

Beperkte verspreiding

**KARTERING EN KARAKTERISERING
(SEDIMENTPETROGRAFISCH EN
PETROFYSISCH) VAN DE
KRIJTGESTEENTEN IN VLAANDEREN**

**D. Lagrou & R. Dreesen
i.s.m. M. Duser (Belgische Geologische Dienst)**

Studie uitgevoerd in opdracht van ANRE

2005/MAT/R/0216

December 2005

SAMENVATTING

Deze studie van het krijtgesteenten in Vlaanderen kan in twee delen worden opgesplitst: in het eerste deel worden typeprofielen opgesteld doorheen de Krijtafzettingen in Vlaanderen waarbij een optimale bedekking wordt nagestreefd en waarbij een lithostratigrafisch framework kan worden opgesteld; in het tweede deel wordt door een selectieve staalname van het krijtgesteente verschillende facies onderscheiden en onderling vergeleken, met als doel eventuele laterale en verticale faciesverschillen binnen de karteerbare eenheden te herkennen.

(1) Op basis van de databank van de Belgische Geologische Dienst werd een selectie gemaakt van de boringen die het Krijt in Vlaanderen hebben aangeboord. Uit deze lijst werden op basis van een aantal selectiecriteria typeboringen geselecteerd. Deze criteria zijn: (a) een zo volledig mogelijk krijtinterval aangeboord; (b) een goede geografische spreiding van de boringen; (c) de beschikbaarheid van boorgatmetingen; (d) een gedetailleerde boorbeschrijving; (e) de beschikbaarheid van boorkernen voor eventuele staalname en betere lithologische beschrijving en (f) de aanwezigheid van een ecostratigrafische zonatie volgens Felder (1994 en 2001). Op deze wijze werden 80 typeboringen weerhouden waarvoor een goede (litho)stratigrafische indeling werd opgesteld. Aangevuld met 3 ontsluitingen werden hiermee 11 typeprofielen opgesteld die een betrouwbaar lithologisch en stratigrafisch 'framework' leveren voor de Krijtafzettingen doorheen Vlaanderen.

Op basis van de aanwezigheid van Krijtafzettingen kunnen verschillende geologische regio's in Vlaanderen afgebakend worden. 1. de Roerdalslenk in het uiterste noordoosten van België: deze wordt van het Kempens Bekken gescheiden door de Feldebiss breukzone die de top van het Krijt bijna 1000 m dieper brengt. De top van het Krijt bevindt er zich op meer dan 1200 m diepte en heeft een dikte van een 50-tal m, bestaande uit de Formaties van Houthem en Maastricht. De geringere totale dikte van het Krijt in de Roerdalslenk in vergelijking met het Kempens Bekken is te verklaren door het feit dat de Roerdalslenk gedurende het Laat-Krijt een opgeheven blok was, dat pas vanaf Laat-Maastrichtiaan door de Krijtzees overspoeld werd. 2. Het Kempens Bekken: dit bevat geografisch grosso modo de Antwerpse en Limburgse Kempen en wordt ten zuiden en ten westen begrensd door het Brabant Massief. Ten noordoosten wordt het begrensd door de Roerdalslenk. In het oosten, langs de randbreuken van de Roerdalslenk vangt de Krijtsequentie aan met de zanden van de Formatie van Aken die in westelijke richting uitwijken. De formatie van Vaals bestaat in het oosten uit een glauconiethoudend mergelig zandpakket dat in westelijke richting overgaat in een siltige mergel. Aan de westrand van de Antwerpse Kempen is deze lithologische eenheid nog nauwelijks te onderscheiden van het bovenliggende wit schrijfkrijt van het Lid van Zeven Wegen. Het verdwijnen van het lithologisch onderscheid tussen Vaals en Zeven Wegen zet ons er toe aan

voor dit stratigrafisch interval een nieuwe formatienaam te introduceren: de Formatie van Nevele. De Formatie van Gulpen vangt aan met het Lid van Zeven Wegen dat in het oosten ook een zandig karakter heeft, maar voor het overige goed te herkennen is als een witachtig fijnkorrelig krijt (“schrijfkrijt”). Voor het typegebied in de Maastricht regio is een gedetailleerde onderverdeling van de Gulpen Formatie beschikbaar, maar in het Kempens Bekken is dit louter op basis van spoelboringen en geofysische boorgatmetingen moeilijker te verwezenlijken. Door een zwakke noordelijke afhelling van het ganse lagenpakket komt het Krijt in noordelijke richting steeds dieper te liggen. In de boring Meer (007E0205), de noordelijkste diepboring in België, werd het Krijt aangetroffen tussen 800 m en 1180 m diepte en bereikt het een maximale dikte van 378 m. 3. Het oostelijke Brabant massief (Haspengouw), gelegen ten zuiden van het Kempens Bekken: hier bedekken de Krijtafzettingen Cambro-Siluur gesteenten van het Brabant Massief. De Formaties van Houthem en Maastricht verdwijnen in zuidelijke richting en de krijtdikte neemt ook af, om uiteindelijk uit te wiggen tegen het Brabant massief door de latere erosie. In het zuidoosten van Limburg is de Formatie van Maastricht wel nog bewaard gebleven en komt er in een relatief smalle band aan de oppervlakte. 4. De noordflank van het Brabant Massief, gelegen langs de westrand van het Kempens Bekken (Antwerpen regio): hier neemt zowel de dikte als de lithologische diversiteit van het Krijt af: achtereenvolgens verdwijnen de Formaties van Houthem, Maastricht en de bovenste Leden van de Gulpen Formatie. De Vaals Formatie die nog overwegend uit zandige mergel bestaat in het Kempens Bekken wordt kalkrijker in westelijke richting (Antwerpse Kempen) en kan nog moeilijk onderscheiden worden van de zuivere krijtfacies van Zeven Wegen. Daarom wordt in deze studie een nieuwe formatie, de Formatie van Nevele geïntroduceerd. Ook de noordoostelijke kustzone (tot Gistel) kan bij de noordrand van het Brabant Massief gerekend worden. Het hier aanwezige witte krijtfacies behoort tot de Nevele Formatie, eronder kan een dunner pakket lithostratigrafisch tot de Formatie Esplechin gerekend worden (gedeeltelijk equivalent aan de Aken Formatie van het Santoniaan in het oosten). 5. De zuidflank van het Brabant massief: deze bevindt zich in het zuiden van West-Vlaanderen. De krijtafzettingen kunnen er goed gecorreleerd worden met deze uit het Bekken van Bergen (Mons). De Krijtsedimentatie ten zuiden van de dorsale as van het Brabant Massief is, in tegenstelling tot de Santoniaan Zanden van Aken in het noorden, reeds aangevangen in het Cenomaniaan of zelfs vroeger. Hiervan getuigt de aanwezigheid van sedimenten met diverse samenstelling van het continentale Weald-facies (Hainaut Formatie). Dit zijn geen continue afzettingen, maar ze schijnen eerder in de depressies van het paleoreliëf op het Brabant massief te zijn afgezet en zijn hier dan ook bewaard gebleven. De eerste continue Krijtsequentie is van Turoon ouderdom en is onlappend op het Brabant Massief. De Formatie van Vert Galand kan worden opgesplitst in een meer groen (glauconiethoudend) pakket (Onder Vert Galand) en een bleekgrijs deels verkiezelde siltige mergel (Boven Vert Galand). De Formatie van Esplechin bestaat uit grofkorreliger krijt en bevat grijze silexniveaus. Deze Formatie kan op de gammalog en in

kernboringen goed onderscheiden worden van de bovenliggende Nevele Formatie. In een beperkt aantal boringen kan nog een extra groen grofkorrelig zandpakket worden aangetroffen, tussen de formaties van Esplechin en Nevele: dit is de Formatie van Maisières. De eerste afzetting die tijdens de algemene zeespiegelstijging van het Boven Krijt de dorsale as overspoelt, behoort tot de Nevele Krijtformatie.

