top van de Kalksteen van Nekum en een fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Meerssen. Deze fossielgruislaag is bijzonder rijk aan de grootforaminifeer *Lepidorbitoides socialis*. Aan de top wordt de Kalksteen van Meerssen afgesloten door de Horizont van Vroenhoven. Het voorkomen is beperkt tot het gebied ten noordwesten van de lijn Maastricht - Valkenburg. In de Kalksteen van Meerssen bevinden zich op meerdere plaatsen meer of minder uitgestrekte ondergrondse groeven waarin bouwstenen werden gedolven (hoofdstuk 6). Nu is geen van deze groeven meer in bedrijf. Momenteel wordt deze kalksteen in een viertal open groeven afgegraven ten behoeve van de cementindustrie en andere industriële toepassingen.



Figuur 3.49

Typelocatie van de Kalksteen van Meerssen (Formatie van Maastricht) en de Kalksteen van Geulhem (Formatie van Houthem), groeve Curfs (ontsl. 62A-13), in het Geuldal bij Geulhem

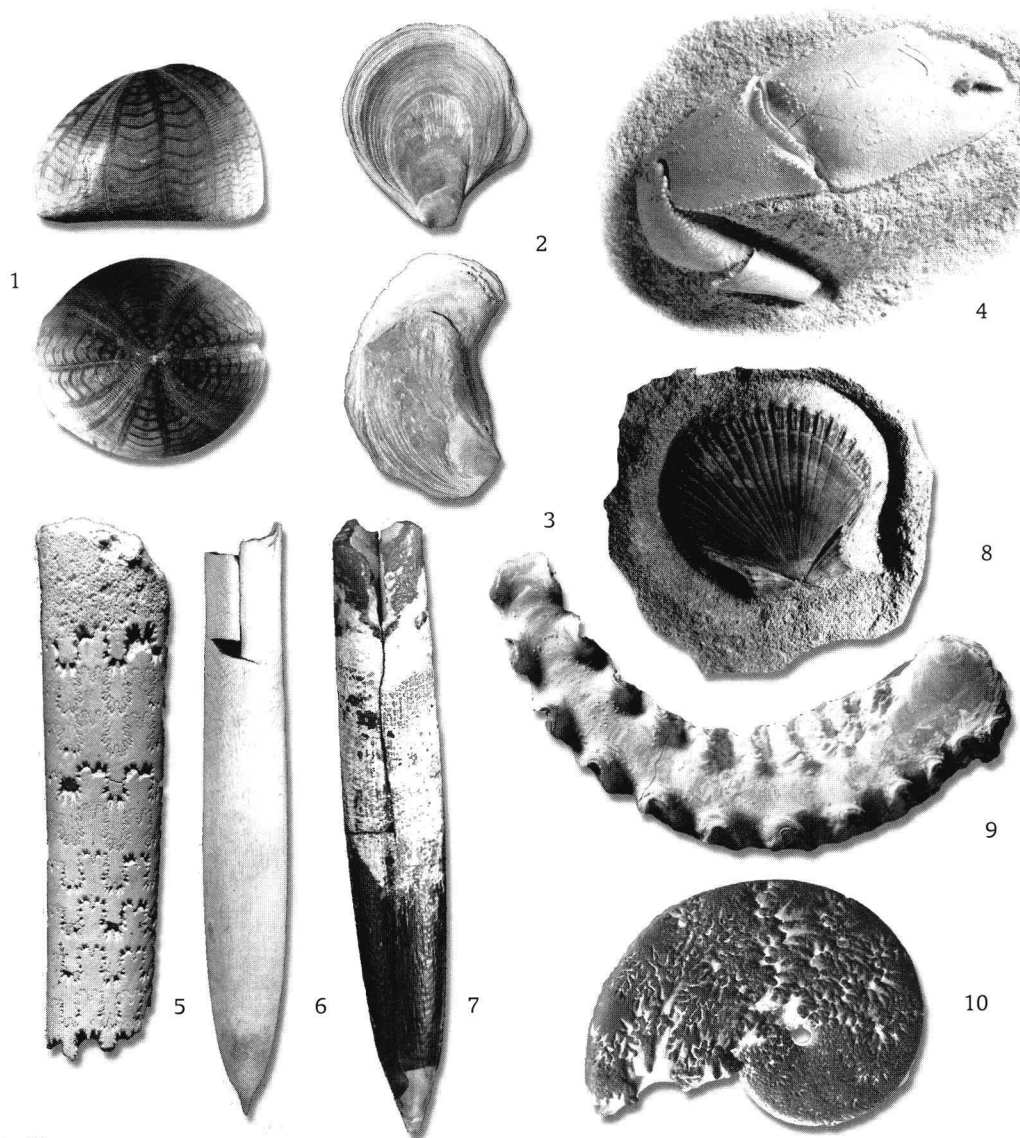


Foto 28

Fossielen uit de Formatie van Maastricht. Afbeeldingen op ware grootte, m.u.v. 1

1. *Hemipneustes striatoradiatus* (Leske, 1778), ca. 1/3x
2. *Acutostrea? uncinella* (Coquand, 1869). Formatie van Maastricht. Vindplaats: Groeve 't Rooth, gem. Margraten
3. *Acutostrea? uncinella* (Coquand, 1869). Vorm beperkt tot de top van de Kalksteen van Emael en de basis van de Kalksteen van Nekum
4. *Protocallianassa faujasi* (Desmarest, 1822)
5. *Baculites vertebralis* (Lamarck, 1801)
6. *Belemnitella gr. junior* (Nowak, 1913)
7. *Belemnella* (*Neobelemnella*) *gr. kazimiroviensis* (Skolozdrówna, 1932)
8. *Neithea regularis* (von Schlottheim, 1813)
9. *Agerostrea unguolata* (von Schlottheim, 1813)
10. *Hoploscaphites felderi* Kennedy, 1987

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Curfs in het Geuldal bij Geulhem (Fig. 3.49 en 3.50)

NITG ontsluiting nr.: 62A-13

Coördinaten: 182.100 - 320.120

In het typeprofiel (Fig. 3.50) is de Kalksteen van Meerssen ca. 14,50 m dik. Het gehele kalksteenpakket is opgebouwd uit sedimentatiecycli die aan de basis beginnen met een fossielgruislaag en aan de top worden afgesloten met een bioturbatiezone met hardground. In de onderste helft van het profiel, bestaande uit 5 cycli, bedraagt de dikte van deze cycli 0,50 m tot maximaal 2 m. De bovenste helft van het profiel bestaat slechts uit twee cycli. De dikte van de onderste cyclus bedraagt ca. 7 m en de bovenste wisselt in dikte van 0,50 m tot maximaal 3,50 m.

Afzettingmilieu

De Kalksteen van Meerssen is een volmariene kalksteen, gesedimenteerd in een zeer ondiepe zee, op grote afstand van de kust. De periodiek sterke beweging van het water, die reeds duidelijk merkbaar was in de Kalksteen van Nekum, neemt toe. Perioden van rustige sedimentatie wisselen af met perioden van erosie en vorming van hardgrounds. Tijdens deze erosiefasen worden de hardgrounds deels en de voorkomende kolonies bryozoën en eventueel koralen, geheel afgebroken en opgenomen in fossielgruislagen. Plaatselijk treedt erosieve geulvorming op.

Grens Krijt/Tertiair (K/T grens)

Tot voor enkele jaren werd de grens tussen Krijt en Tertiair overal gelijkgesteld met de Horizont van Vroenhoven. Na het ontdekken van de bekende K/T kleilaag in de ondergrondse groeve Geulhemmerberg (Brinkhuis en Smit, 1996) blijkt dat hier en ook in de typelocatie van de Kalksteen van Meerssen, de groeve Curfs te Geulhem (Herngreen et. al., 1998), niet de Horizont van Vroenhoven de grens vormt tussen Krijt en Tertiair, maar de Horizont van Berg en Terblijt (Fig. 3.50). Deze horizont is tot nu toe alleen bekend in de omgeving van Geulhem. De grootste dikte tussen deze horizont en de erboven liggende Horizont van Vroenhoven bedraagt in de groeve Curfs ca. 3,50 m. In het gehele gebied heeft deze laag het karakter van een grootschalige lens van homogene lichtgrijze kalksteen. Naar de rand toe schaart de Horizont van Berg en Terblijt met de Horizont van Vroenhoven. Waar de laatstgenoemde horizont dan de grens vormt tussen het Krijt en het Tertiair. De typelocatie voor de Horizont van Berg en Terblijt is het profiel bij de ingang van de voormalige ondergrondse kalksteengroeve Dolekamer (NITG ontsl. nr. 62A-59 en 62A-345, Fig. 4.18).

Foto 29

De Kalksteen van Meerssen is zo rijk aan mosdiertjes (Bryozoa) dat in deze kalksteen fossielgruislagen voorkomen die in de literatuur beschreven zijn onder de naam 'Bryozoënlagen', (Staring, 1860). Over deze mosdiertjes bestaat een uitgebreide literatuur. Ware grootte





Foto 30

Beisselina verneuili (von Hagenow, 1851).
Een fraai bewaard gebleven bryozoënkolonie
uit de opvulling van een graafgang in een
'Hardground' in de Kalksteen van Meerssen.
Vindplaats: Groeve 't Rooth, gem. Margraten.
Vergroting 5x

Foto 32

Lepidorbitoides socialis (Schlumberger, 1901).
Tussen het fossielgruis in de Kalksteen van
Meerssen bevinden zich grote hoeveelheden
grootforaminiferen z.g. 'nummulieten of
muntsteentjes'.
Vindplaats: Groeve ENCI, St. Pietersberg te
Maastricht. Ware grootte

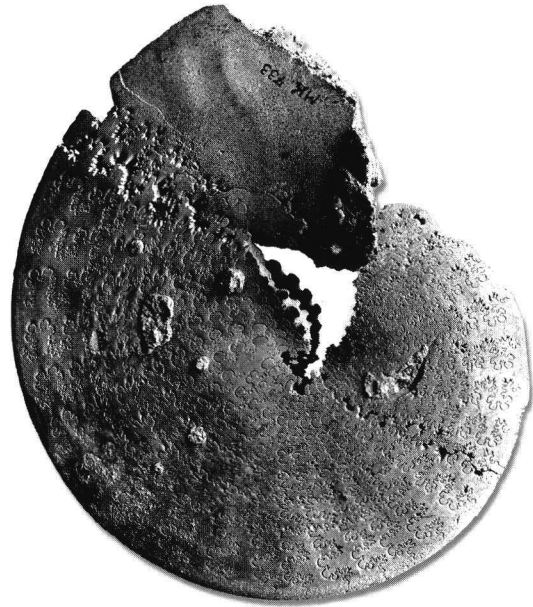
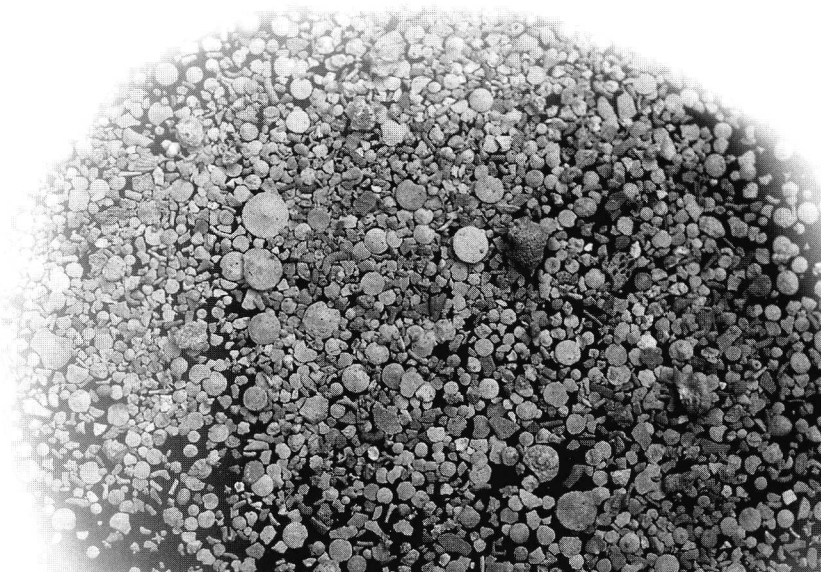
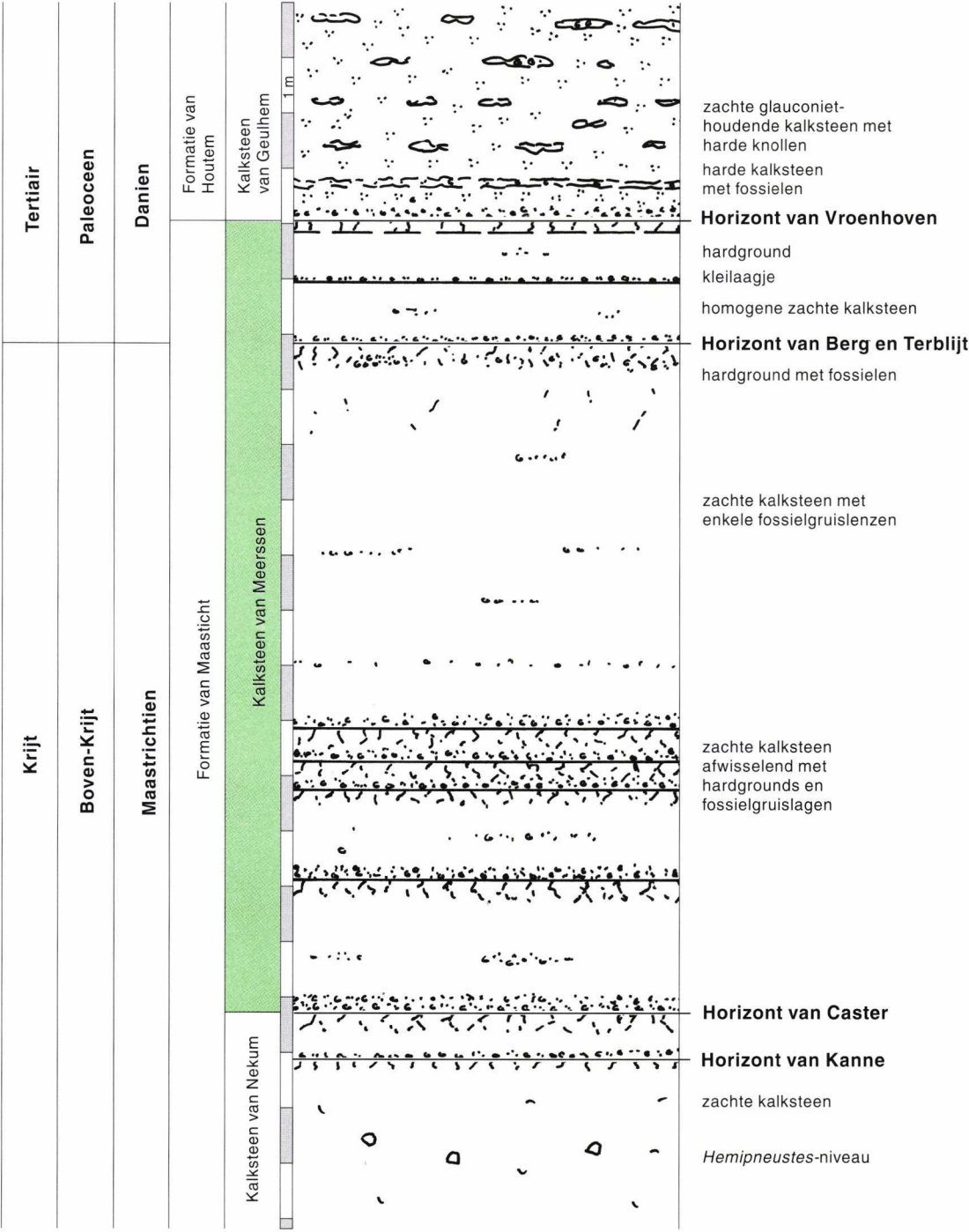


Foto 31

Sphenodiscus binckhorsti J. Böhm, 1898.
Een van de laatste ammonieten uit het hoogste deel van de
Formatie van Maastricht, bovenste deel van de Kalksteen van
Meerssen. Vergroting 0.5x.
Vindplaats: Groeve Curfs, Geulhem





Figuur 3.50
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Meerssen in de typelocatie, groeve Curfs (ontsl. 62A-13), in het Geuldal bij Geulhem

3.5 FORMATIE VAN HOUTHEM

Algemene beschrijving

Een eenheid bestaande uit mariene, lichtgrijze tot lichtgeelgrijze, zachte, fijn- tot grofkorrelige kalksteen met harde kalksteenknoollen, hardgrounds en fossielgruislagen en -lenzen. In het onderste deel komen glauconiet-houdende kalkstenen voor. De dikte varieert van minder dan 1 m tot ruim 50 m.

In het typegebied vormt de Formatie van Maastricht de ondergrens, die wordt gekenmerkt door de Horizont van Vroenhoven, bestaande uit een opvallende hardground met bioturbaties in de top van de Formatie van Maastricht en een min of meer duidelijke fossielgruislaag en glauconiethoudende kalksteen aan de basis van de Formatie van Houthem. De bovengrens bestaat uit de grens tussen de kalkstenen uit de Formatie van Houthem en de kalkhoudende zandige kleien, behorende tot het Oligoceen of het jongere Paleoceen.

Alleen de Kalksteen van Geulhem komt op exploitbare diepte voor in de driehoek Maastricht - Valkenburg - Meerssen. De andere kalkstenen liggen wel in het Maasdal ten noorden van Maastricht, maar bevinden zich hier meer dan 20 m onder de grondwaterspiegel.

Het voorkomen van de Formatie van Houthem is in Zuid-Limburg beperkt tot het gebied ten noordwesten van de lijn Maastricht - Valkenburg - Nuth - Jabeek.

De Formatie van Houthem wordt onderverdeeld in drie eenheden:

Tabel 3.6

Lithostratigrafische indeling van de Formatie van Houthem

LAAGPAKKET	LITHOSTRATIGRAFISCHE CODES		HORIZONT
	OOST	WEST	
	VAN DE MAAS		
			Horizont van Lutterade
Kalksteen van Geleen	Vc	--	
			Horizont van Geleen
Kalksteen van Bunde	Vb	--	
			Horizont van Bunde
Kalksteen van Geulhem	Va	XIw	
			Horizont van Vroenhoven

Typegebied

Het typegebied van de Formatie als geheel ligt in het noordwestelijk deel van Zuid-Limburg, tussen Valkenburg, Maastricht en Geleen.

Ouderdom

De Formatie van Houthem omvat voor een deel afzettingen die in de oude literatuur (Binkhorst, 1859-1860, Staring, 1860 en Uhlenbroek, 1912), gerekend werden als behorende tot het ‘Maastrichts Krijt’ = Formatie van Maastricht. Het hogere deel was in die tijd nog onbekend. Dit werd voor het eerst aangetroffen in boringen in het noordwestelijk deel van Zuid-Limburg en het oostelijk deel van Belgisch Limburg, die werden uitgevoerd voor het

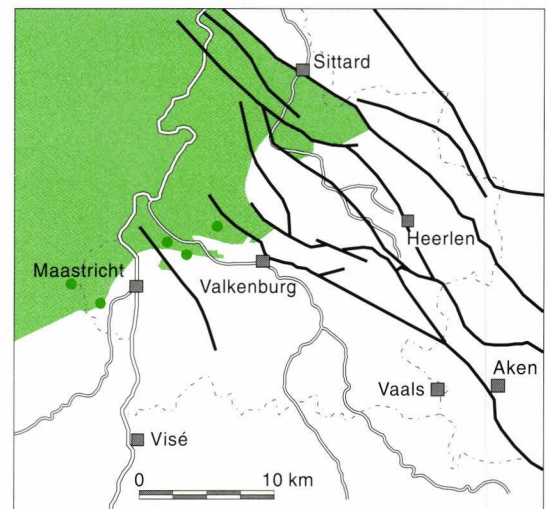
opsporen van steenkool en later bij het afdiepen van mijnschachten (Vincent, 1928 en Reinhold, 1931). Momenteel plaatst men de Formatie van Houthem in het oudste deel van het Tertiair, het Danien.

Afzettingsgeschiedenis

Hoewel zich op de grens Krijt/Tertiair, vooral in de planten- en dierenwereld, zeer ingrijpende veranderingen voordeden, betekende dit niet dat in Zuid-Limburg de kalksedimentatie werd onderbroken. Daar waar de laag met de K/T klei ontbreekt, lijkt de sedimentatie-onderbreking niet af te wijken van die welke zich in de kalkstenen uit het Boven-Krijt meermalen hebben voorgedaan. Er zijn ook geen aanwijzingen dat zich afwijkende veranderingen in het tektonisch patroon hebben voorgedaan. Aangezien het grootste deel van de Formatie van Houthem alleen bekend is uit boringen en schachten, die in veel gevallen gebrekkig zijn beschreven, is het moeilijk zich een goed beeld te vormen van de afzettingsgeschiedenis. De sedimentatie begon met de vorming van een basaal-conglomeraat, voor een groot deel bestaande uit sterk afgerold fossielgruis. Het merendeel van dit fossielgruis is afkomstig uit de onderliggende Formatie van Maastricht. Hierop volgt een ca. 2,50 m dik pakket glauconiethoudende, zachte lichtgrijze kalksteen met harde onregelmatig ontwikkelde kalksteenbanken en knollen. Hoger in het profiel zien we een meer of minder duidelijk cyclisch ontwikkelde kalksteen.

De grens tussen de Kalksteen van Geulhem en de Kalksteen van Bunde en tussen de Kalksteen van Bunde en de Kalksteen van Geleen is gekenmerkt door een opvallende hardground met bioturbaties in de onderste kalksteen en een fossielgruislaag in de kalksteen erboven.

De Kalksteen van Houthem wordt afgesloten door de top van het kalksteenpakket. In Zuid-Limburg volgen op het kalksteenpakket fossielhoudende, meer of minder kleihoudende donkere zanden met bruinkoolhoudende laagjes en bont gemarmerde donkere kleien. De aanwezigheid van karstverschijnselen in de top van het kalksteenpakket wijst op een langdurige onderbreking van de sedimentatie.



Figuur 3.51
Verbreiding van de Formatie van Houthem in Zuid-Limburg en omgeving

3.5.1 Kalksteen van Geulhem

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een pakket zachte, fijn- tot grofkorrelige, lichtgrijze kalksteen met onregelmatige banken van matig harde tot harde kalksteen (hardgrounds), die tot 10% van het geheel uitmaken. Aan de basis bevindt zich een fossielgruislaag die voor het merendeel afkomstig is uit de Formatie van Maastricht. Daarboven volgt een ca. 2,50 m dikke laag glauconiethoudende kalksteen. Deze kalksteen bevat geen vuurstenen. De dikte varieert van 8 tot 14 m.

Het gehalte aan CaCO_3 bedraagt ca. 96 - 97%. Het s.g. is zeer variabel, in de zachte kalkstenen varieert dit van 1,300 tot 1,500 en in de harde banken van 1,500 tot 2,500.

De Kalksteen van Geulhem is rijk aan fossielen. Hiervan zijn er echter nog maar een beperkt aantal beschreven. Kenmerkende macrofossielen zijn o.a. de stekels van de zeeëgel *Tylocidaris hardouini* en *Tylocidaris gr. bruennichi* alsook de brachiopode *Danocrania geulhemensis* (Rasmussen, 1965 en Jagt, 1996).

De basis van de Kalksteen van Geulhem wordt gevormd door de Formatie van Maastricht, gemarkeerd door de Horizont van Vroenhoven. Deze is gekenmerkt door een veelal opvallend dikke hardground met bioturbaties in de top van de Kalksteen van Meerssen en een fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Geulhem. De bovengrens wordt gevormd door de Horizont van Bunde. Het voorkomen van deze kalksteen is beperkt tot het gebied ten noordwesten van de lijn Maastricht - Valkenburg - Nuth - Jabeek (Fig. 3.51).

In het verleden heeft men deze kalksteen in het Geuldal tussen Geulhem en Meerssen in zowel kleine open als ondergrondse groeven afgegraven. Harde kalksteenblokken uit deze groeven zijn o.a. aangetroffen in de fundamente van Romeinse gebouwen bij Houthem. Momenteel wordt deze kalksteen alleen nog afgegraven in de groeve Curfs te Geulhem voor industriële toepassingen.

Typeprofiel

Typelocatie: groeve Curfs in het Geuldal bij Geulhem (Fig. 3.49)

NITG ontsluiting nr.: 62A-13

Coördinaten: 182.100 - 320.120

In het typeprofiel (Fig. 3.52) is slechts een deel van de Kalksteen van Geulhem aanwezig als gevolg van erosie tijdens de transgressie van de Formatie van Tongeren in het Vroeg-Oligoceen. Het ontsloten profiel is ca. 11 m dik. Aan de basis bevindt zich een fossielgruislaag die plaatselijk rijk is aan haaiantanden en veel sterk afgeronde fossielen die geremanieerd zijn uit de onderliggende Kalksteen van Meerssen, o.a. rostra van de belemniet *Belemnella (Neobelemnella) kazimiroviensis*. Deze fossielgruislaag alsook de daarboven liggende 2,5 m kalksteen is wat meer glauconiethoudend en bevat meer of minder regelmatige harde banken (hardgrounds), verspreide harde kalksteenknollen en dunne fossielgruislenzen en -laagjes. Hoger in het profiel ontbreekt de glauconiet en komen meer of minder duidelijk cyclisch opgebouwde sedimentpakketten voor. Deze cycli bezitten aan de basis wel of niet een fossielgruislaagje en in de top een meer of minder harde hardground met bioturbaties. De dikte van deze cycli varieert van 50 tot 80 cm.

Het ontsloten profiel wordt afgesloten door de Horizont van Ravensbosch (Fig. 3.52).

Afzettingssmilieu

De Kalksteen van Geulhem is een volmariene kalksteen, gesedimenteerd in een ondiepe zee, op grote afstand van de kust. Over de diepte van de zee zijn geen gegevens bekend. De zee was ten opzichte van de zeer ondiepe zee gedurende de sedimentatie van de Kalksteen van Meerssen, in elk geval dieper geworden. De sedimentatiecycli zijn namelijk minder dik en lang niet zo uitgesproken ontwikkeld als in de Kalksteen van Meerssen. De talrijke

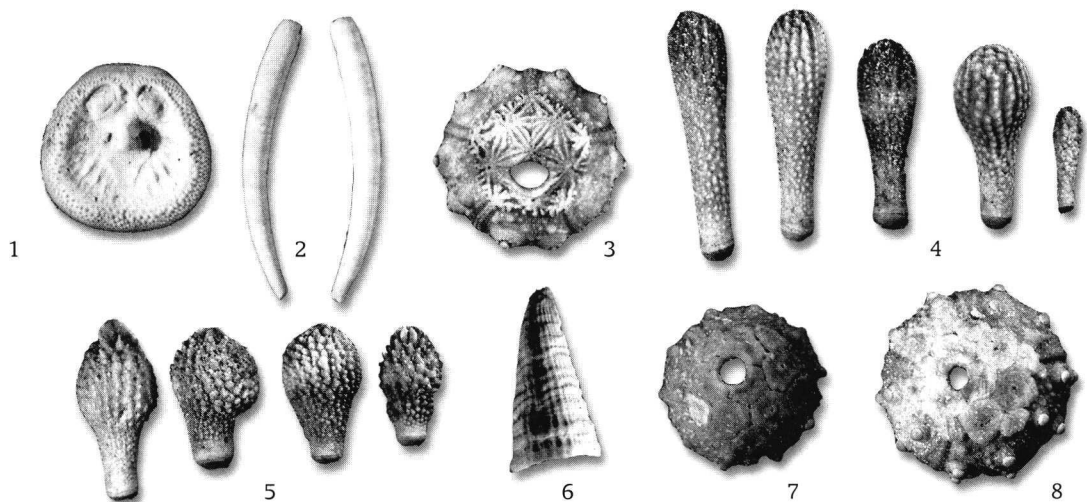
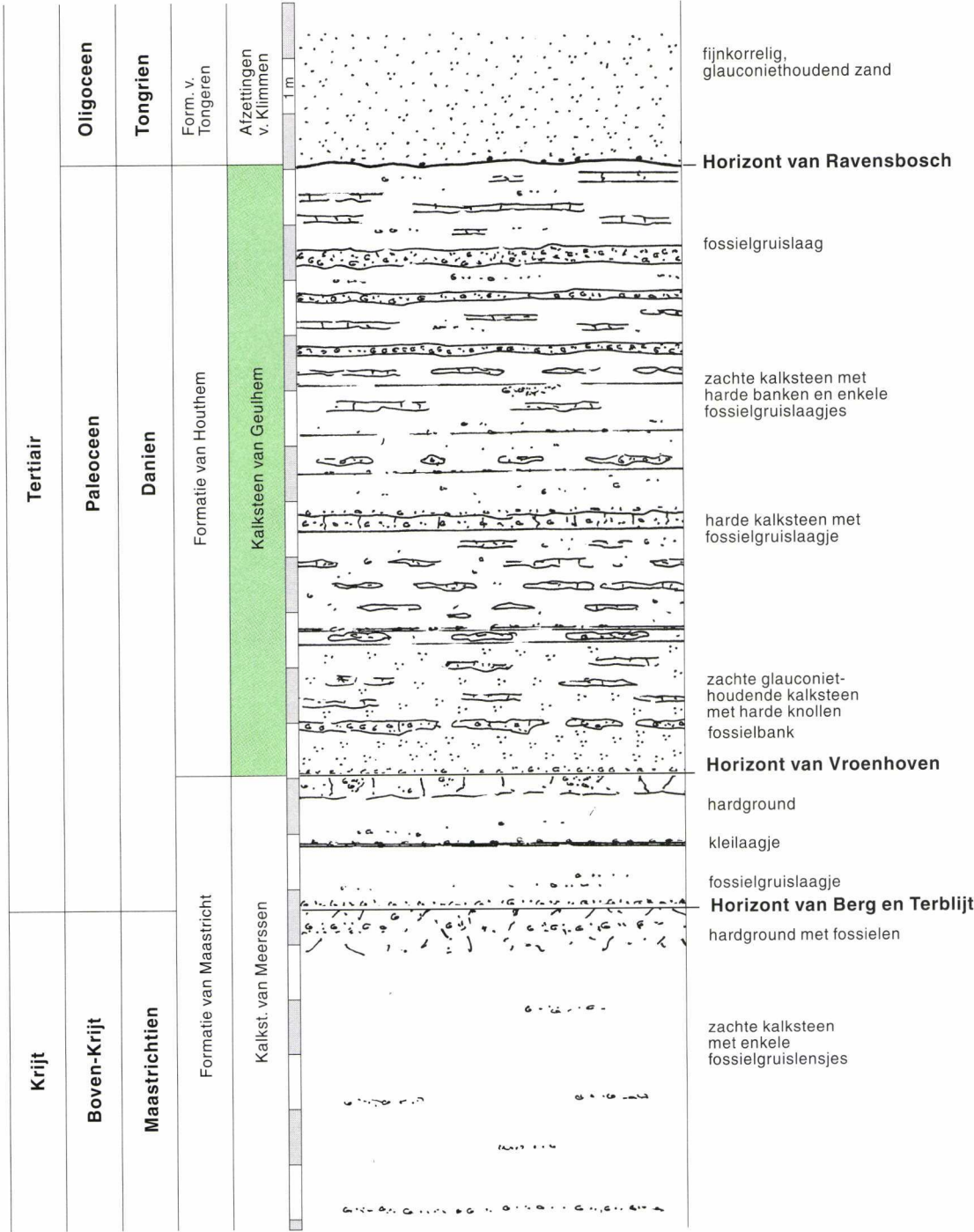


Foto 33

Fossielen uit de Formatie van Houthem (Kalksteen van Geulhem)

1. *Danocrania geulhemensis* (Kruytzer & Meijer, 1958)
2. *Ditrupea schlotheimi* Rosenkrantz, 1920
3. *Hyposalenia heliophora* (Desor in Agassiz & Desor, 1846)
4. *Stekels van de zeeëgel Tylocidaris hardouini* (Desor, 1855)
5. *Stekels van de zeeëgel Tylocidaris gr. bruennichi* (Ravn, 1928)
6. *Pycnolepas bruennichi* Withers, 1914
7. *Salenia belgica* Lambert, 1898
8. *Salenia vanbiregeleni* Smith en Jeffery, 2000

fossielgruislenzen en -laagjes aan de basis van de sedimentatiecycli en de meer of minder homogene fijnkorrelige kalksteen hoger in de cycli, wijzen er op dat we te doen hebben met perioden waarin sterk stroming afwisselde met rustige sedimentatie.



Figuur 3.52
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Geulhem in de typelocatie, groeve Curfs (ontsl. 62A-13), in het Geuldal bij Geulhem

3.5.2 Kalksteen van Bunde

Algemene beschrijving

Deze kalksteen bestaat uit een matig tot zeer grofkorrelige, geelwitte kalksteen met kalksteenbanken (hardgrounds) en enkele fossielgruislagen. De hoeveelheid harde kalksteen is vermoedelijk gelijk aan die in de Kalksteen van Geulhem. Het CaCO_3 gehalte varieert van 98 tot 99%. Over het s.g. zijn geen gegevens bekend. De dikte varieert van 15 tot ca. 20 m.

Over de fossielinhoud is weinig bekend daar deze kalksteen alleen is aangetroffen in boringen en mijnschachten. De basis van deze kalksteen wordt gevormd door de Kalksteen van Geulhem, gemarkeerd door de Horizont van Bunde. Deze is gekenmerkt door een hardground met bioturbaties in de top van de Kalksteen van Geulhem en een fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Bunde. De bovengrens wordt gemarkeerd door de Horizont van Geleen.

De verbreiding is beperkt tot het gebied ten noordwesten van de lijn Maastricht - Meerssen - Jabeek. De Kalksteen van Bunde komt nergens aan de oppervlakte en is alleen bekend uit boringen en mijnschachten.

Typeprofiel

Typelocatie: boring te Brommelen, Noord van Bunde (Fig. 3.53)

NITG boring nr.: 61F-2

Coördinaten: 179.050 - 324.630

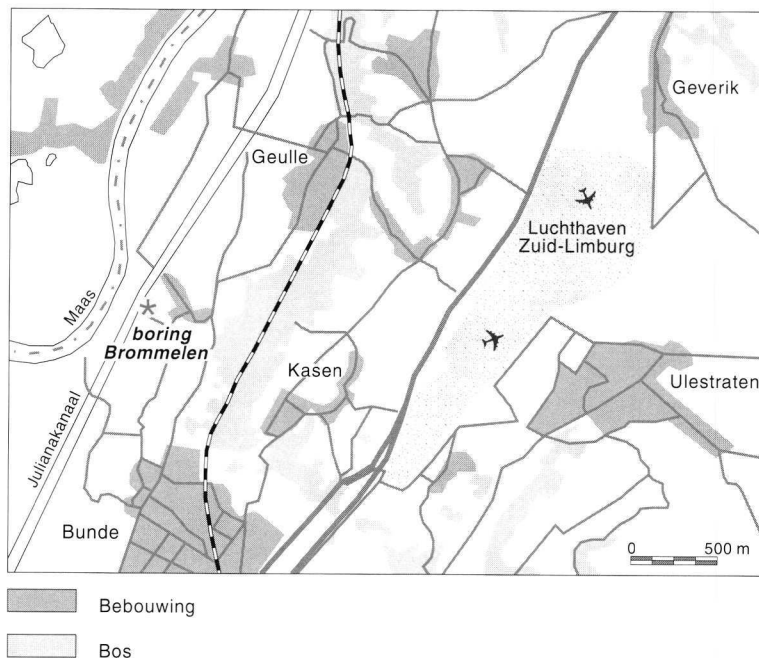
Op basis van de beschrijving van de boring 61F-2, waarin zich het typeprofiel (Fig.3.54) bevindt en de nog aanwezige monsters van deze boring in het archief van het NITG, is slechts een summiere beschrijving te maken. Het gehele kalksteenpakket bestaat zeer waarschijnlijk uit dunne sedimentatiecycli, iedere cyclus met een dun fossielgruislaagje aan de basis en een meer of minder duidelijk ontwikkelde hardground met bioturbaties in de top.

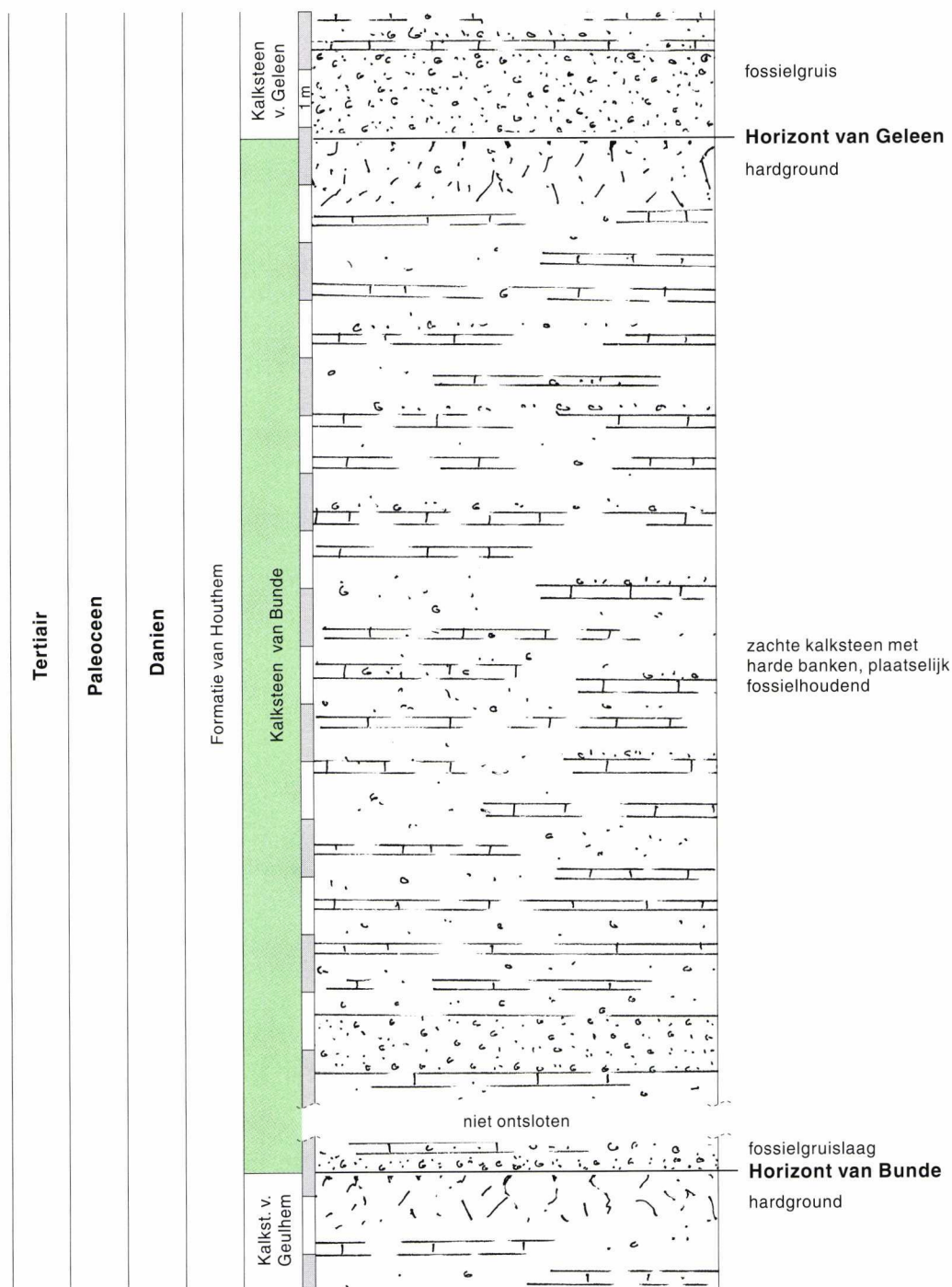
Afzettingssmilieu

De Kalksteen van Bunde is een vol-mariene kalksteen gesedimenteerd in een ondiepe zee, op grote afstand van de kust. Zeer waarschijnlijk vond de sedimentatie plaats onder dezelfde omstandigheden als in het hogere deel van de Kalksteen van Geulhem.

Figuur 3.53

Typelocatie van de Kalksteen van Bunde, boring te Brommelen (61F-2), Noord van Bunde





Figuur 3.54

Lithologisch profiel van de Kalksteen van Bunde in de typelocatie, boring te Brommelen (61F-2), Noord van Bunde

3.5.3 Kalksteen van Geleen

Algemene beschrijving

De Kalksteen van Geleen bestaat uit een grof tot zeer grofkorrelige kalksteen met harde kalksteenbanken (hardgrounds) en fossielgruislagen. Over het aantal harde kalksteenbanken en de dikte hiervan zijn weinig gegevens bekend. In de bovenste helft is het kalksteenpakket vaak minder grofkorrelig en komen enkele vuursteenknollen voor. Daar waar dit kalksteenpakket meer of minder compleet aanwezig is, wordt in de top een fossiele karstzone aangetroffen. Zowel over CaCO_3 gehalte, als s.g. en fossielinhoud zijn geen gegevens bekend. De dikte bedraagt maximaal 18 m. De basis wordt gevormd door de Kalksteen van Bunde, gemarkeerd door de Horizont van Geleen die wordt gekenmerkt door een hardground in de top van de Kalksteen van Bunde en een fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Geleen. Aan de top wordt de Kalksteen van Geleen afgesloten door de Horizont van Lutterade, aan de basis van de Formatie van Maasmechelen. Daar waar de Formatie van Maasmechelen ontbreekt, wordt de bovengrens gevormd door de Formatie van Tongeren. De verbreiding is beperkt tot het gebied ten noordwesten van de lijn Maastricht - Meerssen - Jabeek. De Kalksteen van Geleen komt nergens aan de oppervlakte en is alleen bekend uit boringen en mijnschachten.

Typeprofiel

Typelocatie: Schacht III, Staatsmijn Maurits te Geleen (Fig. 3.55)

NITG boring nr.: 60C-249

Coördinaten: 184.800 - 331.400

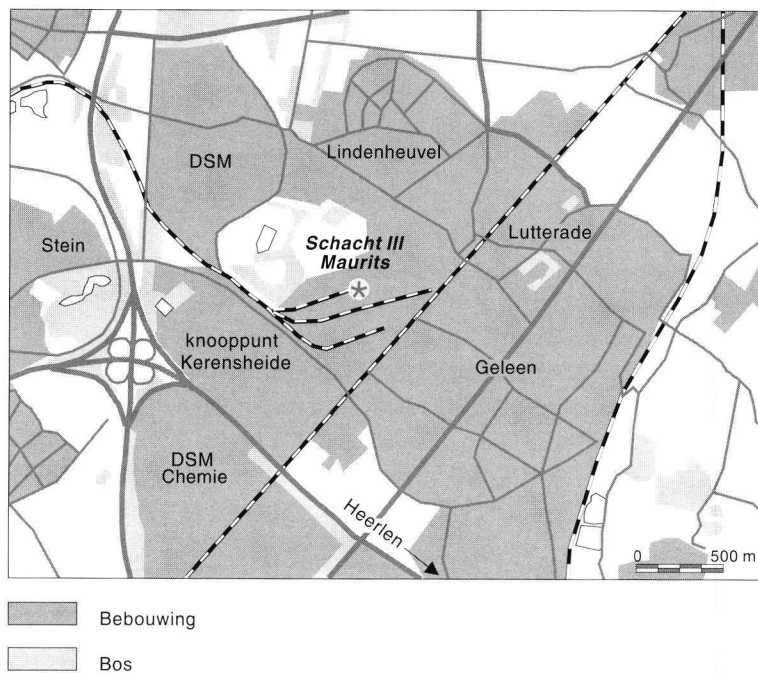
Op basis van de beschrijving van het profiel (Fig. 3.56) dat is opgenomen in Schacht III van de voormalige Staatsmijn Maurits te Geleen en de nog aanwezige monsters in het archief van het NITG, is slechts een summier beschrijving te maken van het typeprofiel. Het grootste deel van het kalksteenpakket bestaat zeer waarschijnlijk uit sedimentatiecycli met aan de basis een fossielgruislaagje en aan de top een meer of minder duidelijk ontwikkelde hardground met bioturbaties. In het typeprofiel is niet te beoordelen of zich plaatselijk in de bovenste helft van het pakket vuursteenknollen bevinden.

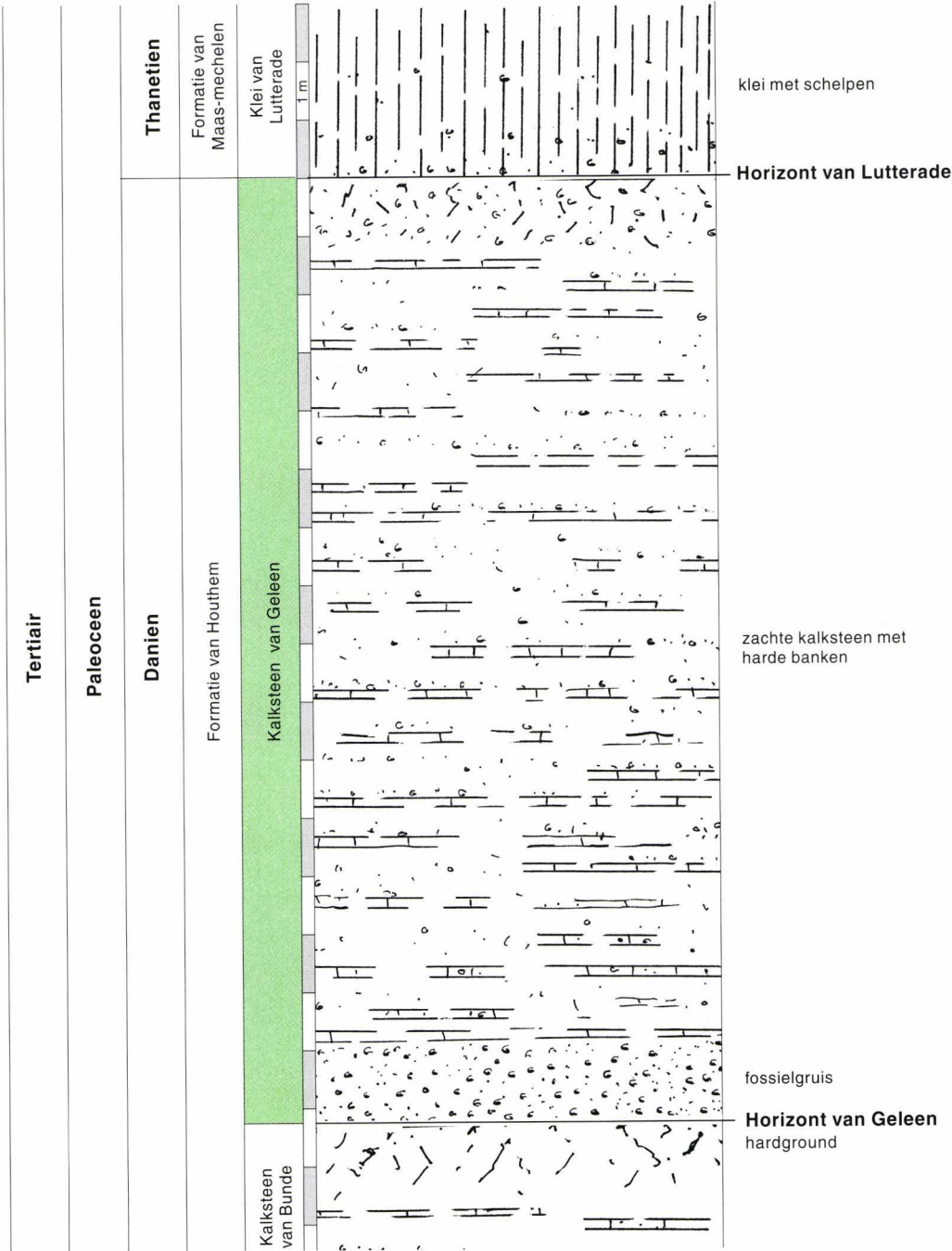
Afzettingsmilieu

Over het afzettingsmilieu is alleen te vermelden dat we te doen hebben met een volmariene kalksteen, afgezet in een ondiepe zee op grote afstand van de kust.

Figuur 3.55

Typelocatie van de Kalksteen van Geleen, Schacht III van de Staatsmijn Maurits (boring 60C-249), te Geleen

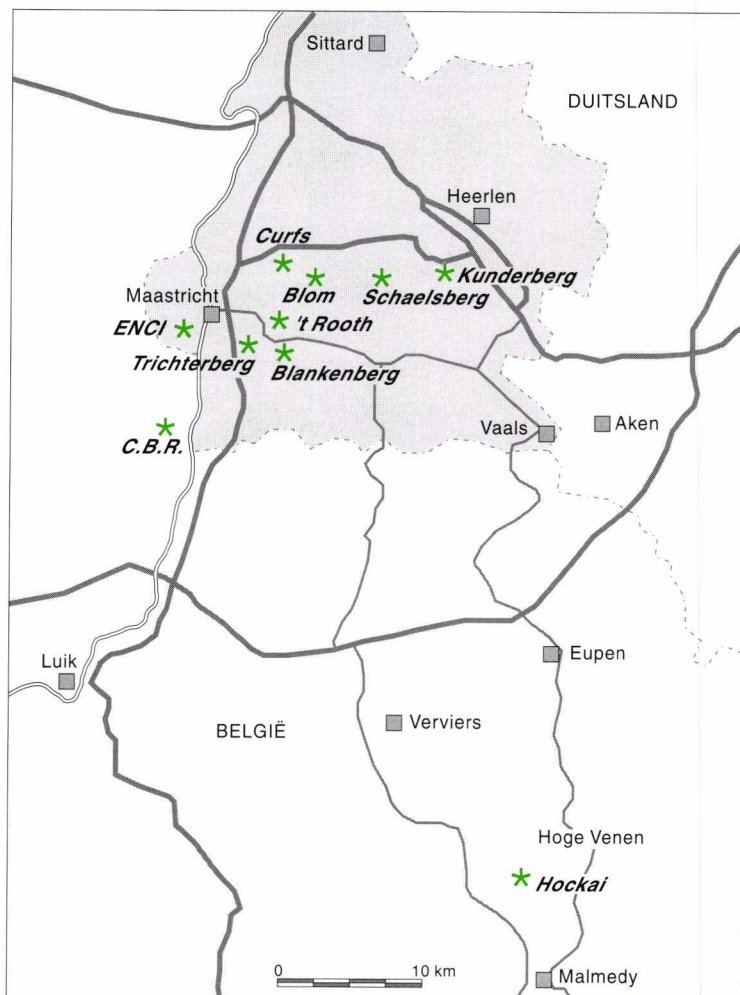




Figuur 3.56
Lithologisch profiel van de Kalksteen van Geleen in de typelocatie, Schacht III van de Staatsmijn Maurits (boring 60C-249, van 169,20 m - 185,50 m), te Geleen

4 Het profiel van enkele belangrijke groeven en ontsluitingen

Behalve de typelocaties van de gesteenten uit het Boven-Krijt en Danien (hoofdstuk 3), zijn er nog een aantal groeven die regelmatig worden bezocht voor geologisch onderzoek, tijdens excursies en congressen (Figuur 4.1). Van een aantal groeven en ontsluitingen zijn in dit hoofdstuk de geologische profielen afgebeeld. Van de groeve Curfs, die reeds werd besproken in hoofdstuk 3, is hier voor de volledigheid eveneens het gehele profiel weergegeven. Sinds enige tijd worden door het IKL (Stichting Instandhouding Kleine Landschapselementen) in samenwerking met het NITG geologische monumenten in Zuid-Limburg voorzien van informatieborden. In dit hoofdstuk zijn enkele van deze locaties opgenomen. Hiervoor wordt ook verwezen naar de CD-ROM 'Geologische monumenten in Zuid-Limburg'. Deze is verkrijgbaar bij het NITG, Postbus 6012, 2600 JA Delft, tel. 015 269 73 48, fax 015 269 74 50 en het Natuurhistorisch Museum Maastricht, tel. 043 350 54 90. Tevens wordt een beschrijving gegeven van de spoorweginsnijding te Hockai op de Hoge Venen in België, waar zich op de paleozoïsche gesteenten een dik pakket vuursteeneluvium bevindt en hierdoor duidelijke aanwijzingen verschaft over de oorspronkelijke verbreiding van de Krijtafzettingen in onze omgeving.



Figuur 4.1
Locatiekaart van enkele belangrijke groeven
en ontsluitingen

4.1 Kalksteengroeve ENCI, St. Pietersberg, Maastricht, NITG ontsluiting nr. : 61F-19, coördinaten: 175.000 - 314.500 (Fig. 4.2 en 4.3)

De St. Pietersberg bij Maastricht is altijd een opvallend punt geweest in het landschap. Deze heuvelrug met een hoogte van ca. 60 m ligt ingeklemd tussen de dalen van de Maas en de Jeker en vormt nog steeds een bekend uitzichtpunt. In de steile dalwanden zijn kalkstenen ontsloten die al vroeg in de geschiedenis van de mens de aandacht hebben getrokken. Enerzijds om onder de overhangende wanden beschutting te zoeken en anderzijds om de in de kalksteen voorkomende vuursteenknollen te gebruiken om er werktuigen van te maken.

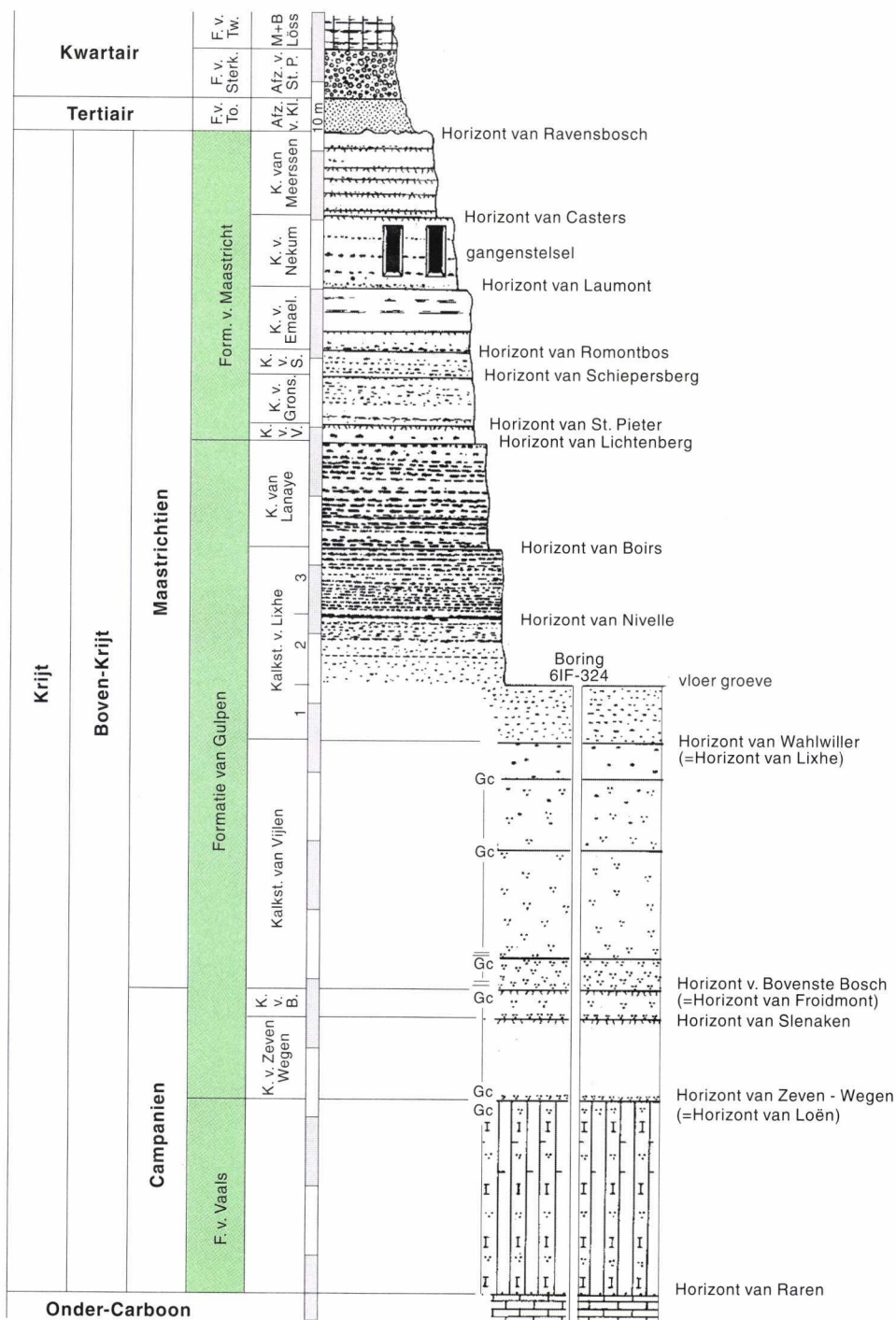
Na de Eerste Wereldoorlog, toen men in Nederland tot de overtuiging was gekomen niet zonder een eigen cementindustrie te kunnen, nam de Eerste Nederlandse Cement Industrie (ENCI) een bestaande groeve over en bouwde hier een cementfabriek die in 1926 in bedrijf werd genomen. In de loop der jaren is de groeve van de ENCI uitgegroeid tot de grootste open groeve in Nederland voor de winning van kalksteen ten behoeve van de cementindustrie (Figuur 3.47). In de directe omgeving van de groeve van de ENCI bevinden zich in de dalhellingen van de St. Pietersberg nog een groot aantal verlaten boven- en ondergrondse groeven.

Sinds er belangstelling bestaat voor fossielen is de St. Pietersberg een trekpleister geweest voor verzamelaars en later ook voor geologen. In 1798 schreef de Fransman B. Faujas Saint Fond zijn 'Histoire naturelle de la montagne de Sainte-Pierre de Maastricht', een standaardwerk waarin niet alleen de natuurlijke historie maar ook de fossielen van de St. Pietersberg nauwkeurig werden beschreven. In 1802 werd het boek van Faujas door J. D. Pasteur in het Nederlands vertaald. Een herdruk van dit boek werd door de Nederlandse Geologische Vereniging Afd. Limburg in 1981 opnieuw uitgegeven.

In 1849 heeft de bekende Belgische geoloog André Dumont de kalksteenwand bij de hoeve Lichtenberg aangewezen als de typelocatie voor de geologische tijdseenheid het MAASTRICHTIEN, het jongste deel van de Krijtperiode. Deze internationale status zorgde ervoor dat de groevewand onder de hoeve Lichtenberg in de loop der jaren door talloze geologen uit de gehele wereld werd bezocht, bestudeerd en bemonsterd. De groeve van de ENCI vormt tevens de typelocatie voor de meer locale lithostratigrafische eenheid de Formatie van Maastricht. Deze eenheid werd later op basis van een groot aantal detailkenmerken verder onderverdeeld in laagpakketten (Felder, 1975), die onder meer in deze groeve goed te onderscheiden zijn. Verder komen in de groeve de Formatie van Gulpen en tertiaire en pleistocene afzettingen voor.

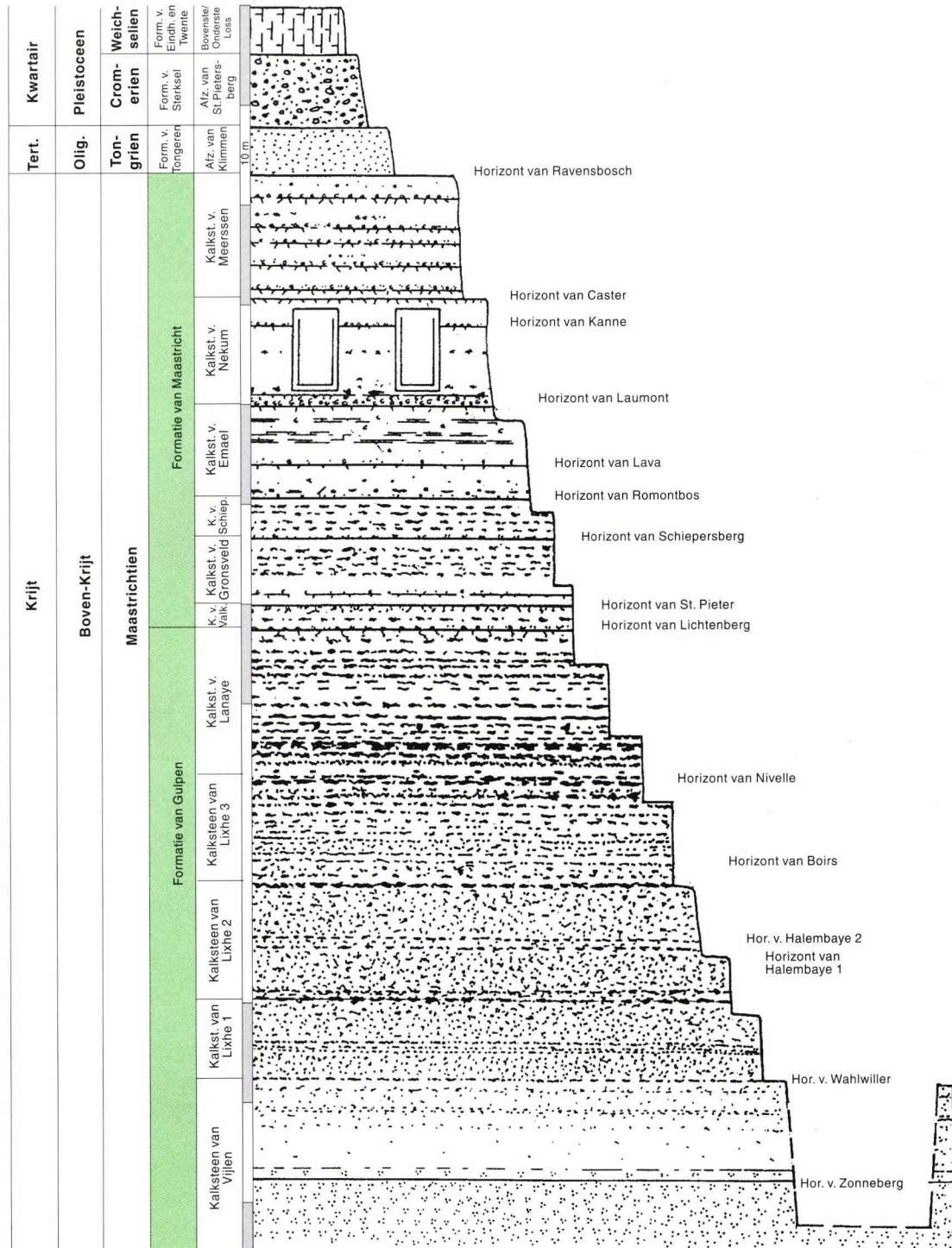
De groeve is op een aantal zaterdagen opengesteld voor bezoek. De betreffende data worden aan het begin van het jaar bekend gemaakt. Inlichtingen hierover kan men inwinnen bij:

Natuurhistorisch Museum Maastricht, tel. 043 350 54 90
 ENCI Nederland B.V. te Maastricht afd. PR en Voorlichting, tel. 043 329 77 77
 Afdeling Limburg van de Nederlandse Geologische Vereniging, p/a W. M. Felder
 Oude Trichterweg 26, 6294 AL Vylen.



Figuur 4.2

Lithologisch overzichtsprofiel van de groeve ENCI (61F-19), St. Pietersberg, Maastricht



Figuur 4.3

Lithologisch detailprofiel van de groeve ENCI (61F-19), St. Pietersberg, Maastricht, typelocatie van het Maastrichtien

4.2 Kalksteengroeven 't Rooth, Cadier en Keer, NITG ontsluiting nr. : 62A-7, coördinaten: 182.750 - 316.300 (Fig. 4.4)

In de groeve 't Rooth (Figuur 3.42) worden kalkstenen afgegraven uit de Formatie van Maastricht (Kalksteen van Valkenburg, -Gronsveld, -Schiepersberg, -Emael, -Nekum en -Meerssen). Van de Kalksteen van Valkenburg worden alleen de bovenste 5 m, afgegraven. Van de Kalksteen van Meerssen, die de top vormt van het kalksteenpakket, is alleen de onderste 5 m in het profiel aanwezig. De groeve 't Rooth is in de Kalksteen van Gronsveld t/m de Kalksteen van Emael bijzonder rijk aan zeldzame vuursteenvormingen.

Het kalksteenpakket is plaatselijk bedekt door een dunne laag fijne, onderoligocene zanden. Op deze zanden volgt een dik pakket grof grind met zand, afgezet door de Maas. De Maasafzettingen zijn op hun beurt weer bedekt met een in dikte wisselend pakket löss.

Aan de herinrichting van deze groeve wordt grote aandacht besteed. Dankzij de medewerking van het bedrijf Ankersmit, dat de afgegraven kalksteen voor het grootste deel verwerkt tot landbouwkalk, wordt in de groeve een 'geologische tuin' ingericht. Algemene, maar ook zeldzame vondsten uit de groeve, die te groot zijn om in een museum onder te brengen, worden op deze wijze voor het nageslacht bewaard.

De groeve, die in bedrijf is bij de Ankersmit Maalbedrijven te Maastricht, is, uniek voor Europa, iedere zaterdag gratis te bezoeken.

Van 1 januari tot Paaszaterdag van	09.00 - 12.00 uur.
------------------------------------	--------------------

Vanaf Paaszaterdag t/m de laatste zaterdag van de maand oktober van	09.00 - 15.30 uur.
---	--------------------

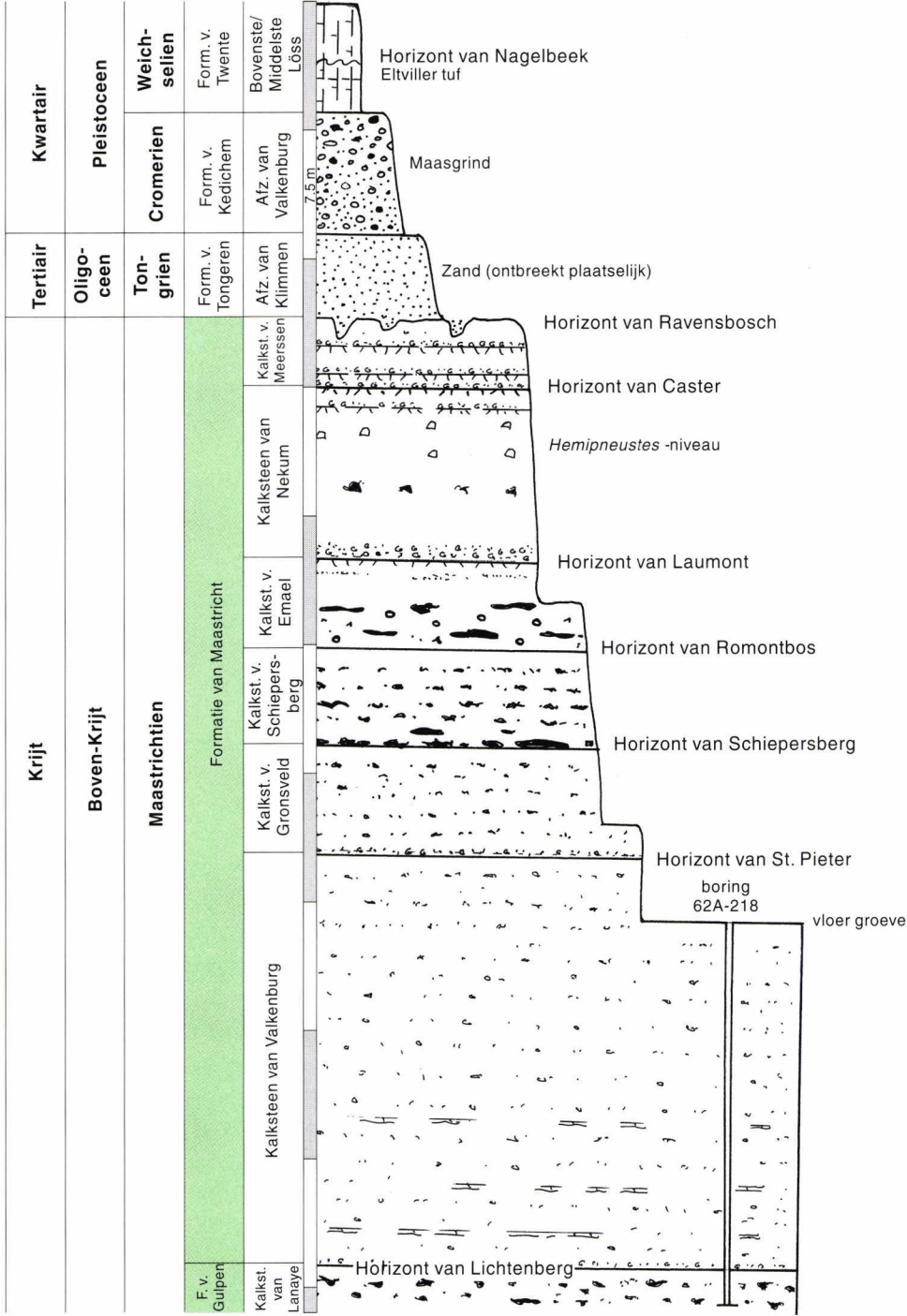
en vanaf deze datum tot het einde van het jaar weer van	09.00 - 12.00 uur.
---	--------------------

Alle andere dagen is de groeve voor een beperkt aantal groepen toegankelijk na schriftelijke afspraak.

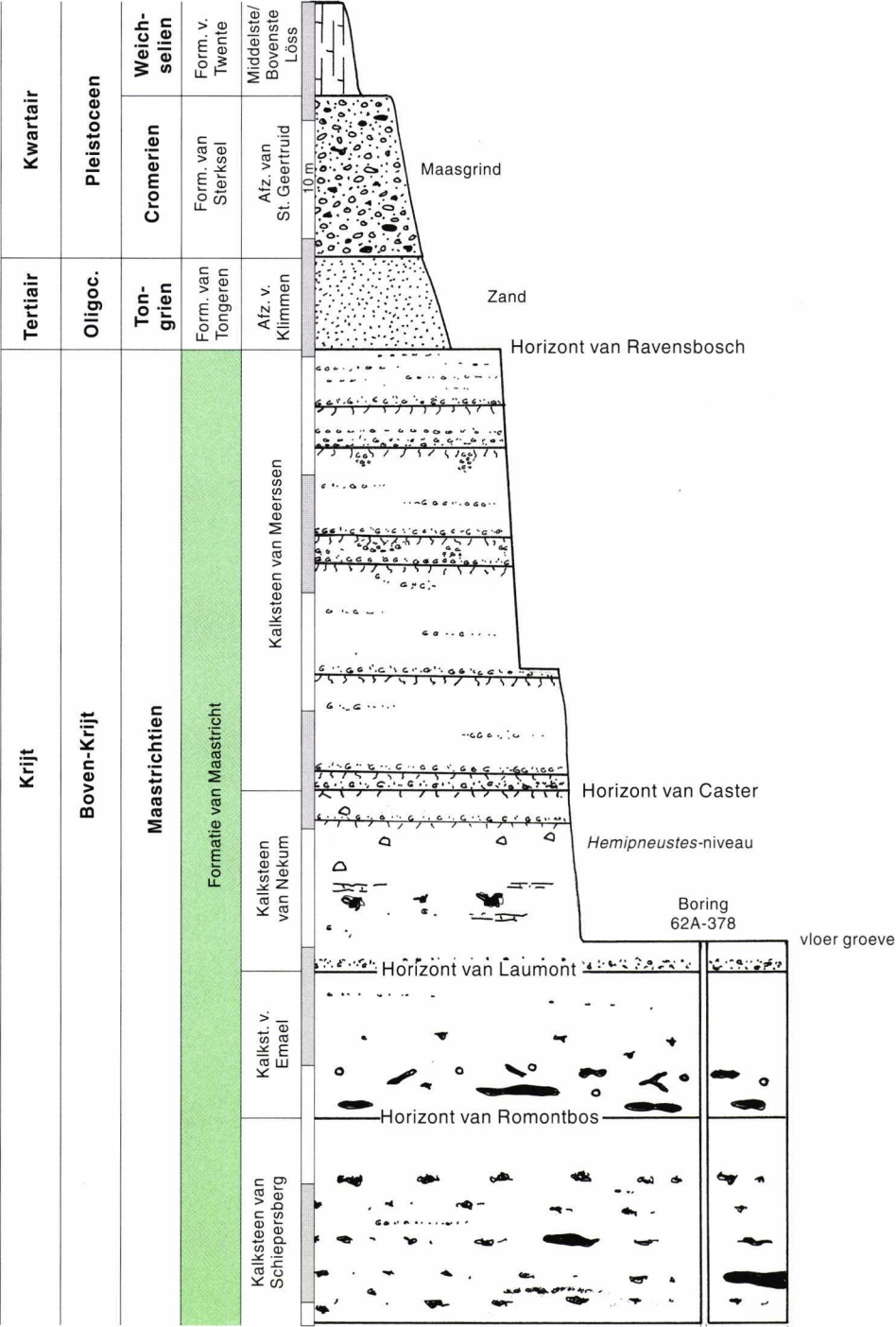
4.3 Kalksteengroeven Blom, Berg en Terblijt, NITG ontsluiting nr. : 62A-19, coördinaten: 183.510 - 318.590 (Fig. 4.5)

In de groeve Blom (Figuur 3.49) worden kalkstenen afgegraven uit het bovenste deel van de Formatie van Maastricht (Kalksteen van Emael, -Nekum en -Meerssen). Dit kalksteenpakket bevat alleen in het onderste deel (Kalksteen van Emael) enkele goed herkenbare verspreide vuurstenen. Duidelijk ontwikkeld zijn in deze groeve de fraaie hardgrounds in de Kalksteen van Nekum en -Meerssen die als opvallende roestbruin gekleurde lagen in de groeve herkenbaar zijn.

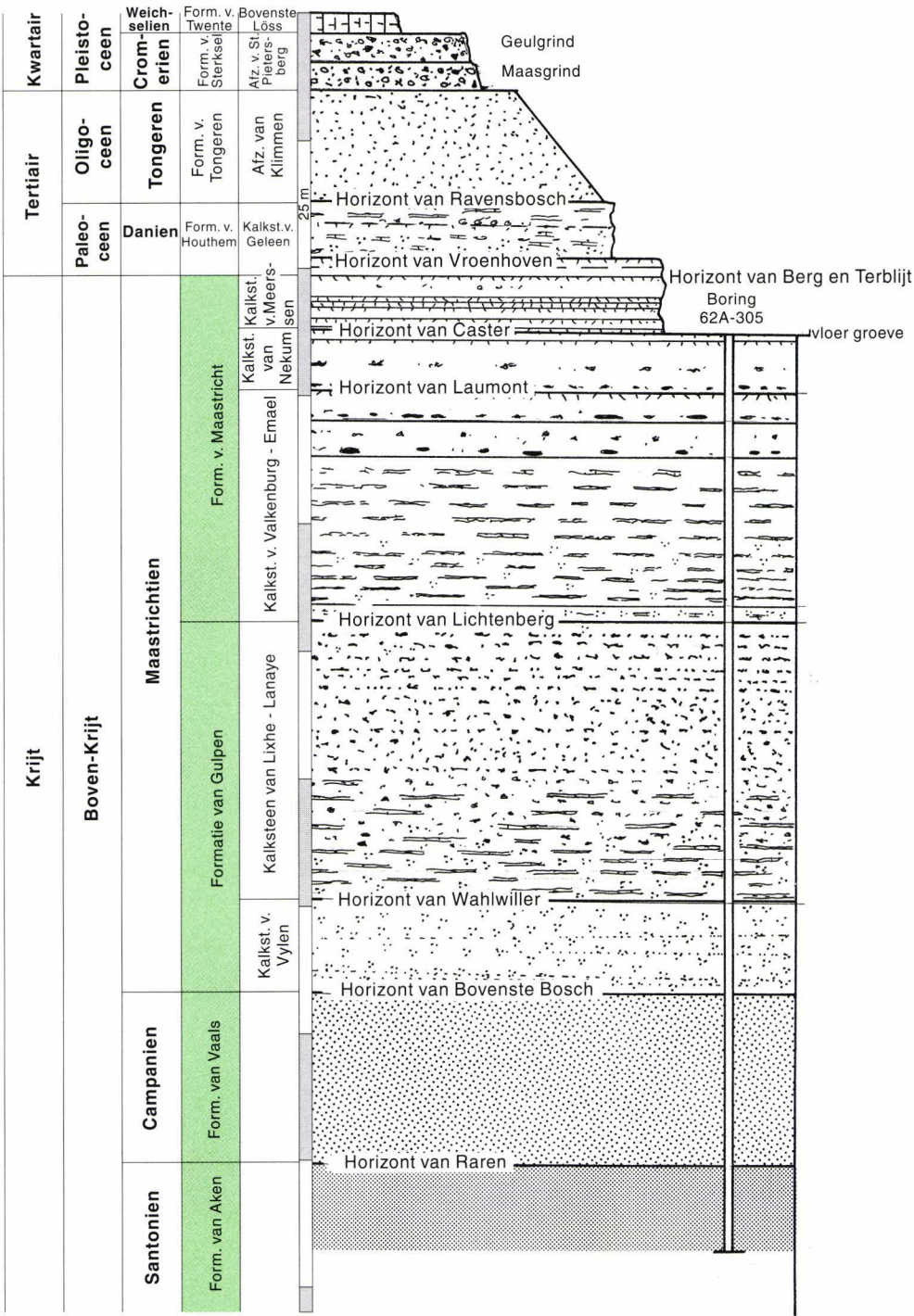
Het kalksteenpakket is bedekt door fijne onderoligocene zanden, grof grind en zand afgezet door de Maas en een in dikte wisselend pakket löss. De groeve is sinds begin 1999 niet meer in bedrijf en niet meer toegankelijk.



Figuur 4.4
Lithologisch profiel van de groeve 't Rooth (62A-7), Cadier en Keer



Figuur 4.5
Lithologisch profiel van de groeve Blom (62A-19) te Berg en Terblijt



Figuur 4.6
Lithologisch profiel van de groeve Curfs (62A-13) te Geulhem

4.4 Kalksteengroeve Curfs, Geulhem, NITG ontsluiting nr. : 62A-13, coördinaten: 182.100 - 320.120 (Fig. 4.6)

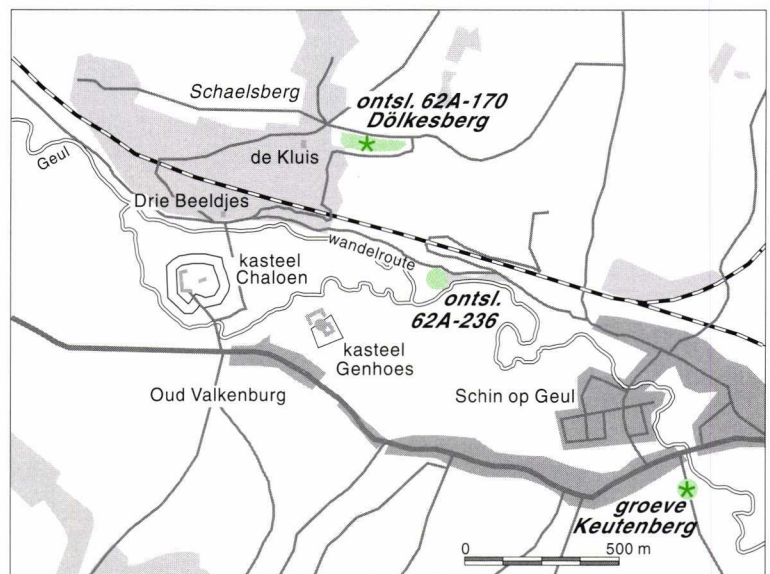
In de groeve Curfs (Figuur 3.49 en 4.1), slechts bereikbaar via een in de kalksteen aangelegde tunnel, worden kalkstenen afgegraven uit het bovenste deel van de Formatie van Maastricht (Kalksteen van Nekum en Meerssen) en kalkstenen uit het onderste deel van het Danien (Formatie van Houthem). Visueel zijn deze kalksteenpakketten moeilijk van elkaar te onderscheiden. De fossielinhoud van beide pakketten verschilt echter aanzienlijk. De grens tussen de Formatie van Maastricht en de Formatie van Houthem wordt gevormd door de Horizont van Berg en Terblijt. Fraai ontwikkeld in deze groeve is het z.g. *Hemipneustes*-niveau, dat rijk is aan deze overbekende zeeëgel uit de Maastrichtse Kalksteen.

Het kalksteenpakket wordt bedekt door een dik pakket onderoligocene zanden die op hun beurt weer bedekt zijn met grind en zandafzettingen van de Maas en de Geul en een dun pakket löss.

Deze groeve is de typelocatie voor de Kalksteen van Meerssen en -Geulhem. De groeve is slechts zeer beperkt, op afspraak, voor groepen toegankelijk.

4.5 Geologisch profiel van de Schaelsberg tussen Schin op Geul - Drie Beeldjes en de Dölkesberg, NITG ontsluiting nr. : 62A-236 en 170, coördinaten: 188.390 - 318.700 en 188.160 - 319.020 (Fig. 4.8)

Vanaf het voetpad dat van Schin op Geul langs de Geul naar Valkenburg loopt, kan men een wandeling maken door een ca. 60 m dik pakket gesteenten uit het onderste deel van de Formatie van Maastricht. Wanneer men vanaf Schin op Geul afdaalt naar de Geul (Figuur 4.7), is in de rechter steilrand en in de bedding van de Geul kalksteen ontsloten uit de Formatie van Gulpen (Kalksteen van Lanaye). Met enig graafwerk is bij een voormalige kleine schuilkelder (ontsl. 62A-236) het grensvlak (Horizont van Lichtenberg) tussen de Formatie van Gulpen en -Maastricht vrij te maken (Figuur 4.8).

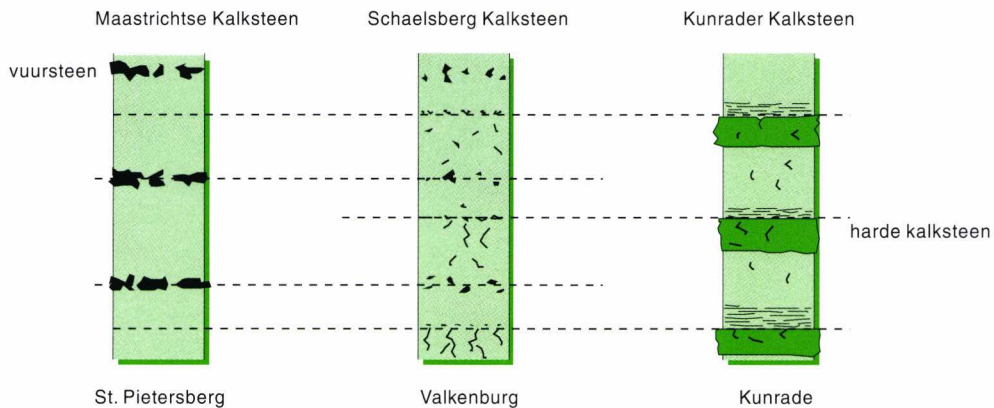


Figuur 4.7
Locatiekaart van de Schaelsberg
(typegebied van de Schaelsberg facies van
de Formatie van Maastricht) tussen
Schin op Geul en Valkenburg

Vervolgt men het voetpad in de richting Valkenburg, dan is langs dit pad eerst de glauconietrijke Kalksteen van Valkenburg ontsloten. Hoger in het profiel volgt dan een duidelijke afwisseling van harde- en zachte banken in de vorm van Kunrader Kalksteen. Dit is fraai te zien in het geologisch monument achter de Drie Beeldjes.

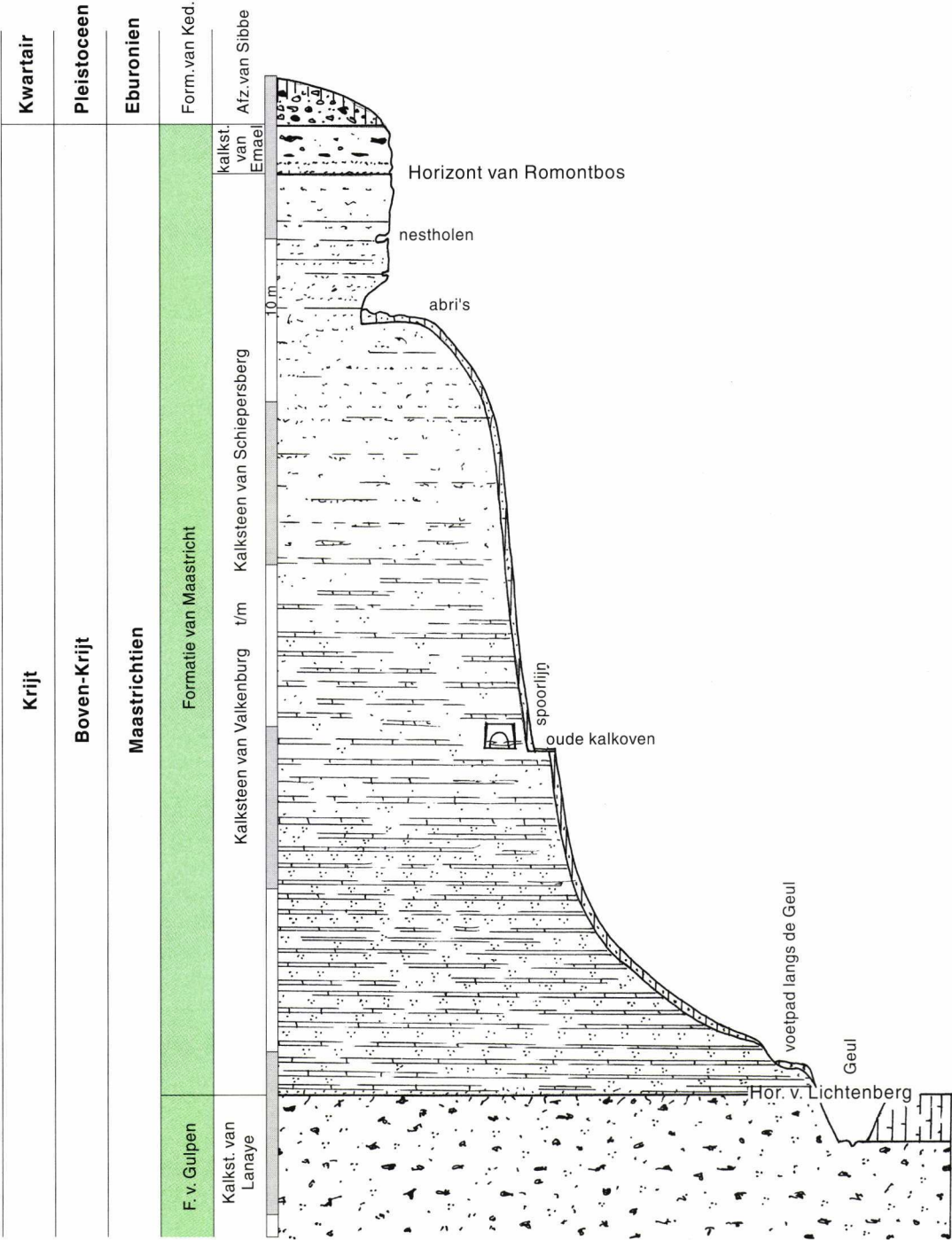
Vanaf de Drie Beeldjes volgt men het voetpad in de richting van de Schaelsberg. Tot ongeveer op de hoogte van de spoorlijn Heerlen-Valkenburg ziet men in de bermen overal Kunrader Kalksteen.