(2) In totaal werden 79 monsters uit representatieve stalen van de verschillende onderscheiden lithostratigrafische eenheden petrografisch onderzocht. Ondanks beperkingen van het onderzoek zoals een onvolledige bank per bank staalname en de onmogelijkheid tot bemonstering van volledige sedimentaire sequenties, zijn de resultaten van het voorliggende microfaciesonderzoek de eerste voor de subcrop van Vlaanderen, en geven ze toch een goede eerste indruk van de evolutie in tijd en ruimte van het afzettingsmilieu tijdens het Krijt. In tegenstelling tot het “klassiek” aangenomen model van een met een rifgordel of barrière afgeboord carbonaat platform, pleiten onze sedimentpetrografische bevindingen en de geografische faciesverdeling in de subcrop, eerder voor het toepassen van een carbonaat ramp model. Belangrijk hierbij is het ontbreken van een échte rifgordel, met klassieke rifbouwers zoals koralen of Rudisten, en de waarschijnlijke afwezigheid van een duidelijke knik in de helling van het kust-bekken-profiel. De belangrijkste fysische parameters die de diverse afzettingsmilieus op deze carbonaat ramp tijdens het Krijt hebben beïnvloed, en die ook verantwoordelijk zijn voor een laterale opdeling van het rampmodel, zijn de normale golfbasis en de stormgolfbasis. Op basis van microfacieskarakteristieken voor dit model (Flügel, 2000) en op basis van diverse paleoecologische criteria werden de onderscheiden formaties als volgt gekarakteriseerd: open-mariene inner ramp facies (Houthem Fm), mid-ramp shoal facies (Maastricht Fm), outer ramp facies (Nevele Fm), en outer ramp tot bekken facies (Gulpen en Zeven Wegen Fm). Opmerkelijk is dat oölitische zanden in de ondiep-mariene inner en mid-ramp facies volledig ontbreken, maar hier blijkbaar vervangen worden door al dan niet gerolde bioklasten. De microfacies en afzettingsmilieus van de Esplechin en Vert Galand Formaties zouden analoog zijn aan deze van de Nevele Formatie. Een mogelijk onderscheid kan gemaakt worden binnen de Zeven Wegen Formatie, waarbij het westelijk facies dieper zou zijn dan het oostelijk facies. De top van de Vaals Formatie behoort qua facies tot hetzelfde afzettingsmilieu als de Gulpen Formatie. De preparaten (slijpplaatjes) werden met fluorescerend hars vacuüm geïmpregneerd, zodat automatische beeldverwerking van de macroporositeit mogelijk was. De hoogste waarden werden gemeten in de grofkorrelige facies van de Houthem en Maastricht Formaties, de laagste in de krijtfacies van de Gulpen en Nevele Formaties. Om laterale facies verschillen binnen de weerhouden formaties en tussen de onderscheiden Leden duidelijker af te bakenen en in de subcrop te karteren is zeker meer sedimentpetrografisch onderzoek nodig, het liefst uitgevoerd op volledige sedimentaire sequenties.

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave	1
Inleiding	3
1 Werkwijze van het onderzoek	5
1.1 Selectie van de boringen	5
1.2 Correlatie van de boringen	6
1.2.1 Geofysische boorgatmetingen	6
1.2.2 Boorbeschrijvingen	7
1.2.3 Ecozonatie	8
1.3 Werkwijze bij opstellen van typeprofielen	8
2 Krijt in Vlaanderen	9
3 Bespreking van de typeprofielen	15
3.1 Profiel 1: van Limburgs mijngebied tot Roerdalslenk	15
3.2 Profiel 2a: van voormalig Limburgs mijngebied tot Voerstreek	26
3.3 Profiel 2b: van Maastricht tot Halembaye	28
3.4 Profiel 3: van noord naar zuidwest door Limburg	30
3.5 Profiel 4: door oosten van Brabant tot zuidenwest Limburg	32
3.6 Profiel 5: van de Antwerpse Noorderkempen door het Hageland tot Limburg	34
3.7 Profiel 6: van Antwerpen tot Brussel	37
3.8 Profiel 7: van de Kempen tot de Kust	41
3.9 Profiel 8: door zuiden van West-Vlaanderen tot Henegouwen	47
3.10 Profiel 9: van oost naar west door het zuiden van West-Vlaanderen	49
3.11 Profiel 10: van noordoost naar zuidwest langs de Kust	52
4 Microfacies-analyse	56
4.1 Staalname	56
4.2 Microfacies	56
4.2.1 Faciesmodellen	56
4.2.2 Ecologische & sedimentologische criteria	63
4.2.3 Microfacies types en microfacies zones in het Krijt van de subcrop van Vlaanderen	64
4.2.4 Macroporositeit	69
4.2.5 Sedimentologische gegevens uit de literatuur	71
5 Aanbevelingen voor verder onderzoek op het Krijt	75
6 Referenties	76
7 Appendices	79
7.1 Appendix A: Beschrijving van de markers in de gamma-log in de Kempen	80
7.2 Appendix B: Datatabel van microfacies analyse	83
7.3 Appendix C: Microfacies – Fotoplaten	87
7.4 Appendix D: Grote afdrukken van de typeprofielen en figuur staalname boringen met microfaciestypes	104

INLEIDING

VITO voert in het kader van de referentieopdracht voor de ANRE (VLAKO) een kartering en karakterisering (sedimentpetrografisch en petrofysisch) van het Krijtgesteenten in Vlaanderen uit.

De carbonaathoudende afzettingen van het Boven Krijt en Onder Paleoceen (Daniaan) horen lithostratigrafisch bij elkaar en zijn aanwezig in het grootste deel van de Vlaamse ondergrond. Het is dus nodig om steeds het onderscheid te maken tussen Krijt als chronostratigrafische eenheid en krijt als lithostratigrafische groep. Het gesteentepakket is in feite de westelijke voortzetting van de typesecties en klassieke ontsluitingen in de Maasvallei tussen Maastricht en Visé. Uitgenomen in het zuiden van de provincie Limburg, langsheen de taalgrens en in de Voerstreek, zijn de Krijtafzettingen in Vlaanderen niet ontsloten, maar grotendeels bedekt door Tertiaire strata. Hierdoor is het merendeel van de informatie gebruikt in deze studie enkel beschikbaar uit boringen, die werden uitgevoerd in het kader van drinkwater of prospectie voor geo-energetische toepassingen in de onderliggende Paleozoïsche gesteenten. De boordata kunnen echter vervolledigd worden door Krijtontsluitingen in Vlaanderen (zuiden van de provincie Limburg) en in de onmiddellijke omgeving van Vlaanderen: de klassieke ontsluitingen in Maasvallei tussen Visé en Maastricht en de Aken regio.

Een gedetailleerde lithostratigrafie werd reeds opgesteld voor de ontsluitingszones in de Maastricht regio (Felder 1975; Felder & Bosch, 2000) en in het Bekken van Bergen en België in het algemeen (Marlière & Robaszynski, 1975; Robaszynski et al., 2001). Tot nu toe werd er echter weinig aandacht geschonken aan de lithologische variabiliteit van het Krijt in Vlaanderen. Deze studie heeft als doel deze leemte in te vullen.

In een notedop wordt hier de stand van zaken betreffende het Krijt in Vlaanderen samengevat:

- In de Kempen bereikt het Krijt een maximale dikte van verscheidene honderden meters. Het Krijtpakket kan naar analogie met het typegebied in het Nederlandse Zuid-Limburg worden ingedeeld in de volgende Formaties: Aken, Vaals, Gulpen, Maastricht en Houthem (reeds Tertiair). Gulpen wordt verder opgedeeld in diverse Leden, waarvan Zeven Wegen (schrijfkrijt) duidelijk onderscheiden kan worden.
- In de Roerdalslenk: in het uiterste noordoosten van Limburg zijn door inversietektoniek gedurende het Krijt enkel de jongste Krijtformaties (Houthem en Maastricht) afgezet. De Roerdalslenk fungeerde gedurende de tijd dat Aken tot Gulpen werd afgezet als aanleveringsgebied van detritische sedimenten.

- In Brabant en Haspengouw neemt de Krijtsequentie sterk af in dikte en wigt in zuidelijk richting uit tegen het Brabant Massief, waar ze in een klein gebied dagzoomt in de vallei van de Dijle (langs taalgrens).
- In Belgisch Limburg dagzoomt het krijt (Top Formatie van Gulpen, Formatie van Maastricht en Formatie van Houthem) in uiterste zuiden, nabij de grens met de provincie Luik.
- In West- en Oost-Vlaanderen is het Krijt afgezet op het Massief van Brabant. Er kan een duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen de afzettingen ten noorden en ten zuiden van de (dorsale) as van het Londen-Brabant Massief die ongeveer het traject Oudenaarde-Oostende volgt en in noordwestelijke richting duikt en een paleogeografisch hoog vormde. Ten zuiden van de as, aansluitend op bekken van Nord-pas-de-Calais, wordt het oudste Krijt aangetroffen. De Krijtsequentie vangt er aan met het continentale Weald-facies (vermoedelijk Cenomaniaan, maar een Onder-Krijt ouderdom is niet uit te sluiten), dat geen continue afzetting vormt, maar is afgezet in de dalen van het paleoreliëf van het Brabant massief en in karstholten in Carboon kalkstenen van het bekken van Doornik. Hierboven volgt een krijtsequentie die afneemt in dikte in de richting van het Brabant massief. De eerste afzetting die over de as van het Brabant massief te vervolgen is een wit siltig krijt, die deels tijdsequivalent is met de zanden van Aken in het oosten van Vlaanderen.

We wensen voor alle duidelijkheid te herhalen dat in deze lithologisch georiënteerde studie onder het Krijt ook de krijthoudende Daniaan-afzettingen van het Onder Paleoceen (Formatie van Houthem) worden gerekend.

Tabel 1: Chronostratigrafische indeling van het Krijt en bovenliggende Etages die in deze studie worden vermeld.

Periode	Epoch	Etage	Ouderdom van top Etage (in My ¹)
Paleogeen	Paleoceen	Selandiaan	58.7±0.2
		Daniaan	61.7±0,3
Krijt	Boven-Krijt	Maastrichtiaan	65,5±0,3
		Campaniaan	70.6±0,6
		Santoniaan	83.5±0,7
		Coniaciaan	85.8±0,7
		Turoniaan	89.3±0,8
		Cenomaniaan	93.5± 0,8
	Onder-Krijt	Albiaan	99.6±0,9 tot 112.0±1.0

Bron: International Commission on Stratigraphy, 2004: <http://www.stratigraphy.org>

¹My: Miljoen jaar

1 WERKWIJZE VAN HET ONDERZOEK

1.1 Selectie van de boringen

Op basis van de databank van de Belgische Geologische Dienst (GeoDoc) werd een eerste selectie van boringen gemaakt die het Krijt in Vlaanderen aanboorden. Uit deze lijst van de boringen werd op basis van onderstaande criteria een selectie gemaakt.