Vanaf de spoorlijn gaat het voetpad steil omhoog naar de Dölkesberg. Geleidelijk aan worden de harde Kalkstenen minder duidelijk. Aan de Dölkesberg is dan z.g. 'Schaelsberg Kalksteen' ontsloten. Dit is een overgang tussen de Kunrader Kalksteen en de Maastrichtse Kalksteen (Figuur 4.9). In het hoogste deel van de Dölkesberg is de Horizont van Romontbos aanwezig. Op deze horizont volgt dan nog enkele meters Kalksteen van Emael in de vorm van typische Maastrichtse Kalksteen met de bekende pijp- en plaatvormige vuurstenen.

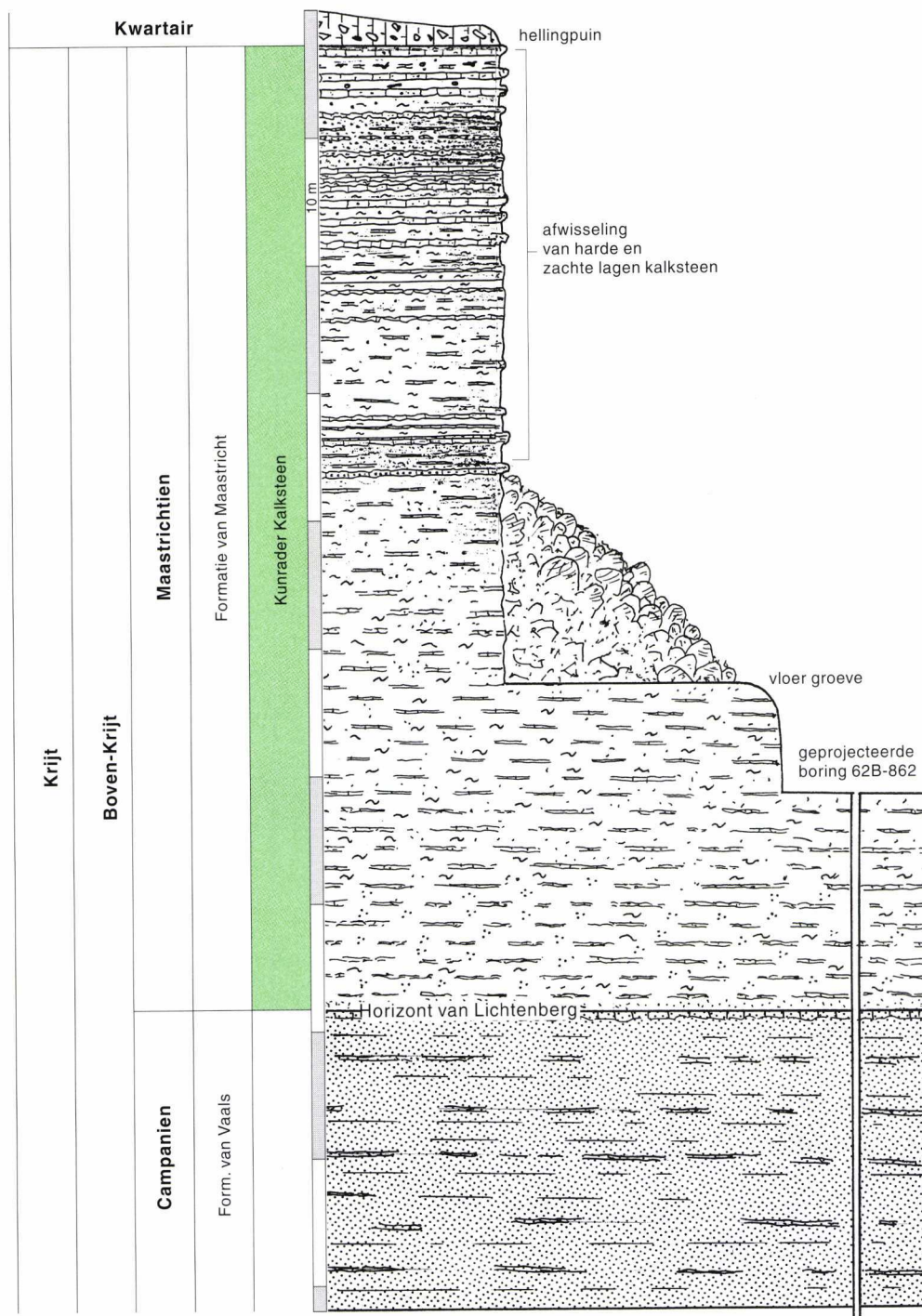


Figuur 4.9

Overgang van de Maastrichtse Kalksteen via de Schaelsberg Kalksteen naar de Kunrader Kalksteen



Figuur 4.8
Lithologisch profiel door de Schaelsberg



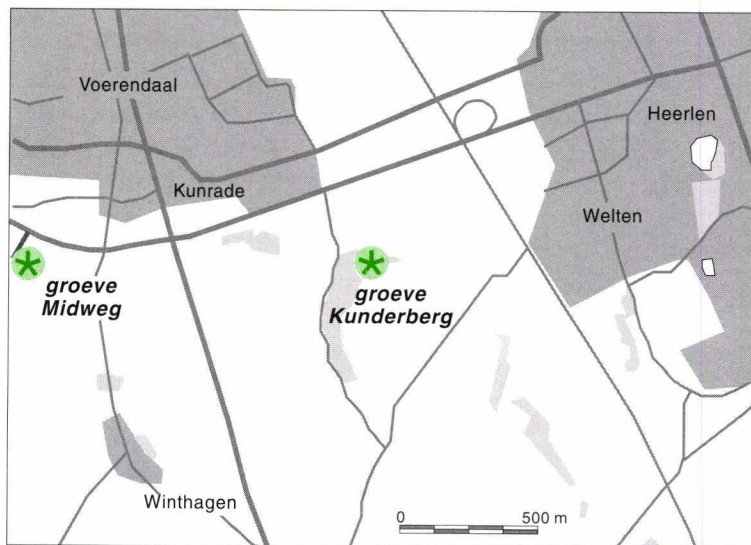
Figuur 4.11
Lithologisch profiel van de groeve Kunderberg (62B-9) te Kunrade, Voerendaal

4.6 Kalksteengroeve Kunderberg te Kunrade, Voerendaal, NITG ontsluiting nr. : 62B-9, coördinaten: 195.450 - 320.210 (Fig. 4.11)

Even ten zuiden van Kunrade, in de gemeente Voerendaal, ligt in de steile rand van een droogdal een al eeuwen-oude groeve waarin kalkstenen werden gedolven voor het gebruik als bouwsteen (Figuur 4.10). Deze kalksteen was alom bekend als 'Kunder steen'. Bij de groeve stonden vroeger enkele kalkovens waarin de onbruikbare stenen werden gebrand tot pleisterkalk. Deze vrij grote groeve, de typelocatie van de Kunrader Kalksteen, is veelvuldig in de literatuur genoemd bij het beschrijven van de Kunrader Kalksteen en de discussie omtrent de stratigrafische plaats. De groeve is de laatste jaren steeds verder in verval geraakt en dicht begroeid met bomen en struiken. De wand blijft hierdoor vrijwel het gehele jaar vochtig met als gevolg dat na bevroering in de winter regelmatig gedeelten van de wanden afbrokkelen. De groeve is niet toegankelijk, maar vanaf het plateau heeft men nog een goed zicht op het bovenste deel van de wand, bestaande uit de typische opeenvolging van harde en zachte banken.

Figuur 4.10

Locatiekaart van de groeve Kunderberg (62B-9) en de groeve Midweg te Kunrade, Voerendaal. Typelocatie van de Kunrader Kalksteen

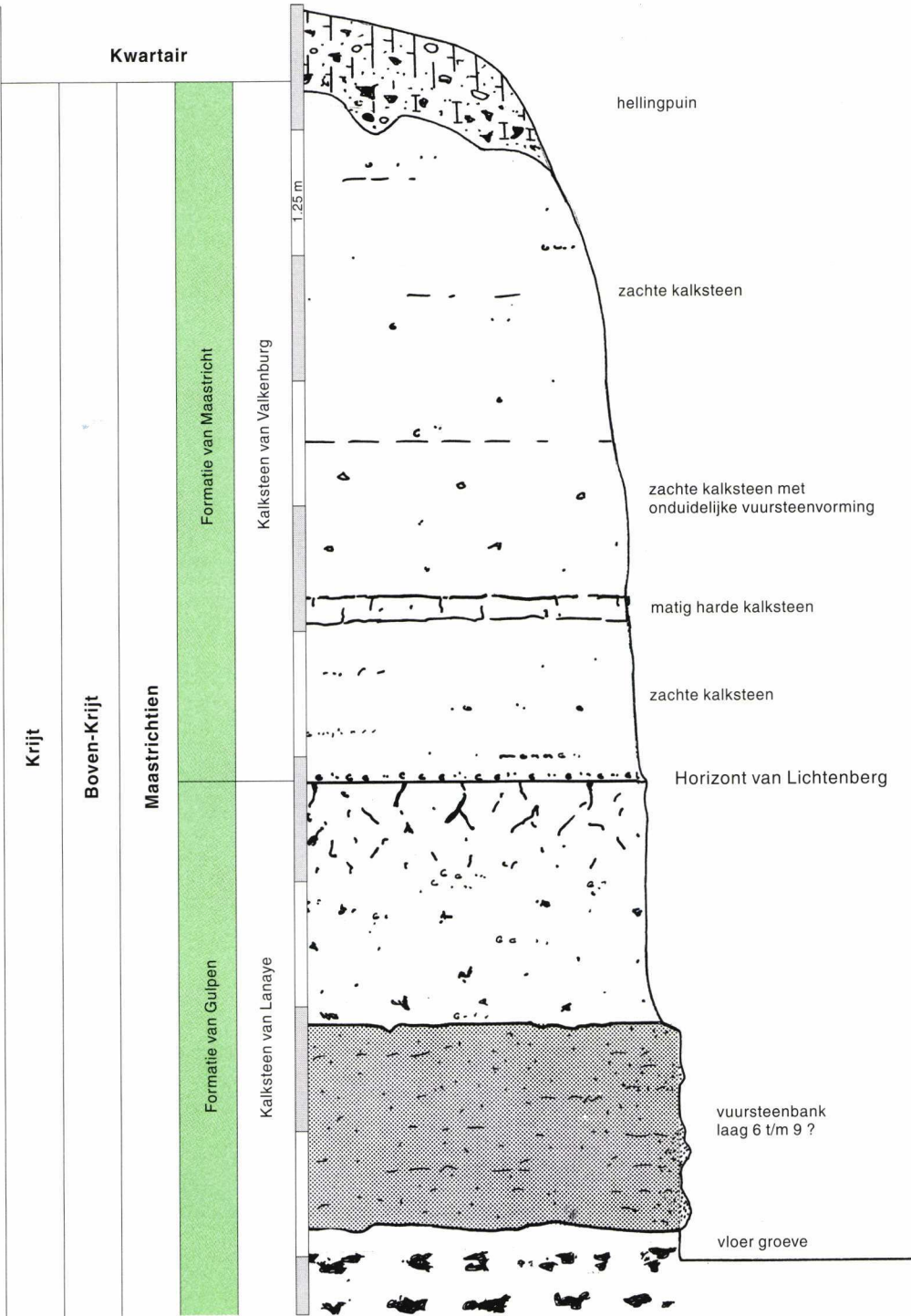


4.7 Kalksteengroeve Blankenberg, Cadier en Keer, NITG ontsluiting nr. : 62A-9, coördinaten: 182.510 - 314.560 (Fig. 4.12)

De groeve Blankenberg, gelegen ten zuiden van de rijksweg Maastricht - Vaals, bij Cadier en Keer is enige jaren geleden in het kader van de bescherming van GEA objecten (Geologische en Archeologische Objecten) geheel opgeschoond (Figuur 3.42). Een beknopte beschrijving en geologisch profiel zijn weergegeven op een informatiebord dat in de groeve is geplaatst.

In deze groeve is het contact ontsloten tussen de Formatie van Gulpen en de Formatie van Maastricht. Het meest opvallende is echter de aanwezigheid van een zeer dikke, grijze vuursteenbank in de Formatie van Gulpen die waarschijnlijk de vuursteenbanken 6 - 7 of 6 t/m 9 representeert.

Aangezien deze groeve een geologisch monument is, kan zij vrij worden bezocht. Bezoekers worden echter verzocht geen fossielen uit de wanden te kappen en de wanden niet te beklimmen.



Figuur 4.12
Lithologisch profiel van de groeve Blankenberg (62A-9) te Cadier en Keer

4.8 Groeve C.B.R. te Lixhe (B), NITG ontsluiting nr. : 61H-19, coördinaten: 174.000 - 307.500 (Fig. 4.13)

De groeve CBR (Cimenteries et Briqueteries Réunies) is gelegen in de dalwand van de uitlopers van de St. Pietersberg tussen Lixhe en Wonck (Figuur 3.32). Het plateau bereikt hier een maximale hoogte van ca. 150 m en ligt ingesloten tussen de dalen van de Maas en de Jeker.

In deze groeve worden kalkstenen uit de Formatie van Gulpen gewonnen voor de cementindustrie. Het weergegeven profiel is opgenomen in het meest noordelijke deel van de groeve. Op deze plaats is naast de Formatie van Gulpen ook nog een dun pakket kalksteen uit de Formatie van Maastricht bewaard gebleven. Op de kalksteen ligt een pakket vuursteeneluvium, dat weer bedekt is met grindafzettingen van de Maas en een in dikte wisselend pakket löss. Even onder de vloer van de groeve bevindt zich de Horizont van Zeven Wegen, die het contact vormt met de Formatie van Vaals.

De groeve C.B.R. is niet toegankelijk voor bezoek. Even ten noorden van deze groeve ligt de groeve Dierkx (61H-18), de typelocatie van de Kalksteen van Lixhe 1 t/m 3.

Even ten zuiden van de groeve C.B.R. ligt de nu verlaten groeve van de C.P.L. (Ciments Portland Liégeois) waarin eveneens kalkstenen werden gewonnen voor de cementindustrie. Deze groeve ligt buiten het sedimentatiegebied van de Maas. Op het kalksteenpakket volgt hier een dik pakket vuursteeneluvium en een meer dan 10 m dik pakket onderoligocene zanden uit de Formatie van Tongeren (Afz. van Klimmen). Deze zanden zijn vervolgens weer bedekt met een dik pakket löss. De groeve is alleen toegankelijk na toestemming van de directie.

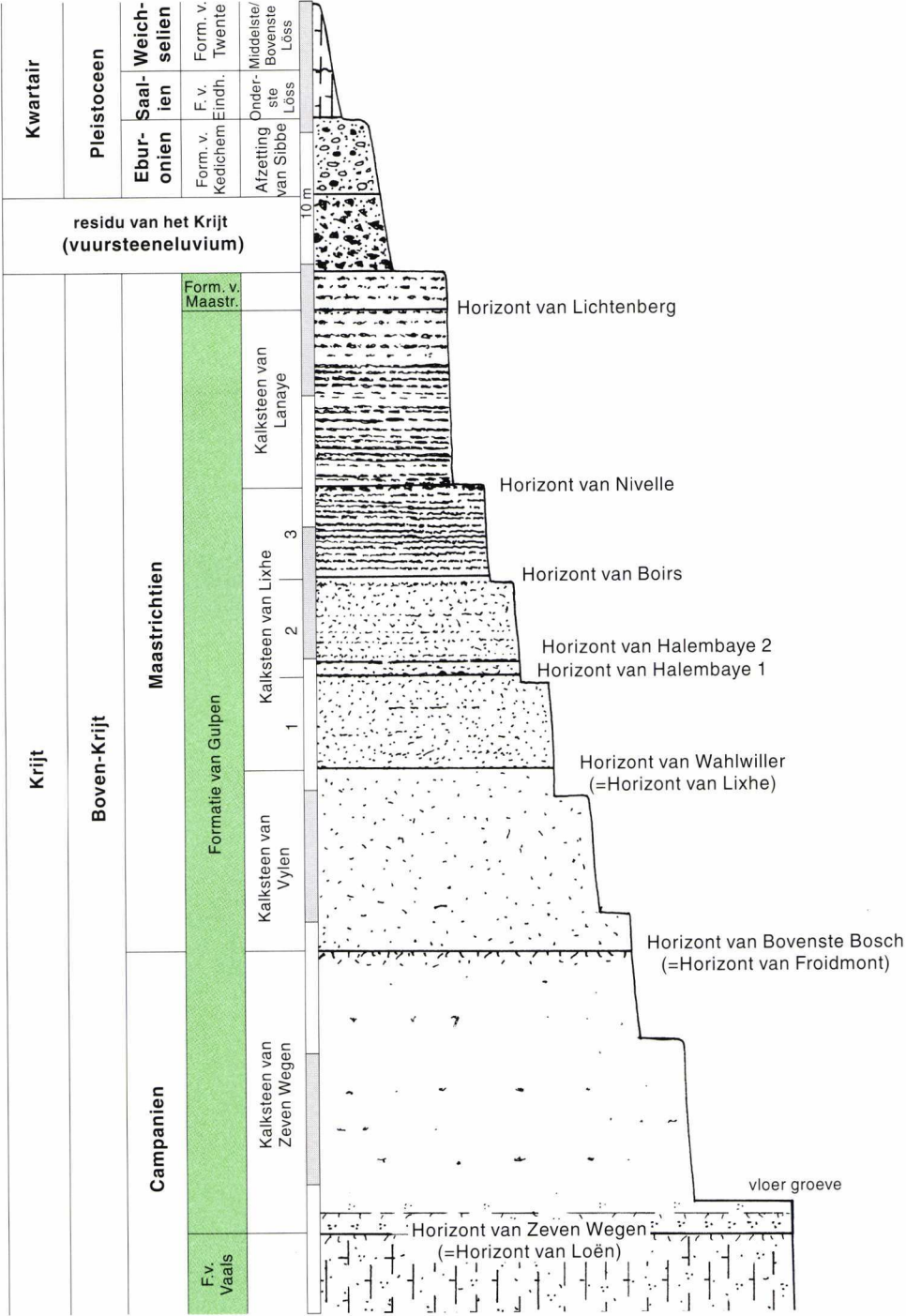
4.9 Geologisch monument groeve Keutenberg bij Schin op Geul, NITG ontsluiting nr. : 62A-89, coördinaten: 189.350 - 317.500 (Fig. 4.14)

Aan de voet van de Keutenberg bij Engwegen te Schin op Geul (Fig. 4.7) bevindt zich een oude verlaten kalksteengroeve in de Formatie van Gulpen. Ontsloten is de oostelijke facies van de Kalksteen van Lanaye. Dit is een zeer fijnkorrelig schrijfkrijt met verspreide en in onduidelijke lagen gerangschikte grillige vuurstenen.

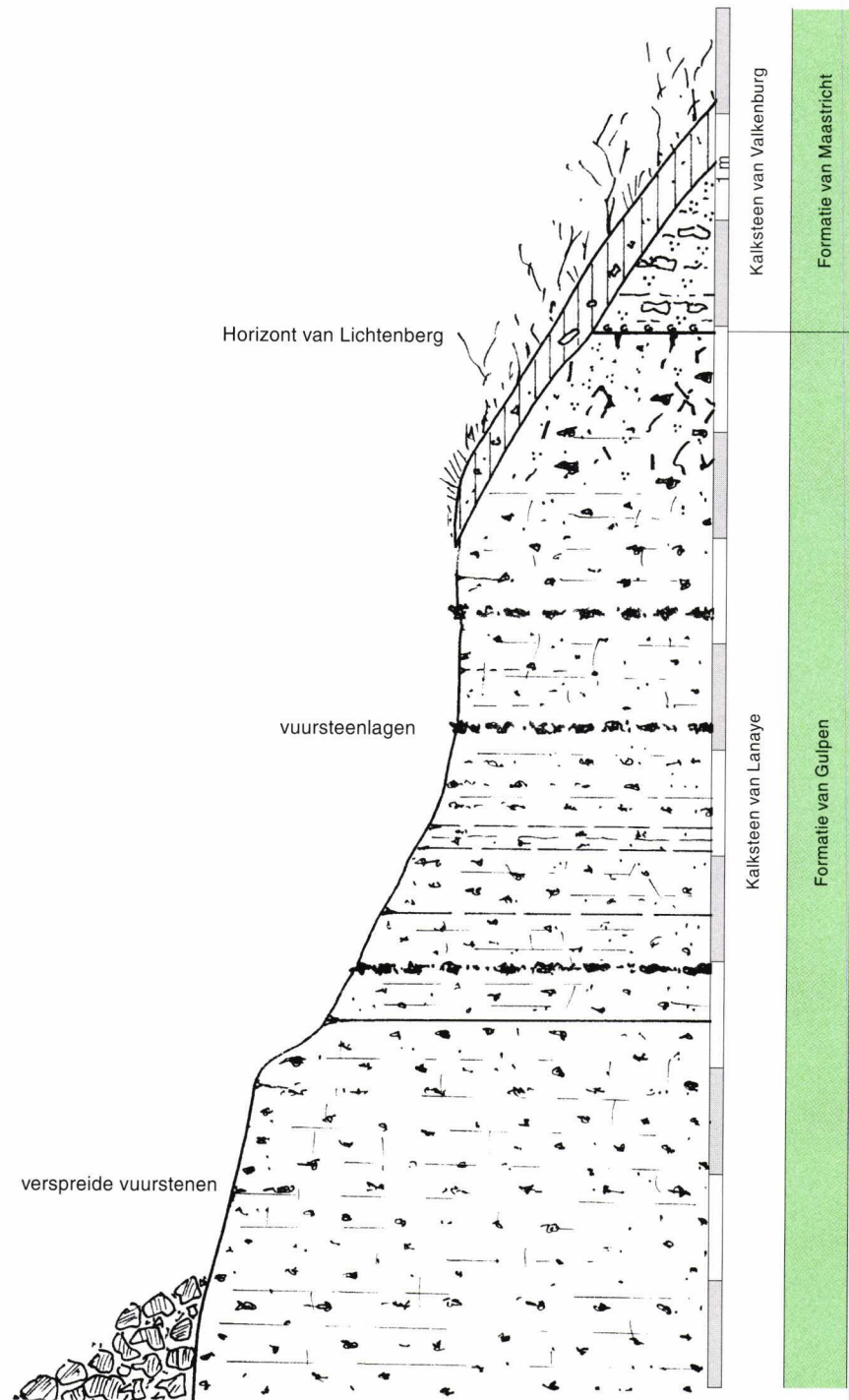
Even voorbij de groeve, in de richting van het gehucht Keutenberg, bevindt zich in de linker wegbarm het contact tussen de Formatie van Gulpen en de Formatie van Maastricht. De hier ontsloten Kalksteen van Valkenburg, behorende tot de Formatie van Maastricht, bestaat uit fijnkorrelige glauconiethoudende kalksteen met onduidelijke lichtgrijze vuurstenen. De groeve is een geologisch monument en voorzien van een informatiebord met geologisch profiel en tekst.

4.10 Geologisch monument groeve Schiepersberg bij Cadier en Keer, NITG ontsluiting nr. : 62A-26, coördinaten: 182.650 - 315.750 (Fig. 4.15)

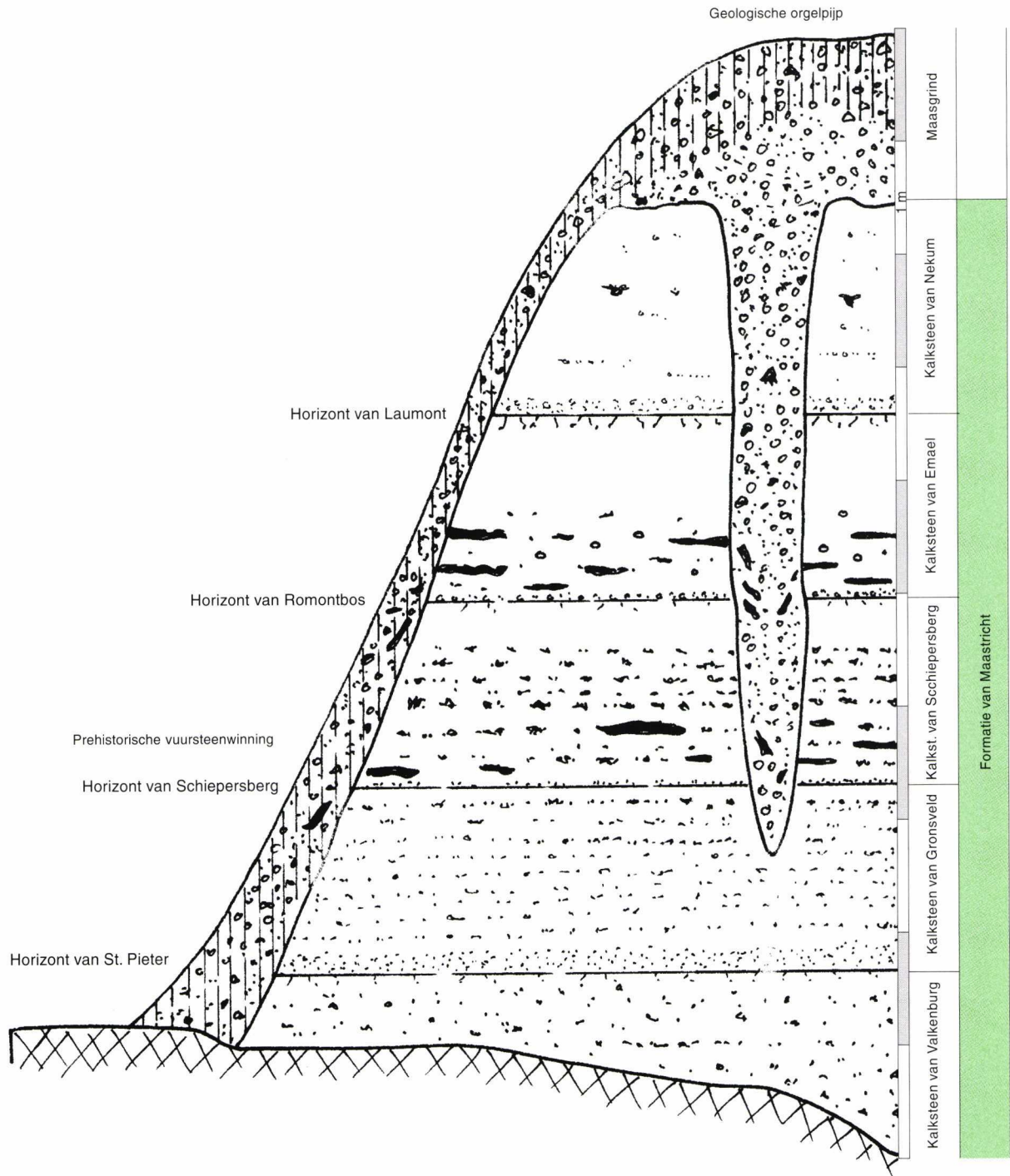
In de groeve Schiepersberg (voorheen groeve Juliana; Fig. 3.42) bij Cadier en Keer bevindt zich een matig grote groeve in kalkstenen uit de Formatie van Maastricht. Ontsloten is het bovenste deel van de Kalksteen van Valkenburg t/m het grootste deel van de Kalksteen van Nekum. Deze groeve is de typelocatie van de Kalksteen van Schiepersberg. In de groeve zijn op een groot aantal plaatsen mooi ontwikkelde geologische orgelpijpen te zien. In het Neolithicum heeft men plaatselijk vuurstenen gedolven in de Kalksteen van Emael voor het vervaardigen van stenen werktuigen. De groeve is een geologisch monument en voorzien van een informatiebord met geologisch profiel en tekst.



Figuur 4.13
Lithologisch profiel van de groeve C.B.R. (61H-19) te Lixhe (B)



Figuur 4.14
Lithologisch profiel van de groeve Keutenberg (62A-89) te Schin op Geul



Figuur 4.15
Lithologisch profiel van de groeve Schiepersberg (62A-26) bij Cadier en Keer

4.11 Geologisch monument groeve Trichterberg, Gronsveld, NITG ontsluiting nr. : 62A-28, coördinaten: 180.250 - 313.300 (Fig. 4.16)

Op deze plaats heeft men aanvankelijk een kleine ondergrondse groeve aangelegd in de Kalksteen van Gronsveld (Formatie van Maastricht) voor het winnen van bouwstenen.

Op een later tijdstip werd een open groeve aangelegd waarbij het grootste deel van de ondergrondse groeve werd weggegraven. In de huidige groeve (Fig. 4.1) is nog een zeer klein deel van het gangenstelsel bewaard gebleven. Ontsloten is nu het bovenste deel van de Kalksteen van Gronsveld, het gehele pakket van de Kalksteen van Schiepersberg en een groot deel van de Kalksteen van Emael. In alle drie de eenheden bevinden zich vuurstenen. In de groevewand zijn enkele mooie voorbeelden van geologische orgelpijpen te zien.

4.12 Geologisch monument Midweg, Voerendaal, NITG ontsluiting nr. : 62B-79, coördinaten 192.250 - 320.350 (Fig. 4.17)

In de omgeving van Kunrade en Voerendaal zijn in het verleden op meerdere plaatsen groeven aangelegd voor het delven van kalksteen uit de Formatie van Maastricht (Kunrader facies). De ontsloten kalksteen bestaat uit een afwisseling van harde en zachte lagen. Mogelijk moet het onderste gedeelte, waarin geen doorlopende harde banken voorkomen, gerekend worden tot de Kalksteen van Gronsveld en het bovenste deel met doorlopende harde banken, tot de Kalksteen van Schiepersberg. Uit de harde lagen werd bouwsteen gekapt, die op talrijke plaatsen in de omgeving toepassing vond (Voerendaal, Ubachsberg, Winthagen enz.). Het niet als bouwsteen te gebruiken materiaal en het afval van de bouwstenen werd in een schachtoven gebrand en vervolgens verwerkt tot gebluste kalk. De zachte lagen werden afgevoerd om gebruikt te worden als kalkbemesting (mergelen) van akkers en weilanden.

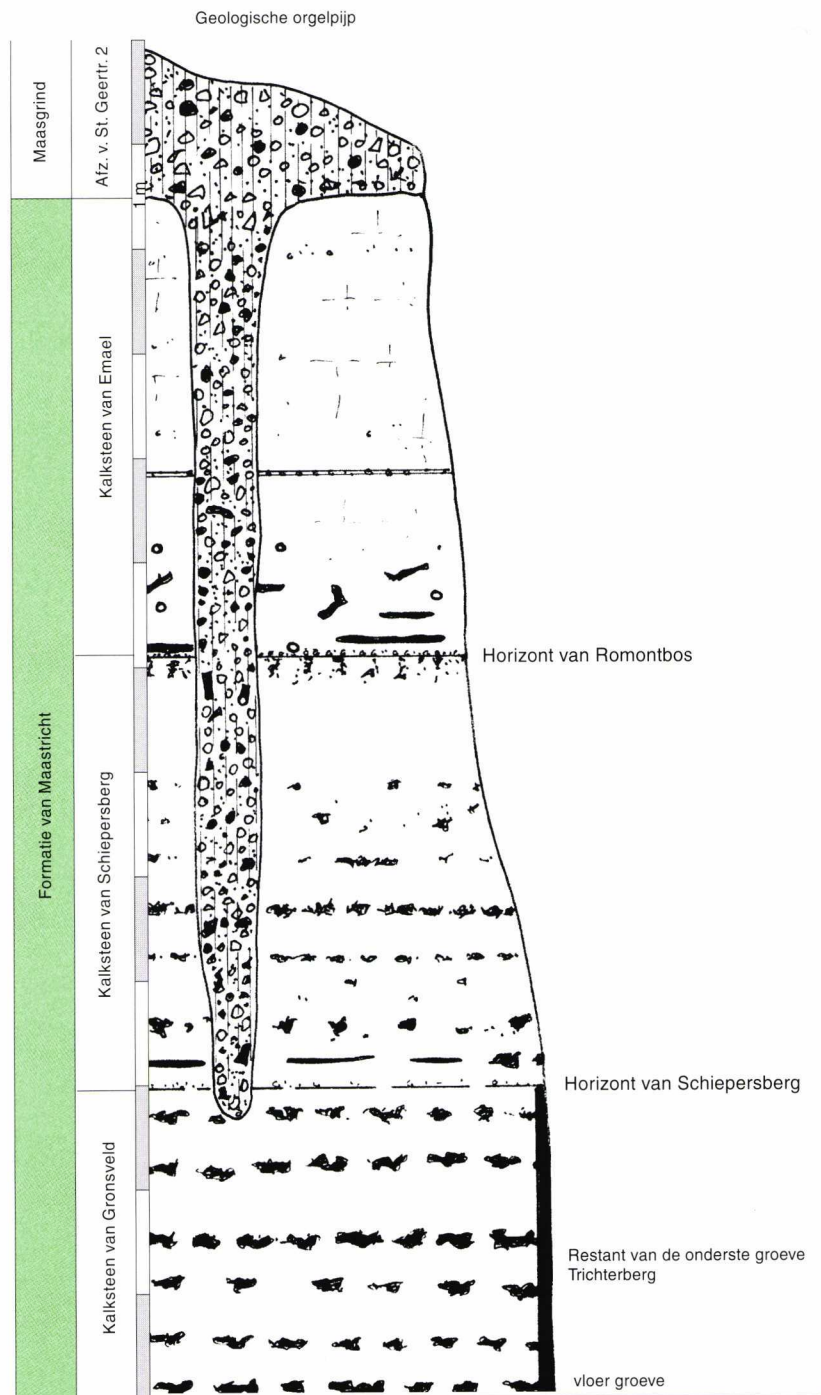
De groeve Midweg (Fig. 4.10) is ingericht als geologisch monument. De opbouw van de Kunrader facies is in de profielwand mooi ontsloten.

4.13 Geologisch monument zuidelijke dalwand van de Geul aan de Geulweg te Geulhem, NITG ontsluiting nr. : 62A-59, coördinaten 182.250 - 320.250 (Fig. 4.18)

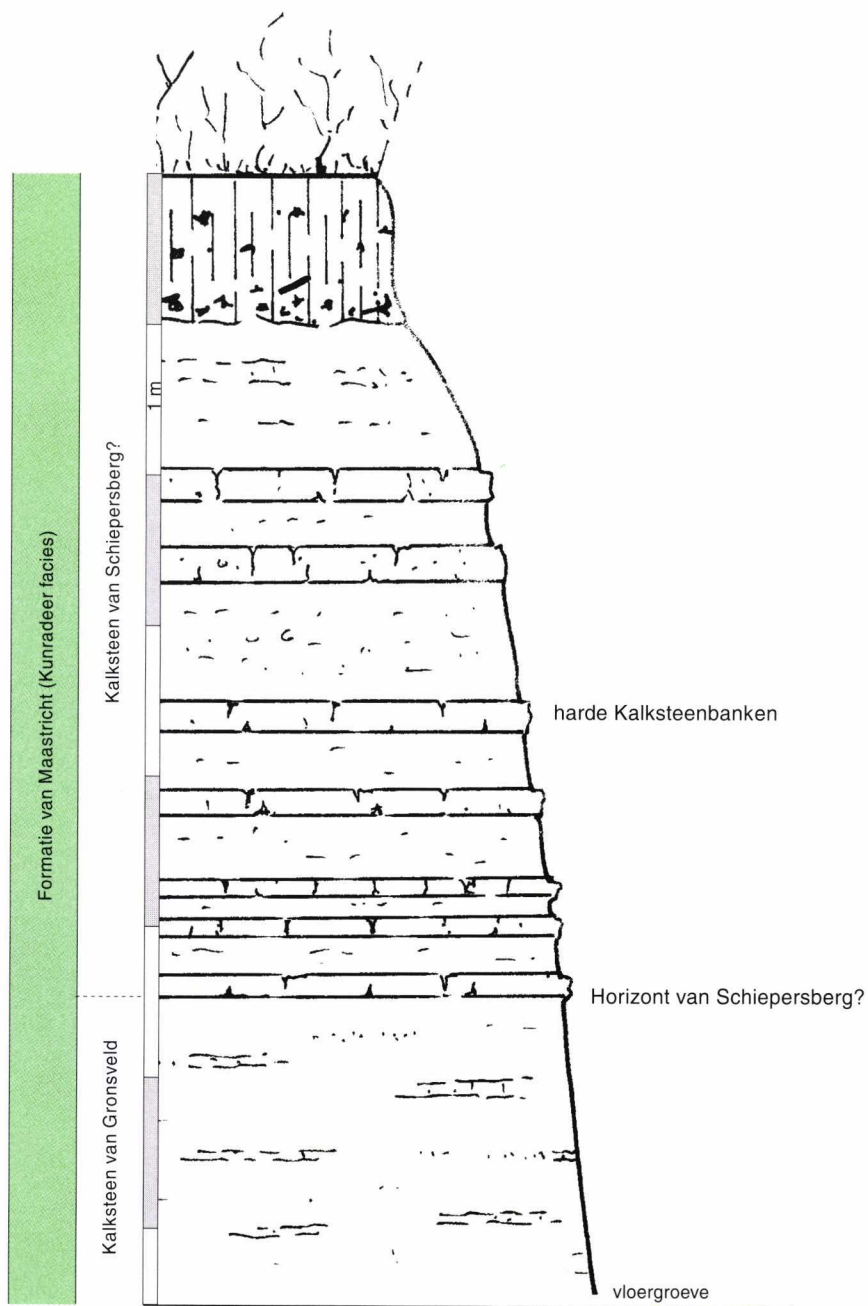
De zuidelijke dalwand van de Geul die hier ca. 60 m boven de dalwand uitsteekt, bezit naast een hoge biologische en cultuurhistorische waarde ook geologische betekenis. Aan de oppervlakte komen delfstoffen voor zoals grind, zand en kalksteen die reeds in de Romeinse tijd een belangrijke plaats innamen voor de bewoners van het Geuldal. Talrijke kleine en grotere groeven vormen nu de overblijfselen van deze delfstoffenwinning. Voor het delven van bouwstenen zijn een groot aantal ondergrondse groeven aangelegd. Bij de groeve Curfs bevinden zich nog de restanten van een kalkbranderij. De kalksteenwand, gelegen rechts naast de ingang van de groeve Curfs (Fig. 3.49 en 4.1), is de typelocatie van de 'Horizont van Berg en Terblijt'.

4.14 Geologisch monument zuidelijke dalwand van de Geul aan de Wolfsdriesweg te Geulhem, NITG ontsluiting nr. : 62A-487, coördinaten 183.670 - 319.730 (Fig. 4.19)

De zuidelijke dalwand van de Geul aan de Wolfsdriesweg (Fig. 3.49) liggen twee kleine ondergrondse kalksteengroeven die zijn aangelegd voor het delven van bouwstenen in de Kalksteen van Meerssen en de Kalksteen van Nekum. Tevens is op deze plaats de Horizont van Caster, die het contact vormt tussen de Kalksteen van Nekum en de Kalksteen van Meerssen, goed zichtbaar.

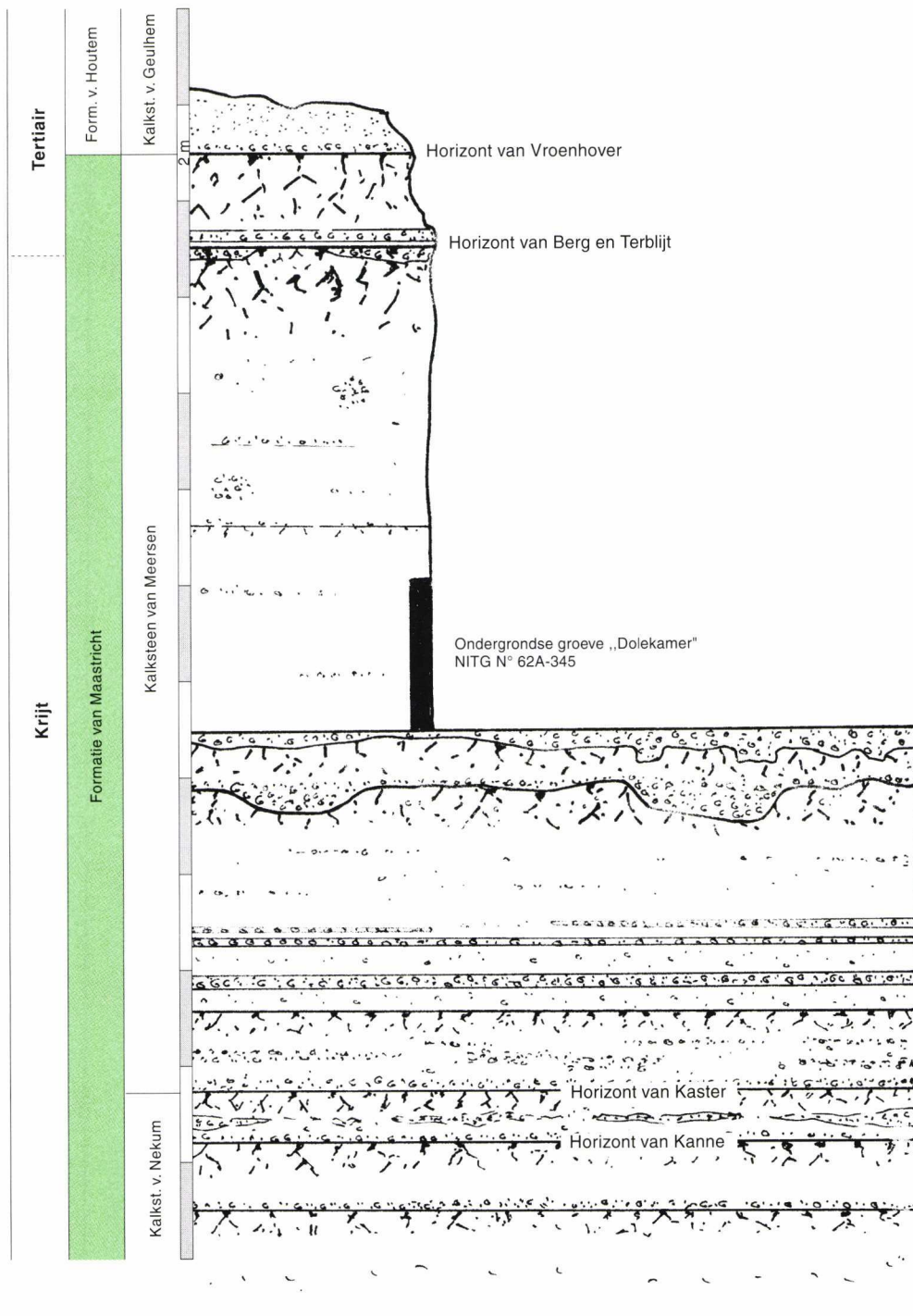


Figuur 4.16
Lithologisch profiel van de groeve Trichterberg (62A-28) te Gronsveld



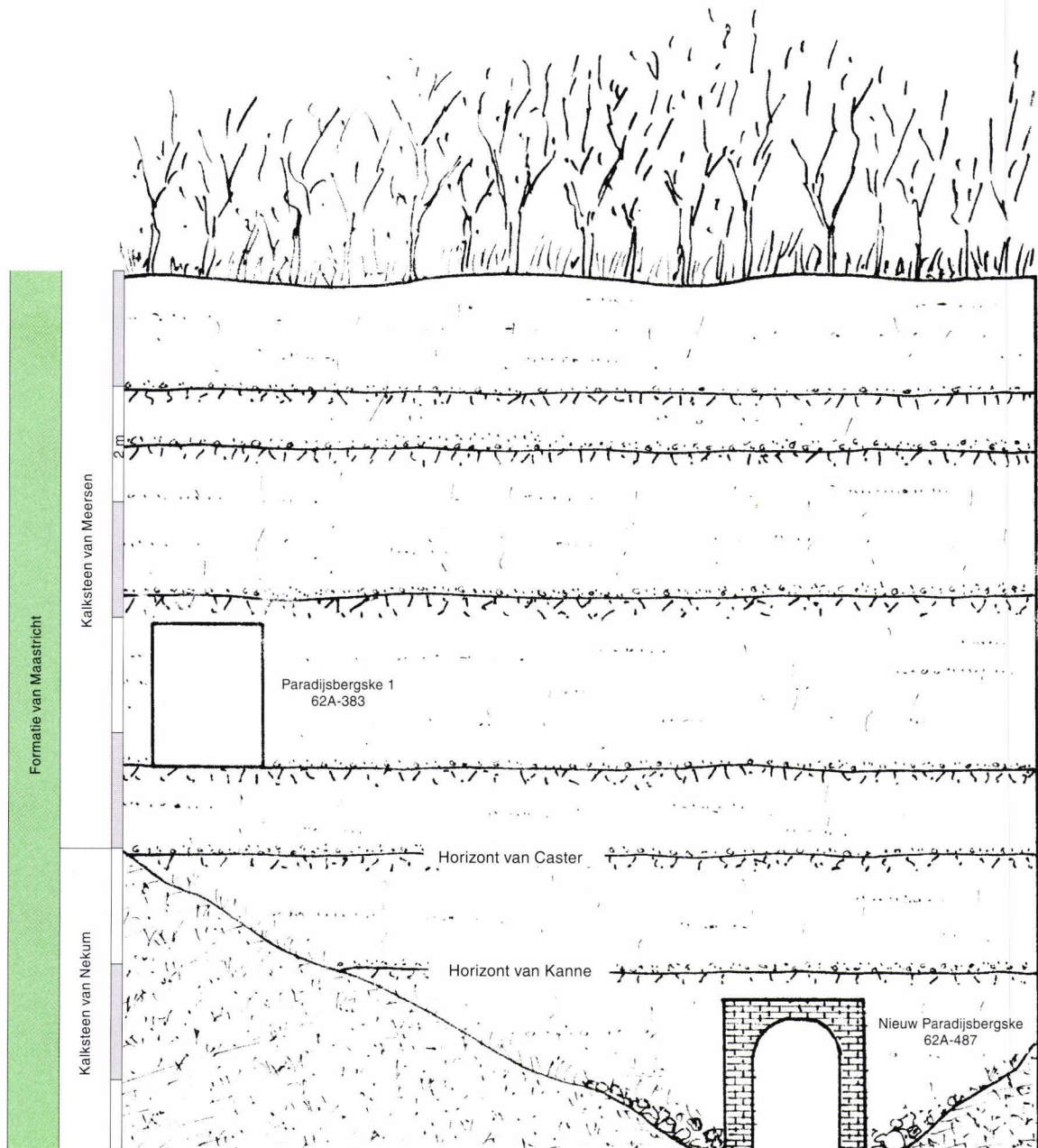
Figuur 4.17

Lithologisch profiel van de groeve Midweg (62B-79) te Voerendaal



Figuur 4.18

Lithologisch profiel van de zuidelijke dalwand van de Geul (62A-59) aan de Geulweg te Geulhem



Figuur 4.19

Lithologisch profiel van de zuidelijke dalwand van de Geul aan de Wolfsdriesweg (62A-487) te Geulhem

4.15 Spoorweginsnijding te Hockai, Hoge Venen, België

Reeds lang is bekend dat zich op het plateau van de Hoge Venen (Massief van Stavelot), tussen Eupen - Monschau - Malmedy en Remouchamps, verspreide voorkomens van vuurstenen bevinden (Fig. 4.20). André Dumont (1847) plaatste deze vuurstenen reeds in het Boven-Krijt.

Tabel 4.1

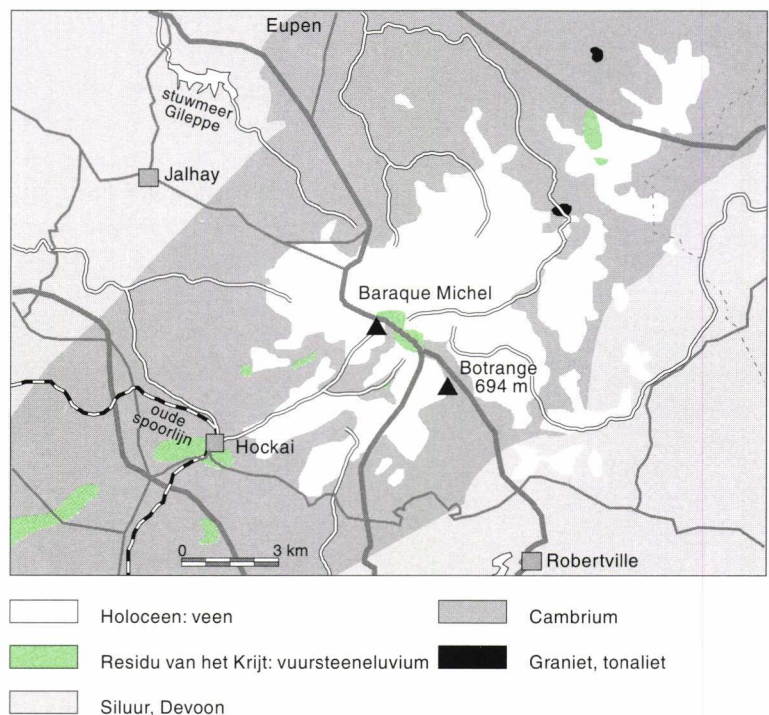
Geologisch profiel van de spoorweginsnijding te Hockai (B)

Laag nr.	Totale dikte in meter	Laag dikte in meter	Omschrijving	Lithostratigrafie
1	0,00	4,80	Bruine zandige leem met veel grote lichtgrijze vuurstenen	Kalksteen van Lanaye
2	7,20	2,40	Bruine zandige leem met veel grote grillige lichtgrijze vuurstenen	Kalksteen van Lixhe 3
3	8,55	1,35	Bruine zandige leem met grillige grijze vuurstenen	
4	9,95	1,40	Bruingrijze zandige leem met grillige grijze- en zwarte vuurstenen	Kalksteen van Lixhe 1 en 2
5	10,15	0,20	Bruingrijze zandige leem met grind (2-15 mm) en grillige lichtgrijze- en zwarte vuurstenen	
6	10,45	0,30	Bruingrijs grind (2-15 mm) met kwarts- en glauconietzand	verweringslaag (Laagje van Wahlwiller)
7	10,50	0,05	Bruingrijs zand met glauconiet en weinig fijnkorrelig grind (2-5 mm)	
8	10,75	0,25	Bruingrijs grind (2-30 mm) met kwarts- en glauconietzand	
9	11,95	1,20	Bruin grind (2-64 mm) met veel stenen (64-200mm)	basisconglomeraat
10	12,20	0,25	Sterk verweerde lichtgrijze schalie	Cambrium, Revinien
11	12,80	0,60	Sterk verweerde donkergrijze tot zwarte schalie	
12	13,05	0,25	Sterk verweerde lichtgrijze schalie	
13	16,05	3,00	Weinig verweerde blauwgrijze schalie	

Bij de aanleg van de spoorlijn Verviers, Sart-Lez-Spa en Hockai naar Francorchamps, werden bij Hockai tussen km 23.2 en 23.6 vuurstenen aangetroffen (Fig. 4.1 en 4.21). Tijdens de excursie van de Belgische Geologische Vereniging op 30 augustus 1885 werd aan deze plaats een bezoek gebracht onder leiding van G. Dewalque. Hij plaatste de vuurstenen deels in het Maestrichtien (Dumont, 1849) en in het Senonien. Ter plaatse werd een groot aantal fossielen verzameld, waaronder rostra van belemnieten, *Inoceramus*, *Pinna*'s, *Ostrea*'s enz. (Dewalque, 1886). Jammer genoeg werd het toen ontsloten profiel nooit gepubliceerd, waardoor dit belangrijke voorkomen lange tijd in de vergetelheid raakte. Toch werd de plaats nog meerdere malen door excursies bezocht (Renier 1928 en Breddin 1937). Breddin stelde zelfs dat in de betreffende spoorweginsnijding nog vuursteenkrijt in situ voorkwam. In 1979 en 1980 werd de spoorweginsnijding in het kader van het vuursteenonderzoek bezocht door Felder en Bosch van de Rijks Geol. Dienst en Albers (TH Aken). Daar een deel van de insnijding thans verborgen is achter metselwerk, plaatselijk overstort is met puin en dicht begroeid is met struiken en bomen, was het niet mogelijk het gehele profiel te onderzoeken en werden slechts enkele profielsleuven gegraven. In datzelfde jaar werd echter in het kader van een aantal excursies een compleet profiel ontsloten en opgenomen (Figuur 4.22). De bewering van Breddin (1937) kon echter niet gecontroleerd worden. In de insnijding werd op +554 m een gedetailleerd profiel opgenomen (Tabel 4.1). Aan de hand van de typische vuursteenkenmerken kon het profiel worden ingepast in de litho-stratigrafische tabel van Zuid-Limburg en omgeving (Felder, 1975a).

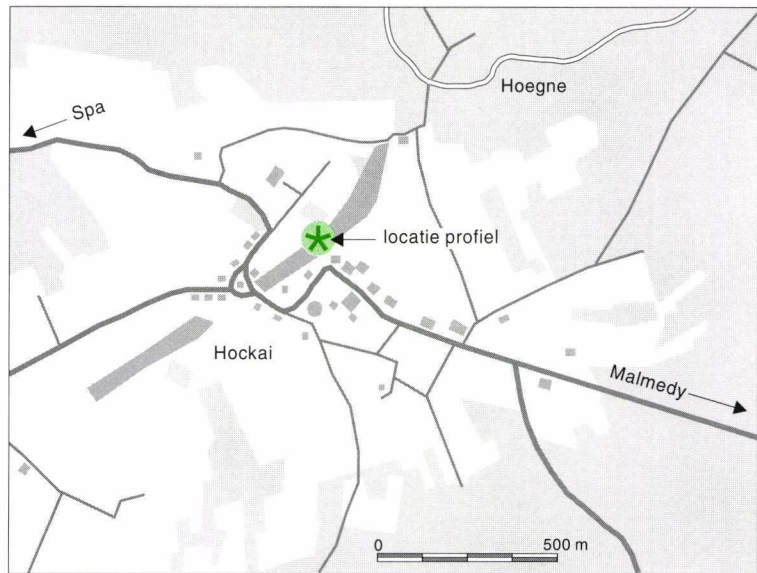
Figuur 4.20

Geologische overzichtskaart van het gebied van de Hoge Venen tussen Eupen en Malmedy (B)



Figuur 4.21

Locatiekaart van de spoorweginsnijding te Hockai, Hoge Venen (B)



4.16 Reconstructie van het voormalige kalksteenpakket

In Zuid-Limburg en omgeving komt het vuursteeneluvium plaatselijk voor naast de vuursteenhoudende kalkstenen uit het Boven-Krijt waaruit het is ontstaan. Hierdoor is het mogelijk, voor zover stratigrafisch herkenbare vuurstenen voorkomen, uit dit vuursteeneluvium het oorspronkelijke kalksteenpakket te reconstrueren. Bij toenemende afstand tussen het punt van het vuursteeneluvium en het te vergelijken punt van het kalksteenpakket, dient rekening te worden gehouden met veranderingen die in het kalksteenpakket aanwezig kunnen zijn geweest (dikte, type kalksteen, hoeveelheid vuurstenen, fossielinhoud van de vuurstenen enz.).

Voor het gebied van Zuid-Limburg en omgeving kon worden vastgesteld dat lithologische veranderingen binnen de afzonderlijke kalksteenpakketten het minst optreden in van noordwest naar zuidoost verlopende richting. De grootste veranderingen treden op in de van zuidwest naar noordoost verlopende richting.

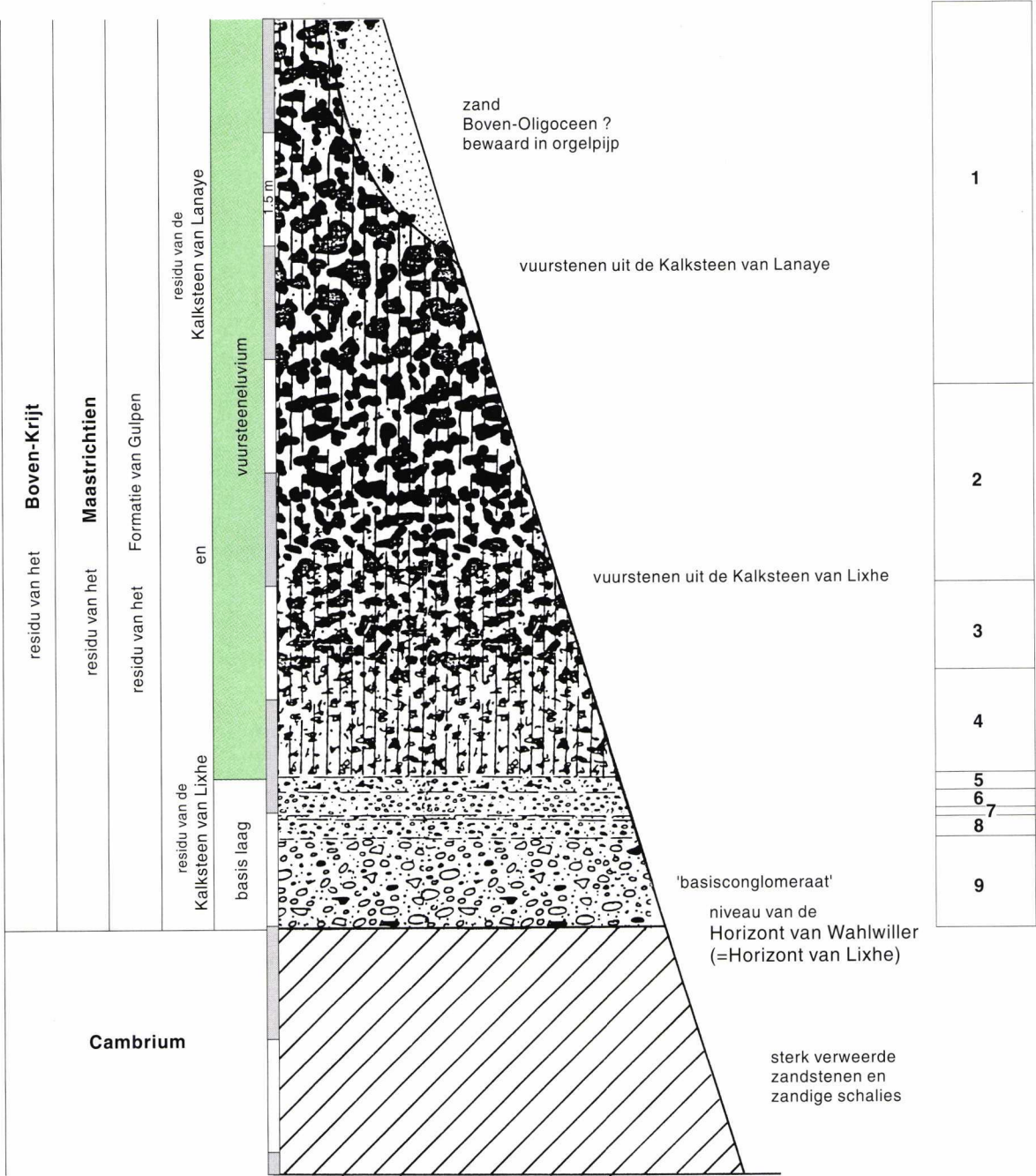
In de Kalksteen van Lixhe is vastgesteld dat in de noordwest - zuidoost verlopende richting van Boirs (B) tot het Vylenerbosch, over een afstand van ca. 40 km geen verandering optreedt, terwijl in de zuidwest - noordoost verlopende richting van het Vylenerbosch - Orsbach, zodanige veranderingen optreden dat geen correlatie meer mogelijk is.

Bij het reconstrueren van het voormalige kalksteenpakket uit het nu nog aanwezige vuursteeneluvium bij Hockai dient rekening te worden gehouden met de afstand van ca. 25 km tussen het punt van het profiel tot het overeenkomstige punt in de noordwest - zuidoost verlopende lijn bij Herve. Tevens moest rekening worden gehouden met het probleem dat het niet mogelijk bleek om te bepalen of de gemeten dikte in de lagen 1 en 2 overeenkwam met de stratigrafische dikte. Wanneer men aanneemt dat deze lagen de stratigrafische dikte vertegenwoordigen, dan volgt de volgende reconstructie:

Tabel 4.2
Reconstructie van de oorspronkelijke dikte van het kalksteenpakket te Hockai

Laag nr.	Dikte in m	Oorspronkelijke dikte in m	Stratigrafie	
1	4,80	ca. 19,00	Kalksteen van Lanaye	FORMATIE
2	2,40	ca. 9,50	Kalksteen van Lixhe	
3	1,35	ca. 9,00		
4	1,40	ca. 9,00		
5	0,20			VAN
6	0,30			GULPEN
7	0,05	ca. 1,50		
8	0,25			
9	1,20	ca. 1,20		
totaal	11,95	49,20		

Als deze uitkomst wordt vergeleken met de profielen in Zuid-Limburg en omgeving, dan komt zowel de dikte van de Kalksteen van Lixhe als de Kalksteen van Lanaye overeen met algemeen bekende dikten. In hoeverre de drie-
deling in de Kalksteen van Lixhe overeenkomt met de Kalksteen van Lixhe 1, 2 en 3 is niet te bepalen. Een onder-
zoek naar de fossielinhoud en wel in het bijzonder naar het voorkomen van de zeeëgel *Echinocorys* zou hierin
duidelijkheid kunnen brengen.



Figuur 4.22
Lithologisch profiel van de spoorweginsnijding te Hockai, Hoge Venen (B)

5 Samenstelling en economische betekenis van de kalkstenen

Van de ca. 12 miljoen ton kalksteen die jaarlijks in de Nederlandse industrie toepassing vindt, wordt ca. 2 miljoen ton in het Boven-Krijt en Danien van Zuid-Limburg gedolven. Het overgrote deel van de resterende 10 miljoen ton wordt geïmporteerd uit België en Duitsland en in mindere mate uit een aantal andere landen.

Het grootste deel van deze kalkstenen vindt toepassing in de cementindustrie. Daarnaast wordt kalksteen gebruikt bij het vervaardigen van verschillende soorten kalkmeststoffen, als vulstof, in de veevoederindustrie, in de rookgasontzwaveling, bouwindustrie en fijn- en grofkeramische industrie. Bij alle industriële toepassingen worden aan deze kalkstenen hoge eisen gesteld. Zo mogelijk dient de kalksteen te bestaan uit vrijwel zuivere kalk (CaCO_3). Indien er nevenbestanddelen voorkomen in de vorm van kleimineralen, ijzerverbindingen, kiezelzuur (als zand of vuursteen), dan is de toepassing beperkt. De aanwezige kleimineralen, ijzerverbindingen en het fijnverdeelde kiezelzuur zijn niet of alleen tegen hoge kosten te verwijderen. Een groot voordeel is de geringe hardheid van de kalksteen. De binding tussen de oorspronkelijke korrels is in de regel niet groot, zodat bij het breken van de losse kalksteenbrokken relatief goedkope installaties gebruikt kunnen worden.

5.1 Cementindustrie

In de cementindustrie worden minder hoge eisen gesteld aan de kalkstenen dan in het grootste deel van de overige industrie. Het basisproduct voor het vervaardigen van cement is globaal als volgt samengesteld:

Tabel 5.1:
Globale samenstelling van het basisproduct voor cementfabricage.

CaCO_3	67%
SiO_2	22%
Al_2O_3	5%
Fe_2O_3	3%
nevenbestanddelen	3%
totaal	100%

De benodigde hoeveelheid Al_2O_3 wordt in de regel toegevoegd in de vorm van leem of fijnkorrelig kleihoudend zand. Onverbrekkelijk gebonden aan deze grondstoffen is ca. 12 % van het benodigde SiO_2 . De overige 10% SiO_2 mag aanwezig zijn in de kalksteen die wordt gebruikt. In een groot deel van de kalkstenen is meer dan 10% SiO_2 aanwezig in de vorm van vuursteenknollen. Voor zover deze vuursteenknollen aanzienlijk harder zijn dan de kalkstenen, kunnen deze tijdens het maalproces afgescheiden worden van de kalkstenen. Voor een deel kunnen deze vuursteenknollen zelfs gebruikt worden als maallichamen en het op het juiste niveau brengen van de benodigde hoeveelheid kiezelzuur. Voor het instandhouden van een goede bedrijfsvoering is het gewenst dat naast de vuursteenhoudende SiO_2 -rijke kalkstenen ook SiO_2 -arme kalkstenen ter beschikking staan.

5.2 Overige industrie

Buiten de cementindustrie worden in de regel veel hogere eisen gesteld aan de kalkstenen en dient zeer selectief afgegraven te worden. Binnen bepaalde toepassingsgebieden worden afwijkende eisen gesteld aan de kalksteen. In de kalkmeststoffenindustrie is bijv. de aanwezigheid van een geringe hoeveelheid ijzerverbindingen van weinig of geen betekenis. Voor het vervaardigen van produkten die toepassing vinden in de fijnkeramische- of papierwarenindustrie, is de aanwezigheid van ijzerverbindingen daarentegen ongewenst.

Meestal vragen de gebruikers een produkt met minimaal 92 - 94% CaCO_3 .

Dit soort kalksteen kan alleen gedolven worden in de Kalksteen van Geulhem (ca. 96% CaCO_3), de Kalksteen van Meerssen (95 - 99% CaCO_3) en de Kalksteen van Nekum (94 - 99% CaCO_3). Al de overige kalkstenen hebben een CaCO_3 gehalte dat lager is dan 92%. In de Formatie van Maastricht bestaat het overgrote deel van de nevenbestanddelen uit SiO_2 in de vorm van grote en kleine vuursteenknollen. Deze vuursteenknollen zijn voor het grootste deel langs mechanische weg uit de kalkstenen te verwijderen. Hierdoor is het CaCO_3 gehalte in veel gevallen te verhogen tot boven 92%. Indien dit niet mogelijk is dan kan door vermening met hoogwaardige kalksteen (> 95% CaCO_3) het gewenste produkt worden samengesteld.

5.3 Samenstelling en vuursteenpercentage van diverse kalkstenen

Met uitzondering van de twee bovenste eenheden van de Formatie van Houthem, wordt hier een tabellarisch overzicht gegeven van de chemische samenstelling en vuursteenpercentages van diverse kalkstenen. De data zijn ontleend aan gegevens uit het archief van het TNO-NITG.

Tabel 5.2

Gemiddelde chemische samenstelling van de Kalksteen van Valkenburg t/m de Kalksteen van Meerssen (Formatie van Maastricht) en de Kalksteen van Geulhem (Formatie van Houthem). De langs mechanische weg verwijderde vuurstenen zijn hierin niet opgenomen

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	P_2O_5	MgCO_3	CaCO_3
Kalkst. v. Geulhem	1,2	0,2	0,4	-	0,06	1,6	96,6
Kalkst. v. Meerssen	0,2	0,1	0,3	-	0,04	1,6	97,8
Kalkst. v. Nekum	0,3	0,2	0,3	-	0,05	1,7	97,5
Kalkst. v. Emael	0,7	0,1	0,2	-	-	1,6	97,4
Kalkst. v. Schiepersberg	1,3	0,3	0,5	0,1	0,03	1,8	96,0
Kalkst. v. Gronsveld	1,7	0,3	0,2	0,1	-	2,5	95,2
Kalkst. v. Valkenburg	15,2	2,5	0,9	0,4	-	2,3	78,7

Tabel 5.3

Gemiddelde chemische samenstelling van de harde- en zachte Kunrader Kalksteen uit de oostelijke facies van de Formatie van Maastricht. Deze kalksteen die vroeger in een groot aantal groeven werd afgegraven, is nu niet meer in exploitatie

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	P ₂ O ₅	MgCO ₃	CaCO ₃
Harde Kunrader Kalksteen (bouwsteen)	2,4	0,2	1,2	0,2	0,2	1,6	94,2
Zachte Kunrader Kalksteen	13,1	0,8	1,6	0,3	0,3	1,8	82,1

Tabel 5.4

Gemiddelde chemische samenstelling van kalkstenen uit de Formatie van Gulpen. De langs mechanische weg verwijderde vuurstenen zijn hierin niet opgenomen

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	P ₂ O ₅	MgCO ₃	CaCO ₃
Kalkst. v. Lanaye	1,3	0,2	0,3	0,1	0,5	1,2	96,4
Kalkst. v. Lixhe	6,1	0,8	1,0	-	-	0,8	91,3
Kalkst. v. Vylen	24,7	2,1	1,1	0,5	-	0,8	70,8
Kalkst. v. Beutenaken	30,0	1,6	1,5	0,5	-	-	66,4
Kalkst. v. Zeven Wegen (westelijk Zuid-Limburg)	2,3	0,07	0,08	-	-	0,5	97,1
Kalkst. v. Zeven Wegen (oostelijk Zuid-Limburg)	16,5	1,4	0,8	0,3	0,1	0,5	80,4

Tabel 5.5

Hoeveelheid vuursteen in de Formatie van Gulpen en de Formatie van Maastricht

		volume %	gew. %	
Kalksteen van Maastricht	Kalkst. v. Meerssen	0,0	0,0	vuursteenarm
	Kalkst. v. Nekum	< 1,0	< 1,5	
	Kalkst. v. Emael	9,0	13,6	vuursteenrijk
	Kalkst. v. Schiepersberg	7,5	11,3	
	Kalkst. v. Gronsveld	7,5	11,3	
	Kalkst. v. Valkenburg	6,0	9,1	vuursteenhoudend
Kalksteen van Gulpen	Kalkst. v. Lanaye	18,0	31,7	vuursteenrijk
	Kalkst. v. Lixhe	17,0	29,8	
	Kalkst. v. Vylen	10,0	16,9	
	Kalkst. v. Beutenaken	5,0	8,2	vuursteenhoudend
	Kalkst. v. Zeven Wegen	<1,0	< 1,7	vuursteenarm

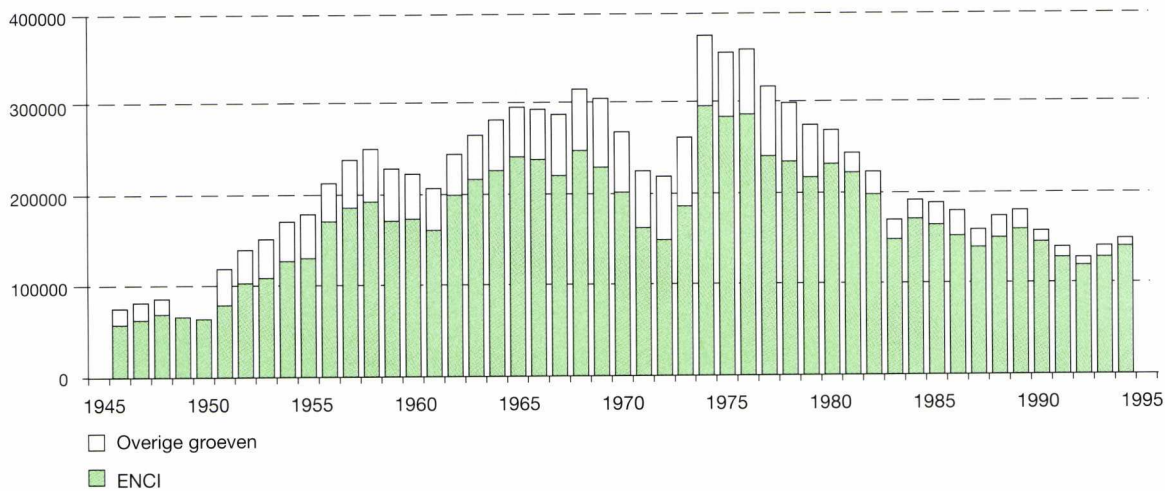
5.4 Exploitatiepunten

Tot 1950 vond de exploitatie van kalksteen in Limburg plaats in enige tientallen groeven. Nu, in 1995, is de exploitatie beperkt tot drie open groeven (Tabel 5.6). De hoeveelheid kalksteen die wordt afgegraven is afhankelijk van de afzet van de vervaardigde producten en de import van ruwe kalksteen.

De hoeveelheid losse kalksteen die in de periode 1946 t/m 1994 werd gedolven is weergegeven in onderstaande grafiek. De grootste hoeveelheid werd gedolven in 1974 (3,6 miljoen ton). In 1994 bedroeg dit ca. 1,4 miljoen ton.

Tabel 5.6
Thans nog in bedrijf zijnde kalksteengroeven in Limburg

Groeve	Locatie	Gemeente
ENCI	St. Pietersberg	Maastricht
NEKAMI	't Rooth	Margraten
CURFS	Geulhem	Valkenburg a/d Geul / Meerssen

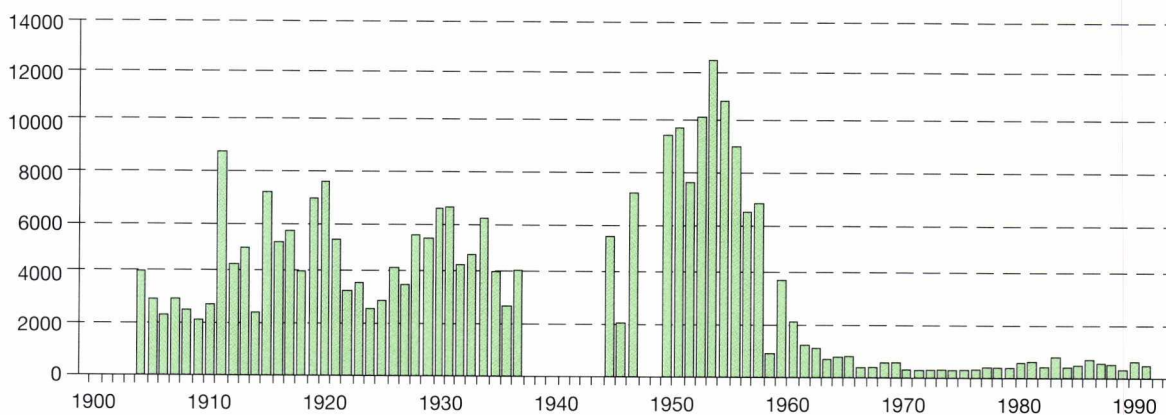


Figuur 5.1
Overzicht van de hoeveelheid afgegraven kalksteen uit het Boven-Krijt en Danien in Zuid-Limburg in tonnen (excl. gezaagde blokken)

De maximale dikte van het afgegraven pakket kalksteen in de groeve van de ENCI aan de St. Pietersberg bedraagt ca. 80 m. In de overige groeven bedraagt dit pakket maximaal 35 m. In alle groeven is de onderkant van het kalksteenpakket nog niet bereikt. De reden waarom op een bepaald niveau wordt gestopt, is voor iedere groeve verschillend. Een te laag gehalte aan CaCO_3 en de stand van het grondwater, evenals technische problemen en voorwaarden gesteld in de afgraafvergunning, kunnen hiervoor redenen zijn. Aangezien er steeds meer aandacht wordt besteed aan de bezwaren die gemaakt worden tegen afgravingen, wordt het noodzakelijk om de beperkte voorraad bruikbare kalksteen zo efficiënt mogelijk te gebruiken.

5.5 Bouwstenen

Vele eeuwen lang zijn in Zuid-Limburg tientallen ondergrondse groeven in bedrijf geweest voor het delven van bouwstenen. Over de omvang van de produktie is tot het begin van deze eeuw weinig bekend. In 1914 waren 13 ondergrondse groeven in bedrijf. Deze dolven 4992 m³ kalksteenblokken. De hoogste produktie werd bereikt in 1955 en wel 12.400 m³ kalksteenblokken. Daarna daalde de produktie. In 1963 bedroeg deze nog 1136 m³ en in 1968 was deze gedaald tot 231 m³. In 1993 bedroeg de produktie 400 m³, mede onder invloed van restauratiewerkzaamheden. Deze produktie was geheel afkomstig uit de Sibbergroeve.

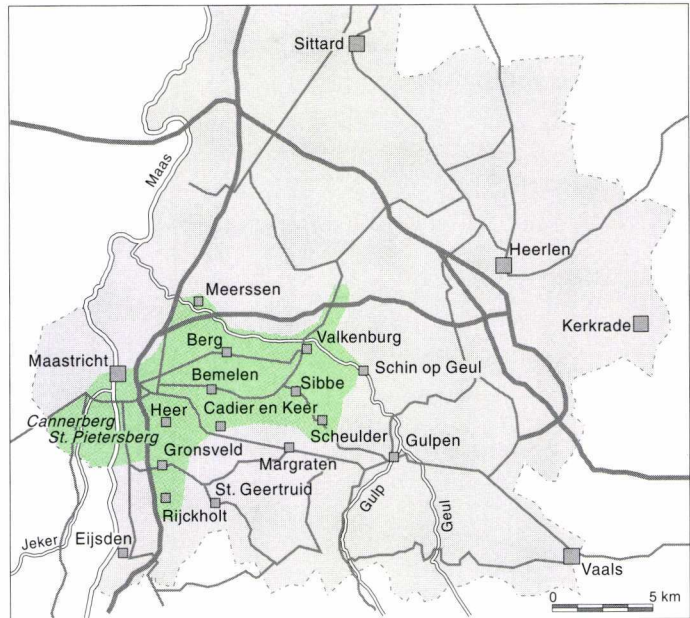


Figuur 5.2

Overzicht van de hoeveelheid gezaagde blokken kalksteen in m³

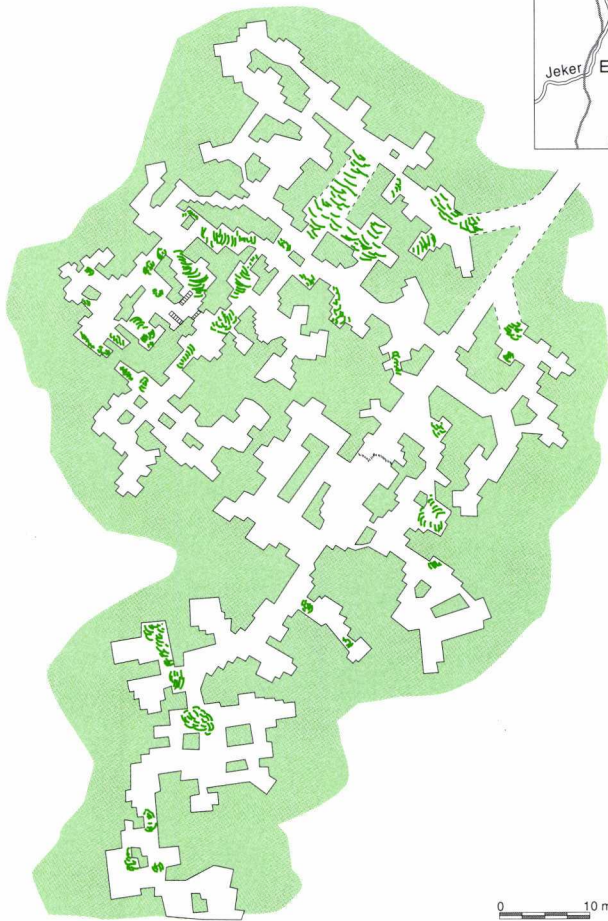
6 Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven

Het grootste deel van dit hoofdstuk is voor het eerst gepubliceerd in afleveringen in het Natuurhistorisch Maandblad tussen 1979 en 1981 door Werner Felder en is nu geheel herzien en gecompleteerd. Litho-stratigrafische profielen en de stratigrafische plaats van de ondergrondse groeven zijn opgenomen aan het einde van dit hoofdstuk. Over de meer dan 200 grote en kleine ondergrondse bouwsteengroeven in de kalkstenen uit het Boven-Krijt van



Figuur 6.1

Gebied met ondergrondse bouwsteengroeven in Zuid-Limburg



Zuid-Limburg bestaat uit uitgebreide literatuur. Over de bouwstenen zelf en met name over de stratigrafische plaats van de ondergrondse groeven, die zich vnl. in het zuidwestelijk deel van Zuid-Limburg bevinden (Figuur 6.1), is veel minder gepubliceerd. Nu meer bekend is over de stratigrafie van de kalkstenen en door Felder (1975b) een nieuwe indeling is gepubliceerd, zijn we in staat het grootste deel van de ondergrondse groeven in te passen in deze stratigrafische indeling.

Figuur 6.1.a

Plattegrond van een ondergrondse bouwsteengroeve. Weergegeven is de groeve Lemmekenskoel, NITG nr. 62A-289 aan de westkant van de Sibbergrubbe (naar een schetskaart van het RIVON)

6.1 Nummering en benaming van de ondergrondse groeven

In de loop der jaren zijn door belanghebbende personen en instanties lijsten samengesteld waarin een nummering en bekende benamingen zijn opgenomen. Een deel van deze lijsten is gepubliceerd en een ander deel is opgenomen in rapporten en archieven.

In dit overzicht is naast de benaming ook de nummering opgenomen die door Van Wijngaarden (1962 en 1967) is opgesteld en vastgelegd in rapporten van het RIVON (Rijks Instituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud). De door Van Wijngaarden gegeven nummering wordt nog steeds door vele onderzoekers gebruikt. Daarnaast is tevens het ontsluitingsnummer opgenomen, waaronder de groeven zijn geregistreerd en beschreven in het ontsluitingenarchief van het Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.

6.2 In de omgeving van Sibbe

De ondergrondse groeven bij Sibbe bevinden zich grotendeels in de Kalksteen van Schiepersberg, Emael en Nekum. In het Biebosch liggen een zestal groeven in het onderste deel van de Kalksteen van Nekum (Figuur 6.2, Tabel 6.1).

Tabel 6.1

Bouwsteengroeven in de omgeving van Sibbe (Kalksteen van Nekum)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Biebosch	58	62A-30	186.560 318.180
Gewandgroeve	120	62A-213	186.780 318.410
Vallenberg	57	62A-291 t/m 294	186.640 318.020
Groeve van de Verdwenen Honden	57b	62A-295 / 296	186.700 317.960
Sansovet	--	62A-299	186.785 317.875
St. Jansboschheidegroeve	118b	62A-301	186.795 317.835

In de omgeving van Sibbe is de Horizont van Laumont duidelijk ontwikkeld en heeft de belangrijkste winning van bouwstenen plaatsgevonden in het hoogste deel van de Kalksteen van Emael (Figuur 6.2). De Horizont van Laumont, in de oudere literatuur bekend als de 'Dentaliumlaag' of '-bank', is gekenmerkt door een hardground (tauwlaag) in de top van de Kalksteen van Emael en een fossielgruislaag aan de basis van de Kalksteen van Nekum. In de top van de Kalksteen van Emael bevindt zich een ca. 2,50 m dik pakket homogene kalksteen. Uit dit niveau komt de bekende 'Sibbersteen', die gedolven werd in de volgende groeven:

Tabel 6.2

Bouwsteengroeven in de omgeving van Sibbe (Kalksteen van Emael)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Sibbergroeve, nieuwe ingang	55	62A-196 - 198 - 287	186.436 317.741
Flesschenbergske	143	62A-197	186.270 317.655
Sibbergroeve	55	62A-198	186.200 317.545
Paulusbergske	139	62A-211	186.420 317.740
Oude Karreweg	55	62A-287	186.360 317.650
Lemmekenskoel	142	62A-289	186.390 317.900
Pruus Karel 2	123	62A-309	187.190 317.910
Nullelökske	140	62A-322	186.380 317.690
N.N.O. van Paulusbergske	--	62A-334	186.495 317.840
Z. van Paulusbergske	--	62A-335	186.485 317.820
Z. van Paulusbergske	--	62A-336	186.475 317.810
Z. van Paulusbergske	--	62A-337	186.470 317.800

Dit homogene niveau ontbreekt in de omgeving van Valkenburg, daarvoor in de plaats bevindt zich een dunne laag kalksteen met fossielgruilsensjes.

In de omgeving van Sibbe liggen onder het niveau van de Sibbergroeve (nr. 55) nog twee niveaus waarin men heeft getracht bouwstenen te delven. Het eerste niveau ligt in het algemeen even onder de Horizont van Romontbos, in de Kalksteen van Schiepersberg (Tabel 6.3).