1. Een zo volledig mogelijk krijtinterval aangeboord
2. Goede geografische spreiding over Vlaanderen
3. Geofysische boorgatmetingen van het Krijtinterval beschikbaar
4. Betrouwbare lithologische boorbeschrijving
5. Boorkernen beschikbaar
6. Eco-stratigrafische zonatie van P.J. Felder (1994 en 2001)

- (1) De boringen die het Krijt aanboren hebben in de meeste gevallen dit stratigrafisch interval niet als doel op zich gehad, maar veeleer het bovenliggende Tertiair of het onderliggende Paleozoïcum, waardoor het Krijt dikwijls slechts summier beschreven is. Een uitzondering hierop zijn de waterboringen die onttrekken in het Krijt, maar hier beperken de boringen zich meestal tot de bovenste meters (max.40-50 m).
- (2) Een goede geografische spreiding is uiteraard gewenst. Door de voormalige mijnactiviteit in Centraal Limburg is een hoge densiteit aan boringen beschikbaar die het Krijtinterval volledig bevatten. In het Noordoosten van Vlaanderen bevindt de top van het Krijt zich dieper dan 1000 m waardoor informatie schaars wordt. Ook in het centraal deel van de Antwerpse Kempen en in het noorden van Brabant (tussen Turnhout en Leuven) ontbreken boringen die doorheen het Krijt gaan.
- (3) De boorgatmetingen laten in de meeste gevallen een gedetailleerde onderverdeling van het Krijt toe. Indien beschikbaar voor de geselecteerde boringen vormen de boorgatmetingen de leidraad in dit lithostratigrafisch onderzoek. Voor verscheidene diepe boringen (Paleozoïcum) waar boorgatmetingen werden uitgevoerd lopen de logs echter niet altijd over het ganse Krijtinterval.
- (4) De lithologische beschrijving van het Krijtinterval in de boorbeschrijvingen is van een sterk wisselende kwaliteit. Voor de gekernde boringen in het Krijt is een zeer gedetailleerde beschrijving voorhanden, deze boringen werden sowieso geselecteerd daar er in deze studie ook stalen van het Krijt worden genomen.
- (5) Voor de beschikbaarheid van kernmateriaal zijn we bijna volledig aangewezen op de Belgische Geologische Dienst (kernmagazijn). Meestal is er meer kernmateriaal beschikbaar

van de basis krijtlagen. Het midden van het Krijt (Onder Maastricht en Boven Gulpen) is door het grote contrast tussen de harde, bovendien knolvormige silex, en het boterzachte krijt niet te kernen, ook de beschrijvingen van de cuttings laat te wensen over (de silex cuttings leiden tot vervaging van de krijthoudende cuttings). Meerdere boringen kenden technische moeilijkheden bij het doorboren van de silex-rijke intervals. De onregelmatige vorm van het boorgat verhinderde in zeer veel gevallen continue boorgatmetingen. Ook de afwisseling tussen hardere en zachtere banken in de bovenste kalkareniet (Houthem en Maastricht Formaties) leiden tot geringere kernopbrengst.

- (6) De ecostratigrafische zonatie van Felder (2001) biedt voor Limburg een erg nuttig stratigrafisch kader. Ook naar het westen toe blijkt deze techniek bruikbaar voor stratigrafische opdeling (Felder, 1994). Indien een ecozonatie beschikbaar is voor de boringen werden die opgenomen in de stratigrafische evaluatie.

Volgens deze methode werden 80 boringen geselecteerd. Aan de hand van deze selectie werden typeprofielen opgesteld. Deze ondergrondse gegevens werden aangevuld met 3 ontsluitingen die voor het Vlaams grondgebied beperkt zijn tot het zuiden van de provincie Limburg, maar werden aangevuld met de typelokaliteiten uit Nederlands Zuid-Limburg en het noordoosten van de provincie Luik (gebied rond de Voerstreek). In sommige gevallen is gebruik gemaakt van dubbelboringen, t.t.z. een boring met goede lithologische beschrijving is aangevuld met boorgatmetingen uit een naastliggende boring. Dit is regelmatig het geval voor waterwinningen.

1.2 Correlatie van de boringen

De onderverdeling van en de hieruit volgende correlatie tussen de boringen is voornamelijk gebaseerd op een combinatie van geofysische boorgatmetingen (in eerste instantie de gammalog) en de lithologische beschrijving uit het (origineel) boorrapport. Waar beschikbaar werd de ecostratigrafie van Felder (2001, 1994) in de stratigrafische interpretatie gebruikt.

1.2.1 Geofysische boorgatmetingen

Als geofysische boorgatmeting voor correlatie bleek de gammalog in de meeste gevallen de best bruikbare, in specifieke gevallen aangevuld met de resistiviteitslog, densiteitslog en caliper. De gammalog is de registratie van de natuurlijke gammastraling van het gesteente. Ten eerste heeft de gammalog over het algemeen en voor de meeste boringen een karakteristieke signatuur (lithologie-afhankelijk). Ten tweede is het de boorgatmeting die in het bestudeerde gebied het meest voorhanden is.

(1) De verticale variatie in de natuurlijke gammastraling in de Krijtgesteenten wordt voornamelijk bepaald door een veranderende kleiconcentratie in het sediment. Verschillende lithologische eenheden en hun onderlinge verticale grenzen kunnen door hun typische logsignatuur tussen de boringen duidelijk vervolgd worden. Andere eenheden en hun grenzen krijgen tussen de verschillende boringen een andere logsignatuur door een lateraal wijzigende samenstelling van de sedimenten (faciesveranderingen). Bijvoorbeeld kan een zuiver krijtgesteenten, gekenmerkt door een lage gammawaarde, lateraal een hogere kleigehalte bevatten, en hierdoor een stijgende gammarespons vertonen. In een ander geval wigt een eenheid uit en kan aldus niet meer vervolgd worden tussen de boringen. De natuurlijke radioactiviteit wordt in twee verschillende eenheden uitgedrukt: de API-eenheid ("American Petroleum Institute", gemeten t.o.v. een referentiegesteente); en cps ("counts per second"). De combinatie van gammalogs gemeten in verschillende eenheden is voor deze studie op zich geen probleem aangezien er bij de correlaties kwalitatief (logsignatuur) gewerkt wordt. De kwaliteit van de gammalogs verschilt daarenboven sterk tussen de boringen onderling. Dit is deels gerelateerd aan de ouderdom van de boorgatmetingen (de resolutie van de recentere meetapparatuur neemt toe), maar vooral het al dan niet meten door een verbuizing ('casing') waardoor het gammasignaal sterk wordt afgevlakt en in feite niet meer bruikbaar is voor correlatiedoeleinden.

(2) Een tweede belangrijke reden voor het kiezen van de gammalog is dat indien er geofysische boorgatmetingen in een boorgat werden uitgevoerd de gammalog er steeds bij is. De gammalog is dus de meest voorkomende boorgatmetingen in de geselecteerde boringen.

1.2.2 Boorbeschrijvingen

Op basis van de lithologische informatie uit de boorbeschrijving werden voor de geselecteerde boringen lithologs getekend. Ook hier is er een sterke variatie in het detail waarmee gewerkt moest worden. In een spoelboring beperkt de beschrijving zich bijvoorbeeld soms tot 'een kalkmodder met silex fragmenten' of 'plat krijt'. In het gekernde interval wordt het gesteente dan weer tot op cm niveau beschreven (de soms grote kernverliezen niet te na gesproken. De dieptes van de onderscheiden gesteentepakketten uit de lithologische beschrijving van spoelboringen werden over het algemeen gecorrigeerd met de diepte uit de geofysische boorgatmetingen. Dikwijls kan op basis van de kleur reeds een eerste onderverdeling opgesteld worden, bijv. groene mergels van Vaals en wit schrijfkrijt van Zeven Wegen. Ook de kleur en de hoeveelheid aan silex kan bijvoorbeeld de Formatie van Gulpen verder opsplitsen in de diverse Leden: Lanaye, Lixhe, Vylen en Zeven Wegen. Voor de boringen waar geen geofysische boorgatmetingen beschikbaar zijn werd aan de hand van de lithologische boorbeschrijving een litholog getekend. Dit is vooral het geval voor het centrale deel van Vlaanderen (tussen Antwerpen en Brussel).