Tabel 6.3

Bouwsteengroeven in de omgeving van Sibbe (Kalksteen van Schiepersberg)

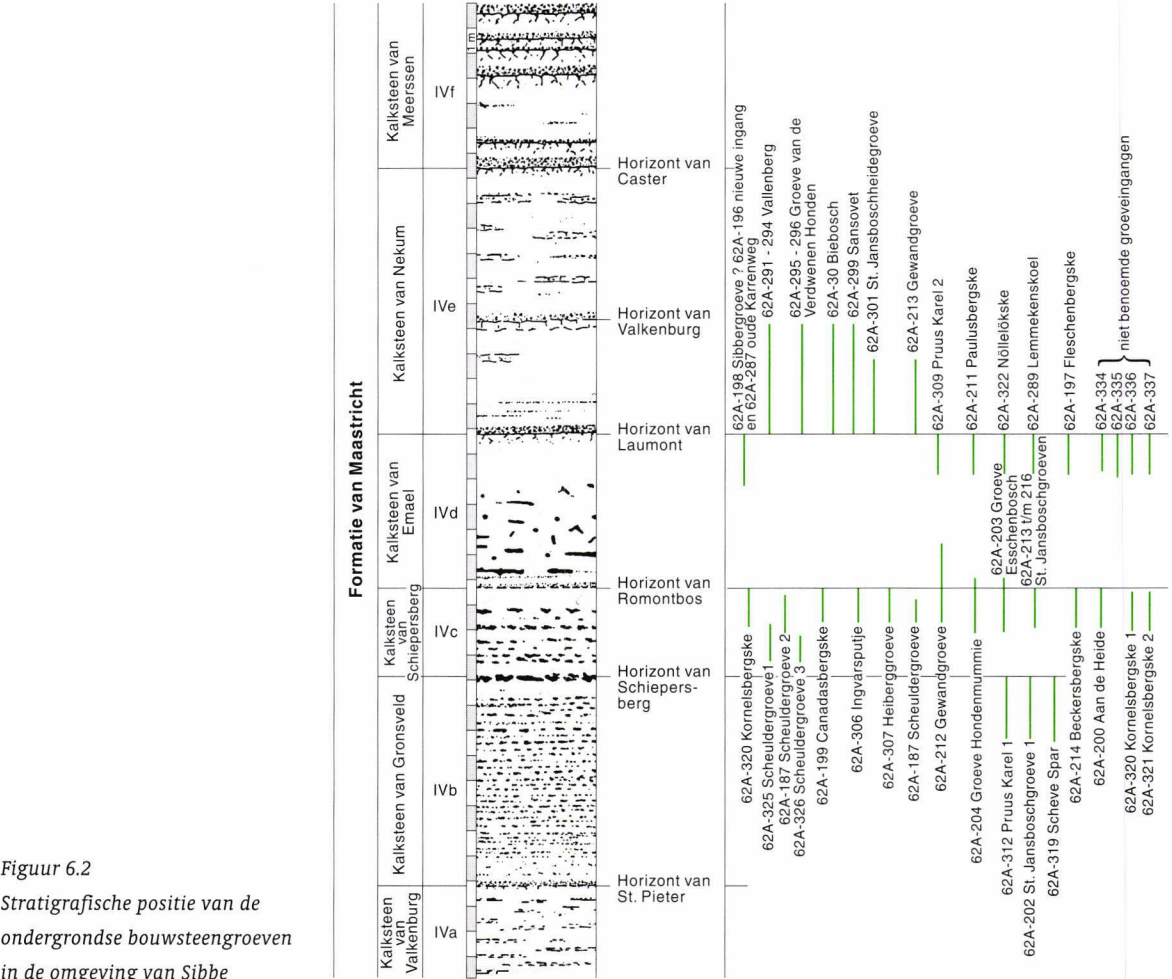
Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Scheuldergroeve 3	60	62A-326	187.980 316.020
Scheuldergroeve 2	61	62A-187	187.980 316.020
Canadasbergske	118	62A-199	186.720 317.860
Aan de Heide	165	62A-200	187.800 317.750
Esschenbosch	124b	62A-203	187.160 317.620
Hondenmummie	124a	62A-204	187.140 317.550
Gewandgroeve	121	62A-212	186.800 318.400
Beckersbergske	142a	62A-214	186.330 318.235
Ingvarsputje	118a	62A-306	186.800 317.860
Heiberggroeve	119	62A-307	186.770 317.800
St. Jansboschgroeven 2 t/m 5	124	62A-313 t/m 316	187.190 317.710
Kornelsbergske 1	56	62A-320	186.475 317.920
Kornelsbergske 2	--	62A-321	186.605 317.860
Scheuldergroeve 1	59	62A-325	186.945 315.940

Het tweede niveau ligt even onder de Horizont van Schiepersberg. Het betreft de volgende groeven:

Tabel 6.4
Bouwsteengroeven in de omgeving van Sibbe (Kalksteen van Gronsvelt)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
St. Jansboschgroeve 1	124	62A-202	187.283 317.915
Pruus Karel 1	122	62A-312	187.200 317.950
Scheve Spar	124c	62A-319	187.330 317.700

De in deze twee niveaus voorkomende groeven zijn allemaal van geringe omvang en moeten worden gezien als pogingen om geschikte bouwsteen te vinden of als plaats waar stenen voor eigen gebruik gedolven zijn. Een eigen stratigrafische plaats bezitten de Scheuldergroeven 1 en 3 in het onderste deel van de Kalksteen van Schiepersberg.



6.3 In de omgeving van Valkenburg

In de omgeving van Valkenburg bevindt zich het belangrijkste bouwsteenniveau in het hoogste deel van de Kalksteen van Emael en het onderste deel van de Kalksteen van Nekum (Figuur 6.3 en Tabel 6.5). In dit niveau liggen de volgende groeven:

Tabel 6.5

Bouwsteengroeven in de omgeving van Valkenburg (Kalksteen van Nekum, Emael en Schiepersberg)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Hoornsberggroeve	62	62A-191	186.550 318.750
Gemeentegroeve	68	62A-215	186.060 319.260
Plenkertgroeve	76	62A-375 / 376	186.015 319.455
Rozenheuvel	--	62A-377	185.920 319.510
Wilhelminagroeve	146	62A-397	186.400 318.990
Kasteelgroeve Valkenburg	144	62A-403	186.210 319.200
Modelsteenkolenmijn (onderste deel)	73-74	62A-502	185.900 318.650
Fluwelengroeve	63	62A-519	186.210 319.100

In de omgeving van Valkenburg bevinden zich in het niveau onder de Horizont van Romontbos slechts twee groeven, waar men gewerkt heeft in de Kalksteen van Schiepersberg, de Hoornsberg, ook wel Heunsberg genoemd, en de groeve Rozenheuvel. Deze laatste groeve is niet door Van Wijngaarden vermeld. De groeve Hoornsberg is geen zelfstandige groeve, maar een toegang tot de Gemeentegroeve die vnl. in het niveau van de Kalksteen van Nekum ligt.

In de omgeving van Valkenburg liggen verder enkele bouwsteenniveaus in de Kalksteen van Meerssen. Het belangrijkste niveau ligt in het onderste deel van deze kalksteen. Het betreft de volgende groeven:

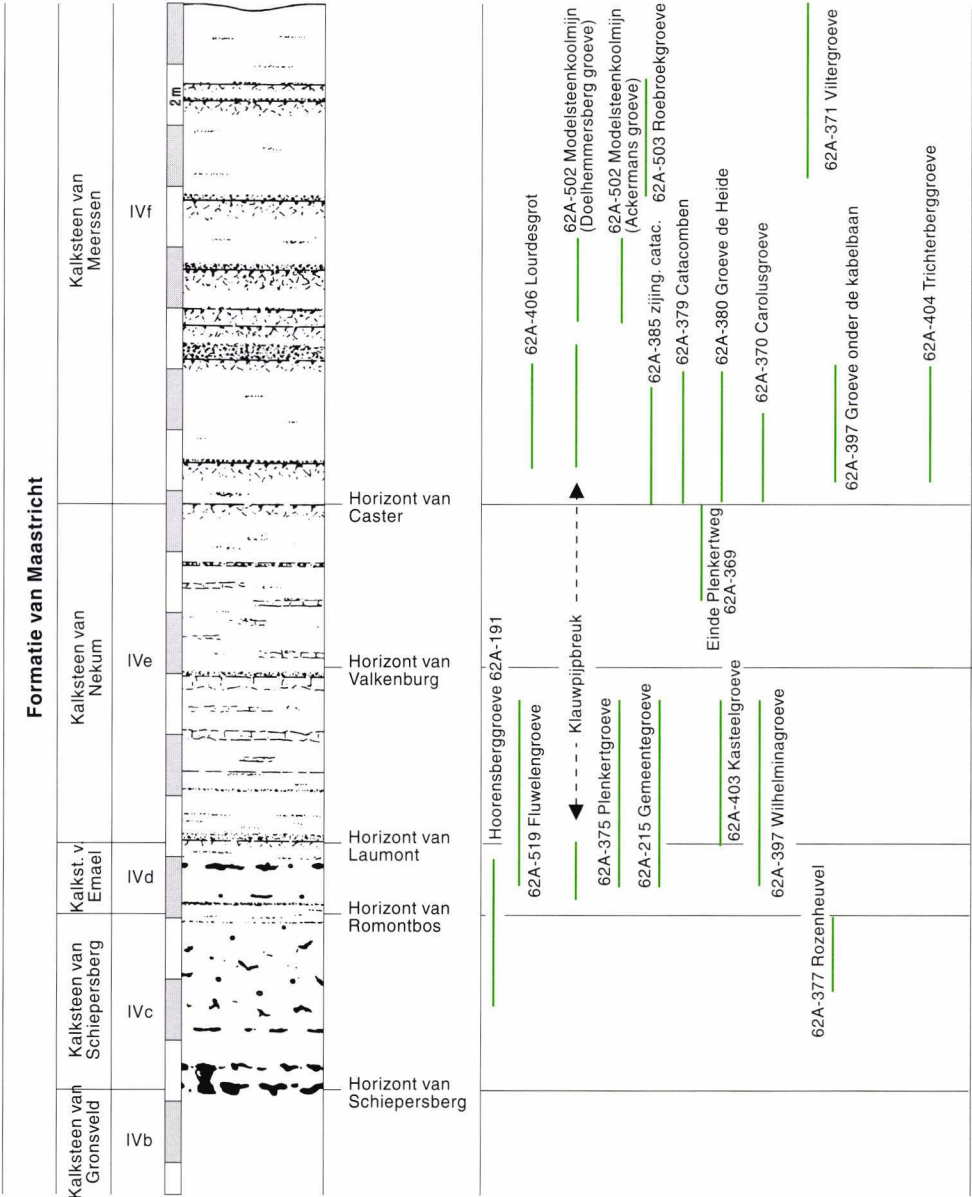
Tabel 6.6

Bouwsteengroeven in de omgeving van Valkenburg (Kalksteen van Meerssen)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Carolusgroeve	79b	62A-370	185.320 319.550
Viltergroeve	80	62A-371	184.730 319.490
Catacomben	78	62A-379	185.575 319.580
De Heide	79	62A-380	185.530 319.605
Catacomben (zij-ingang)	--	62A-385	185.610 319.610
Groeve onder de kabelbaan	146b	62A-397	186.410 318.970
Trichterberggroeve	147	62A-404	185.868 318.996
Lourdesgrot	68a	62A-406	186.060 319.250
Modelsteenkolenmijn (gedeeltelijk)	73 en 74	62A-502	185.900 318.650
Roebroekgroeve	75	62A-503	185.800 318.515

Op een hoger niveau ligt een deel van de Modelsteenkolenmijn, de z.g. Mosgrot. Op een nog hoger niveau ligt aan de Daelhemerweg de groeve Roebroek en even ten westen van Valkenburg de Viltergroeve. Deze laatste groeve ligt al in het gebied van Geulhem - Berg.

In dit overzicht zijn niet opgenomen een aantal kleine groeven ten noorden en oosten van Valkenburg. Van de meeste van deze groeven is de juiste stratigrafische plaats nog niet bekend.



Figuur 6.3
Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven in de omgeving van Valkenburg

6.4 Tussen Valkenburg en Meerssen

In de Kalksteen van Nekum komen westelijk van Valkenburg geen belangrijke ondergrondse groeven voor (Tabel 6.6a). Aan het einde van de Plenkertweg bevindt zich in het hoogste deel van de Kalksteen van Nekum een kleine nisvormige groeve, de groeve Einde Plenkertweg. Vanuit de kelder in het huis naast deze groeve komt men in een watergallerij (captering Heitgracht), gelegen in het onderste deel van de Kalksteen van Nekum. In het Geuldal tussen Valkenburg en Meerssen duikt de Maastrichtse Kalksteen geleidelijk weg onder het niveau van de Geul en is bij Meerssen bedekt door afzettingen uit het Tertiair. Het bouwsteenniveau, waarin de Gemeentegroeve ligt (62A-215), duikt bij de bierbrouwerij van De Leeuw aan de Plenkertweg, onder de grondwaterspiegel, zodat winning van bouwstenen op deze plaats onmogelijk is. Alle groeven tussen Valkenburg en Meerssen liggen dan ook stratigrafisch hoger dan het niveau van de Gemeentegroeve.

Verder in de richting van Geulhem bevinden zich slechts twee ondergrondse groeven in de Kalksteen van Nekum: het voorste deel van het ingangsgebied van de Kloostergroeve en het Nieuw Paradijsbergske. Bij Geulhem bevinden zich in dezelfde kalksteen enkele kleine nisvormige ruimten die als schuur in gebruik zijn. Deze schuurtjes zijn niet door Van Wijngaarden (1967) vermeld. Tegenover het hotel Vue de Montagne aan de Wolfsdriesweg, bevindt zich in een gebouw de captering Geulhem die is aangelegd in het onderste deel van de Kalksteen van Nekum.

Tabel 6.6a
Bouwsteengroeven in het Geuldal tussen Valkenburg en Meerssen (Kalksteen van Nekum)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Nissen te Geulhem	--	62A-356	183.130 319.890
Kloostergroeve	82	62A-364	183.930 319.700
Groeve Einde Plenkertweg	79a	62A-369	185.330 319.560
Nieuw Paradijsbergske	154	62A-487	183.670 319.730
Captering Heitgracht	--	62A-563	185.320 319.560
Captering Geulhem	--	62A-564	183.230 391.830

Het grootste deel van de groeven bevindt zich in de Kalksteen van Meerssen. In deze kalksteen bevinden zich drie niveaus waarin meer of minder homogene kalksteen voorkomt die geschikt is als bouwsteen. Het grootste deel van deze groeven ligt in het onderste niveau. Met uitzondering van de Kloostergroeve, Koepelgroeve, Amorgroeve, Studentengroeve, Barakkengroeve en de Bonsdalgroeve, zijn het allemaal kleine tot zeer kleine groeven.

Tabel 6.7

Bouwsteengroeven in het Geuldal, oostelijk van Meerssen (onderste deel Kalksteen van Meerssen)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Gemeentebroekgroeve 2 / tunnel Schunck	90c	62A-57a / 57d	182.020 320.350
Gemeente-broekgroeve 3 / Ravengroeve	92b	62A-58a	181.920 320.240
Heide	129	62A-61	183.440 319.770
Staal	89d	62A-347	182.360 320.190
Ster van Parijs	89a	62A-350	182.490 320.120
Studentengroeve	86	62A-358	183.320 319.800
Koepelgroeve	84	62A-360	183.280 319.810
Amorgroeve	84a	62A-362	183.190 319.830
Kloostergroeve	82	62A-364	183.930 319.700
Rotswoning	85	62A-365	182.900 319.900
Wolfsdriesgroeve	81	62A-366	184.250 319.620
Viltergroeve	80	62A-371	184.730 319.490
Schunck	90b	62A-381	182.150 320.330
Barakkengroeve (gedeeltelijk)	83	62A-382	183.420 319.540
Paradijsbergske I	130a	62A-383	183.750 319.700
Gemeentebroekgroeve 1 / Barn	91a	62A-412	181.985 320.340
Bonsdalgroeve	89	62A-417 / 348	182.415 320.175
Kleine Bonsdalgroeve	89b	62A-418	182.480 320.130
Garage Curfs	89c	62A-419	182.350 320.200
Paradijsbergkse III	130c	62A-489	183.600 319.750
Paradijsbergkse II	130b	62A-526 / 488	183.580 319.740

In het middelste niveau bevinden zich geen zelfstandige groeven. Een deel van de hierna genoemde groeven ligt in dit niveau.

Tabel 6.8

Bouwsteengroeven in het Geuldal, oostelijk van Meerssen (middelste deel Kalksteen van Meerssen)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Gemeentebroekgroeve 2 / tunnel Schunck	90c	62A-57a / 57d	182.020 320.350
Staal	89d	62A-347	182.360 320.190
Geulhemmergroeve	87	62A-354	182.890 319.750
Schunck	90b	62A-381	182.150 320.330
Barakkengroeve (gedeeltelijk)	83	62A-382	183.420 319.540

Het belangrijkste bouwsteenniveau ligt in het hoogste deel van de Kalksteen van Meerssen (Figuur 6.4). Het grootste deel van deze groeven is middelgroot tot groot.

Tabel 6.9

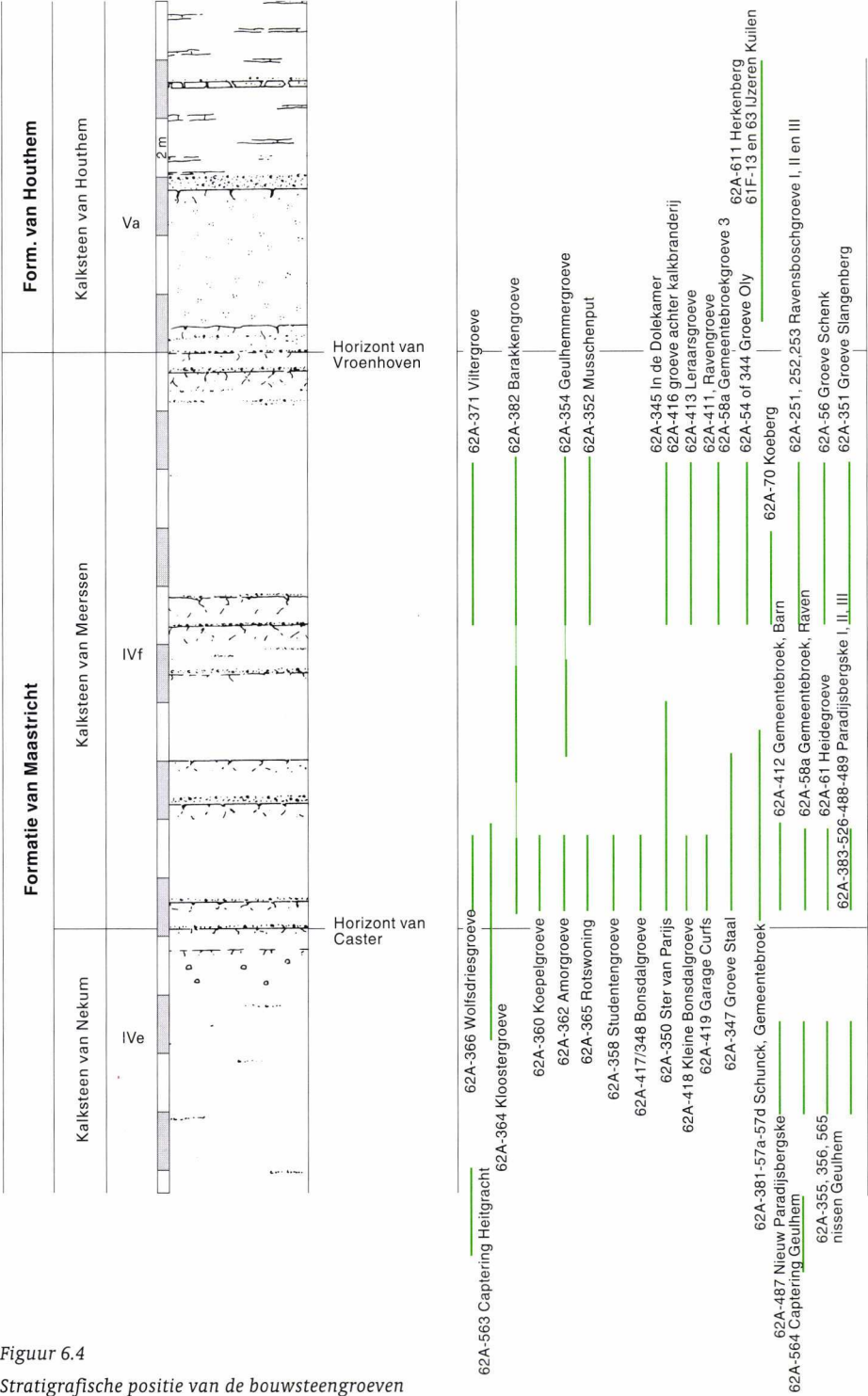
Bouwsteengroeven tussen Meerssen en Valkenburg (Kalksteen van Meerssen)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Oly (kan ook 62A-344 zijn)	93	62A-54	181.320 320.600
Schenk	163	62A-56	181.710 320.320
Koeberg	132	62A-70	183.520 318.610
Ravensboschgroeve I	158	62A-251	185.215 320.915
Ravensboschgroeve II	159	62A-252	185.250 320.880
Ravensboschgroeve III	169	62A-253	186.860 320.700
Oly (kan ook 62A-54 zijn)	93	62A-344	181.450 320.550
In de Dolekamer	90	62A-345	182.215 320.260
Slangenbergr	164	62A-351	182.670 319.870
Musschenput	88	62A-352	182.750 319.900
Geulhemmergroeve	87	62A-354	182.890 319.750
Viltergroeve	80	62A-371	184.770 319.490
Barakkengroeve (gedeeltelijk)	83	62A-382	183.420 319.540
Ravengroeve	92a	62A-411	181.950 320.270
Leraarsgroeve	91	62A-413	182.000 320.240
Groeve achter kalkbranderij	90a	62A-416	182.190 320.200

Een uitzonderlijke plaats wordt ingenomen door de groeven onder de Herkenberg bij Meerssen (nr. 93a, NITG nr. 62A-611, coördinaten 181.680, 321.190) en die in de IJzeren Kuilen bij Rothem (61F-13 en 63, coördinaten 179.890, 320.620). Deze groeven, die alleen via een schacht bereikbaar waren, gaan mogelijk terug tot de Romeinse tijd. De groeven onder de Herkenberg bij Meerssen zijn ontdekt in 1853 bij de aanleg van de spoorlijn Aken-Maastricht en uitvoerig beschreven door Habets (1892) en Vos (1937).

De groeven in de IJzeren Kuilen bij Rothem zijn ontdekt in 1935 en nooit onderzocht. Waarschijnlijk liggen al deze groeven in de Formatie van Houthem (Figuur 6.4).

Niet bekend is de stratigrafische plaats van de groeven Heihof (62A-485, coördinaten 181.110, 319.820), Rasberg (nr. 152, coördinaten 182.410, 319.160) Mesberg (nr. 137, coördinaten 182.640, 318.920) en Matheis Lenssen (nr. 153, coördinaten 184.410, 318.700), die alleen via een schacht (waterput) bereikbaar zijn en de groeven Kleine Heide (nr. 131, 62A-254, coördinaten 183.240, 318.710), Steinbergske 1 (nr. 138, 62A-249, coördinaten 184.240, 317.930) en Steinbergske 2 (nr. 138a, 62A-250, coördinaten 184.155, 318.140), waarvan de ingang is dichtgestort en de locatie niet exact bekend is.



Figuur 6.4
Stratigrafische positie van de bouwsteengroeven
tussen Valkenburg en Meerssen

6.5 Tussen Bemelen en Margraten

In het droogdal van Bemelen, dat zich bij Bemelen in tweeën splitst met een tak in noordoostelijke richting naar Terblijt en een andere in zuidoostelijke richting over Groot Welsden in de richting van Margraten, liggen in de steile noordelijke dalhellingen een reeks ondergrondse bouwsteengroeven.

Vanaf Bemelen in de richting van Terblijt - Vilt, stijgt het dal vrij steil omhoog. De helling van de Maastrichtse Kalksteen is veel geringer. Hierdoor komt bij Terblijt en Vilt een hoger deel van de Maastrichtse Kalksteen aan de oppervlakte dan bij Bemelen.

Het dal in de richting van Groot Welsden - Margraten stijgt met een geringere hoek dan de Maastrichtse Kalksteen, waardoor in dit dal van noordwest naar zuidoost steeds oudere kalkstenen aan de dag treden.

In de omgeving van Bemelen ligt het belangrijkste bouwsteenniveau in het hoogste deel van de Kalksteen van Nekum (Figuur 6.5).

Tabel 6.10
Bouwsteengroeven in de omgeving van Bemelen (Kalksteen van Nekum)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Stroberg	31	62A-145	181.570 317.890
Koeleboschgroeve	35	62A-146	182.320 318.125
Winkelberg	32	62A-147	181.850 317.945
Grote Cluysberg	33	62A-148	181.985 318.010
Kleine Cluysberg	34	62A-148b	181.985 318.010
Bemelerboschgroeve 2	39b	62A-162	181.790 317.500
Mettenberg 5	42a	62A-429	182.220 316.750
Roothergroeve	43	62A-434	182.300 316.600
Mettenberg 4	42	62A-435	181.890 317.010
Mettenberg 3	41	62A-436	181.880 317.100
Mettenberg 2	40a	62A-438	181.850 317.160
Nevenkoeleboschgroeve	35a	62A-441	182.210 318.010
Bemelerboschgroeve 3	39c	62A-452	181.770 317.450
Bemelerboschgroeve 1	39a	62A-454	181.930 317.570

Een tweede niveau ligt in het onderste deel van de Kalksteen van Meerssen. De groeven Kleine Cluysberg 2 en 3 zijn niet vermeld door Van Wijngaarden (1967). Oorspronkelijk lagen aan de Pinweg twee ondergrondse groeven (62A-430 en 431). Niet bekend is welke Van Wijngaarden met nr. 125 heeft bedoeld.

Tabel 6.11

Bouwsteengroeven in de omgeving van Bemelen (onderste deel Kalksteen van Meerssen)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Kleine Cluysberg 2 (Hermitage)	--	62A-148c	181.985 318.010
Kleine Cluysberg 3	--	62A-148d	181.985 318.010
Pinweggroeve 2	(125)	62A-431	182.270 316.700
Schoorberg 2	126a	62A-432	182.470 316.760
Schoorberg 1	126	62A-433	182.400 316.730
Gasthuisdelgroeve 3	37	62A-442	182.210 317.870
Gasthuisdelgroeve 2	38	62A-445	182.270 317.800

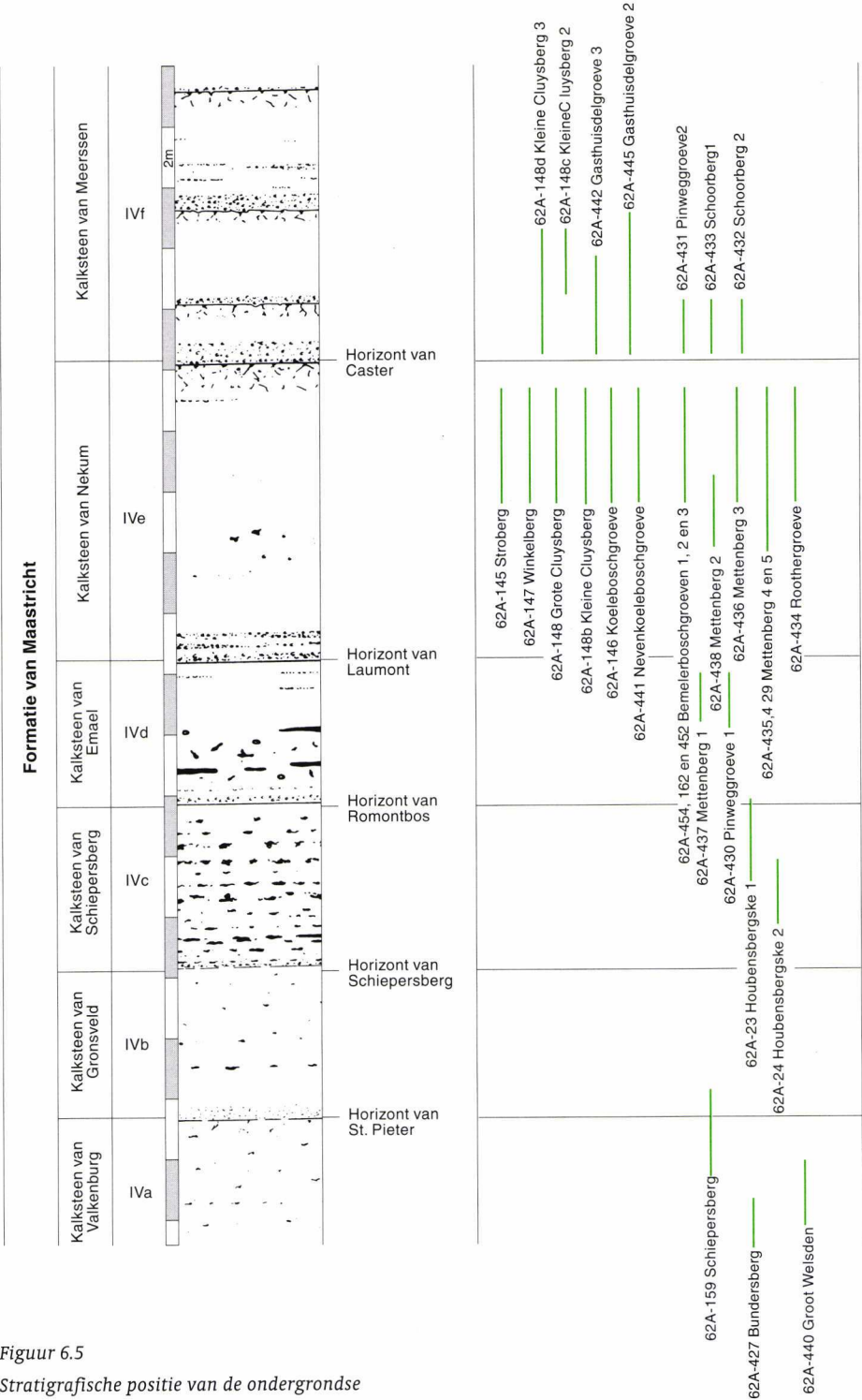
Enkele kleine groeven op andere stratigrafische plaatsen zijn de groeve Mettenberg 1 (nr. 40, 62A-437, coördinaten 181.790, 317.170) en de Pinweggroeve 1 (62A-430, coördinaten 182.300, 316.710). Deze twee groeven liggen in het hoogste deel van de Kalksteen van Emael. Beide groeven aan de Pinweg (62A-430 en 431) zijn door de dagbouwgroeve Franssen omstreeks 1955 geheel weggegraven.

Bij Groot Welsden ligt de groeve Houbenbergske 1 (nr. 151, 62A-23, coördinaten 184.450, 316.300). Deze groeve ligt in het hoogste deel van de Kalksteen van Schiepersberg. Van de groeve Houbenbergske 2 (nr. 160, 62A-24, coördinaten 180.500, 316.130) die is dichtgestort, is niet de juiste stratigrafische plaats bekend. Zeer waarschijnlijk lag deze groeve in het midden van de Kalksteen van Schiepersberg.

Van de groeve Schiepersberg (nr. 127, 62A-159, coördinaten 182.640, 315.800), waarvan Van Wijngaarden (1967) zegt dat deze is weggegraven, is een klein deel bewaard gebleven. Deze groeve, die bekend is onder de naam Boddekamer, ligt voor een deel in de Kalksteen van Valkenburg (Figuur 6.5).

De groeven Bundersberg (nr. 127a, 62A-427, coördinaten 182.350, 360.090) en Groot Welsden (nr. 161, 62A-440, coördinaten 184.720, 315.570), liggen beide in het hoogste deel van de Kalksteen van Valkenburg.

Niet bekend is de stratigrafische positie van enkele ondergrondse groeven die alleen via een schacht (waterput) bereikbaar zijn (waren), bij de gehuchten 't Rooth, Gasthuis en Wolfshuis. Zeer waarschijnlijk bevinden deze zich in de Kalksteen van Nekum.



Figuur 6.5
Stratigrafische positie van de ondergrondse
bouwsteengroeven tussen Bemelen en Margraten

6.6 Tussen Heer en Eysden

In de steile oostelijke dalhelling van het Maasdal en het droogdal (Dorrengrub), dat zich uitstrekt vanaf Gronsveld tot Margraten, dagzomen op vele plaatsen kalkstenen uit het Boven-Krijt. In het noordelijke deel, vanaf de Heerderberg tot aan de Riesenberg, komen kalkstenen voor uit de Formatie van Maastricht. Als gevolg van een algemene helling stijgen deze kalkstenen van Noord naar Zuid. Aan de voet van de Riesenberg komt voor het eerst kalksteen uit de Formatie van Gulpen (Kalksteen van Lanaye) aan de oppervlakte. Verder naar het zuiden komt deze kalksteen zo hoog te liggen dat deze even ten zuiden van de Schone Grub (in het Savelsbos) de bovenkant vormt van het kalksteenpakket.

De opbouw van de Formatie van Maastricht bij Heer en Gronsveld vertoont in het onderste deel opvallende verschillen. Het meest in het oog lopend is de grote toename in dikte van de Kalksteen van Valkenburg van Zuid naar Noord en een afname in dikte van de Kalksteen van Gronsveld. In de omgeving van de Heerderberg bedraagt de dikte van de Kalksteen van Valkenburg ca. 20 m en van de Kalksteen van Gronsveld ca. 2,50 m. In de omgeving van Gronsveld bedraagt de dikte van de Kalksteen van Valkenburg ca. 4 m en van de Kalksteen van Gronsveld ca. 11 m. In het noordelijke deel van het hier beschreven gebied bevinden zich de ondergrondse groeven allemaal in het hoogste deel van de Kalksteen van Nekum (Figuur 6.6).

Tabel 6.12

Bouwsteengroeven in de omgeving van Cadier en Keer (Kalksteen van Nekum)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Scharnderberg	105	62A-50	180.510 316.370
Keerderberg Noord	48	62A-149	180.320 315.750
Mosterdberg Zuid	108	62A-150	180.330 315.300
Mosterdberg Noord	108a	62A-150	180.320 315.320
Kleinberg Noord	109	62A-151	180.320 314.920
Kleinberg Zuid	110	62A-152	180.290 314.800
Hotsboom	111	62A-153	180.290 314.560
De Kleine Hel	112a	62A-154	185.200 314.350
Nieuwe groeve Huize St. Joseph	44	62A-267	180.510 316.230
Boven Nieuwe groeve St. Joseph	166 (168)	62A-268	180.530 316.230
Heerderberg (gedeeltelijk) II	106	62A-269	180.480 316.210
Heerderberg (gedeeltelijk) III	107	62A-269	180.480 316.210
Heerderberg (gedeeltelijk)	45	62A-269 / 421	180.480 316.210
Keerderberg Midden	47	62A-422	180.360 315.720
Keerderberg Zuid	46	62A-423	180.380 315.630
De Hel	112	62A-456	180.220 314.330
Bakkersbosch	104	62A-458	180.860 316.390

In de omgeving van Gronsvelt ligt het belangrijkste bouwsteenniveau in het hoogste deel van de Kalksteen van Gronsvelt. Dit is een uniek bouwsteenniveau. De Kalksteen van Gronsvelt, die in de regel maar 5 tot 6 m dik is, heeft in de omgeving van Gronsvelt een dikte van 11 tot 12 m. Het hoogste deel van deze kalksteen bestaat uit een afwisseling van lagen kalksteen met lagen kalksteen met vuurstenen (Figuur 6.6). Dat deel van deze kalksteen komt waarschijnlijk alleen in de omgeving van Gronsvelt voor.

Tabel 6.13

Bouwsteengroeven in de omgeving van Gronsvelt (Kalksteen van Gronsvelt)

Groeven	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Trichterberg	113	62A-28	180.240 313.300
Wijngaardsberg / Riesenbergr I	49	62A-155 / 156	180.040 313.990
Riesenbergr II	50	62A-157 / 158 / 424	180.110 313.970
Grote Dolekamer	53	62A-163	180.050 313.350
Kleine Dolekamer	54	62A-163	180.050 313.350
Savelsbosch 1	114	62A-165	180.120 312.950

In de Kalksteen van Emael ligt maar één groeve, groeve Savelsbos 2 (62A-468, coördinaten 180.050, 312.820). Deze groeve is niet vermeld door Van Wijngaarden (1967) (Figuur 6.6).

Ook in de Kalksteen van Schiepersberg ligt slechts de kleine groeve Savelsbos 1 (nr. 114; (62A-165, coördinaten 180.120, 312.950; Figuur 6.6a).

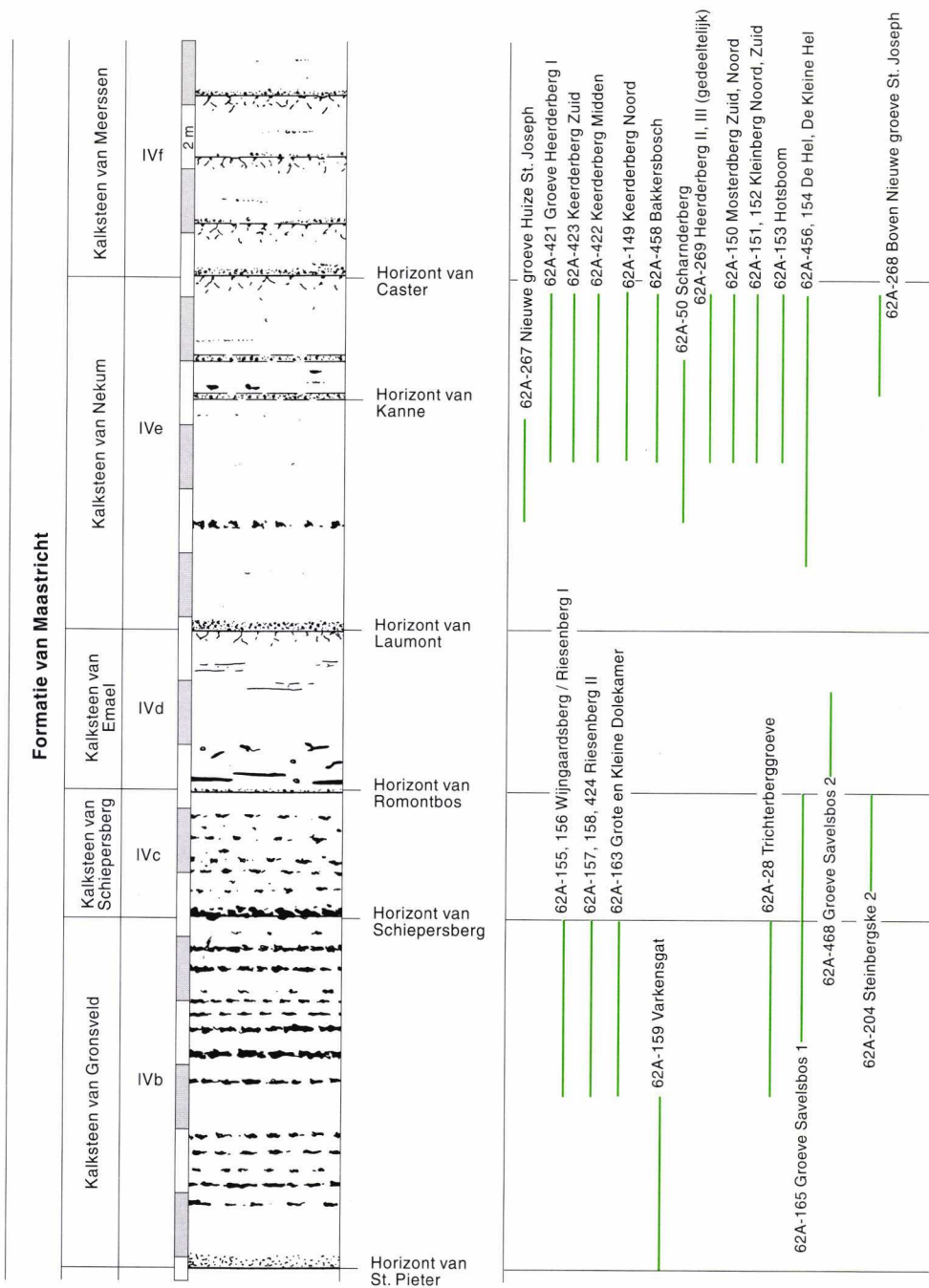
Een uitzonderlijke plaats wordt ook ingenomen door de groeve Varkensgat (nr. 52, 62A-159, coördinaten 180.380, 314.060). Deze ligt in het onderste deel van de Kalksteen van Gronsvelt (Figuur 6.6 en 6.6a).

Niet nauwkeurig bekend is de stratigrafische plaats van een aantal groeven die echter wel in de Formatie van Maastricht liggen (Tabel 6.14).

Tabel 6.14

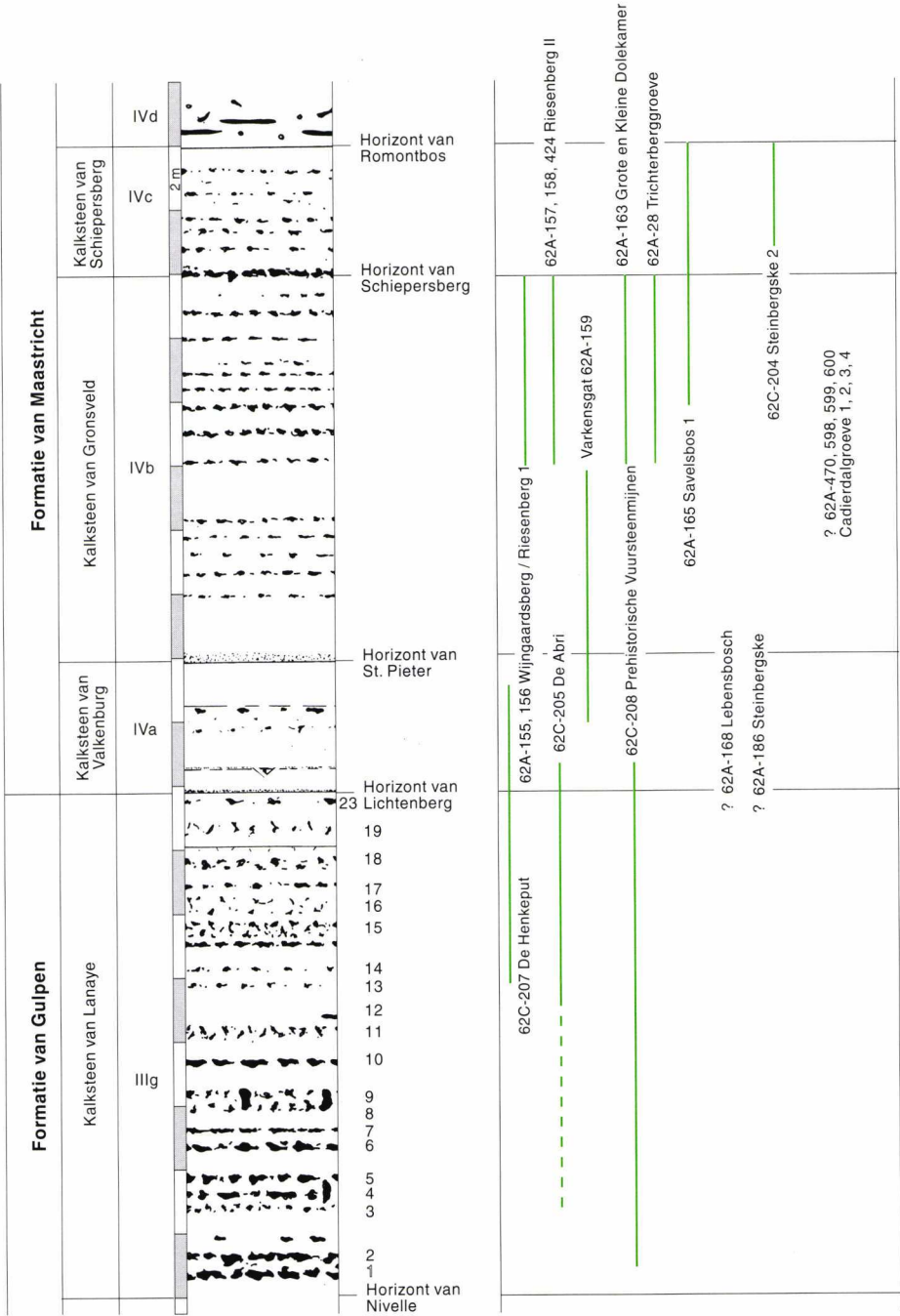
Bouwsteengroeven in de omgeving van Cadier en Keer (onderste deel Formatie van Maastricht)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Lebensbosch	115	62A-168	180.250 312.450
Cadierdalgrøeve 1	128 a	62A-470	180.990 314.690
Cadierdalgrøeve 2	128 b	62A-598	181.180 314.820
Cadierdalgrøeve 3	128 c	62A-599	181.800 314.810
Cadierdalgrøeve 4	128 d	62A-600	182.150 314.750
Steinbergske	116	62C-186	180.120 312.250



Figuur 6.6

Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven tussen Cadier en Keer en Gronsveld



Figuur 6.6a
Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven en prehistorische vuursteenmijnen in de omgeving van Gronsveld en Rijckholt

6.7 In en nabij de Cannerberg bij Maastricht

De Cannerberg, ook wel Louwberg genoemd, is de heuvelrug die zich uitstrekt vanaf Biesland, in het zuidwestelijk deel van de stad Maastricht, tot bij het Belgische grensplaatsje Kanne. In het oosten is deze heuvelrug begrensd door het dal van de Jeker en in het noordwesten door het droogdal van Wolder.

In de Cannerberg bevinden zich kalkstenen uit de Formatie van Maastricht en op het meest noordelijke punt ook nog een dunne laag kalksteen uit de Formatie van Houthem (Figuur 6.7). Op het plateau van de Cannerberg zijn deze kalkstenen bedekt door een laag fijnkorrelige zanden uit het Onder-Oligoceen, grove grinden en zanden van de Maas en plaatselijk nog löss uit het Pleistoceen. In de hellingen van het Jekerdal en het droogdal van Wolder zijn deze kalkstenen plaatselijk alleen bedekt door hellingafzettingen en/of löss. Een overeenkomstige situatie als op de Cannerberg, bestaat ook op de Mariaberg, aan de noordwestzijde van het droogdal van Wolder. Oorspronkelijk kwamen de kalkstenen uit de Formatie van Maastricht alleen aan de oppervlakte in het meest zuidelijke deel van het Jekerdal, in de omgeving van het kasteel Neercanne. Bij de aanleg van open en ondergrondse groeven of andere graafwerken, zijn deze kalkstenen en ook kalksteen uit de Formatie van Houthem ontsloten langs de Susserweg op het meest noordelijke punt van de Cannerberg en in de dalhellingen van het droogdal van Wolder. Het grootste deel van de ingangen van ondergrondse groeven bevindt zich in de helling van het Jekerdal ten zuiden van de Apostelhoeve. Enkele ingangen liggen in de helling van het droogdal van Wolder. Op het plateau van de Canner- en Mariaberg bevinden zich groeven die alleen toegankelijk zijn via een schacht.

Van enkele groeven is de juiste locatie niet meer bekend. De door Van Wijngaarden (1967) opgegeven locatie van de groeven Susserweg (nr. 95a, 61F-113, coördinaten 174.470, 315.800) en 95b (put aan de Susserweg) (61F-114, coördinaten 174.400, 315.850) liggen op plaatsen waar de beschrijving van de groeven niet overeenkomt met de ter plaatse bestaande geologische situatie. Van de groeve(n) nr. 61F-110, (coördinaten 175.010, 317.080) in de Marjoleinstraat te Maastricht, die ontdekt is in 1949 en ontbreekt in de lijst van Van Wijngaarden (1967), is de juiste omvang niet bekend. Niet uitgesloten is dat zich hier niet één maar meerdere groeven bevinden en dat we te doen hebben met een prehistorisch (Romeins?) groevenveld zoals ook bekend is te Meerssen (Herkenberg) en Rothem (IJzeren Kuilen).

Het belangrijkste bouwsteenniveau bevindt zich in de bovenste helft van de Kalksteen van Nekum.

Tabel 6.15

Bouwsteengroeven in de Cannerberg bij Maastricht (Kalksteen van Nekum)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Fallenberg (deels)	97	61F-4	174.560 315.000
Oudberg	28a	61F-5	174.560 314.910
Boschberg	28	61F-6-11	174.570 314.770
Cannerberg (Kasteelgroeve)	30	61F-20-98-125	174.730 314.330
Louwberg (Apostelhoevegroeve)	96	61F-90	174.620 315.510
IJsgrot	--	61F-100	174.570 314.650
Aardappelkelder	--	61F-101	174.710 314.380
De Keel (deels)	100	61F-107	180.360 315.720
De Nieuwe Keel	100a	61F-108	174.070 314.180
Wijnkelder kasteel Neercanne	--	61F-125	174.730 314.350

Momenteel is de Wijnkelder kasteel Neercanne een afgesloten deel van de groeve Cannerberg.

Een tweede bouwsteenniveau bevindt zich in het onderste deel van de Kalksteen van Meerssen. De kalksteenlaag waarin dit pakket ligt, is niet overal ontwikkeld. Alleen daar waar een voldoende dikke laag homogene kalksteen aanwezig is, heeft men bouwstenen gedolven. In dit niveau bevindt zich slechts één zelfstandige groeve, Groeve Muizenberg. Verder is in deze kalksteenlaag gedolven vanuit de reeds hierboven genoemde groeven.

Een derde bouwsteenniveau ligt ongeveer midden in de Kalksteen van Meerssen (Figuur 6.7). Hierin ligt een deel van de groeve De Keel en de bovenste etage van de Fallenberggroeve.

Tabel 6.16

Bouwsteengroeven in de Cannerberg bij Maastricht (Kalksteen van Meerssen)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Fallenberg	97	61F-4	174.560 315.000
Louwberg (Apostelhoevegroeve)	96	61F-90	174.620 315.510
Muizenberg	99	61F-97	174.360 314.150
De Keel	100	61F-107	180.360 315.720

Niet bekend is de stratigrafische plaats van de volgende groeven die niet meer toegankelijk zijn:

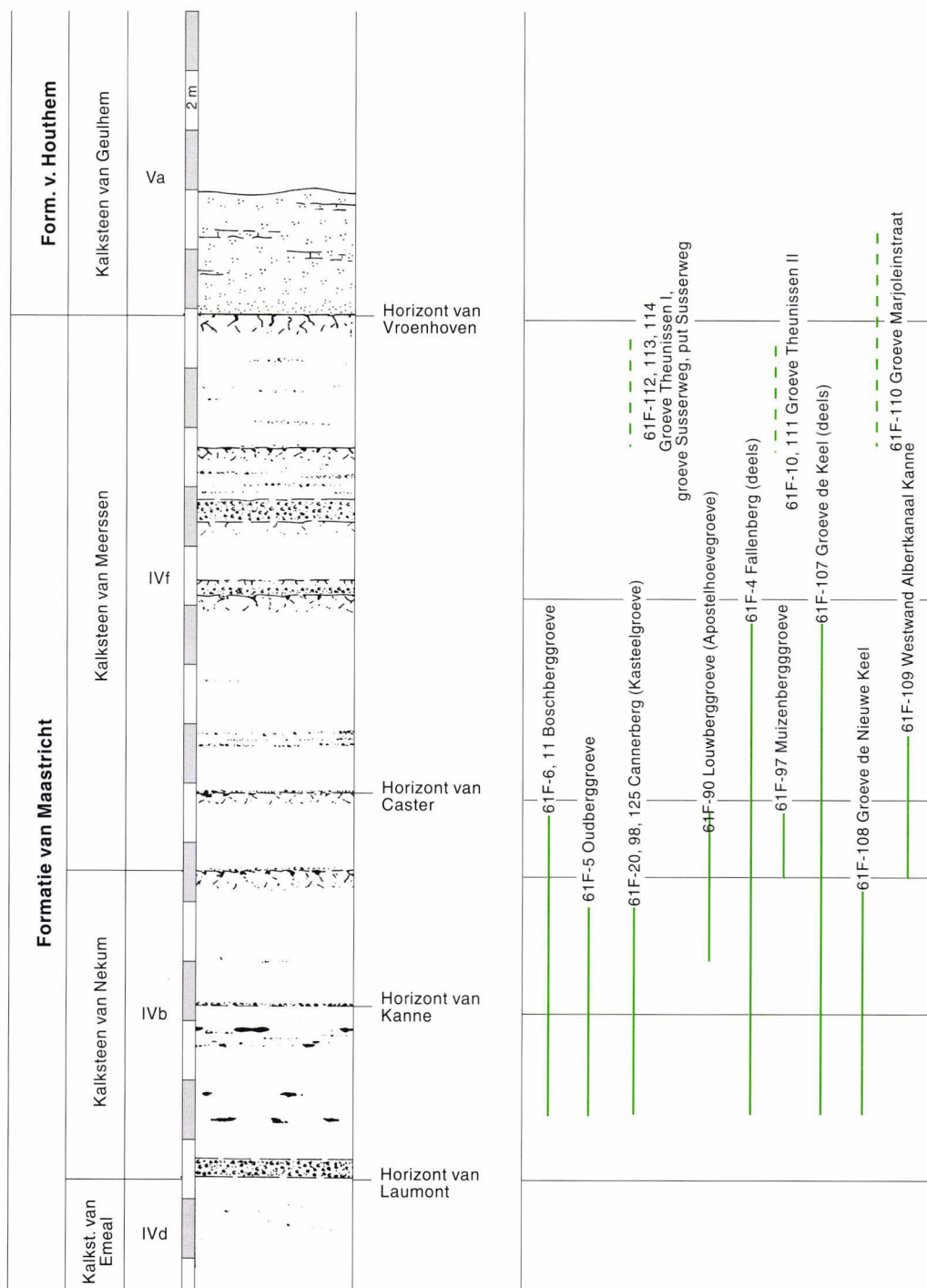
Tabel 6.17

Bouwsteengroeven in de Cannerberg bij Maastricht (Kalksteen van Meerssen?)

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
Marjoleinstraat	--	61F-110	175.010 317.080
Theunissen II	162	61F-111	174.750 316.180
Theunissen I	95	61F-112	174.680 316.150
Susserweg	95a	61F-113	174.470 315.800
Put aan de Susserweg	95b	61F-114	174.400 315.850

Waarschijnlijk liggen deze groeven in het bovenste deel van de Kalksteen van Meerssen.

Het door Van Wijngaarden genoemde keldertje en wenteltrap bij het kasteel Neercanne, die toegang geven tot een waterput, zijn gemaakt in de Kalksteen van Schiepersberg en Emael. Dit deel van de Formatie van Maastricht is niet weergegeven in Figuur 6.7.



Figuur 6.7

Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven in de omgeving van de Cannerberg

6.8 In het Nederlandse deel van de St. Pietersberg bij Maastricht

De St. Pietersberg is de bij iedereen bekende heuvelrug tussen het Maasdal in het oosten en het Jekerdal in het westen. In de St. Pietersberg bevinden zich kalkstenen uit de Formatie van Gulpen en -Maastricht (Figuur 6.8 en 6.9). Deze kalkstenen zijn op natuurlijke wijze ontsloten in de steile dalwanden van het Maas- en Jekerdal. Op het plateau zijn deze kalkstenen van onder naar boven bedekt door een ca. 5 m dikke laag fijnkorrelige glauconiet-houdende zanden behorende tot de Afzettingen van Klimmen, Formatie van Tongeren (Onder-Oligoceen). Op deze fijnkorrelige zanden volgt een ca. 7 m dik pakket fijn- tot grofkorrelig grind met stenen en grof zand, behorende tot de afzettingen van de Maas (Afzettingen van St. Pietersberg 1 en 2) (Felder en Bosch, 1989). Op de meest centrale delen van het plateau bevindt zich plaatselijk nog een tot 5 m dikke laag löss.

Het grootste deel van de ondergrondse groeven wordt in beslag genomen door een complex van zelfstandige groeven, die in de loop der eeuwen onderling verbonden zijn tot het grootste gangenstelsel van Zuid-Limburg. Als gevolg van de aanleg van de kalksteengroeve ENCI, is een groot deel van dit gangenstelsel door het afgraven van de kalksteen verdwenen. In Figuur 6.8 zijn niet alle ingangen opgenomen die toegang verlenen tot dit gangenstelsel; er is volstaan met het aangeven van de belangrijkste ingangen. Het gehele gangenstelsel is aangelegd in de Kalksteen van Nekum. Buiten het grote gangenstelsel van de St. Pietersberg, bestaan er ook nog een aantal kleinere ondergrondse groeven in dezelfde kalksteen en wel de groeven De Tombe, Ingang Tunnel, De Scharck, Wijngaardsberg en Marendaal in de oostelijke dalwand van het Jekerdal.

In de westelijke dalwand van de Maas liggen de groeven Ceulen, Oostelijke Ingang Tunnel en de Grotwoning Greetje Blankers. In de oostelijke dalwand in het Jekerdal bevinden zich enkele zaagvlakken en ingangen naar een kleine groeve in de Kalksteen van Meerssen, 61F-118.

In de westelijke dalwand van het Maasdal bevinden zich achter het kantorencomplex van de ENCI enkele gangen die aangelegd zijn als schuilkelder (61F-136) in de Kalksteen van Gronsveld en Valkenburg. Zo ook een nisvormige gang nabij het trafocomplex van de ENCI. De groeve 61F-123 komt zeer waarschijnlijk overeen met de door Van Wijngaarden genoemde Van der Hammengroeve.

Meer zuidwaarts, ter hoogte van het zuidelijk gangenstelsel, liggen enkele kleine min of meer nisvormige gangen die dienst hebben gedaan als kelders (61F-16). Deze kelders zijn aangelegd in de Kalksteen van Lanaye, zoals aangegeven in Figuur 6.9.

Tabel 6.18

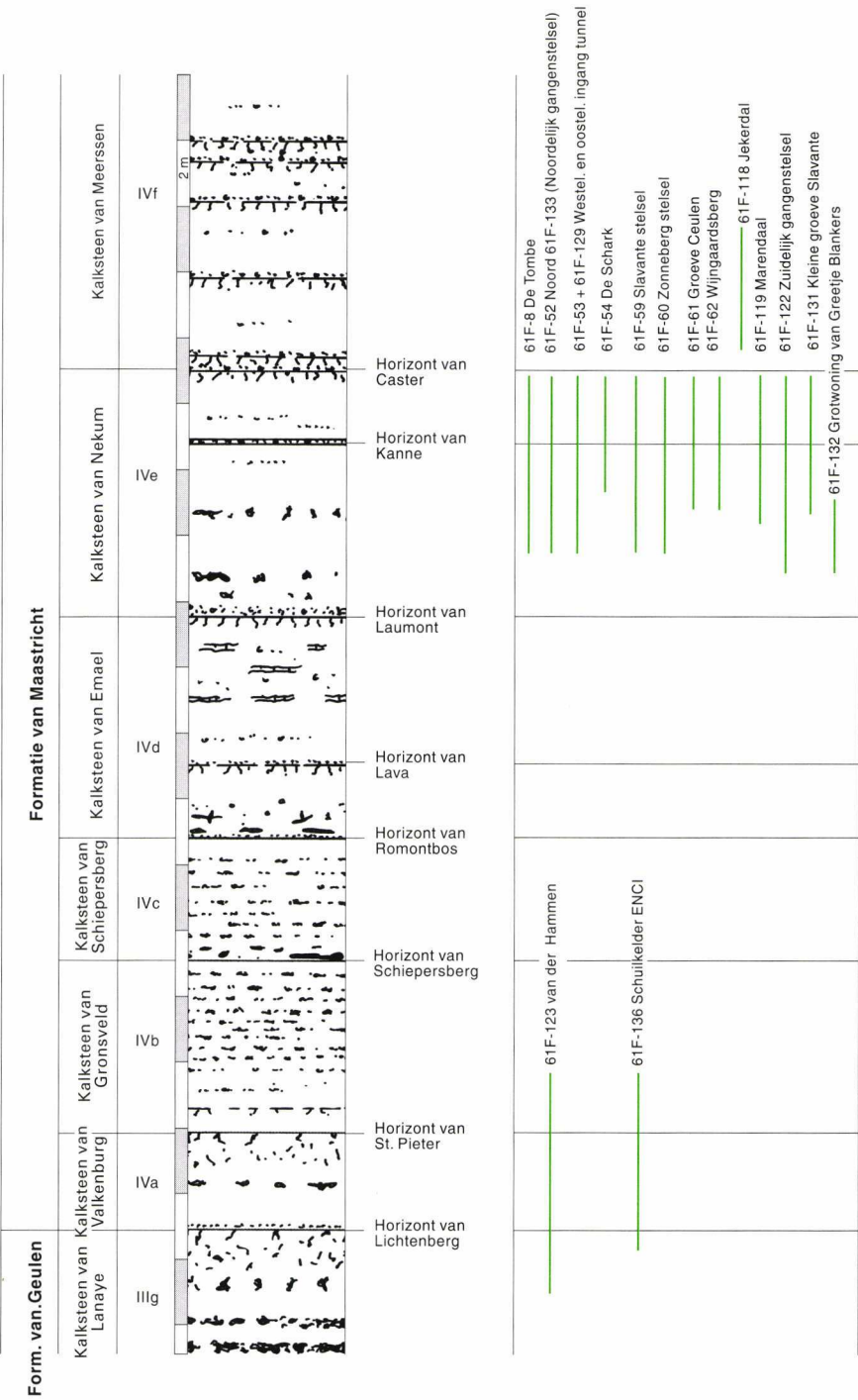
De belangrijkste bouwsteengroeven in de St. Pietersberg bij Maastricht

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
De Tombe	27	61F-8	175.340 315.140
Kelders Lage Kanaaldijk	--	61F-16	176.720 314.600
Ingang tunnel (Noordelijk gangenstelsel)	1	61F-52	175.700 315.830
West. en oostelijke ingang tunnel	--	61F-53	175.750 315.880
De Schark	26	61F-54	175.520 315.420
Slavante stelsel	8, 9, 10, 11, 12	61F-59	176.650 315.015
Zonnebergstelsel (hoofdingang)	8	61F-60	176.490 315.345
Ceulen	--	61F-61	176.290 315.600
Wijngaardsberg	102	61F-62	175.540 314.270
Kleine groeve Jekerdal	--	61F-118	175.900 316.430
Marendaal	101	61F-119	175.700 314.800
Zuidelijk gangenstelsel	19, 20, 21, 24	61F-122	176.520 313.870
Van der Hammen	19b	61F-123	176.550 313.980
Ingang oostelijke tunnel	4	61F-129	176.320 315.920
Kleine groeve Slavante	--	61F-131	176.570 315.220
Grotwoning Greetje Blankers	--	61F-132	176.530 315.295
Schuilkelder ENCI	--	61F-136	176.740 314.990

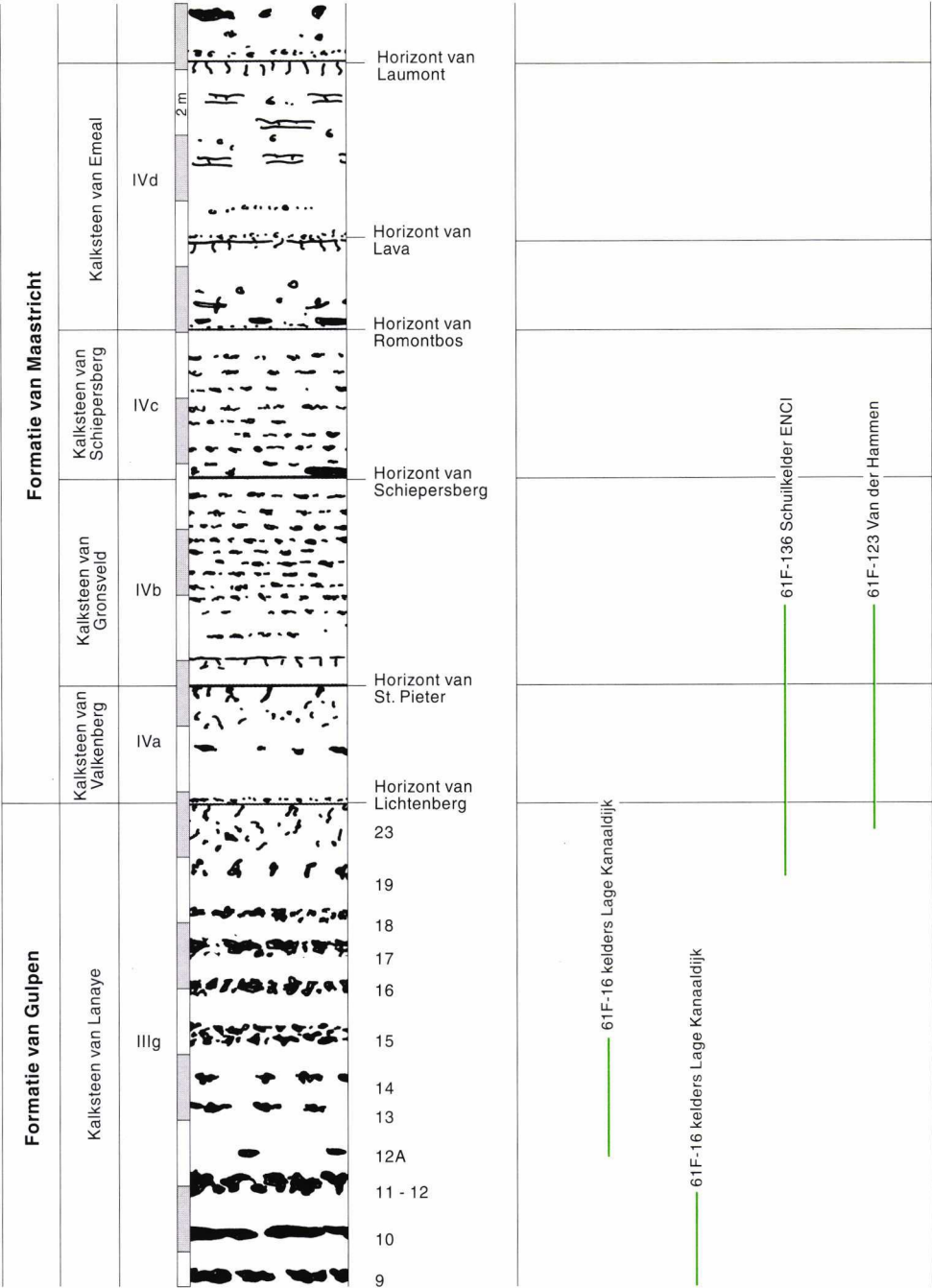
Foto 34

*Gangenstelsel in de ondergrondse
bouwsteengroeve Cannerberg gelegen
achter het kasteel Neercanne.
Duidelijk zichtbaar zijn de zaagvlakken
van de mergelblokken*





Figuur 6.8
Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven in de St. Pietersberg bij Maastricht (Kalksteen van Valkenburg en -Nekum)



Figuur 6.9
Stratigrafische positie van de ondergrondse bouwsteengroeven in de St. Pietersberg bij Maastricht (Kalksteen van Lanaye en - Valkenburg)

7 Vuursteen

Het gesteente dat wij vuursteen noemen is een heel bijzonder gesteente. Vuursteen bestaat vrijwel geheel uit kristallijn siliciumdioxide (SiO_2) en is harder dan staal. Bij deze hardheid (ca. 7 volgens de schaal van Mohs) is vuursteen zo breekbaar als glas. Deze twee eigenschappen maakten vuursteen in de prehistorie tot een van de meest ideale gesteenten voor het maken van werktuigen. De naam vuursteen stamt echter uit de tijd dat dit gesteente werd gebruikt om vuur te maken.

Reeds meer dan 200 jaar is men op zoek naar het ontstaan van vuursteen. Er zijn in de loop der jaren een groot aantal theorieën opgesteld die de ontstaanswijze moeten verklaren. Tot nu toe is nog geen theorie algemeen aanvaard. Zeer waarschijnlijk is dat te verklaren uit het feit dat vuurstenen niet altijd op dezelfde wijze en onder dezelfde omstandigheden zijn ontstaan. Ook het moment waarop vuursteen ontstaat is niet duidelijk. Was dit tijdens de sedimentatie van de kalk, of kortere of langere tijd hierna? De discussie over de herkomst van kiezelzuur (siliciumdioxide) is evenmin afgesloten. Het kiezelzuur kan afkomstig zijn van skeletdeeltjes van micro-organismen die in het kalkgesteente aanwezig waren. Afhankelijk van het moment waarop de vuurstenen werden gevormd, kan het poriënwater ook van elders kiezelzuur hebben aangevoerd.

Wel is komen vast te staan dat vuursteen is ontstaan op plaatsen waar organismen (zoals kreeften, wormen enz.) in de zeebodem hebben gegraven. Ook kan vuursteen zijn ontstaan op plaatsen waar kalksteen is gelamineerd. Dit wil zeggen dat dunne laagjes kalksteen worden afgewisseld met laagjes korrelige kalksteen. Ook rond z.g. 'stofvreemde voorwerpen' in de kalksteen kunnen vuurstenen ontstaan. Hiermee worden bijv. bedoeld kristallen van andere mineralen dan kalkspaat, schelpfragmenten en graafgangen. Een mogelijke theorie over het ontstaan van vuursteen is de volgende:

Zoals algemeen bekend zijn in zeewater veel minerale stoffen opgelost. Tussen deze stoffen bestaat een bepaald evenwicht. Wanneer dit evenwicht echter wordt verstoord, heeft dit verstrekende gevolgen. Toen in het Paleoceen de kalkstenen uit het Krijt door opheffing boven de zeebodem kwamen te liggen, werd het in de kalksteen aanwezige zeewater verdrongen door zoetwater dat in de bodem drong. Gedurende dat proces kristalliseerde siliciumdioxide (SiO_2) uit, rond en in de hiervoor genoemde stofvreemde voorwerpen, bioturbatiehorizonten enz.

7.1 Naamgeving en gebruik

Naast de naam vuursteen bestaan voor dit soort gesteente nog een aantal andere namen zoals flint, hoornsteen of chert, silex, vlees of vlies. Een oorspronkelijke naam is waarschijnlijk flint. Dit woord is afgeleid van plint en werd oorspronkelijk gebruikt om dunne platte stenen mee aan te duiden. Van flint-gesteenten kunnen dunne, messscherpe klingen worden afgeslagen die weer bewerkt kunnen worden tot messen, krabbers, speerpunten, bijlen enz. Ook het woord vlees, dat gelijk is aan vlies, wordt gebruikt om vuursteen mee aan te duiden. Opmerkelijk is dat vooral een aantal oudere inwoners van het dorp St. Pieter aan de St. Pietersberg bij Maastricht, vuursteen nog steeds 'vlees' noemen en vuursteenbanken 'vlezen', een benaming die heel ver in het verleden teruggaat. Vanaf de 14e eeuw tot ver in de vorige eeuw werd vuursteen gebruikt om met behulp van ijzer en de tondeldoos vuur te maken. Het vuur maken werd ook wel 'vuur slaan' genoemd omdat met een vuursteen (vuurslag) langs een stuk metaal, meestal ijzer, werd geslagen. Bij een goede slag sprongen van het metaal vonken af ('men trok vonken'). Vielen de vonken in een goed brandbaar materiaal (tondel of tonder), dan kon dit gaan smeulen en bij blazen kon het materiaal ontvlammen. Om de vlam te doven werd eenvoudig het deksel van de doos

(tondeldoos) gesloten. Tondel was een snel brandbaar materiaal, vervaardigd uit de tondelzwam, maar ook half verkoold linnen, gedrenkt in salpeterzuur werd gebruikt.

Het is opmerkelijk dat na ca. 100 jaar de meeste mensen niet meer weten hoe onze voorouders eeuwenlang vuur hebben gemaakt. Zelfs de stenen die daarbij werden gebruikt, kennen we maar gedeeltelijk. Het gebruik van natuurlijke vuurstenen was niet alleen beperkt tot de tondeldoos, maar werd ook toegepast bij geweren, pistolen en kanonnen. Bovenstaande geeft al aan dat door het langs elkaar slaan van twee stukjes vuursteen absoluut geen vuur ontstaat.

7.2 Vuursteentypen: platen, banken en concreties

De in het Krijt voorkomende vuurstenen hebben vele verschijningsvormen. In figuur 7.1 zijn de meest voorkomende vormen weergegeven.

7.1.1

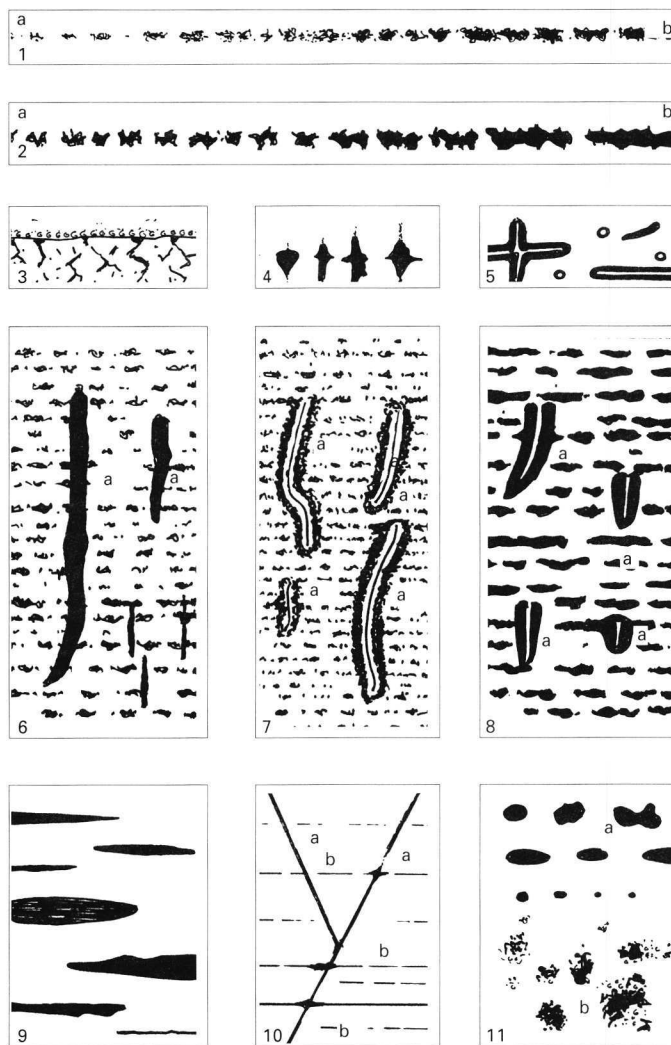
Grillige vuursteenconcreties, veelal gerangschikt in min of meer duidelijk herkenbare lagen. Deze concreties zijn zeer waarschijnlijk ontstaan in en rond, door inklink gedeforbeerde gangen van in de zeebodem gravende organismen. De mate van deformatie is af te lezen aan de voorkomende fossielen. Van a naar b zien we geïsoleerde concreties overgaan in meer of minder samenhangende banken. Dit type komt voor in de Kalksteen van Vylen t/m de Kalksteen van Lixhe 3 (Formatie van Gulpen). Tevens komen zij voor in de Kalksteen van Valkenburg t/m de Kalksteen van Nekum (Formatie van Maastricht).

7.1.2

Meer of minder regelmatige vuursteenconcreties, veelal gerangschikt in meer of minder duidelijk herkenbare lagen. Deze concreties zijn ontstaan in en rond gangen van in de zeebodem gravende dieren in kalksteen met een beperkte inklink. In een aantal gevallen bestaat er een duidelijke relatie met sedimentatiecycli. De graafgangen worden toegeschreven aan kreeften en/of krabben. Van a naar b zien we geïsoleerde concreties en banken. Dit type concreties komt voor in de Kalksteen van Lanaye (Formatie van Gulpen) en in de Kalksteen van Valkenburg t/m de Kalksteen van Emael (Formatie van Maastricht).

Figuur 7.1

De in het Krijt van Zuid-Limburg voorkomende vormen van vuursteenconcreties



7.1.3

Vuursteenconcreties ontstaan in en rond graafgangen die duidelijk uitgaan van de bovenkant van een sedimentatiecyclus (top submarien bodemprofiel).

Dit type concreties komt voor in de hardground in de top van de Kalksteen van Zeven Wegen (Formatie van Gulpen) en in de top van de Kalksteen van Valkenburg (Formatie van Maastricht).

7.1.4

Verspreid of in onduidelijke lagen gerangschikte vuursteenconcreties, ontstaan in en rond veelal geheel of gedeeltelijk ingestorte gangen van in de zeebodem gravende organismen. De geheel of gedeeltelijk ingestorte graafgangen zijn vaak opgevuld met fossielrijke kalk die opgenomen is in de vuursteenconcreties.

Dit type concreetie wordt aangetroffen in de Kalksteen van Lanaye (Formatie van Gulpen) en de Kalksteen van Valkenburg, -Gronsveld en -Nekum (Formatie van Maastricht).

7.1.5

Vuursteenconcreties ontstaan in of rond graafgangen van de z.g. 'mijnwerkers-kreeften'. Deze kreeften graven vaak uitgestrekte horizontale gangenstelsels die uitgaan van uit min of meer vertikale gangen. Door hun bijzondere vorm worden deze concreties vaak aangezien voor fossiele botten, boomstammen, takken of stukken van geweien.

Het voorkomen van dit type vuursteenconcreties is beperkt tot het onderste deel van de Kalksteen van Emael (Formatie van Maastricht).

7.1.6

In lagen, lenzen en verspreid voorkomende grillige vuursteenconcreties van het type uit de Fig. 7.1.1 en 7.1.2 met meer of minder vertikaal staande vuursteenconcreties van het type 'paramoudra'. De doorsnede van het type a varieert van ca. 10 tot 30 cm en de lengte varieert van ca. 50 cm tot meer dan 7 m. Deze paramoudra's zijn zeer waarschijnlijk ontstaan rond graafgangen van borstelwormen.

Dit type vuursteenconcreetie wordt aangetroffen in de Kalksteen van Gronsveld en Schiepersberg (Formatie van Maastricht).

7.1.7

In lagen, lenzen en verspreid voorkomende grillige vuursteenconcreties van het type uit fig. 7.1.1, met meer of minder vertikaal staande grillige vuursteenconcreties van het type 'paramoudra'. De doorsnede van het type a varieert van ca. 15 tot 40 cm en de lengte varieert van ca. 50 cm tot 5 m.

In deze paramoudra's bevindt zich veelal een harde kern bestaande uit deels verkiezelde kalksteen met in het midden een vertikale graafgang met een doorsnede van ca. 1 cm. Deze graafgang is aan de buitenkant bekleed met een dun laagje glauconietkorrels. Rond de vertikaal verloopende graafgang bevinden zich in de deels verkiezelde kalksteenkern meer of minder spiraalvormige graafgangen. Deze paramoudra's zijn zeer waarschijnlijk ontstaan rond graafgangen van borstelwormen.

Dit type concreties komt voor in de Kalksteen van Lixhe 1, 2 en 3 (Formatie van Gulpen). Dit type verschilt van type 7.1.6 door een kalksteenkern in het midden van de paramoudra.

7.1.8

In lagen voorkomende meer of minder regelmatige vuursteenconcreties van het type uit Fig. 7.1.2, met meer of minder vertikaal staande, regelmatig gevormde vuursteenconcreties van het type 'paramoudra'. De doorsnede van het type a varieert van ca. 20 cm tot ca. 3 m. De wand van deze paramoudra's bestaat uit massieve vuursteen, verder is de opbouw van deze concreties gelijk aan de paramoudra's uit Fig. 7.1.7.

Dit type vuursteenconcreetie komt voor in de Kalksteen van Lanaye (Formatie van Gulpen).

7.1.9

Grote plaat- en knolvormige vuursteenconcreties. De afmetingen zijn zeer variabel. De dikte varieert van enkele centimeters tot ca. 70 cm. De horizontale verbreding varieert van enkele decimeters tot meer dan 5 m.

Dit type vuursteenconcretie komt voor in het onderste deel van de Kalksteen van Schiepersberg en -Emael (Formatie van Maastricht).

7.1.10

Dunne plaatvormige vuursteenconcreties, gevormd in en rond breukvlakken (a) en laagvlakken (b). De dikte van de plaatvormige vuursteenconcreties van het type a varieert van ca. 1 tot 10 cm en vervolgen het breukvlak over een afstand van meer dan 5 m.

Dit type vuursteenconcretie is bekend als 'vuursteengordijn' en komt vrij algemeen voor in de Kalksteen van Gronsvelt t/m -Nekum (Formatie van Maastricht).

Plaatvormige vuursteenconcreties van het type b zijn in Zuid-Limburg zeldzaam en van geringe omvang en komen voor in de Kalksteen van Gronsvelt t/m -Nekum (Formatie van Maastricht).

Zeer dunne laagjes komen voor in de Kalksteen van Vylen (Formatie van Gulpen).

7.1.11

Regelmatige (a) en zeer grillige (b) verspreid en in lagen voorkomende vuursteenconcreties.

Het type a bestaat uit alle mogelijke overgangen tussen kogelronde en veelvormige knollen. Ze komen zowel verspreid als in lagen gerangschikt voor. De doorsnede varieert van enkele centimeters tot ca. 50 cm. De startkern van deze concreties is nog onbekend. Het meest algemeen komen deze concreties voor in de Kalksteen van Zeven Wegen en -Lanaye (Formatie van Gulpen). Minder algemeen komen ze voor in de Kalksteen van Gronsvelt t/m Kalksteen van Nekum (Formatie van Maastricht).

Het type b bestaat uit zeer grillige, verspreid voorkomende concreties. Ze worden het meest algemeen aangetroffen in meer of minder fossielrijke, verstoorde sedimentlagen. Het zijn zowel klein- als grootschalige verstoringen, veelal veroorzaakt door het in elkaar storten van instabiele sedimentlagen.

De afmeting van deze concreties varieert van enkele centimeters tot meer dan 1 m. Deze concreties komen het meest algemeen voor in de Kalksteen van Nekum (Formatie van Maastricht).

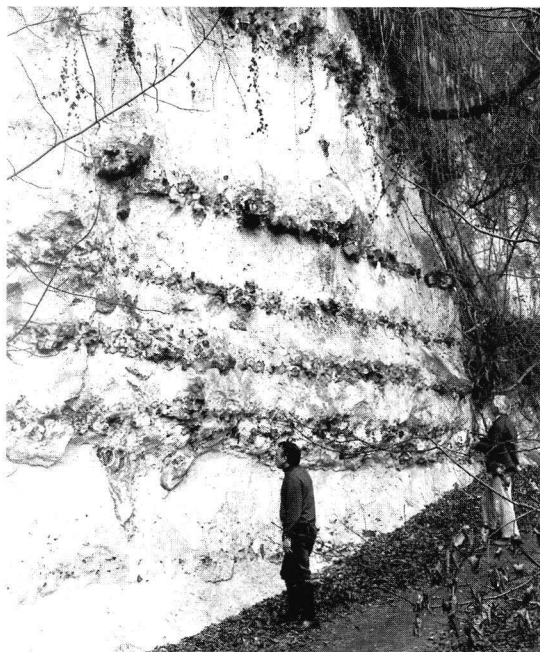


Foto 35

Vuursteenbanken in de Kalksteen van Lanaye aan de St. Pietersberg te Ternaaien (B). Afgebeeld zijn van onder naar boven de vuursteenbanken 15, 16 en 17. In vuursteenbank 15 zijn links 2 paramoudra's zichtbaar

7.3 Vuursteen als grondstof

Vuursteen is vanaf de prehistorie al een belangrijke grondstof geweest voor het vervaardigen van werktuigen of onderdelen hiervan. In alle gebieden over de gehele wereld waar vuurstenen voorkomen is dit gesteente dan ook op een groot aantal plaatsen ontgonnen, niet alleen in open groeven maar ook via mijnbouw. Een van de grootste mijnbouwcomplexen ligt in Zuid-Limburg bij Rijckholt, waar vanaf ca. 4000 v. Chr. meer dan 2000 mijntjes in bedrijf zijn geweest.

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de belangrijkste prehistorische vuursteenwinplaatsen in Europa.

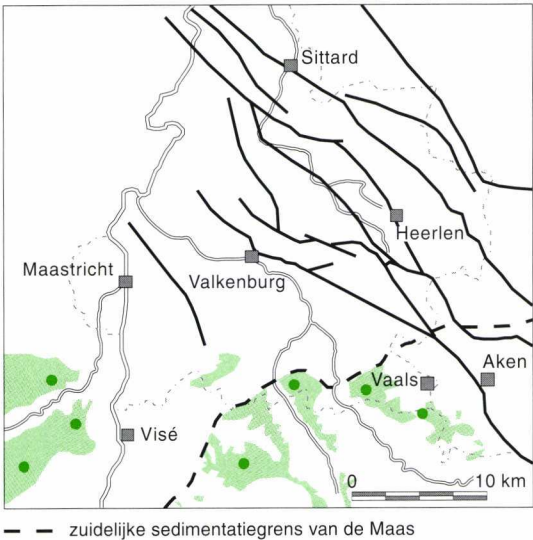
Tabel 7.1
Enkele belangrijke prehistorische vuursteenwinplaatsen in Midden- en West-Europa

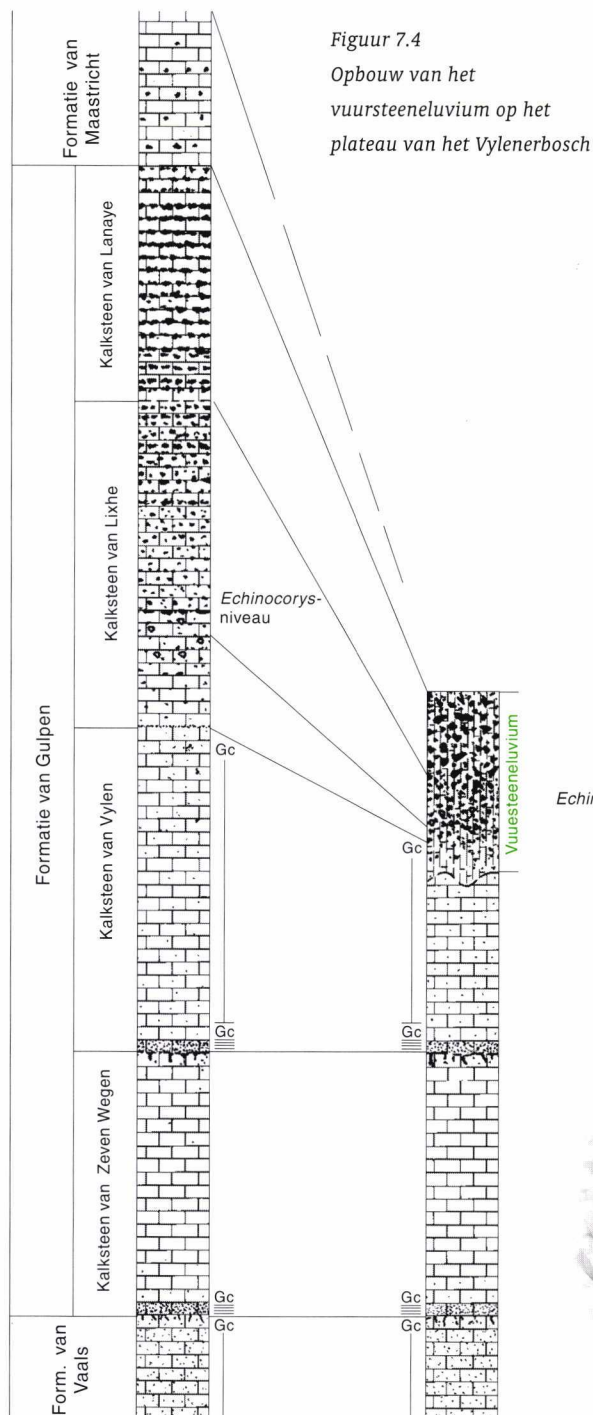
LAND	LOCATIE	PLAATS
België	Omgeving Mons	Obourg
België	Omgeving Mons	Spiennes
Denemarken	Jutland	Höv
Duitsland	Bij Aken	Lousberg
Frankrijk	Zuid van Tours	Grand Pressigny
Frankrijk	Maasdal	St. Mihiel
Groot Brittannië	Norfolk	Grimes Graves
Groot Brittannië	Findon, Sussex	Harrow Hill
Nederland	Zuid-Limburg	Rijckholt - St. Geertruid
Nederland	Zuid-Limburg	Valkenburg
Polen	Omgeving van Ostrowice	Krzemionky

Daar waar vuursteenrijke kalkstenen aan de oppervlakte liggen is een groot deel van het kalksteenpakket opgelost en ontstonden uitgestrekte gebieden die vrijwel geheel bedekt zijn met een compact, vaak meer dan 15 m dik pakket hoekige vuurstenen, het z.g. vuursteeneluvium (Fig. 7.3 en 7.4). De plateaus van het Vylenerbosch, de Vaalserberg, Eperheide en de aangrenzende Belgische Voerstreek zijn hiervan fraaie voorbeelden. Dit zijn ook de gebieden waar vuursteen veelvuldig werd toegepast als bouwsteen. Een deel van de verweerde vuurstenen uit het vuursteeneluvium is gebruikt bij het vervaardigen van vuurvaste ovenbekleding (chamotte).