1.2.3 Ecozonatie

Voor het stratigrafisch kader wordt gebruik gemaakt van een zonatie opgesteld door Felder (1981): gepubliceerd voor de Kempen in Felder, 1985, 1993 & 2001 en voor Oost- en West-Vlaanderen in Felder, 1994. In deze studies werd door middel van een semi-kwantitatieve analyse van de bioklasteninhoud van cuttings en boorkernen een “ecozonatie” opgesteld. Onder de bioklasten worden kalkschalige overblijfselen van organismen verstaan met een doorsnede van 1-2.4 mm. De bioklasten worden in een 20-tal gemakkelijk herkenbare groepen verdeeld (Felder, 1981). De verscheidenheid aan bioklasten schijnt verticaal sterk te variëren en horizontaal over grote afstanden herkenbaar gelijk te blijven. Deze ecozonatie weerspiegelt de biotoopsamenstelling, binnen een regio bepaald door sedimentatiesnelheid, turbiditeit, waterdiepte en temperatuur, die reageert op de tektonische evolutie en klimaatsfluctuaties. Deze zonatie blijkt over het algemeen in goede overeenstemming met de lithologische correlaties. De resolutie van deze ecostratigrafie is gelimiteerd door het staalname-interval dat voor de KS-boringen bijvoorbeeld een 5-tal meter bedraagt.

1.3 Werkwijze bij opstellen van typeprofielen

In de profielen wordt de top van Krijt (aangeduid met MK1 op boorgatmeting) voor al de boringen op gelijke hoogte gelegd, de vermelde dieptes zijn steeds onder maaiveld gemeten (Z-waarde, meter boven zeeniveau, steeds vermeld onder boornummer). Bij deze voorstellingswijze komen de gecumuleerde onderlinge dikteverschillen van de onderscheiden pakketten duidelijk tot uiting.

Voor de Kempen werden de karakteristieke en correleerbare pieken in de gammalog voor elke boring opeenvolgend genummerd (zie Appendix A). De gebruikte lettercode MK is in overeenstemming met de codes uit de databanken Gekko (VITO) en DOV, met M voor Mesozoïcum en K voor Krijt. De onderverdeling is dus voornamelijk gebaseerd op de gammalog. In de meeste gevallen zijn er echter nog andere boorgatmetingen beschikbaar, behorend tot een standaard pakket met de densiteitslog en de caliper (registratie van de diameter van het boorgat), die zeker kunnen helpen bij een correcte interpretatie. Voor specifieke markers, bijvoorbeeld MK6 (grens Maastricht/Gulpen - zie Appendix A), is de densiteitlog zelfs onmisbaar voor een correcte correlatie tussen de boringen.

Indien in de boring de basis van het Krijt niet bereikt werd, aangeduid op de profielen met TD (= totale diepte), wordt op basis van de subcropkaart van basis Krijt een diepte geschat. Op dit ogenblik werd hiervoor de draft-subcropkaart van de basis Krijt opgesteld door de Belgische Geologische Dienst (Vancampenhout, 2005) gebruikt. Bij het beëindigen van de VITO-subcropkaart die steunt op een meer uitgebreide evaluatie van alle beschikbare boringen zullen hier de dieptes van afgelezen worden. Indien beschikbaar werd de ecostratigrafie van Felder (1994, 2001) toegevoegd.

Deze typeprofielen schetsen het lithostratigrafische kader van het Krijt in Vlaanderen. Een volgende stap is om hieruit facieskaarten te genereren van de verbreiding van de karteerbare eenheden: Houthem, Maastricht, Gulpen (exclusief ZW), Zeven Wegen, Vaals, Aken ten noorden van het Brabant Massief en Esplechin, Vert Galand en Hainaut ten zuiden ervan met de Nevele Formatie als verbinding tussen beiden. Deze kaarten werden nog niet opgesteld daar we deze willen integreren in de nieuwe subcropkaart die begin 2006 zal opgeleverd worden.

2 KRIJT IN VLAANDEREN

Voor de Krijtsedimentatie in Vlaanderen kunnen verschillende geologische regio's afgebakend worden: de Roerdalslenk, het Kempens Bekken, het oostelijk Brabant massief (Haspengouw), de noordflank van het Brabant Massief en de zuidflank van het Brabant massief overgaand naar het bekken van Doornik. Een stratigrafisch overzicht in tabelvorm voor het oosten en het westen van Vlaanderen wordt respectievelijk gegeven in Tabel 2 en Tabel 3. In Figuur 1 wordt een schematische voorstelling van de chronostratigrafische krijteenheden in Vlaanderen weergegeven. In Figuur 2 worden de twee stratigrafische indelingen van Tabel 1 en Tabel 2 gecorrigeerd.

De Roerdalslenk (RVG) is in het uiterste noordoosten van België gelegen en wordt van het Kempens Bekken gescheiden door de Feldebiss breukzone die de top van het Krijt bijna 1000 m dieper brengt. Slechts 1 recente boring heeft het Krijt aangeboord en gekernd in deze regio (boring Molenbeersel, 049W0226). De top van het Krijt bevindt er zich op meer dan 1200 m diepte en bestaat voornamelijk uit lichtgeel krijt (kalkareniet) van de Formaties van Houthem en Maastricht (en eventueel enkele meters basisgrind, mogelijks herwerkte sedimenten van de Formatie van Gulpen) met een dikte van een 50-tal m. De grens tussen Krijt en Tertiair wordt gekenmerkt door een serie hardgrounds met sporen van verkarsting. De geringere totale dikte van het Krijt in de RVG in vergelijking met het Kempens Bekken is te verklaren door het feit dat de RVG gedurende het Laat-Krijt een opgeheven blok was, dat pas vanaf Laat-Maastrichtiaan (Formatie van Maastricht) door de Krijtzee overspoeld werd.

Het Kempens Bekken bevat geografisch grosso modo de Antwerpse en Limburgse Kempen. Het wordt ten zuiden en ten westen begrensd door het Brabant Massief. Ten noordoosten wordt het structureel begrensd door de NW-SE grensbreuken van de RVG.

In het oosten, langs de randbreuken van de RVG, vangt de Krijtsequentie aan met de zanden van Aken die in westelijke richting uitwijken. Dit is te verklaren door het feit dat gedurende het Santoniaan detritische input werd geleverd vanuit de opgeheven de RVG-regio. Vaals bestaat in het

oosten uit een glauconiethoudend mergelig zandpakket dat in westelijke richting overgaat in een siltige mergel. En aan de westrand van de Antwerpse Kempen nog nauwelijks te onderscheiden is van het bovenliggende Zeven Wegen wit schrijfkrijt. Het verdwijnen van het lithologisch onderscheid tussen Vaals en Zeven Wegen zet ons er toe aan een nieuwe Formatienaam Nevele te introduceren (zie verder).

Gulpen vangt aan met het Lid van Zeven Wegen dat in het oosten ook een zandig near shore-facies karakter heeft, maar voor het overige goed te herkennen is als witachtig fijnkorrelig krijt ("schrijfkrijt"). De logsignatuur van het schrijfkrijt-facies is typisch door de lagere gammawaarde dan de onderliggende Vaals en de bovenliggende Beutenaken mergels. De gammalog van Zeven Wegen vertoont een zelfde trend als Vaals: in het westen (tot ongeveer KS43) heeft het zuiver schrijfkrijt een geblokte gammalogsignatuur, die in oostelijke richting verdwijnt. De bovenliggende mergels zijn op de gammalog goed te onderscheiden van de Beutenaken kalk erboven. Het overige Gulpen wordt in het typegebied van Maastricht verder onderverdeeld in Vylen, Lixhe 1, 2 & 3 en Lanaye. Dit gebeurt voornamelijk o.b.v. silexinhoud en -voorkomen (individuele knollen, dik gebankte continue lagen) en kleur van het krijt en de mergel. In het Kempens Bekken is deze gedetailleerde onderverdeling op basis van spoelboringen en geofysische boorgatmetingen moeilijker te maken. Bij degelijke boorbeschrijvingen kan het grijzere en silex armere Vylen nog onderscheiden worden van het blekere en silex rijkere bovenliggende Lixhe-Lanaye pakket. Met behulp van de gammalog kan Gulpen verder onderverdeeld worden, maar of deze grenzen dan exact overeenkomen met de onderscheiden Leden in het typegebied is onzeker.

Door een zwakke noordelijke afhelling van het ganse lagenpakket komt het Krijt in noordelijke richting steeds dieper te liggen. In boring Meer (007E0205), de noordelijkste diepboring in België, werd het Krijt aangetroffen tussen 800 m en 1180 m diepte en bereikt ook de dikte een maximale waarde van 378 m.

Oostelijk Brabant Massief - Haspengouw: ten zuiden van het Kempens Bekken bedekken de Krijtafzettingen Cambro-Siluur gesteenten van het Brabant Massief. De Formaties van Houthem en Maastricht verdwijnen in zuidelijke richting en de krijtdikte neemt af om uiteindelijk uit te wiggen tegen het Brabant massief door de latere erosie. In het zuidoosten van Limburg is het Maastricht wel nog bewaard gebleven en komt er in een relatief smalle band aan de oppervlakte. Het betreft hier de bovenste Leden Meerssen en Nekum die gedurende eeuwen werd uitgebaat als bouwsteen en bodemverbeteraar. Voor een gedetailleerde geologische beschrijving hierover wordt verwezen naar Duser et al. (2005).