Ook nu nog wordt vuursteen als grondstof gebruikt, o.a. voor het bekleden van maaltrommels waarin kwartszand of porceleinaarde wordt gemalen. De blokken die voor het bekleden van deze maaltrommels worden gebruikt, worden gekapt in een aantal groeven in het Je-kerdal bij Eben-Emael ten zuiden van Maastricht (Fig. 7.5). Tenslotte wordt gemalen vuursteen ook nog gebruikt bij het vervaardigen van schuurpapier (z.g. flintpapier).

Figuur 7.2
Verbreiding van het vuursteeneluvium in Zuid-Limburg en omgeving. De blauwe stippellijn geeft de zuidelijke begrenzing aan van het sedimentatiegebied van de Maas





7.4 Vuursteenonderzoek

Door de Werkgroep Prehistorische Vuursteenmijnbouw, die tussen 1964 en 1973 een groot deel van de prehistorische vuursteenmijnen te Rijckholt heeft opgegraven, werd het initiatief genomen om z.g. vuursteensymposia te organiseren. Dit initiatief bleek een groot succes te zijn. Wetenschappers uit de gehele wereld kregen hierdoor de gelegenheid om te discussiëren over ontstaan, voorkomen, winning, toepassing, enz. Tevens kon een groot aantal groeven waarin vuurstenen zijn ontsloten, worden bezocht. De eerste drie symposia, die om de vier jaar plaatsvinden, werden georganiseerd in Maastricht. Daarna werden achtereenvolgens symposia gehouden te Brighton, Bordeaux, Madrid en Warschau. Het laatste symposium werd gehouden in Bochum, Duitsland. Onderzoekers uit 23 landen namen hieraan deel. Hieruit blijkt dat vuursteen nog steeds een actueel onderwerp is. Het volgende symposium zal worden georganiseerd door Israël en zal plaatsvinden in 2003.



Foto 36

Bekapte vuurstenen in een groeve te Eben-Emael in het Jekerdal, België.

Deze vuurstenen worden gebruikt als binnenbekleding van maaltrommels

8 Prehistorische vuursteenmijnen bij Rijckholt

De belangrijkste en grootste winplaats van vuurstenen in Zuid-Limburg is gelegen in de oostelijke dalwand van de Maas bij het dorp Rijckholt (Figuur 8.1 en 8.2). In het Neolithicum werden hier door middel van mijnbouw op grote schaal vuurstenen gedolven voor het vervaardigen van gebruiksvoorwerpen zoals krabbers, hakken, bijlen, speerpunten enz.

De prehistorische vuursteenmijnen bij Rijckholt werden ontdekt in 1881 door de Belgische archeoloog Marcel de Puydt. In de jaren tussen 1881 en 1953 werden door meerdere onderzoekers opgravingen verricht. Hamal Nandrin gelukte het in 1914 voor het eerst een vuursteenmijn vrij te leggen. In 1964 werd onder leiding van Prof. Waterbolk van de Universiteit van Groningen een nieuw onderzoek gestart en werd ook geprobeerd de vuursteenmijnen te ontsluiten. Onder andere door gebrek aan mijnbouwkundige kennis mislukte dit echter.

In 1998 is het boek ‘de Prehistorische Vuursteenmijnen van Rijckhol-St. Geertruid’ (Felder et al., 1998) verschenen dat werd samengesteld door de leden van de Werkgroep Prehistorische vuursteenmijnbouw.

8.1 Opgraving van de vuursteenmijnen

Naar aanleiding van het niet ontsluiten van de ondergrondse mijnwerken tijdens de opgraving van Prof. Waterbolk, startte in 1964 de Werkgroep Prehistorische Vuursteenmijnbouw, van de Afdeling Limburg van de Nederlandse Geologische Vereniging, een groots opgezette opgraving in het prehistorische mijnveld met het doel de ondergrondse mijnwerken te onderzoeken (Bosch, 1969). Deze opgraving duurde tot eind 1972, waarbij iedere vrijdagnacht door ca. 16 man werd gewerkt. Dit betekent dat door de Werkgroep in totaal ca. 380 dagen in Rijckholt werd opgegraven (Tabel 8.1)

Tabel 8.1

Omvang van de opgraving

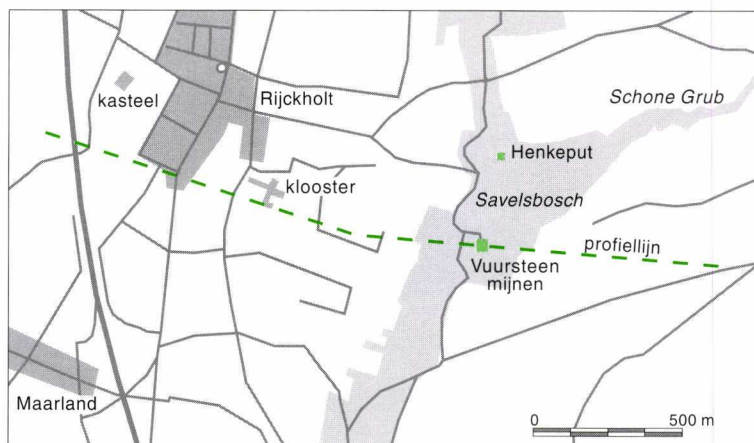
Totaal opgegraven oppervlak (bruto)	2.426,4 m ²
Totaal aantal opgegraven schachten	75
Totaal aantal opgegraven mijnen	55
Totaal aantal opgegraven prehistorische voorwerpen (hakken, kernstenen, kloppers enz.)	15.371

Tijdens het onderzoek werd door de Werkgroep een verkenningstunnel gegraven door het prehistorische mijnveld met een lengte van ca. 130 m, waarbij links en rechts van deze tunnel alle prehistorische mijngangen tot een diepte van ca. 10 m werden onderzocht. Tijdens deze opgraving werd een grote hoeveelheid prehistorische mijnwerkershakken gevonden, die ter plaatse voor het uitkappen van de ondergrondse gangetjes werden vervaardigd. Ook werd veel ervaring opgedaan omtrent de mijnbouw in de prehistorie. De wanden en plafonds van alle gangetjes zijn bezaaid met kasporen, die een duidelijke aanwijzing geven omtrent de werkwijze en richting waarin de gangetjes werden uitgekapt. Aangezien de open schachten voldoende lichtinval boden, hoefde de prehistorische mijnwerker geen gebruik te maken van lampjes.

De verkenningstunnel werd in 1978 - 1979 geconserveerd en in 1979 overgedragen aan de Staat der Nederlanden. Hierdoor is het nu mogelijk de opgegraven vuursteenmijnen, die nog steeds de grootste opgraving in zijn soort is in de wereld, op afspraak te bezoeken. Hiervoor dient men zich te richten tot Staatsbosbeheer, tel 043 459 24 69 of de VVV kantoren te Valkenburg, Rijckholt of St. Geertruid.

Figuur 8.1

Locatiekaart van de prehistorische vuursteenmijnen in het Savelsbosch bij Rijckholt



8.2 Stratigrafische positie

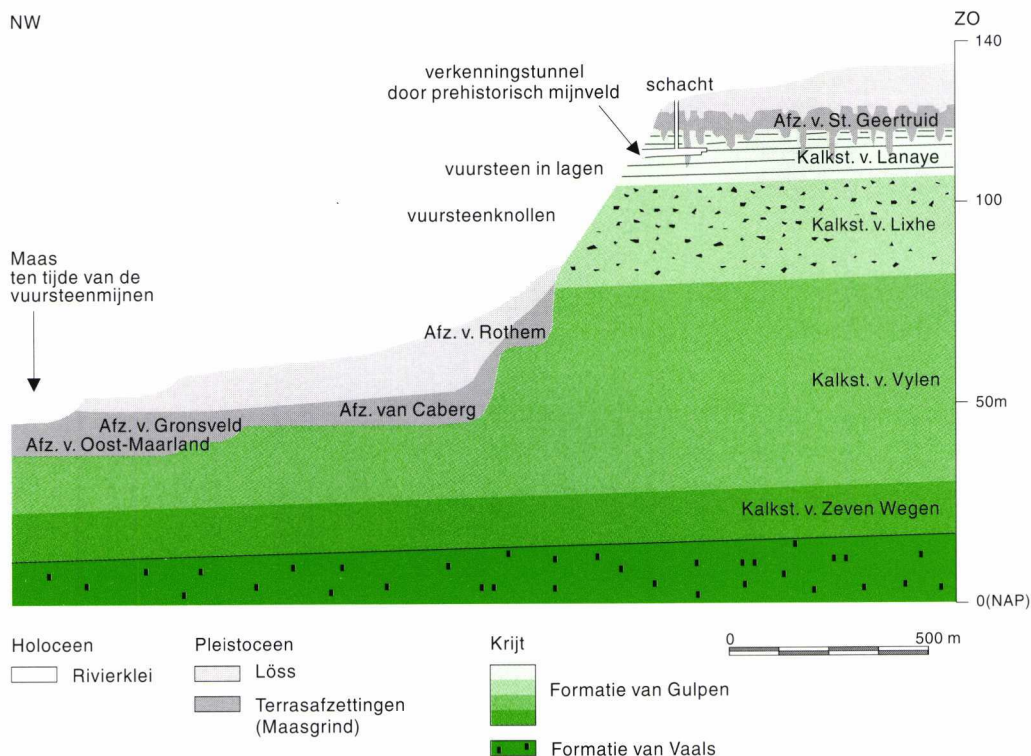
De vuursteenmijnen bij Rijckholt zijn gelegen in de Formatie van Gulpen, Kalksteen van Lanaye (Figuur 8.2). Geëxploiteerd werd vuursteenbank 10 (Figuur 6.6a en Foto 37).

In de directe omgeving van de vuursteenmijnen liggen De Henkeput (een ca. 17 m diepe schacht in de kalksteen) en De Abri (een nisvormige groeve). Over de aard en de ouderdom van De Abri en De Henkeput zijn de meningen verdeeld (Schroevers-Kommandeur en De Jager, 1966).

Tabel 8.2

Locatie en nummer van de vuursteenmijnen, De Abri en De Henkeput

Groeve	RIVON nr.	NITG ontsluiting nr.	Coördinaten
De Abri, Savelsbosch, Rijckholt	115 b	62C-205	180.260 311.940
De Henkeput, Savelsbosch, Rijckholt	115 a	62C-207	180.260 311.970
Prehistorische Vuursteenmijnen, Savelsbosch, Rijckholt	115 c	62C-208	180.320 311.840



Figuur 8.2
Geologisch profiel over de prehistorische vuursteenmijnen bij Rijckholt

8.3 Omvang van de vuursteenwinning

De huidige opvatting omtrent de omvang van het geëxploiteerde gebied en van de totale produktie van vuurstenen werktuigen, is weergegeven in de tabellen 8.3 en 8.4.

Tabel 8.3
Oppervlakte van en produktie in het prehistorisch werkerrein

Prehistorisch werkerrein waarin vuurstenen werden verzameld, gedolven en bewerkt	ca. 25 ha
Prehistorisch mijnveld met schachten, inclusief groeven en mardellen	ca. 12 ha
Prehistorisch mijnveld met schachten	ca. 8 ha
Totaal aantal schachten	ca. 2.000
Totaal gedolven hoeveelheid vuursteen via mijnbouw	8000 m ³
Aantal vuurstenen werktuigen van 300 gram dat op basis van mijnbouw vervaardigd kon worden	ca. 10.000.000
Aantal opgegraven vuurstenen mijnwerkershakken	ca. 15.000
Schatting van nog aanwezige vuurstenen mijnwerkershakken in niet onderzochte mijnen	ca. 785.000

8.4 Werkwijze bij de vuursteenmijnbouw

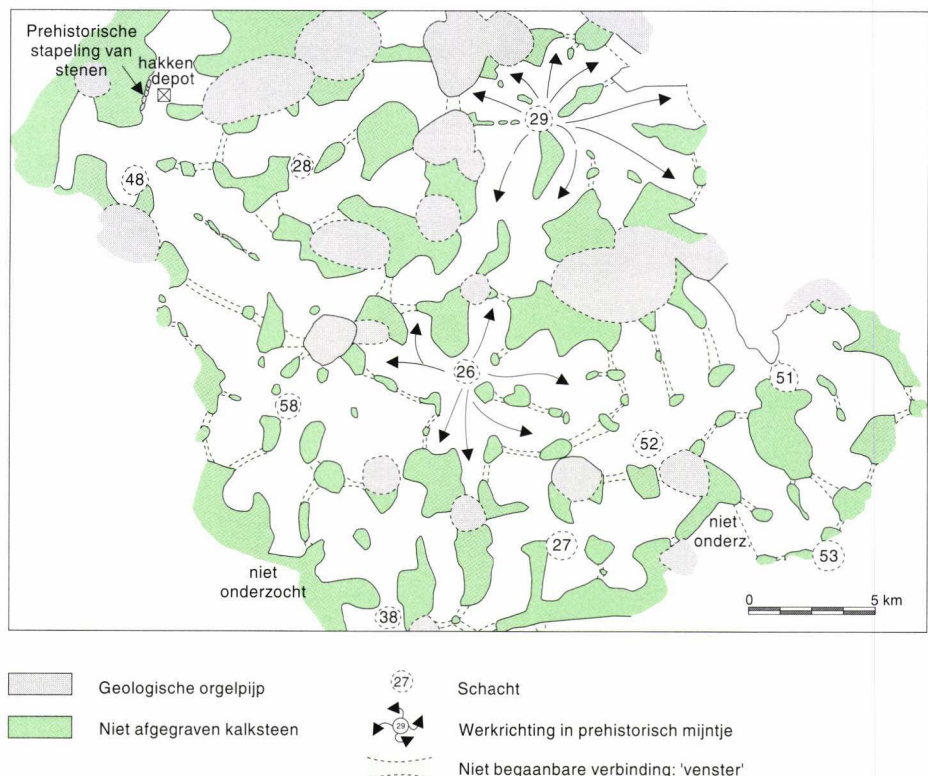
De grootste winning van vuursteen vond in het Neolithicum plaats via mijnbouw. Evenals in de huidige mijnbouw werd er ook in de prehistorie eerst begonnen met het afdiepen van een schacht door de bedekkende lagen van löss en grind tot op de te ontginnen vuursteenlaag. Het losse grind werd bekleed met een vlechtwerk van takken. Hierna werden in alle richtingen nauwe mijngangetjes uitgekapt (Fig. 8.3) met ter plaatse gefabriceerde vuurstenen hakken die in grote aantallen werden verbruikt. Met de overtollige kalk en niet bruikbare vuurstenen werd het grootste deel van de lege gangetjes weer opgevuld. Als een mijn werd verlaten, werd ook de schacht tot aan maaiveld opgevuld.

Tabel 8.4

Omvang en productie van een vuursteenmijn

Oppervlakte van een vuursteenmijn	ca. 23 - 37 m ²
Gemiddelde dikte van de ontgonnen vuursteenlaag	ca. 11 cm
Diepte van de schachten	ca. 4 - 12 m
Doorsnede van de schachten	ca. 1 m
Gemiddelde hoogte van een mijngang	ca. 60 - 80 cm
Hoeveelheid vuursteen van de ontgonnen laag per m ²	ca. 320 kg

Figuur 8.3
Plattegrond van enkele prehistorische vuursteenmijnen en bijbehorende schachten



8.5 Ouderdom van de vuursteenmijnen

Op basis van 14C-ouderdomsbepalingen kon worden vastgesteld dat de prehistorische mijnbouw te Rijckholt ca. 4000 v. Chr. begon. Aangenomen wordt dat de vuursteenmijnen ca. 500 jaren in bedrijf zijn geweest.

Zoals uit Tabel 8.5 blijkt, leveren de 14C jaren BP (Before Present) na ijking (o.a. door middel van dendrologie) een ander bereik op in werkelijke jaren (kalenderjaren/zonnejaren: jaren v. Chr.)

Tabel 8.5

Datering van materiaal uit de vuursteenmijnen

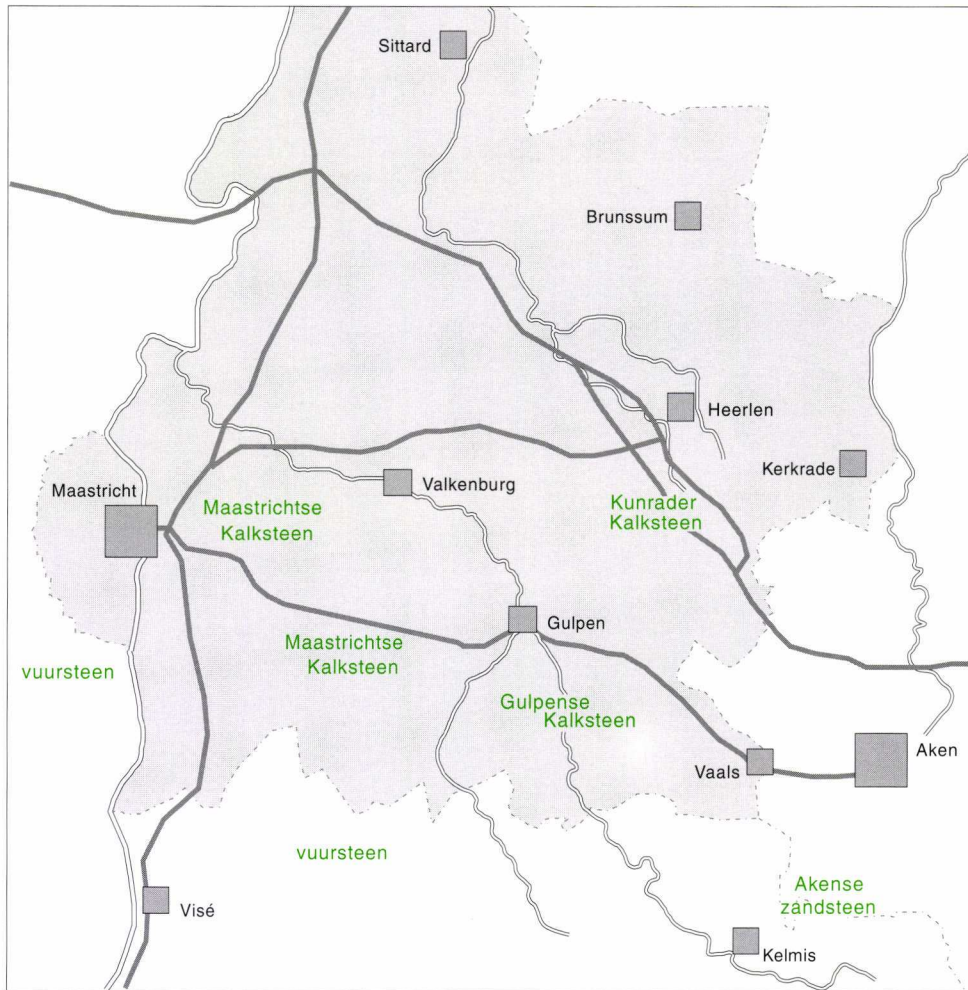
Monster	Datering	Locatie
GrN 4544	5070 ± 60 BP = 3780 - 3940 v. Chr.	Houtskool, mijngang schacht 3 - 4
GrN 5549	5000 ± 40 BP = 3750 - 3800 v. Chr.	Houtskool, schacht 23
GrN 5962	5090 ± 40 BP = 3800 - 3940 v. Chr.	Houtskool, schacht 19
GrN 9085	5080 ± 45 BP = 3790 - 3940 v. Chr.	Houtskool, schacht 67, Grote Atelier
GrN 9058	5065 ± 45 BP = 3780 - 3920 v. Chr.	Hertshoorn, mijn Grote Atelier



Foto 37

Prehistorische mijngang in de vuursteenmijnen van Rijckholt. In de pilaar is de ontgonnen vuursteenbank (Kalksteen van Lanaye, laag 10) zichtbaar

9 Bouwstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg en omgeving: zandsteen, kalksteen en vuursteen



Figuur 9.1

Gebieden waar gesteenten uit het Boven-Krijt werden gedolven én als bouwsteen veelvuldig werden toegepast

In Zuid-Limburg en omgeving komt een groot aantal gesteenten voor dat geschikt is als bouwsteen. Sinds mensheugenis heeft de mens hiervan gebruik gemaakt. Opvallend is dat het gebruik van natuurlijke bouwstenen veelal beperkt is tot het geologisch voorkomen in de omgeving. We kunnen dan ook stellen dat de natuurlijke bouwstenen een weerspiegeling zijn van de gesteenten die in de ondergrond voorkomen (Fig 9.1). Dit neemt niet weg dat ook monumentale gebouwen ver buiten het herkomstgebied vaak uit natuurlijke bouwsteen zijn opgetrokken.

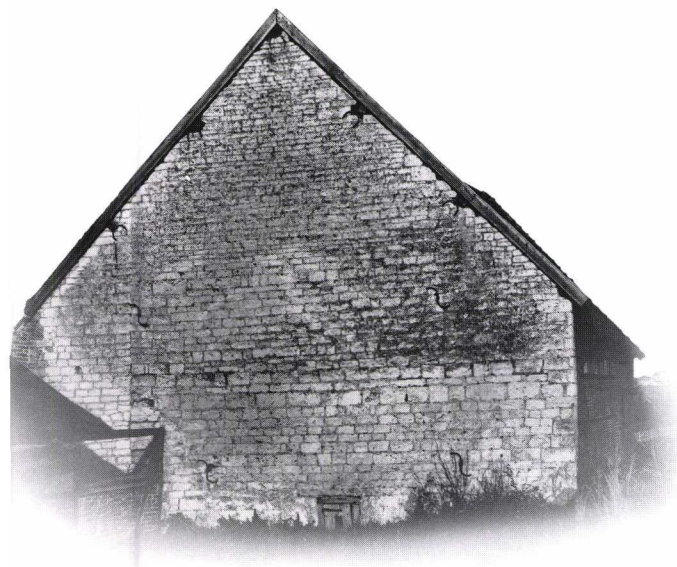


Foto 38

Boerderij te Vylen. Voor het grootste deel gebouwd uit z.g. 'Bakovensteen' uit de Kalksteen van Vylen in de directe omgeving

Het Zuid-Limburgse heuvelland dankt zijn naam 'Mergelland' niet ten onrechte aan de kalkstenen uit het Boven-Krijt die hier op tal van plaatsen aan de oppervlakte komen.

Het hierna volgende overzicht geeft een beeld van de herkomst en toepassing van de diverse bouwstenen uit het Boven-Krijt. Aan het einde van dit hoofdstuk is een lijst opgenomen van gebouwen die uit natuurlijke bouwsteen zijn opgetrokken.

9.1 Algemeen voorkomen en toepassing van de bouwstenen

9.1.1 Akense zandsteen

De Formatie van Aken komt alleen op ontginbare diepte voor in de omgeving van Vaals, Aken en het aangrenzende Belgische gebied bij Gemmenich, Kelmis en Hauset. In deze vnl. uit zand bestaande afzetting komen plaatselijk zandsteenbanken voor die sporadisch voor de huizenbouw zijn gebruikt. Tot voor kort waren dikke zandsteenbanken ontsloten in de spoorweginsnijding bij Moresnet.

9.1.2 Gulpense kalksteen

De Formatie van Gulpen bestaat voor het overgrote deel uit zachte kalkstenen die niet geschikt zijn als bouwsteen. Tussen Vaals en Gulpen is echter toch sporadisch kalksteen voor de bouw gedolven. De daar voorkomende Kalksteen van Vylen (in het onderste deel van de Formatie van Gulpen) bevat op een aantal plaatsen harde banken die in het verleden zijn gebruikt als bouwsteen. Deze kalksteen is niet bepaald vorstbestendig (CaCO_3 gehalte ca. 74%, SiO_2 gehalte ca. 20%) en werd hoofdzakelijk gebruikt voor binnenmuren en voor het bouwen van bakovens, waardoor deze kalksteen ook wel bakovensteen wordt genoemd. Opvallend is ook dat de blokken niet in een bepaald formaat werden gekapt, maar dat ieder bruikbaar blok na enigszins ruw te zijn bekapt, werd gebruikt. Goed bewaarde gebouwen liggen in de omgeving van Vylen, Lemiers, Vaals en Holset.

9.1.3 Maastrichtse Kalksteen

Sinds de Romeinse tijd werden kalkstenen van de Maastrichtse facies uit de Formatie van Maastricht veelvuldig als bouwsteen gebruikt. Grote ondergrondse gangenstelsels waarin bouwstenen werden gezaagd, vinden we in geheel westelijk Zuid-Limburg. De bekendste zijn wel de gangenstelsels in de St. Pietersberg, Cannerberg, Valkenburg en Sibbe. Volgens berekeningen zouden alleen al in de St. Pietersberg (oppervlakte ca. 88 ha., meer dan 200 km gang-lengte) ruim 6 miljoen kubieke meter kalksteen zijn gedolven. Naar de herkomst en het niveau dat werd ontgonnen zijn een aantal soorten onderscheiden zoals St. Pietersblok, Cannerblok, Vilterblok, Sibber- en Valkenburgerblok enz. Ook nu nog wordt de Maastrichtse



Figuur 39

Kerk van Berg en Terblijt gebouwd uit Maastrichtse Kalksteen, uit de Formatie van Maastricht



Foto 40

Boerderij te Winthagen, gebouwd uit bekapte Kunrader Kalksteen. De top van de gevel bestaat uit gezaagde blokken Maastrichtse Kalksteen. De deur- en raamomlijstingen bestaan uit gezaagde ondercarbonische kalksteen

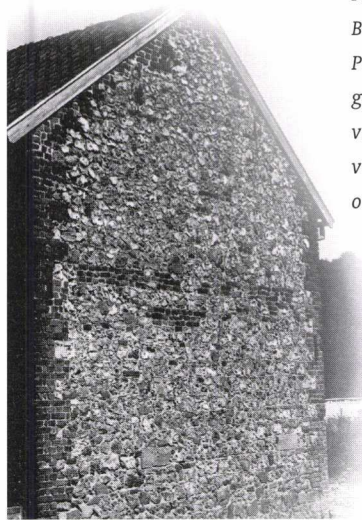


Foto 41

Boerderij te St. Pietersvoeren. Voor het grootste deel gebouwd uit vuurstenen afkomstig uit het vuursteeneluvium in de omgeving



Foto 42

Boerderij te Bosschenhuizen, gem. Simpelveld gebouwd uit ruw bekapte Kunrader Kalksteen uit de Formatie van Maastricht

9.1.4 Kunrader Kalksteen

In de omgeving van Kunrade en Ubachsberg en tussen Simpelveld en Bocholtz komt de kalksteen van de Formatie van Maastricht voor in de Kunrader facies. Deze Kunrader Kalksteen bestaat uit een afwisseling van harde en zachte kalksteenbanken met een gemiddelde dikte van 20 - 30 cm. Opgravingen van Romeinse bouwwerken in Heerlen (thermen), Voerendaal (villa) en Ubachsberg (villa) hebben aangetoond dat deze harde kalksteen reeds in de Romeinse tijd veelvuldig werd gebruikt. In tegenstelling tot de Maastrichtse Kalksteen, die vrijwel uitsluitend werd gezaagd, werd de Kunrader Kalksteen vnl. als bekapte steen (breuksteen) gebruikt.

Talrijke kleine groeven waarin Kunrader Kalksteen werd gedolven, zijn te vinden in het hierboven genoemde gebied. Fraaie gebouwen uit deze kalksteen zijn te vinden in Kunrade, Ubachsberg, Winthagen, Ransdaal, Schin op Geul, Craubeek, Colmont en de omgeving van Bocholtz en Eys.

9.1.5 Vuursteen

In het zuidoostelijk deel van Zuid-Limburg en het aangrenzende Belgische gebied is een aanzienlijk deel van de Gulpense kalksteen opgelost. Alleen het verweringsresidu, voor het grootste deel bestaande uit vuurstenen, is achtergebleven. In het genoemde gebied is vuursteen dan ook toegepast als bouwsteen. Mooie gebouwen uit grillige vuursteen zijn te vinden in de omgeving van Noorbeek, De Plank en in de aangrenzende Belgische Voerstreek.

9.2 Gebouwen waarin natuurlijke bouwstenen zijn toegepast

De onderstaande lijst, die verre van volledig is, is bedoeld om de lezer een indruk te geven van de toepassing van gesteenten uit voornamelijk het Boven-Krijt van Zuid-Limburg en omgeving en het gebruik hiervan in de gehele provincie.

Tabel 9.1 Gebouwen in Limburg waarin Boven-Krijt gesteenten als bouwsteen zijn toegepast

BOUWSTEENTYPE	PLAATS	GEBOUWEN
Gulpense kalksteen	Gulpen	woonhuis aan de Gulp
Gulpense kalksteen	Vylen	Panhuyscomplex
Gulpense kalksteen, tertiaire zandsteen, Akense zandsteen	Lemiers	Catharinakapel
Gulpense-, Kunrader kalksteen en tertiaire zandsteen	Holset	kerk
Kunrader kalksteen	Bahneheide	enkele boerderijen
Kunrader kalksteen	Benzenrade	hoeve De Dael
Kunrader kalksteen	Colmont enkele	boerderijen
Kunrader kalksteen	Craubeek	pompstation
Kunrader kalksteen	Heerlen	HTS
Kunrader kalksteen	Kunrade	Kunderhuis
Kunrader kalksteen	Maastricht	Theresiakerk
Kunrader kalksteen	Nyswiller	kerk
Kunrader kalksteen	Ransdaal	kerk
Kunrader kalksteen	Simpelveld	kerk
Kunrader kalksteen	Welten	kerk
Kunrader kalksteen	Winthagen	boerderijen
Kunrader kalksteen (absis)	Reuver	Lambertuskapel
Kunrader kalksteen (deels), Maastrichtse kalksteen	Heerlen	Pancratiuskerk
Kunrader kalksteen (speklagen)	Bocholtz	kasteel de Bongerd
Kunrader kalksteen, dekplaten muur	Ubachsberg	kerk
Nivelsteiner zandsteen		
Kunrader kalksteen, Maaskeien en boveencarbonische zandsteen	St. Odiliënberg	kerk
Kunrader kalksteen, onderbouw devonische zandsteen	Heerlen	voormalige mijnschool
Kunrader kalksteen, toren	Klimmen	kerk
Maastrichtse kalksteen		
Kunrader kalksteen, versieringen	Maastricht	Lambertuskerk
Maastrichtse kalksteen		
Maaskeien, Maastrichtse kalksteen	Crapoel	gevel woonhuis
Maastrichtse kalksteen	Kessel	burchtruïne
Maastrichtse kalksteen	Maastricht	kasteel Neercanne
Maastrichtse kalksteen	Maastricht	Apostelhoeve Cannerberg
Maastrichtse kalksteen	Meerssen	basiliek
Maastrichtse kalksteen	Neeritter	kerk
Maastrichtse kalksteen	Posterholt	kerk
Maastrichtse kalksteen	Retersbeek	kasteel Rivieren

BOUWSTEENTYPE	PLAATS	GEBOUWEN
Maastrichtse kalksteen	Roermond	Munsterkerk
Maastrichtse kalksteen	Scheulder	kerk en boerderijen
Maastrichtse kalksteen	St. Geertruid	kerk
Maastrichtse kalksteen	Stein	kasteelruïne
Maastrichtse kalksteen	Valkenburg	station
Maastrichtse kalksteen	Valkenburg	kasteel Chaloen
Maastrichtse kalksteen	Valkenburg	kasteel Genhoes
Maastrichtse kalksteen	Valkenburg	kasteelruïne
Maastrichtse kalksteen	Valkenburg	arbeidsbureau
Maastrichtse kalksteen	Valkenburg	Spaans Leenhof
Maastrichtse kalksteen (speklagen)	Margraten	boerderij Bauwerkoel
Maastrichtse kalksteen (speklagen)	Sibbe	Sibberhof
Maastrichtse kalksteen (toren)	Maasbracht	kerk
Maastrichtse kalksteen (toren)	Nunhem	kerk
Maastrichtse kalksteen (toren)	Stein	Martinuskerk
Maastrichtse kalksteen (toren), ondercarbonische kalksteen (onderbouw)	Grathem	kerk
Maastrichtse kalksteen (zijgevel)	Ohé en Laak	kasteel Hasselholt
Maastrichtse kalksteen en Maaskeien	Limbricht	voormalige parochiekerk
Maastrichtse kalksteen en vuursteen	Eckelrade	kerk
Maastrichtse kalksteen, Kunrader kalksteen	Schin op Geul	kerk
Maastrichtse kalksteen, Kunrader kalksteen (onderbouw)	Berg en Terblijt	kerk
Maastrichtse kalksteen, Maaskeien	Noorbeek	kerk
Maastrichtse kalksteen, onderbouw arkose zandsteen	Nieuwstadt	kerk
Maastrichtse kalksteen, vuursteen, boven- en ondercarbonische gesteenten, Maaskeien	Heel	kerk
Maastrichtse en onderbouw kalksteen Maastricht	Kunrader	St. Pieterskerk
Nivelsteiner zandsteen (onderbouw), Maastrichtse kalksteen	Eygelshoven	kerk
Nivelsteiner zandsteen (onderbouw), Maastrichtse kalksteen	Margraten	kerk
Vuursteen	's-Gravenvoeren (B)	boerderijen, woonhuizen
Vuursteen	Banholt schuurtje	tegenover kerk
Vuursteen	Mheer	pastorie
Vuursteen	Plank	boerderijen, woonhuizen
Vuursteen (gedeeltelijk)	Eckelrade	boerderij hoek Rosplein
Vuursteen (gedeeltelijk)	St. Pietersvoeren (B)	kerk
Vuursteen (onderbouw)	Landsrade	boerderij
Vuursteen en Maaskeien	Terlinden	hoeve Voerenstraat

10 Literatuur

In deze lijst zijn de titels opgenomen waarnaar in de tekst wordt verwezen. Daarnaast zijn een aantal regionaal-geologisch belangrijke publicaties vermeld.

Albers, H.J., 1974:

Feinstratigraphie und Faziesanalyse des Unterampans (Vaalser Grünsand = Hervien) sowie neue Beiträge zur kretazischen Deckgebirgstektonik von Aachen und dem westlich anschliessenden niederländisch-belgischen Limburg. - Diss., Fak. Bergbau und Hüttenkunde, Geol. Inst. der RWTH, Aachen.

Albers, H.J., 1976:

Feinstratigraphie, Faziesanalyse und Zyklen des Unterampans (Vaalser Grünsand = Hervien) von Aachen und dem niederländisch-belgischen Limburg. - Geol. Jb., A34, p. 3-68.

Albers, H.J. & Felder, W.M., 1979:

Litho-, Biostratigraphie und Palökologie der Oberkreide und des Alttertiärs (Präobersanton - Dan/Paläozän) von Aachen - Südlimburg (Niederlande, Deutschland, Belgien). Aspects der Kreide Europas. - IUGS Series A, 6, p. 47-84, Stuttgart.

Amerom, H.W.J. van, 1971:

Kotpillen aus der Oberen Kreide im Maastricht-Aachener Raum (Nord-West Europa. - Med. Rijks Geol. Dienst, N.S. p. 9-19.

Anten, J., 1928:

Les sables du plateau de la Baraque Michel. - Ann. Soc. géol. Belg., 51, p. B 294-B 296.

Bal, S.G. & Verbeek, J.W., 1990:

Upper Cretaceous nannoplankton in the Knokke well. In: Laga, P. & Vandenberghe, N. (eds). The Knokke well (11E/138) with a description of the Den Haan (22W/276) and Oostduinkerke (35E/142) wells. - Mém. Expl. Cartes Géol. Min. Belg., 29, p. 63-66.

Batten, D.J., 1988:

Revision of S.J. Dijkstra's Late Cretaceous megaspores and other plant microfossils from Limburg, The Netherlands. - Med. Rijks Geol. Dienst, 41, 3, p. 1-55.

Batten, D.J., Dupagne-Kievits, J. & Lister, J.K., 1988:

Palynology of the Upper Cretaceous Aachen Formation of northeast Belgium. In: Streel, M. & Bless M.J.M., (eds). The Chalk District of the Euregio Meuse-Rhine. Selected papers on Upper Cretaceous deposits: p. 95-103, Natuurhist. Museum Maastricht/Laboratoires de Paléontologie de l'Université d'Etat à Liège.

Bayle, E., 1857/1858:

Sur les Rudistes découvertes dans la craie de Maastricht. - Bull. Soc. géol. France, 2, 15, p. 210-218.

Beissel, I.G.M., 1886:

Der Aachener Sattel und die aus demselben vordringenden Thermalquellen. - Buchverlag J.A. Mayer, Aachen, 337 pp.

Bels, L., 1952:

Fifteen years of bat banding in the Netherlands. - Publ. Nat. Hist. Gen. Limburg, 5, p. 1-99.

Beuth, F., 1776:

Juliae et montium subterranae, sive fossilium variorum per utrumque ducatum hinc inde repertum syntagma. - Düsseldorfii.

Bick, H., 1977:

Paläontologische und stratigrafische Untersuchung kalkigen Nannoplanktons (Coccolitheen) im Campan der Aachener Kreide. - Dissertation R.W.T.H., Aachen, 102 pp., 23 Tafeln und 1 Anlage.

Binkhorst van den Binkhorst, J. T., 1859:

Esquisse géologique et paléontologique des couches crétacées du Limbourg. - 268 pp., Van Osch en Cie., Maastricht.

Blankevoort, C., 1927:

Onderaardsche of overdekte steengroeven in de provincie Limburg. - Nat. Hist. Maandblad, 6, p. 83-84 & 9, p. 136-137.

Bless, M. J. M., Felder, P.J. & Meessen, J.P.M.T., 1987:

Late Cretaceous sea level rise and inversion: their influence on the depositional environment between Aachen and Ant-werp. - Ann. Soc. géol. Belg., 109, 2, p. 333-355.

Bless, M.J.M. , Bouckaert, J., Langguth, H.-R. & Streel, M., 1987:

Upper Cretaceous and Di-nantian geology and hydrogeology of the Thermae boreholes of Valkenburg aan de Geul (South-Limburg, The Netherlands). - Ann. Soc. géol. Belg., 110, 1, p. 1-99.

Bless, M.J.M., Djaiz, R., Felder, P.J., Jagt, J.W.M. & Roebroeks, W., 1988:

'Session extraordi-naire' of the two Belgian geological societies on the Late Cretaceous and Quaternary in the Liège-Maastricht-Heerlen area, 12-14 June 1987. - Bull. Soc. géol. Belg., 96, 4, (1987), p. 309-323.

Bless, M.J.M., 1989:

Event-induced changes in Late Cretaceous to Early Paleocene ostracode assemblages of the SE Netherlands and NE Belgium. - Ann. Soc. géol. Belg., 112, 1, p. 19-30.

Bless, M.J.M. & Felder, P.J., 1989:

Note on the Late Cretaceous of Hockai (Hautes Fagnes, NE Belgium) - Ann. Newsl. Stratigr., 16, 3, p. 149-168.

Bless, M.J.M., Bouckaert, J., Camelbeeck, T., Dejonghe, L., Demoulin, A., Dupuis, C., Felder, P.J., Geukens, F., Gullentops, F., Hance, L., Jagt, J.W.M., Juvigné, E., Kramm, U., Ozer, A., Pissart, A., Robaszynski, F., Schumacher, R., Smolderen, A., Spaeth, C., Steemans, P., Streel, M., Vandeven, G., Vanguestaine, M., Walter R. & Wolf, M., 1991:

The Stavelot Massif from Cambrian to Recent. A survey of the present state of knowl-edge. - Ann. Soc. géol. Belg., 113, 2, (1990), p. 53-73.

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. - Ann. Soc. géol. Belg., 113, 2, (1990), p. 75-101.

Bless, M.J.M., Felder, P.J. & Jagt, J.W.M., 1991:

Repeated Tethyan influences in the early Campanian to middle late Maastrichtian successions of Folx-les-Caves and Orp-le-Petit (eastern Brabant Massif, Belgium). - Ann. Soc. géol. Belg., 113, 2 (1990), p. 179-197.

Bless, M.J.M., 1991a:

Immigranten uit Noord-Afrika en Zuid-Europa in de Laat-Krijtze van Noord-Europa. Een samenspel van ware zeestromen, verdwenen barrières en gunstige milieufactoren. - Grondb. & H., 45, 4, p. 73-83.

Bless, M.J.M., 1991b:

Eustatic sea level and depth of a Late Cretaceous epicontinental sea: an example from NW Europe. - Geol. Mijnbouw, 70(4), p. 339-346.

Bless, M.J.M., Duser, M., Felder, P.J. & Swennen, R., 1993:

Lithology and biostratigraphy of Upper Cretaceous-Paleocene carbonates in the Molenbeersel borehole (NE Belgium). - Geol. Mijnbouw, 71, p. 239-257.

Böhm, J., 1885:

Der Grünsand von Aachen und seine Molluskenfauna. - Verh. naturh. Ver. preuss. Rheinl., 42, p. 1-152.

Bosch, P.W., 1972, 1973, 1974:

Natuurlijke bouwsteen in Limburg. - Sprekende Bodem, 5, 1972, p. 51-56, 1, 1973, p. 2-4, 2, 1973, p. 4-9, 3, 1973, p. 9-10, 1, 1974, p. 4-9, 2, 1974, p. 17-20.

Bosch, P.W., 1979:

A Neolithic flint mine. - Scientific American, 240, 6, p. 126-132.

Bosch, P.W., 1980:

De Neolitische vuursteenmijnen van Rijckholt. - Spiegel Historiae, 2, p. 97-102.

Bosch, P.W., 1980:

Bouwstenen uit groeven en grotten. - 't Mergelland op en af, p. 70-77, Uitgeverij J.N. Voorhoeve, Den Haag.

Bosch, P.W., 1989:

Voorkomen en gebruik van natuurlijke bouwsteen in Limburg. - Grondb. & H.43, 5/6, p. 215-222.

Bosch, P.W. & Felder, W.M., 1990:

Plan of Neolithic Flint Mines at Rijckholt - St. Geertruid (The Netherlands). - Cahiers du Quaternaire no. 17 - Actes du Ve Colloque International sur le silex, 1990, p. 251-260, Bordeaux.

Bosquet, J., 1847:

Description des Entomostracés fossiles du terrain de la craie de Maestricht. - Mém. roy. Soc. Sci. Liège, IV; Liège. p. 353-378.

Bourguignon, P., 1955:

Données nouvelles sur le Crétacé des Hautes Fagnes. - Ann. Soc. géol. Belg., LXXIX p. B 425-B 433.

Bredden, H., 1937:

Lehrausflug in die Aachener Kreide: Morphologie des Nordabfalls der Eifel und des Hohen Venns am 23 August 1937.
- Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., 89, p. 568-577.

Bredden, H., Brühl H. & Dieler, H., 1963:

Das Blatt Aachen-Nordwest der praktisch geologischen Grundkarte 1:5000 des Aachener Stadtgebietes. - Geol. Mitt. R.W.T.H. Aachen, Band 1, Heft 2/4, p. 251-428, Aachen.

Brinkhuis, H. & Smit, J., 1996:

The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, S.E. Netherlands). - Geol. Mijnbouw, Vol. 75, 2/3.

Calembert, L. & Meijer, J.N., 1956:

Sur l'extension d'une lacune stratigraphique dans le Crétacé supérieur du pays de Herve et du Limbourg hollandais. - Ann. Soc. géol. Belg., 79, p. B 413-423.

Christensen, W.K. & Schmid, F., 1987:

The Belemnites of the Vaals Formation from the C.P.L. Quarry at Halembaye in Belgium: Taxonomy, Biometry and Biostratigraphy.
- Geol. J., A94, p. 3-37.

Christensen, W.K., 1988:

Upper Cretaceous belemnites of Europe: state of the art. In: Streef M. & Bless M. J. M., (eds), The Chalk District of the Euregio Meuse-Rhine. Selected papers on Upper Cretaceous deposits., p. 5-16.

Collins, J.S.H., Fraaye, R.H.B. & Jagt, J.W.M., 1995:

Late Cretaceous anomurans and brachyurans from the Maastrichtian type area. - Acta Palaeontologica Polonica, 40, 2, p. 1-45, Warszawa.

Debey, M.H., 1848:

Uebersicht der Urweltlichen Pflanzen des Kreidegebirges überhaupt und der Aachener Kreideschichten insbesondere. - Verh. naturh. Ver. preuss. Rheinl., Jahrg. V, p. 113-125, Bonn.

Debey, M.H., 1848:

Ueber eine neue Gattung urweltlicher Coniferen aus dem Eisensand der Aachener Kreide. - Verh. naturh. Vereins preuss. Rheinl., Jahrg. 5, p. 126-142, Bonn.

Debey, M.H., 1849:

Entwurf zu einer geogenetischen Darstellung der Gegend von Aachen. - Verh. dt. Naturforsch. u. Ärzte, geol.-miner. Sekt., im Sept. 1847 zu Aachen, p. 269-328.

Debey, M.H., 1849:

Entwurf zu einer geognostisch-geogenetischen Darstellung der Gegend von Aachen. - E. TerMeer, Aachen, 67 pp.

Debey, M.H., 1851:

Beitrag zur Flora der holländische Kreide (Vaals bei Aachen, Kunraed, Maestricht). - Abh. naturw. Ver. preuss. Rheinl. u. Westph., VIII Jahrg., p. 568-569.

Debey, M.H. & Ettinghausen, C. von, 1859:

Die urweltlichen Thallophyten des Kreidegebirges von Aachen und Maestricht. - Denkschr. Kaiserl. Akad. Wissenschaften Math. -naturw. Klasse, Band XVI, p. 131-214, pl. I - III, Wien.

Debey, M.H. & Ettinghausen, C. von, 1859:

Die urweltlichen Acrobryen des Kreidegebirges von Aachen und Maestricht. - Denkschr. Kaiserl. Akad. Wissenschaften Math. -naturw. Klasse, Band XVII, p. 183-248, pl. I - VII, Wien.

Debey, M.H., 1881:

Sur des feuilles querciformes des Sables d'Aix-la-Chapelle. - C.R. Congrès botanique horticulture de 1880, Bruxelles, 2e partie, Mém, p. 83-96, pl. I.

De Grossouvre, A., 1901:

Recherches sur la craie supérieure. - I - II. Paris.

De Grossouvre, A., 1908:

Description des Ammonitides du Crétacé supérieur du Limbourg et belge et hollandais et du Hainaut. - Mém. Mus. roy. Hist. Nat. Belg., 4, 39 pp.

Deroo, G., 1966:

Cytheracea (Ostracodes) du Maastrichtien de Maastricht (Pays-Bas) et des régions voisines; résultats stratigraphiques et paléontologiques de leur étude. - Med. Geol. Stichting, (C) V2, 197 pp.

Dewalque, G., 1880:

Prodrôme d'une Description géologique de la Belgique. - Bruxelles, 501 pp.

Dewalque, G., 1886:

Session extraordinaire à Spa tenue les 30 et 31 août et 1er septembre 1885. - Ann. Soc. géol. Belg. Bull., Tome XIII., p. 29-56.

Dewalque, G., 1897-1898:

Nouvelles observations dans la tranchée de Hockay. - Ann. Soc. géol. Belg., Tome XXV, Bull. 10, p. CXXXI - CXXXIII.

Dhondt, A.V. & Jagt, J.W.M., 1987:

Bivalvia uit de Kalksteen van Vylen in Halembaye (B). - Grondb. & H., 41, 3/4, p. 78-90.

Diederer, J., 1989:

Ondergrondse mergelwinning. - Grondb. & H., 43, 5/6, p. 173-179.

D'Omalius d'Halloy, J.B.J., 1822:

Observation sur un essai de carte géologique de la France, des Pays-Bas et des contrées voisines; notice accompagnant l'essai d'une carte géologique de la France, des Pays-Bas et des quelques voisines. - Ann. Mines Géol., VII, p. 353-376.

Dumont, A.H., 1832:

Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liège. - Mem. cour. en 1829 et 1830 Acad. Roy. Sci. Belg. Lett. Bruxelles, VIII, p. 1-374.

Dumont, A.H., 1847:

Mémoires sur le terrain ardennais et rhéin de l'Ardenne, du Rhin, du Brabant et du Condroz. Première partie (terrain ardennais). - Mém. Cour. Acad. roy. Belg., XX, 163 pp.

Dumont, A.H., 1849:

Rapport sur la carte géologique du Royaume. - Bull. Acad. roy. Sci. Lett., Beaux-Arts Belgique, XVI (11), p. 351-373.

Dumont, A.H., 1878:

Mémoires sur les terrains crétacés et tertiaires, préparés par feu André Dumont, pour servir à la description de la carte Géologique de la Belgique, édités par Michel Murlon. - Tome I Terrain crétacé, Bruxelles.

Engelen, F.H.G., 1972:

Mergel als bouwsteen. - Grondb. & H., 6, p. 191-196.

Engelen, F.H.G., 1975:

2500 jaar winning van kalksteen in Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 1, p. 11-19.

Engelen, F.H.G., 1989a:

De kalkstenen uit het Boven-Krijt en Onder-Tertiair als delfstof. - Grondb. & H., 43, 5/6, p. 157-172.

Engelen, F.H.G., 1989b:

Vuursteenwinning en toepassing. - Grondb. & H., 43, 5/6, p. 207-210.

Faujas Saint Fond, B., 1799:

Histoire naturelle de la montagne de Sainte-Pierre de Maastricht. - 263 pp., In-fol. Et in 4° avec 54 pl. Paris, an VII (= 1799), Déterville.

Faujas Saint Fond, B., 1802-1804:

Natuurlijke historie van den Sint-Pietersberg. Uit het Frans vertaald door J.D. Pasteur. J. Allart, Amsterdam, 340 pp. Met 52 pl.

Felder, P.J., 1961:

Het vuursteeneluvium in Zuid-Limburg. - Grondb. & H., p. 337-344.

Felder, P.J. & Rademakers, P.C.M., 1973:

Ograving van prehistorische vuursteenmijnen in Rijckholt-St. Geertruid. Een overzicht van de bereikte resultaten. - Nat. Hist. Maandbl., 62, 5/6, p. 61-74.

Felder, P.J. et al., 1985:

Upper Cretaceous to Early Tertiary deposits (Santonian - Paleocene) in northeastern Belgium and South Limburg (The Netherlands) with reference to the Campanian - Maastrichtian. - Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper, 1985, 1, 214, p. 1-151.

Felder, P.J., 1989:

Vuursteen, definitie en ontstaan. - Grondb. & H., 43, 5/6, p. 205 - 206.

Felder, W.M., 1957:

Fossielen in het Vaalser Groenzand. - Grondb. & H., 1, p. 7-13.

Felder, W.M., 1960:

Coprolithen in het Krijt van Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 4, p. 166 - 172.

Felder, W.M., 1960:

Het Belemnietenkerkhof in het Gulpens Krijt. - Grondb. & H., 3, p. 89-104.

Felder, W.M., 1962:

Dolinen in de Vylenerbossen. - Nat. Hist. Maandbl., 51, p. 3.

Felder, W.M. et al., 1962:

Overzicht der ontsluitingen van het Akens Zand, gelegen op de Nederlandse topografische kaart 1:25.000 en een aanhangsel bevattende de voornaamste ontsluitingen gelegen buiten dit kaartgebied. - Grondb. & H., 6., p. 177-247.

Felder, W.M., 1963:

Krijtontsluitingen ten zuiden van Maastricht. - Grondb. & H., 5, p.162-190.

Felder, W.M., 1971:

Bijdrage tot de kennis der genese van de vuursteenhorizonten. - Grondb. & H., 3., p. 78-89.

Felder, W.M., 1972:

Van Epen naar Vaals. Geologie van een toeristenweg. - Wetensch. Med. K.N.N.V, 55., 32 pp.

Felder, W.M., 1973:

Kalkstenen van het Boven-Krijt in Zuid-Limburg en hun exploitatie. - Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouw. Gen., 29, p. 51-62.

Felder, W.M., 1975a:

Lithostratigraphische Gliederung der Oberen Kreide in Süd-Limburg (Niederlande) und den Nachbargebieten. 1. Teil: Der Raum westlich der Maas, Typusgebiet des 'Maastricht'. - Publ. Nat. Hist. Gen. Limburg, XXIV, 3/4, 43 pp., Maastricht.

Felder, W.M., 1975b:

Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. - Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland, p. 63-72, Haarlem.

Felder, W.M., 1976a:

Een zeldzame bouwsteen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 1, p. 11-19.

Felder, W.M., 1976b:

Sedimentatiecycli in de kalkstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 1, p. 32-40.

Felder, W.M., 1977:

De stratigrafische plaats van de 'Kunrader kalksteen' in het Boven-Krijt van Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 6, p. 163-172.

Felder, W.M., 1978:

Ontsluitingen van de Kunrader kalksteen. - Grondb. & H., 4, p. 86-121.

Felder, W.M., 1979-1981:

Stratigrafische plaats van de ondergrondse kalksteengroeven in het Boven-Krijt van Zuid-Limburg. - Nat. Hist. Maandbl., jaargang 1979, 2, p. 21-25, 3, p. 42-45, 4, p. 69-71, 11, p. 206-211, jaargang 1981, 3, p. 56-59.

Felder, W.M., 1981:

Geschiedenis van de geologische kartering in Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 3/4, p. 65-81.

Felder, W.M., 1983:

De kalksteengroeve van de cementfabriek Ciments Portland Liégeois bij Halembaye, gem. Visé, prov. Luik, België. - Grondb. & H., 37, p. 122-138.

Felder, W.M., 1987:

Wankelt de in gebruik zijnde lithostratigrafie van het Boven-Krijt in Zuid-Limburg? - Grondb. & H., 41, 3/4, p. 53-63.

Felder, W.M., 1989:

Kalkstenen uit het Boven-Krijt en Onder-Tertiair van Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 43, 5/6, p. 145-155.

Felder, W.M., 1996:

Historical overview of lithostratigraphic research on the Upper Cretaceous of southern Limburg, The Netherlands. - Geol. Mijnbouw, 74, p. 287-300.

Felder, W.M. et al., 1998:

De Prehistorische Vuursteenmijnen van Ryckholt - St. Geertruid. - Werkgroep Prehistorische Vuursteenmijnbouw, Nederlandse Geologische Vereniging afd. Limburg. 333 pp.

Felder, W.M. & Bosch, P.W., 1998:

De St. Pietersberg: typelocatie van het Maastrichtien. - Grondb. & H., 3, p. 51-52.

Felder, W.M. & Bosch, P.W., 1998:

Geologie van de St. Pietersberg bij Maastricht. - Grondb. & H., 3, p. 53-63.

Felder, W.M. & Bosch, P.W., 1998:

Vuurstenen in de St. Pietersberg. - Grondb. & H., 3, p. 64-69.

Flekken, P.M., 1975:

Organisch-geochemische und kohlenpetrographische Bearbeitung der obersantonen Hergenrather Schichten (Basiston) und der Verwitterungsrinde des paläozoischen Grundgebirges im belgisch-niederländischen Grenzgebiet. - Unveröffentl. Dipl. Arb. am Lehrstuhl für Geol., Geoch. und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle, R.W.T.H. Aachen.

Flekken, P.M., 1976:

Organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek van het organisch materiaal (bitumen en kerogen) uit het Namurien en de basis van het Boven-Krijt (Santonien) in het Zuid-Limburgs/Belgisch grensgebied. - Grondb. & H., 6, p. 166-178.

Flekken, P.M., 1977:

Mikroskopisch en kolenpetrografisch onderzoek van xylieten uit het Krijt van Zuid-Limburg. - Grondb. & H., 4, p. 108-119.

Francken, C., 1947:

Bijdrage tot de kennis van het Boven-Senoon in Zuid-Limburg. - Med. Geol. Stichting, Serie C-VI-5, 148 pp.

Garset, R., 1968:

Les bancs de silex du Maestrichtien. - Publ. Nat. Hist. Gen. Limb. Reeks XVIII, 3/4, p. 57-66.

Göppert, H.R., 1841:

Fossiele Pflanzenreste des Eisensandes von Aachen. - Acta Acad. Caes. Leop. Nat. Cur. Vol. XIX pars II, p. 135-160, Taf. LIV, Fig. 1-20.

Habets, J., 1893:

Over oude (Romeinsche) mergelputten te Meerssen. - Versl. en Med. Kon. Akademie van Wetensch., afd. Letterkunde, 3e reeks(IX), p. 259-269.

Hagenow, F. von, 1851:

Die Bryozoen der Maastrichter Kreidebildungen, p. 1-111, 12 Taf. Cassel.

Heimans, E., 1911:

Uit ons Krijtland. - Versluys, Amsterdam. 215 pp.

Heimans, E., 1974:

Uit ons Krijtland. (fotografische herdruk). - Vroom & Dreesman, 215 pp.

Herngreen, G.F.W., Schuurman, H.A.H.M., Verbeek, J.W., Brinkhuis, H., Burnett, J.A., Felder, W.M. & Kedves, M., 1998:

Biostratigraphy of Cretaceous/Tertiary boundary strata in the Curfs quarry, the Netherlands. - Med. NITG - TNO, 61, 58 pp.

Hofker, J., 1956a:

Het Onder-Paleoceen van Zuid-Limburg, - Nat. Hist. Maandbl., 45, 11/12, p. 132-133.

Hofker, J., 1956b:

Les Foraminifères de la zone de contact Maestrichtien - Campanien dans l'Est de la Belgique et le Sud des Pays-Bas. - Ann. Soc. géol. Belg., 80, p. 191-233.

Hofker, J., 1957a:

Foraminifera of the Dutch Hervian. - Med. Geol. Sticht., N.S. 10, p. 19-34.

Hofker, J., 1957b:

Een nieuwe laag in het bovenste Krijt van Zuid-Limburg. - Nat. Hist. Maandbl., 46, 9/10, p. 121-123.

Hofker, J., 1966:

Maestrichtian, Danian and Paleocene Foraminifera. The Foraminifera of the type-Maestrichtian 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: 375 pp., Stuttgart.

Holzappel, E., 1885:

Über die Fauna des Aachener Sandes und seine Aequivalente. - Zeitschr. deutsch. Geol. Gesell., XXXVII, p. 595-609.

Holzappel, E., 1888-89:

Die Mollusken der Aachener Kreide, Teil 1-2. - Palaeontographica, XXXIV, p. 29-180, XXXV, p. 139-267.

Holzappel, E., 1907:

Beobachtungen im Diluvium der Gegend von Aachen. - Jahrbuch der Kön. Preuss. Geol. Landesanst. und Bergakad. Berlin f.d. Jahr 1903, XXIV, p. 483-502.

Hüpsch, von, 1768:

Neue in der Naturgeschichte von Niederdeutschland gemachte Entdeckungen einiger seltener und wenig bekannten versteinerten schaalthiere. - Mit. Kupf. Frankfurt-Leipzig.

Jäger, M., 1993:

Danian serpulidae and spirorbidae from NE Belgium and the SE Netherlands: K/T boundary extinction, survival and origination patterns. - Contr. Tert. Quatern. Geol. 29, 3/4, p. 73-137, Leiden.

Jagt, J.W.M., 1986a:

Sphenodiscus binckhorsti J. Böhm 1898 (Ammonoidea) in de Kalksteen van Nekum en de biostratigrafie van de Formatie van Maastricht. - Grondb. & H., 40, p. 1-17.

Jagt, J.W.M., (1986b:

Litho-, Biostratigraphie und Fauna des Lüttich-Limburger Campan und Maastricht (Belgien, Niederlande): eine Kurzübersicht. 3. Teil: Das Obermaastricht. - Arb. Krs. Paläont. Hannover, 14, 3, p. 37-54.

Jagt, J.W.M., 1986c:

Cyathidium vlieksi, a new holopodid crinoid from the Upper Maastrichtian (Late Cretaceous) of southern Limburg, The Netherlands. - Geol. Mijnbouw, 65, 3, p. 215-221.

Jagt, J.W.M., Felder, P.J. & Meessen, J.P.M.T., 1987:

Het Boven-Campanien in Zuid-Limburg (Nederland) en Noordoost België. - Nat. Hist. Maandbl., 76, 4, p. 94-110.

Jagt, J.W.M., 1988a:

Some stratigraphical and faunal aspects of the Upper Cretaceous of southern Limburg (The Netherlands) and contiguous areas. In: Streef, M., & Bless, M.J.M., (eds) - The Chalk District of the Euregio Meuse-Rhine. Selected papers on Upper Cretaceous deposits, p. 25-39, Natuurhistorisch Museum Maastricht/Laboratoires de Paléontologie de l'Université d'Etat à Liège.

Jagt, J.W.M. & Collins, J.S.H., 1988:

The biostratigraphy of the Geulhem Member (Early Palaeocene), with reference to the occurrence of *Pycnolepas bruennichi* Withers, 1914 (Crustacea, Cirripedia). In: Jagt, J.W.M. & Janssen, A.W. (eds) - Faunal and stratigraphical aspects of the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. - Med. Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie, 25, 2/3, p.175-196.

Jagt, J.W.M. & Janssen, A.W., 1988:

The Danian in the Maastrichtian type area (SE Netherlands, NE Belgium): past, present and future research. In: Jagt, J.W.M. & Janssen, A.W. (eds) - Faunal and stratigraphical aspects of the Early Palaeocene (Danian) in the SE Netherlands and NE Belgium. - Med. Werkgroep voor Tertiaire en Kwartaire Geologie, 25, 2/3, p. 213-223.

Jagt, J.W.M., 1989:

Ammonites from the early Campanian Vaals Formation at the CPL quarry (Haccourt, Liège, Belgium) and their stratigraphic implications. - Med. Rijks Geol. Dienst, 43, 1, p. 1-33.

Jagt, J.W.M. & Collins, J.S.H., 1989:

Upper Cretaceous cirripedes from N.E. Belgium. - Proceedings of the Geologists' Association, 100, 2, p. 183-192.

Jagt, J.W.M. & Kennedy, W.J., 1989:

Acanthoscaphites varians (Lopuski, 1911) (Ammonoidea) from the Upper Maastrichtian of Haccourt, NE Belgium. - Geol. Mijnbouw, 68, 2, p. 237-240.

Jagt, J.W.M. & Michels, G.P.H., 1990:

Additional note on the echinoid genus *Cyclaster* from the Late Maastrichtian of northeastern Belgium. - Geol. Mijnbouw, 69, 2, p. 179-185.

Jagt, J.W.M., 1991:

A new ophiuroid from the Maastrichtian type area (Late Cretaceous, SE Netherlands, NE Belgium). - Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg., Sci. de la Terre, 61, p. 197-209.

Jagt, J.W.M., Collins, J.S.H. & Fraaye, R.H.H., 1991:

A new late Maastrichtian xanthid crab from southern Limburg (The Netherlands). - Cretaceous Research, 12, 6, p. 553-560, 3 figs.

Jagt, J.W.M., Deckers, M. & Kuypers, M., 1994:

Well-preserved bourgueticrinid crinoids from the Late Maastrichtian of the Netherlands. - p. 221-222, in: David, B., Guille, A., Féral, J.-P., & Roux, M. (eds.) Echinoderms through Time. - Proceedings of the Eighth International Echinoderm Conference, Dijon/France/6-10 September 1993, Balkema. (Rotterdam/Brookfield), 940 pp.

Jagt, J.W.M. & Kennedy, W.J., 1994:

Jeletzkytes dorfi Landman & Waage 1993, a North American ammonoid marker from the lower Upper Maastrichtian of Belgium, and the numerical age of the Lower/Upper Maastrichtian boundary. - Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, 1994/4, p. 239-245.

Jagt, J.W.M. & Van der Ham, R.W.J.M., 1994:

Early Palaeocene marsupiate regular echinoids from NE Belgium, p. 725-729, in: David, B., Guille, A., Féral, J.-P. & Roux, M. (eds.). Echinoderms through Time. - Proceedings of the Eighth International Echinoderm Conference, Dijon/France/6-10 September 1993, Balkema (Rotterdam/Brookfield), 940 pp.

Jagt, J.W.M. & Kuypers, M.M.M., 1994:

A note on *Hoploscaphites pungens* (Binckhorst, 1861) (Cretaceous Ammonoidea). - Cretaceous Research, 15, 6, p. 765-770.

Jagt, J.W.M. et. al., 1995:

Preliminary report of field work at Altembroeck (NE Belgium, early Maastrichtian) by the Working Group Beutenaken/Vijlen Members. - Serv. Géol. Belg./Belg. Geol. Dienst, Professional Paper, 1995, 1, 276, p. 1-20.

Jagt, J.W.H., Burnett, J. & Kennedy, W.J., 1995:

Campanian ammonites and nannofossils from southern Limburg, the Netherlands. - Med. Rijks Geol. Dienst, 53, p. 49-63.

Jagt, J.W.M., Kennedy, W.J., Burnett, J.A., Christensen, W.K. & Dhondt, A.V., 1995:

Santonian macrofauna and nannofossils from northeast Belgium. - Bull. Inst. Roy. Sci. nat. Belg., Sci. de la Terre, 65, p. 127-137.

Jagt, J.W.M. & Van der Ham, R.W.J.M., 1995:

First record of the echinoid genus *Tylocidaris* Pomel 1883 from the type Maastrichtian of the Netherlands. - Paläontologische Zeitschrift, 69, 1/2, p. 233-239.

Jagt, J.W.M., 1996:

Maastrichtian and Early Paleocene index macrofossils in the Maastrichtian type area (SE. Netherlands, NE Belgium). - Geol. Mijnbouw, Vol. 75, 2/3, p. 153-162.

Jagt, J.W.M., Leloux, J. & Dhondt, A. et al., 1998:

Fossielen van de St. Pietersberg. - Grondb. & H., 4/5, p. 93-156.

Jagt, J.W.M., 1999:

Late Cretaceous-Early Paleogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 1: Introduction and stratigraphie; Part 2: Crinoids. - Scripta Geol., 116; 1-255, 46 pls.

Jagt, J.W.M., 2000a:

Late Cretaceous-Early Paleogene echinoderms from the southeast Netherlands and northeast Belgium. - (proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam), x + 448 pp., 172 pls.

Jagt, J.W.M., 2000b:

Late Cretaceous-Early Paleogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium. Part 3: Ophiuroids; Part 4: Echinoids; Part 5: Asteroids; Part 6: Conclusions. - Scripta Geol., 121 (in druk).

Jongmans, W.J., 1945:

Natuurlijke bouwsteensoorten van Zuid-Limburg. - Med. Jaarverslag 1942-1943 Geol. Sticht. - Geol. Bur., p 2-14.

Jongmans, W.J., 1945:

Geologische bezienswaardigheden in Epen en omgeving. - Med. Jaarverslag 1942-1943 Geol. Sticht. - Geol. Bur., Heerlen, p. 5-39.

Juvigné, E. & Renard, F., 1991:

Les formations Post-Crétacées de la carrière CBR à Lixhe/Visé (Belgique). - Bull. Soc. Belge. Géol., 100, 1/2, p. 163-175.

Kaunhowen, F., 1897:

Die Gastropoden der Maestrichter Kreide. - Paläont. Abh., N.F., 4, 1, 132 pp., Jena.

Kennedy, W.J., 1987:

The ammonite fauna of the type Maastrichtian with a revision of *Ammonites colligatus* Binkhorst, 1861. - Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg., Sci. Terre, 56 (1986): p. 151-267.

Keuller, L.E., Lahaye E. & Sprenger, W., 1910:

Limburgse bouwstenen. - Publications de la Soc. Hist. et Archeol. dans le Limbourg, Tome XLVI, nouv. sér. XXVI, p. 307-367.

Keutgen, N. & Van der Tuuk, L.A., 1990:

Belemnites from the Lower Maastrichtian of Limburg, Aachen and Liège. - Meded. Rijks Geol. Dienst, 44, 4, p. 1-39.

Klein, W.C. & Van Rummelen, F.H.G., 1925:

De natuurlijke bouwsteensoorten van Limburg. - Het Bouwbedrijf, 4, p. 147-150.

Knobloch, E. & Mai, D.H., 1986:

Monographie der Früchte und Samen in der Kreide von Mitteleuropa, 331 pp. - Praha (Rozpravy Ustredniho Ustavu Geologickeho, Svezek 47).

Kräusel, R., 1923:

Ueber pflanzenführende Kreideschichten aus der Umgebung von Heerlen (Holland Limburg). Mit einem Beitrag von J. Jongmans. - Senckenbergiana, Band V, p. 145-154, pl. V, Frankfurt-am-Main.

Krutzler, E.M., 1964:

De Mosasauriers van ons Krijt. - Natuurhist. Maandbl., 53, p. 150-157.

Krutzler, E.M., 1969:

Le genre *Crania* du Crétacé supérieur et du Post-Maastrichtien de la province de Limbourg néerlandais (Brachiopoda, Inarticulata). - Publ. Nat. Hist. Gen. Limburg, 19, 3, p. 1-42.

Lambert, J., 1911:

Description des Echinides Crétacés de la Belgique, II, Echinides de l'étage Sénonien. - Mém. Mus. roy. Hist. nat. Belgique, 1e s., 16, 81 pp.

Lange, T., 1890:

Beiträge zur Kenntnis der Flora des Aachener Sandes. - Zeitschr. d. Deutsch. - geol. Gesellschaft, Band XLII, p. 658-676, pl. XXXII - XXXIV, Berlin.

Marie, P., 1947:

Sur l'âge montien du Calcaire de Bunde. - C.R. Soc. géol. France, 7, p. 145-147.

Marlière, R., 1954:

Le Crétacé. - Prodrome d'une description géologique de la Belgique, p. 416-444, Liège.

Meijer, M., 1965:

The stratigraphical distribution of Echinoids in the Chalk and Tuffaceous Chalk in the neighbourhood of Maastricht (The Netherlands). - Med. Geol. Sticht., N.S., 17, p. 21-25.

Meessen, J.M.Th., 1996:

De indeling van de Formatie van Vaals (Campanien) met behulp van foraminiferen. - Intern rapport Rijks Geol. Dienst, Heerlen no. GB 1726.

Miquel, W., 1853:

De fossiele planten van het Krijt in het Hertogdom Limburg. - Verh. d. Comm. v. d. geol. beschr. en kaart van Nederland, Deel 1, p. 33 - 56, pl. I - VII, Haarlem.

Mortimore, R.N. & Pomerol, B., 1991:

Stratigraphy and Eustatic Implications of Trace Fossil Events in the Upper Cretaceous Chalk of Northern Europe. - Palaios, 6, p. 216-231.

Mourlon, M., 1880:

Géologie de la Belgique. - Tome 1, F. Hayez, Bruxelles, 317 pp.

Mourlon, M., 1881:

Géologie de la Belgique. - Tome 2, I-XVI et., F. Hayez, Bruxelles, 392 pp.

Müller, J., 1847:

Monographie der Petrefakten der Aachener Kreideformation, 1. Abt. (Henry u. Cohen), 48 pp.

Müller, J., 1851:

2. Abt. (Henry u. Cohen), 88 pp.

Müller, J., 1859:

Supplementheft zur ersten und zweiten Abt. - Aachen (J. A. Mayer), 32 pp.

Nillesen, J.H.M., 1989:

Een bijdrage tot de kennis van het kalkbranden in Zuid-Limburg. - Gronb. & H., 43, 5/6, p. 185-194.

Pannekoek, A.J. (red.), 1956:

Geologische Geschiedenis van Nederland. Toelichting bij de Geologische overzichtskaart van Nederland 1:200.000. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 154 pp.

Rademakers, P.C.M., 1995:

Hystriosphæridae in de vuursteenhorizonten van de Kalksteen van Lanaye (Formatie van Gulpen) van het Maastrichtien in Zuid-Limburg en aangrenzend Belgisch gebied. - Grondb. & H. 6, p. 130-139.

Rademakers, P.C.M., 1998:

Geologische orgelpijpen. - Grondb. & H., 3, p. 79-85.

Rasmussen, W.H., 1965:

The Danian affinities of the Tuffeau de Ciply in Belgium and the 'Post-Maastrichtian' in The Netherlands. - Med. Geol. Stichting, N.S., 17, p. 33-38.

Reinhold, Th., 1931:

Diatoms from rocks possibly belonging to the Danian (or Lower Eocene) near Maastricht, The Netherlands. - Jaarverslag Geol. Bur. v.h. Mijngedebied te Heerlen over 1930, p. 13-18.

Renier, A., 1928:

Session extraordinaire de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. Tenue à Eupen les 7, 8, 9 et 10 Septembre 1925. Bull. - Soc. Belg. Géol., Pal. Et d'Hydrogeol., Tome XXXV, 1925, p. 174-249.

Robaszynski, F. & Dupuis C., 1983:

Belgique. - Guides géologiques régionaux, Masson (Paris), 204 pp.

Robaszynski, F. & Christensen, W.K., 1989:

The Upper Campanian-Lower Maastrichtian chalks of the Mons Basin, Belgium: a preliminary study of belemnites and foraminifera in the Harmignies and Ciply areas. - Geol. Mijnbouw, 68, p. 391-408.

Romein, B.J., 1962a:

On the type locality of the Maastrichtian (Dumont, 1848), the upper boundary of that stage and on the transgression of a Maastrichtian s.l. in Southern Limburg. - A pocket guide to the excursions of the Jubilee Convention, excursion D, p. 1-13, Geol. Survey of the Netherlands and Roy. Geol. Min. Soc. of the Netherlands.

Romein, B.J., 1962b:

On the type locality of the Maastrichtian (Dumont, 1849), the upper boundary of that stage and on the transgression of a Maastrichtian s.l. in South Limburg. - Meded. Geol. Sticht., N.S., 15, p. 77-84.

Romein, B.J., 1963:

Present knowledge of the stratigraphy of the Upper Cretaceous (Campanian-Maastrichtian) and Lower Tertiary (Danian-Montian) calcareous sediments in Southern-Limburg. - Verh. Kon. Nederl. Geol. Mijnbouwk. Genoot., 21, 2, p. 93-104.

Romein, B.J., 1966:

Ons Krijtland Zuid-Limburg II. Geologische geschiedenis van Zuid-Limburg. - Wet. Med., 61, K.N.N.V., 69 pp.

Romein, B.J., Schuurman, H. & Lissenberg, Th., 1977:

De foraminiferen en ostracoden van de Kunrader kalk van wegingsnijding 62B-293 bij Benzenrade. - Grondb. & H., p. 173-181.

Rutot, A., 1894:

Essai de synchronisme des couches maastrichtiennes et sénoniennes de Belgique, du Limbourg hollandais et environs d'Aix-la-Chapelle. - Bull. Soc. Belg. Géol., Tome VIII, p. 145-194.

Rutot, A., 1909:

Quelques observations à propos de la discussion relative aux silex crétacés du Hohe-Venn prussien. - Bull. Soc. Belg. Géol., XXIII, p. 5-6.

Schijfsma, E., 1946:

The foraminifera from the Hervian (Campanian) of Southern Limburg. - Med. Geol. Sticht. Serie C-V, 7, 174 pp.

Schlotheim, E.F. von, 1820:

Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte durch die Beschreibung einer Sammlung versteinerter und fossiler Überreste des Tier- und Pflanzenreichs der Vorwelt. Gotha, 378 pp.

Schlotheim, E.F. von, 1822:

Nachträge zur Petrefactenkunde, a. I.

Schmid, F., 1967:

Die Oberkreide-stufen Campan und Maastricht in Limburg (Südniederlande), Nordostbelgien, bei Aachen und in nordwestdeutschland. - Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Paläont., 12, 1-2, p. 471-478.

Schroevers-Kommandeur, H. & De Jager, S., 1966:

De Henkeput. - Nat. Hist. Maandbl. 55(7/8), p. 117-126.

Schulz, M.G., 1979:

Morphometrisch-variationsstatistische Untersuchungen zur Phylogenie der Belemniten-Gattung Belemnella im Untermaastricht NW-Europas. - Geol. Jb., A 47, p. 3-157.

Schulz, M.G. & Schmid, F., 1983:

Das Ober-Maastricht von Hemmoor (N-Deutschland): Faunen-zonen-Gliederung und Korrelation mit dem Ober-Maastricht von Dänemark und Limburg. - Newsl. Stratigr., 13, 1, p. 21-39.

Schulz, M.G., 1985:

Die Evolution der Echiniden-Gattung Galerites im Campan und Maastricht Norddeutschlands. - Geol. Jb., A 80, p. 3-93.

Simon, E., 1993:

Possible presence of *Cretirhynchia undulata* (Pusch, 1837) in the Vijlen Chalk (Upper Maastrichtian) from Hallembaye (Belgium) and neighbouring area. - Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belg., Sci. Terre, 63, p. 73-97.

Slimani, H., 1994:

Les dinokystes des craies du Campanien au Danien à Halembaye, Turnhout (Belgique) et à Beutenaken (Pays-Bas). - Mém. Expl. Cartes géol. min. Belg., 37, p. 1-173.

Sprechmann, P., 1981:

Paleocommunities and paleobathymetry of Maastrichtian sublittoral benthonic foraminifera from western Europe. - N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 162, 2, p. 188-230.

Staring, W.C.H., 1860:

De Bodem van Nederland. - deel II. 467 pp.

Stockmans, F., 1946:

Végétaux de l'Assise des Sables d'Aix-la-Chapelle récoltés en Belgique (Sénonien Inférieur). - Mém. Mus. roy. Hist. Nat. Belg., Mém., 105, 51 pp., pl. I - IV, Bruxelles.

Streel, M. & Bless, M.J.M., 1988:

The Chalk district of the Euregio Meuse-Rhine. Selected papers on Upper Cretaceous deposits. - Natuurhist. Museum Maastricht/Laboratoires de Paléontologie de l'Université d'Etat à Liège, 116 pp.

Ubaghs, C., 1879:

Description géologique et paléontologique du sol de Limbourg avec Catalogue général des fossiles du terrain crétacé, Coupe de la superposition des couches, et description de quelques grands vertébrés de la craie supérieure de Maastricht. - J.J. Romen et fils, Ruremonde 1879, 275 pp.

Ubaghs, C., 1888:

Over de geologische vormingen van Limburg, in het bijzonder over de Maastrichtse krijtforming. - Hand. 1e Ned. Nat. en Geneesk. Congr. in Haarlem 1887, p. 237-251.

Uhlenbroek, G.D., 1912:

Het Krijt van Zuid-Limburg. - Jaarverslag Rijksopsp. Delfstof. over 1911; Den Haag, p. 48-56.

Umbgrove, J.H.F., 1926:

Eenige problematische Fossielen uit het Limburgse Krijt. - Nat. Hist. Maandbl., 14, p. 99-100.

Umbgrove, J.H.F., 1926:

Bijdrage tot de kennis der stratigrafie, tectoniek en petrografie van het Senoon van Zuid-Limburg. - Leidse Geol. Med. 1, afl. 2, p. 255-332.

Van Bellen, R. C., 1946:

Foraminifera from the Middle Eocene in the Southern part of the Netherlands, province of Limburg. - Med. Geol. Stichting, Serie C-V-1, 4, p. 5-144.

Van Bellen, R. C., 1947:

Sur l'âge de la fauna de Bunde (Limbourg, Pays-Bas). - C.R. Soc. géol. France, 5/6, p. 122-123.

Van de Geijn, W. A. E., 1937:

Les élasmodontes du Crétacé marin du Limbourg hollandais. - Nat. Hist. Maandbl., XXVI, p. 16-21, p. 28-32, p. 56-69.

Van der Ham, R., de Wit, W., Zuidema, G. & Van Birgelen, M., 1987:

Zeeëgels uit het Krijt en Tertiair van Maastricht, Luik en Aken. - Publ. Nat. Hist. Gen. Limb., Reeks XXXVI, 92 pp.

Van Schaijk, D.C., 1938:

De St. Pietersberg. - NV Drukkerij en uitgeverij Leiter - Nypels, Maastricht. 388 pp.

Van Schaijk, D.C., 1948:

Maastricht en de St. Pietersberg. - Heer, 56 pp.

Van Schaijk, D.C., 1983:

De St. Pietersberg. Met een aanvullend gedeelte van 1938 - 1983. - Efen Ef, Thorn, 566 pp.

Van der Weyden, W.J.M., 1942:

Hervensch Krijtafzettingen ten E. van de storing van Heerlerheide. - Med. Jaarversl. over 1940 en 1941. Geol. Bur. Heerlen.

Van der Weyden, W.J.M., 1943:

Die Macrofauna der Hervenschen Kreide mit besonderer Berücksichtigung der Lamellibranchiaten. - Med. Geol. Sticht., Serie C-IV-2, 1, 139 pp.

Van der Weyden, C.H., Middelburg, J.J. & Van Gaans, P.F.M., 1989:

Early diagenetic silica precipitation, in relation to redox boundaries and bacterial metabolism, in late Cretaceous chalk of the Maastrichtian type locality. Comment. - Geol. Mijnbouw, 68, p. 263-270.

Van Wijngaarden, A., 1962:

Intern rapport RIVON over de ondergrondse mergelgroeven in Zuid-Limburg, 231 pp.

Van Wijngaarden, A., 1967:

De ondergrondse kalkgroeven van Zuid-Limburg. - Ons Mergelland Zuid-Limburg III, Wetensch. Med. K.N.N.V., 28 pp.

Verbeek, J.W., 1983:

The calcareous nannofossils from the Campanian and Maastrichtian rocks of southern Limburg (The Netherlands) and the adjacent Belgian area. In: Birkelund, T., Bromley, R.G., Christensen, W.K., Håkansson, E. & Surlyk, F. (eds). - Abstracts Symposium on Cretaceous Stage Boundaries, Copenhagen, October 18-21, 1983, p. 197-200.

Villain, J.M., 1977:

Le Maastrichtien dans sa région type (Limbourg, Pays-Bas). Etude stratigraphique et micropaléontologique. - *Palaeontographica*, A 157, 1/3, p. 1-87.

Vincent, E., 1928:

Observations sur les couches montiennes traversées au Puits no. 2 du Charbonnage d'Eysden, près de Maaseyk (Limbourg). - *Bull. Cl. Sc. Acad. roy. de Belgique*, 5e série, t. XIV, 1/2, p. 554-568.

Vogel, F., 1892:

Das Ober-Senoon von Irnich am Nordrand der Eifel. - *Verh. naturh. Ver. preuss. Rheinl.*, 49, p. 1-106.

Vogel, F., 1895:

Beiträge zur Kenntniss der holländischen Kreide. I. Lamellibranchiaten aus der Oberen Mucronatenkreide von Holländisch-Limburg. II. Die Fossilien des Neocomsandsteins von Losser und Gildehaus. - *Samml. d. geol. Reichsmuseums in Leiden*. 2, p. 1-64.

Voigt, E., 1929:

Die Lithogenese der Flach- und Tiefwassersedimente des jüngeren Oberkreidemeeres. - *Jb. halleschen Verbandes Erforsch. mitteldt. Bodenschätze*, N. J., 8, p. 3-162, Halle.

Voigt, E., 1953:

Revision von H. Hamm 'Die Bryozoen des Maastrichter Obersenon (1882)'. - *Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg*, 22, p. 32-75, Hamburg.

Voigt, E., 1955:

Thallassocharis bosqueti Debey ex Miquel, ein strukturell erhaltenes Seegras aus der holländischen Kreide. - *Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg*, 24, p. 84-102, Hamburg.

Voigt, E., 1974:

Über die Bedeutung der Hartgründe (Hardgrounds) für die Evertebratenfauna der Maastrichter Tuffkreide. - *Nat. Hist. Maandbl.*, 63, 2, p. 32-39.

Voigt, E., 1979:

Bryozoen der Kunrader Schichten in Süd-Limburg. - *Grondb. & H.*, 2, p. 33-88, 14 Taf.

Voigt, E., 1987:

Thalassinoid burrows in the Maastrichtian chalk tuff near Maastricht (The Netherlands) as a fossil hardground microcavern biotope of Cretaceous bryozoans. In: Ross, J.R.P. (ed.). - *Bryozoa: Present and Past. Papers presented at the 7th International Conference on Bryozoa*, Bellingham, Washington, 1986, p. 293-300. Bellingham (Western Washington University).

Vos, J., 1937:

Instortingen onder de spoorlijn Aken-Maastricht in 1853, 1891 en 1913. Versl. van de vergadering op Woensdag 1 dec. 1937. - *Nat. Hist. Maandbl.*, 12, p. 134-137.

Walter, R., 1992:

Geologie von Mitteleuropa. - 561 pp., E. Schweizerbart'sche, Stuttgart.

Witte, L. & Schuurman, H., 1991:

Biostratigrafisch onderzoek aan kernen in het Boven-Krijt van Nederland. - Intern rapport no. 525. Rijks Geol. Dienst, Biostratigrafie Mesozoicum.

Ziegler, P.A., 1990:

Geological Atlas of Western and Central Europe. - Shell International Petroleum Mij. B. V. Den Haag.

Zijlstra, J.J.P., 1987:

Early diagenetic silica precipitation, in relation to redox boundaries and bacterial metabolism, in late [silica] Cretaceous chalk of the Maastrichtian type locality. - Geol. Mijnbouw, 66, 4, p. 343-355.

Zijlstra, J.J.P., 1994:

Sedimentology of the Late Cretaceous and Early Tertiary (tuffaceous) chalk of northwest Europe. - Geologica Ultraiectina, 119, p. 1-192.

Dankwoord

De schrijvers realiseren zich dat deze samenvatting van de kennis over het Krijt van Zuid-Limburg een aanzienlijk (tijds)beslag heeft gelegd op de TNO-NITG organisatie. Een speciaal woord van welgemeende dank voor de toestemming tot publicatie van dit handboek over de Krijt-geologie willen wij betuigen aan dr. H. Speelman, directeur TNO-NITG. Verder willen wij onze erkentelijkheid uitspreken voor de inzet van drs. M.M. Fischer (TNO-NITG) en John Stroucken bedanken voor zijn vele werk bij de totstandkoming van de eindversie van het manuscript. Het is een prachtig boek geworden door het enthousiasme van Diana Lepelaar-Moeliker die het tekenwerk en de opmaak verzorgde en dr. G.F.W. Herngreen die de redactie voerde.