Noordrand Brabant Massief: Langs de westrand van het Kempens Bekken (Antwerpen regio) neemt zowel de dikte als de lithologische diversiteit in het Krijt af: achtereenvolgens verdwijnen de

Formaties van Houthem, Maastricht en de bovenste Leden van de Gulpen Formatie. De Vaals Formatie die nog overwegend uit zandige mergel bestaat in het Kempens Bekken wordt kalkrijker in westelijke richting (Antwerpse Kempen) en kan nog moeilijk onderscheiden worden van de zuivere krijt van Zeven Wegen. Daarom werd hier een nieuwe Formatie geïntroduceerd: de Nevele Formatie. In typeboring Nevele (054E0196) bestaat de nieuw gedefinieerde Formatie van 198 m tot 232 m uit wit tot lichtgrijs fijnkorrelig krijt, met iets donkerder lichtgrijze fijne striaties en vlekken (bioturbaties). Naar boven toe is het wat silexhoudend en sporadisch glauconiethoudend en naar onder toe wordt het glauconiethoudend en mergelig. De basis bestaat uit een glauconietrijk sterk gebioturbeerd krijt, waarin talrijke verspreide keitjes (afkomstig van sokkel) worden aangetroffen. Voor een meer uitgebreide beschrijving van wordt verwezen naar Duser & Lagrou (in voorbereiding).

Ook de noordoostelijke kustzone (tot Gistel) kan bij de noordrand van het Brabant Massief gerekend worden. Het witte krijtfacies behoort tot de Nevele Formatie, eronder kan een dunner pakket tot Esplechin gerekend worden (gedeeltelijk equivalent aan de Aken Formatie van het Santoniaan in het oosten).

Zuidrand van het Brabant Massief en het Bekken van Doornik: het zuiden van West-Vlaanderen. De formaties in het zuiden van West-Vlaanderen kunnen gecorreleerd worden met het Bekken van Bergen (Mons). In deze studie volgen we de stratigrafische indeling die werd opgesteld bij de nieuwe geologische kaarten van Wallonië (Doremus, 1997). Deze verschilt licht van de lithostratigrafische indeling van Robaszynski et al. (2001), maar blijkt in dit lithostratigrafisch onderzoek beter bruikbaar. De Krijtsedimentatie ten zuiden van de dorsale as van het Brabant Massief is, in tegenstelling tot het Aken zanden van het Santoniaan in het noorden, reeds aangevangen in het Cenomaniaan of zelfs vroeger. Hiervan getuigen de sedimenten met diverse samenstelling van het continentale Weald-facies (Hainaut Formatie). Dit zijn geen continue afzettingen, maar schijnen eerder in lager gelegen delen van het paleoreliëf op het Brabant massief te zijn afgezet en bewaard gebleven. De eerste continue Krijtsequentie is van Turoon ouderdom en is onlappend op het Brabant Massief. De Formatie van Vert Galand kan worden opgesplitst in een meer groene (glauconiethoudend) pakket (Onder Vert Galand) en een bleekgrijs deels gesilicificeerde siltige mergel (Boven Vert Galand). Esplechin is grofkorreliger krijt en bevat grijze silexen. Deze Formatie kan op de gammalog en in kernboringen onderscheiden worden van de bovenliggende Nevele Formatie. In spoelboringen is het onderscheid moeilijker te maken. In een beperkt aantal boringen kan nog een groen grofkorrelig zandpakket worden aangetroffen tussen Esplechin en Nevele: de Formatie van Maisières. De eerste afzetting die door de algemene zeespiegelstijging van het Boven Krijt de dorsale as overspoelt, behoort tot de Nevele Krijtformatie.

In Figuur 1 wordt de chronostratigrafische relatie van het Krijt aan de noordflank en de zuidflank van het Brabant Massief met als verbinding de deels diachrone afzetting van de Formatie van Nevele voorgesteld.

Tabel 2: Stratigrafische indeling voor de Limburgse en Antwerpse Kempen en de noordrand van het Brabant Massief (naar Felder, 2001)

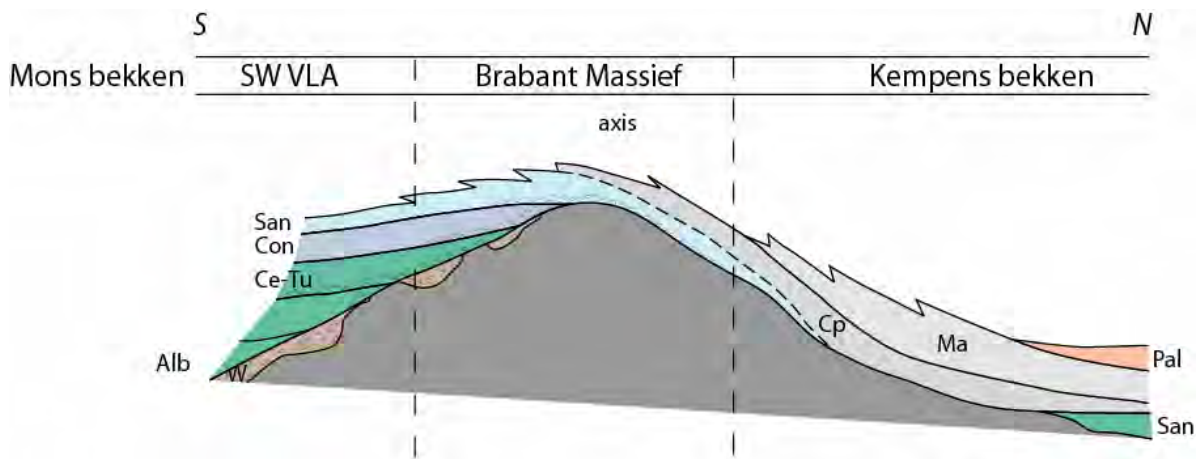
Chronostratigrafie	Formatie	Lid	Beknopte lithologische beschrijving	Ecozones Felder, 2001	
Daniaan	Houthem		Bleekbeige zacht fijn tot grove kalkareniet	VI	
Maastrichtiaan	Maastricht	Meerssen	Bleek zacht grove kalkareniet, “tuf- of korrelkrijt”	Vd	
		Nekum	Bleek zacht fijne kalkareniet met silex aan de basis	Vc	
				Vb	
		Emael	Bleekbeige fijne silexhoudende harde kalkareniet	Va	
					Schieperberg
					Gronsveld
					Valkenburg
	Gulpen	Lanaye	Bleek grijze zeer fijne kalkareniet met dikke silexbanden	IVb	
		Lixhe	Wit fijnkorrelig krijt met vele zwarte silex banden	IVa	
		Vylen	Overwegend bleek grijs siltig krijt met fijne silex (gedeelte geulopvullingen)	III	
Campaniaan		Beutenaken	Grijze mergel	IIc	
		Beutenaken	Grijs mergelig krijt	I Ib	
		Zeven Wegen	Wit fijnkorrelig krijt (“schrijfkrijt”)	IIa	
	Vaals	Boven	Glaconiethoudend fijn zand en silt (oosten) – mergel (westen)	Id	
		Onder	Groene kleiige glauconiethoudende zandige mergel	Ib	
Santoniaan	Aken		Kwartzanden met ligniet	Ia	

De grenzen tussen de ecozones zijn niet noodzakelijk gelijklopend met de lithostratigrafische grenzen

Tabel 3: Stratigrafische indeling ten zuiden van het Brabant Massief (aansluitend met het Bekken van Bergen/Mons) (naar Doremus, 1997)

Chronostratigrafie	Formatie	Opdeling deze studie	nieuwe en «Traditionele» benaming	Beknopte lithologische beschrijving	Ecozones Felder, 1994
Campaniaan Santoniaan Coniaciaan	Nevele		Nevele		4-5
			Nevele «St Vaast»	Puur wit krijt zonder silex – dik gebankt	3
	Maisiëress			Groen (glauconiet) grofkorrelig krijt	2
Turoniaan	Esplechin		«Rabots»	Grijze grofkorrelige krijtachtige mergel (min of meer gesilicificeerd) met grijsbruine silex	a
	Vert Galand	Boven Vert Galand	«Fortes Toises»	Grijze harde mergels of grijswit mergelig krijt («chailles»: grijze silica cementaties)	1
Cenomaniaan (of ouder)	Hainaut	Onder Vert Galand	«Dièves Sup. »	witachtige krijtmergel	c
			«Dièves Moyenne»	grijsgroene kleiige mergel	b
			«Dièves Inférieure»	groengrijze zeer kleiige mergel	a
			«Weald»	Continental facies: diverse lithologie, typisch wit zand en veen / conglomeraatachtige afzetting	0

In Robazynski et al. (2001) wordt in de Formatie van Vert Galand nog verder ingedeeld in de Leden Merlin en Bruyelle. Waarbij Merlin overeenkomt met het traditionele “Fortes Toises” en Bruyelle met “Dièves”. In deze studie verkiesen we een opdeling in Boven en Onder Vert Galand, waarbij de ‘groene’ sedimenten tot Onder Vert Galand worden gerekend.



Figuur 1: Schematische voorstelling van het Krijt in Vlaanderen (Lagrou & Dusar, 2005)

Met: W = Weald, Alb = Albiaan, Ce-Tu = Cenomaniaan-Turoon, Con = Coniaciaan, San = Santoniaan, Cp = Campaniaan, Ma = Maastrichtiaan, Pal = Paleoceen.

CHRONOSTRATIGRAFIE			FORMATIE	LID		FORMATIE	LID
Paleoceen	Paleoceen	Thanetiaan	W				E
		Selandiaan					
		Daniaan				Houthem	Geulhem
Krijt	Boven Krijt	Maastrichtiaan				Maastricht	Meerssen / Valkenburg
		Campaniaan				Gulpen	Lanaye / Lixhe / Vylen
							Boven Beutenaken
							Onder Beutenaken
			Nevele		Zeven Wegen Equivalent		Zeven Wegen
					Vaals Equivalent	Vaals	Boven
		Santoniaan				Aken	Onder
		Coniaciaan	Malsières				
		Turoniaan	Esplechin / Vert Galand				
			Vert Galand				
Onder Krijt	Onder Krijt	Cenomaniaan	Bernissart				
			Hainaut				
		Albiaan					

Figuur 2: Correlatieschema van het Krijt in Vlaanderen die in deze studie wordt gevolgd

3 BESPREKING VAN DE TYPEPROFIELEN

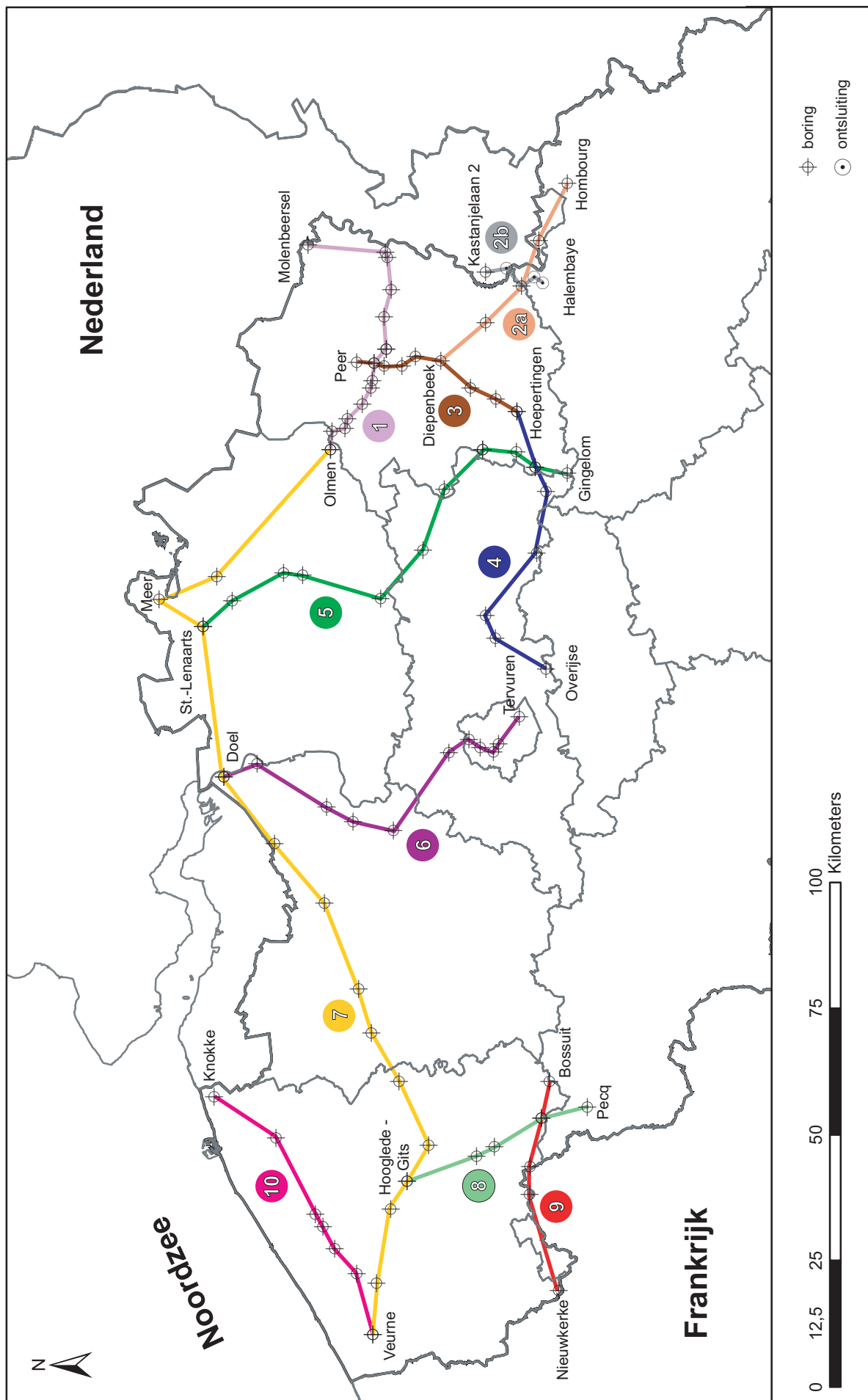
Aan de hand van de 80 geselecteerde boringen en 3 ontsluitingen worden 11 typeprofielen opgesteld:

- 1 - van Limburgs mijngebied tot Roerdalslenk
- 2a - van Limburgs mijngebied tot Voerstreek
- 2b - van Maastricht tot Halembaye
- 3 - van noord naar zuidwest door Limburg
- 4 - door oosten van Brabant tot zuidwest Limburg
- 5 - van de Antwerpse Kempen door het Hagenland tot Limburg
- 6 - van Antwerpen tot Brussel
- 7 - van de Kempen tot de Kust
- 8 - door zuiden van West-Vlaanderen tot Henegouwen
- 9 - van oost naar west door zuiden van West-Vlaanderen
- 10 - van noordoost naar zuidwest langs de Kust

De geografische ligging van de profiellijnen wordt in Figuur 3 weergegeven. In hierna volgende bespreking worden Houthem, Maastricht, Gulpen, Vaals, Aken en Nevele ten noorden van het Brabant Massief en Nevele, Esplechin, Maisières, Vert Galand en Hainaut ten zuiden van het Brabant Massief steeds als Formatienamen gebruikt, hiervoor laten we de term Formatie vallen. Zeven Wegen, het onderste Lid van Gulpen, wordt in deze studie als aparte karteerbare eenheid beschouwd.

3.1 Profiel 1: van Limburgs mijngebied tot Roerdalslenk

In dit EW-profiel worden 13 boringen door het Kempens Bekken gecorreleerd over een afstand van ongeveer 45 km, tevens werd de noordelijk gelegen boring Molenbeersel toegevoegd (15 km ten noorden van KS2), gelegen in de Roerdalslenk (Figuur 5, Tabel 4 en Tabel 5). We bespreken de correlatie van oost naar west. De meest noordelijke boring, Molenbeersel (049W0226), bevindt zich in de Roerdalslenk (Bless et al., 1993; Swennen & Duser, 1997; Figuur 6). Het krijtinterval werd aangeboord van 1220 m tot 1284 m en gekernd vanaf 1223 m. Houthem en Maastricht hebben een vergelijkbare dikte van ongeveer 30 m. De grens wordt gelegd op een verhoogde gammalogrespons veroorzaakt door hardgrounds met sporen van karstwerking (emersie-fazen). In deze zone werd de tweede piek vertrekkende van boven gekozen als grens.



Figuur 3: Kaart met ligging van de profiellijnen

Deze marker is voor de meeste boringen in overeenstemming met de ecozonatie van Felder (2001). We wensen echter op te merken dat bij petrografisch onderzoek van een aantal Maastrichtiaan stalen typische Tertiaire fauna werd aangetroffen, zie verder in hoofdstuk 'microfacies-analyse'. De top van de krijtsequentie is over het algemeen goed te herkennen op de gammalog door een plotse hogere waarden in de bovenliggende kleiige sedimenten. De onderste meters in boring Molenbeersel bestaan uit een glauconiethoudend en zandige calcareniet en werden op basis van bioklasten tot (herwerkt) Gulpen gerekend.

De meest oostelijke boring KS02 gaat dwars door een zone van randbreuken, die de grens vormen tussen het Kempens Bekken en de Roerdalslenk. Hier zit de top Krijt op 400 m diepte en is qua dikte vergelijkbaar met Molenbeersel. Aangezien ook hier in de rand- of overgangszone tussen de RVG en het Kempens Bekken enkel de jongste krijtafzettingen zijn afgezet, kan afgeleid worden dat het ook behoorde tot het opgeheven blok gedurende het Laat-Krijt en pas door de zee overspoeld werd in het Laat Maastrichtiaan. In de nabijgelegen boring KS21 is Gulpen volledig ontwikkeld en Vaals is een 20-tal m dik fijn glauconiethoudend zand. Aken is afwezig. In KS22 (063E0222) neemt Vaals toe in dikte en is Aken voor het eerst aangetroffen (Figuur 7). Deze boring werd reeds geselecteerd als referentiesectie of typeboring voor de Houthem Formatie (Laga et al., 2001). Duser & Felder (Draft versie, niet gepubliceerd) stelden een uitgebreid rapport op over deze gekernde boring.

De Formaties kunnen goed vervolgd worden van KS22 naar KS19. Maastricht en Gulpen behouden nagenoeg dezelfde dikte. Vaals en Aken samen genomen hebben ook ongeveer dezelfde dikte, waarbij Vaals toeneemt en Aken afneemt. De correlatie van de ecozones van Felder (2001) komen in grote lijnen overeen met de lithostratigrafische correlatie. Voor de grens Maastricht/Gulpen is er echter een verschil op te merken. De ecogrens IV/V die nabij Maastricht/Gulpen wordt geïnterpreteerd door Felder (2001), valt bij MK5 (-395,5 m) voor KS22, wat beter in overeenstemming is met lithologische grens. Bij KS19 valt de ecogrens echter nabij MK6 (449 m). De verschuiving tussen lithostratigrafie en ecozones blijft ongeveer constant tot MK14. Vanaf MK15 (intra Vaals) valt de ecozonegrens Ic/Id terug mooi samen. De overgang van Gulpen naar Maastricht kan ook op de densiteitslog worden herkend door een toename van Gulpen naar Maastricht, en voor de meeste boringen een overgang van een relatief vlakke logrespons naar een interval met meer schommelende waarden.

De verdere correlatie naar KS43 en KS29 is eenduidig te maken. De dikte van Houthem neemt van 35 m in KS22 af tot 20 m in KS29. De totale dikte van het Krijt blijft echter min of meer constant. Deze compensatie is voornamelijk te wijten aan een diktetoename in Vaals.

Bij KS44 neemt de dikte van Houthem en Maastricht weer toe, en Vaals neemt sterk af. De nabijgelegen boring KS46 (op 1,7 km) is omzeggens piek per piek te correleren met KS44. De ecozones van Felder zijn van KS44 naar KS46 echter in belangrijke mate 'omhoog geschoven'. Dergelijke verschuivingen zijn vooral te wijten aan de kwaliteit van de monsternamen in de KS-

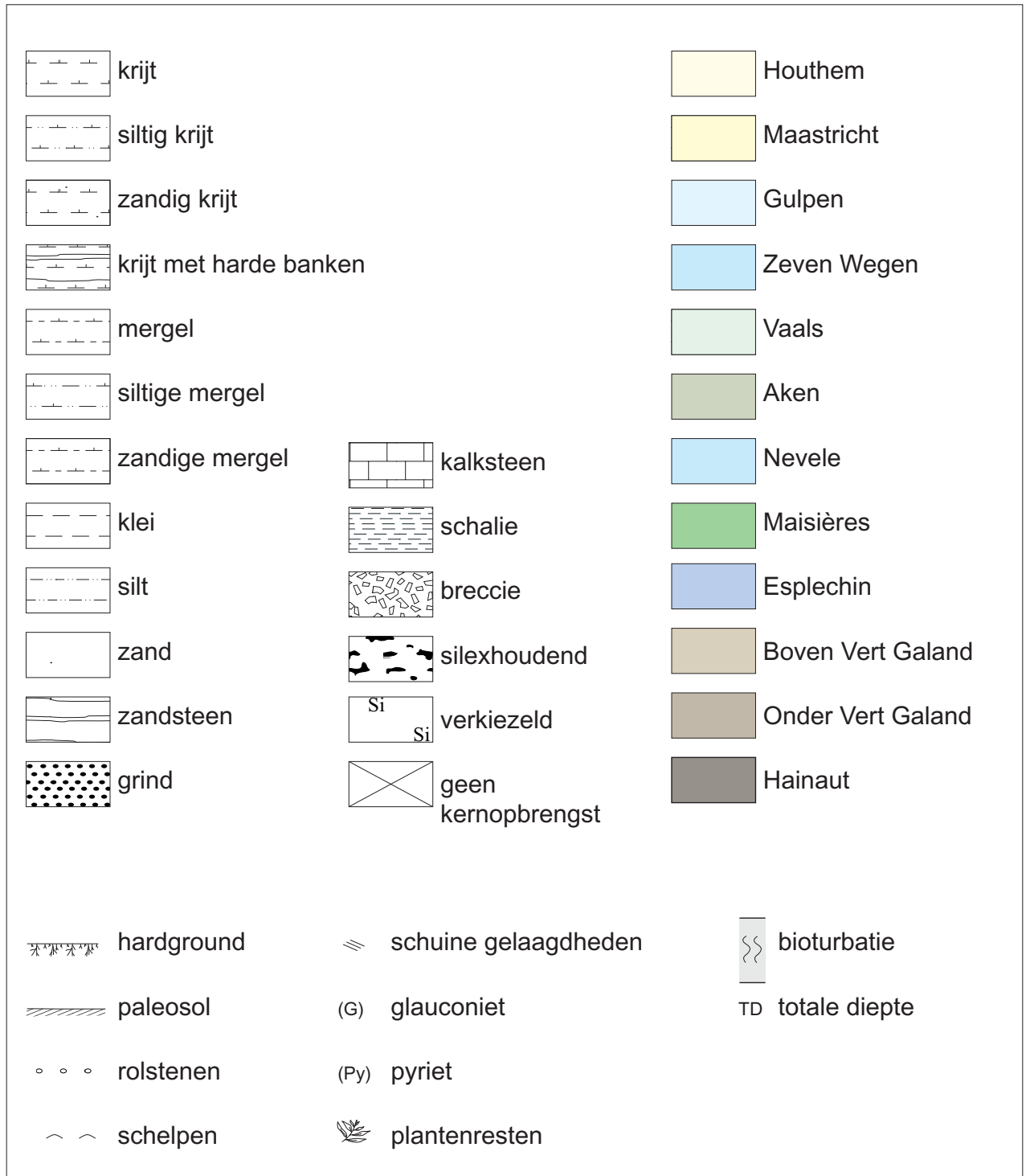
boringen, waarbij ook de relatie tussen tijdstip en monstername en de boordiepte soms te wensen overliet (comm. M. Duser).

In KS27 is Aken verdwenen (uitgeweid); Vaals behoudt zijn dikte en Gulpen is 10 m dikker. Zeven Wegen is echter gereduceerd tot 7 m. De bovenliggende Onder Gulpen sedimenten (Beutenaken?) blijken Zeven Wegen geërodeerd te hebben. Deze bovenliggende sedimenten worden geïnterpreteerd als een geulopvulling. Deze logsignatuur wordt bevestigd in de omliggende KS-boringen (niet opgenomen in dit profiel). KS34 vertoont in grote mate dezelfde logsignatuur als KS27. De typische logsignatuur boven Zeven Wegen (Beutenaken mergel en kalk) wordt niet aangetroffen. Tussen MK8 (-584 m) en top Zeven Wegen is de gammalog moeilijker te interpreteren, hier werd de densiteitslog voor gebruikt. Het pakket Zeven Wegen is relatief dun, maar tekent zich in KS34 door de lage gammawaarde weer duidelijker af. In KS30 is Zeven Wegen reeds 20 m ontwikkeld. KS37 ligt 2,6 km noordelijker van KS30 en de Krijtafzetting is 25 m in dikte toegenomen. Deze dikte toename geldt voor alle aanwezige Formaties uitgenomen voor Houthem dat een constante dikte behoudt. In KS35 is Maastricht een 10-tal m in dikte afgenomen. Het Lid van Zeven Wegen bereikt een dikte van 30 m. Het 'krijtgehalte' in Gulpen is vanaf KS34 dus toegenomen. Waarschijnlijk speelt de toegenomen afstand tot de inversiestructuur in de RVG een belangrijke rol.

In Figuur 8 worden voor KS35 naast de gammalog ook densiteitslogs (Short Spacing Density (SSD)/Long Spacing Density (LSD) en bulk densiteit, zie legende figuur) en Caliper weergegeven. De Top Krijt (MK1) en grens Houthem/Maastricht (MK2 - pieken door hardgrounds) worden het duidelijkste afgelezen van de gammalog. MK3 die voor de oostelijke boringen nog een duidelijke piek geeft in de gamma, kan hier in het westen van het profiel enkel nog herkend worden door een kleine sprong in de densiteit. MK4 en MK5 bakenen een zone met verhoogde densiteit af, die van dan af afneemt naar een minimum (MK6). Hier wordt de grens Maastricht/Gulpen gelegd. MK8 is zowel te herkennen aan een toename in de gamma als een toename in de densiteit, deze marker is over gans het profiel duidelijk te vervolgen en komt overeen met de grens tussen ecozones III en IV. MK9 bakent de zone met verhoogde densiteit af, ook op de andere logs is een tegengestelde trend aan MK8 waar te nemen. Ook op de caliper kan het pakket tussen MK8 en MK9 herkend worden. MK10 en MK11 bakenen een volgend pakket af in de westelijke boringen die niet verder dan KS34 kan gevolgd worden (Beutenaken). MK14 (basis Zeven Wegen) is in alle logs een goed te herkennen marker, waarvan de afname in de gammalogrespons het duidelijkst is. Vanaf MK15 neemt de densiteit licht toe. MK16 duidt de grens tussen Boven en Onder Vaals aan die op alle logs duidelijk te herkennen is. De basis van het Krijt (MK18) werd niet bereikt op deze geofysische log.

In Figuur 9 wordt het gedeelte van een profiel over de randbreuken van de Roerdalslenk hernomen en voorgesteld t.o.v. zeeniveua (TAW). Hier ziet men dat de top van het Krijt in de richting van de randbreuken ondieper komt te liggen ten gevolge van breuktrapjes (Langenaeker, 1998). De

randbreuken zelf brengen de top krijt enkele 100den meter dieper (-400 m voor KS2). In KS22 en KS19 zien we aan de basis Aken verschijnen dat verder westelijk weer uitwigt.



Figuur 4: Deze legende hoort bij het profiel over de randbreuken (Fig 9) en de typeboringen (figs 6, 7, 16, 18, 19 en 22).

Tabel 4: Administratieve data en Lambert coördinaten van de boringen in het oost-west profiel door de Kempens Kolenbekken en Roerdalslenk

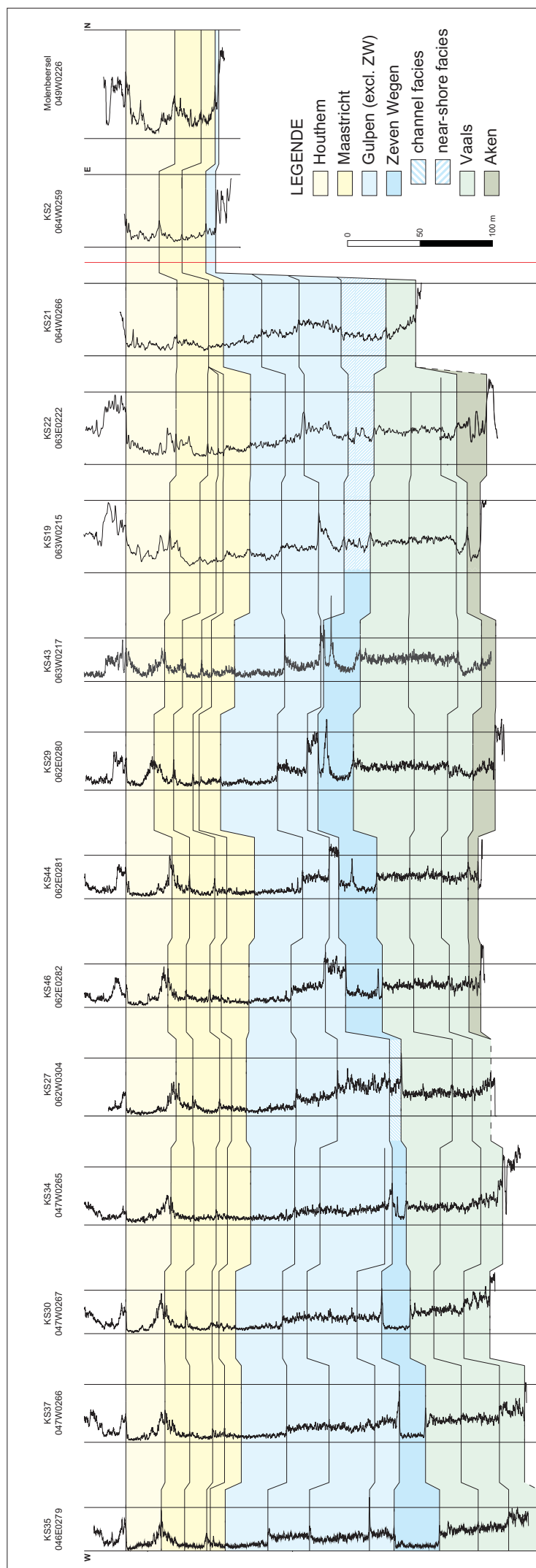
BGD No.	KB nr	KS nr	Boorjaar	Gemeente	Locatie	X	Y	Z
049W0226	KB198	-	1987	Molenbeersel	Molenbeersel	247660	207752	33
064W0259	KB140	KS02	1979	Dilsen	Koeweide	246160	192365	37
064W0266	KB171	KS21	1984	Dilsen	Vlessersweg	245173	192013	40
063E0222	KB167	KS22	1984	Maaseik	Ruwmortelsheide	238822	191259	91
063W0215	KB164	KS19	1983	Opglabbeek	Industrieterrein	233427	192715	87
063W0217	KB180	KS43	1985	Houthalen	De Hutte	227115	192257	83
062E0280	KB194	KS29	1987	Houthalen	Sonnisheide	224190	194595	80
062E0281	KB144	KS44	1987	Houthalen	Winningsveld	220905	194997	74
062E0282	KB196	KS46	1987	Houthalen	Loerstraet	219240	195331	72
062W0304	KB195	KS27	1987	Beringen	Fonteintje	216108	196932	56
047W0265	KB184	KS34	1986	Leopoldsbuurg	Boskant	213235	199937	53
047W0267	KB189	KS30	1986	Leopoldsbuurg	Molenberg	211271	199933	46
047W0266	KB191	KS37	1986	Leopoldsbuurg	Asdonkstraat	210829	202989	44
046E0279	KB188	KS35	1986	Olmen	Bruultjes	207160	203283	36

Met: BGD no: archiefnummer Belgische Geologische Dienst, KB-nummer (BGD-nummering voor boringen Kempens Bekken), KS-nummer (nummering voormalige Kempense Steenkoolmijnen) en X,Y= Lambert-72 coördinaten, Z: hoogte boven zeeniveau.

Tabel 5: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de oost-west sectie van het Kempens kolenbekken tot de Roerdalslenk

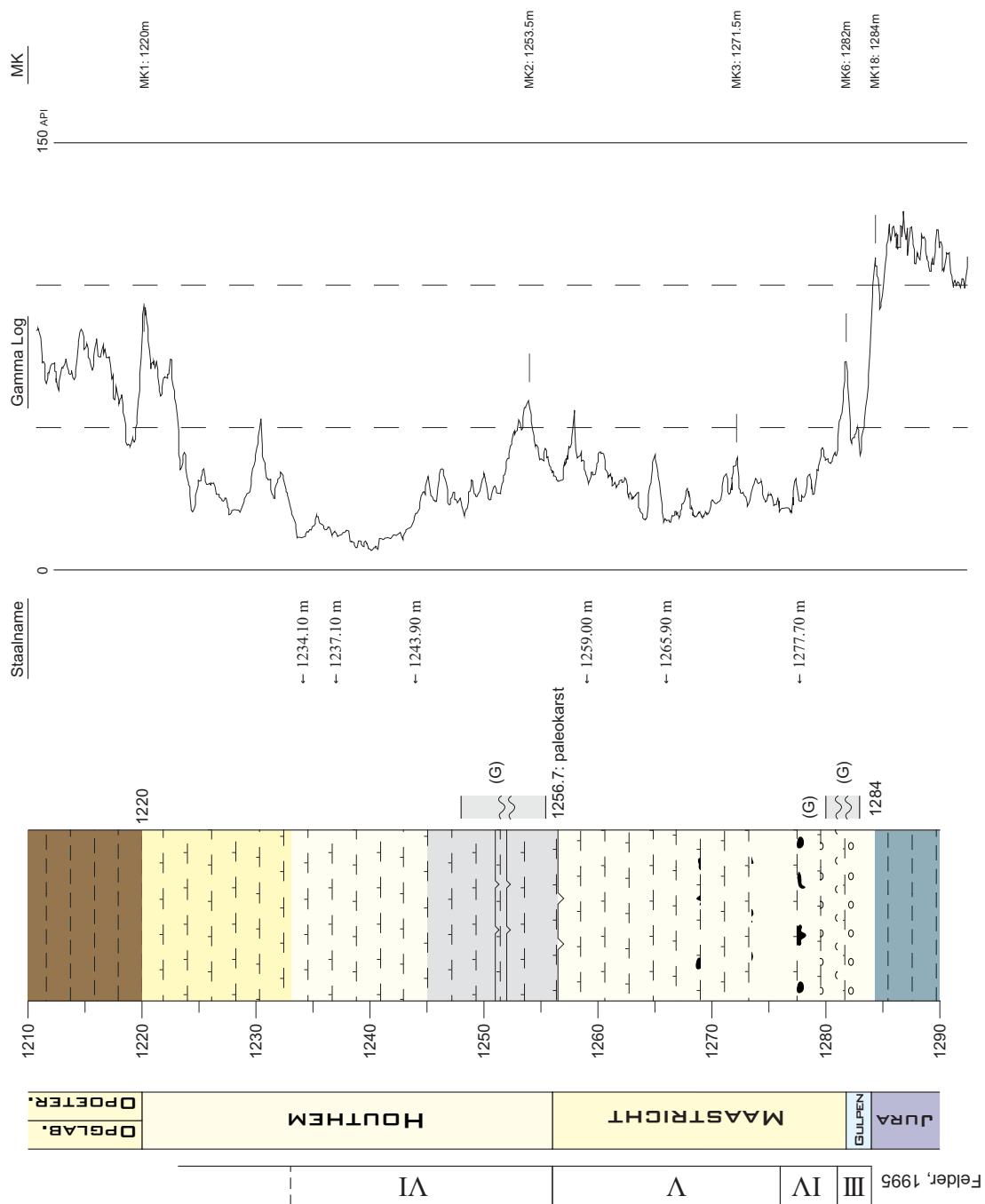
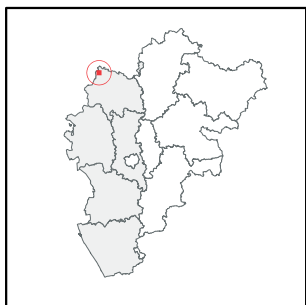
BGD No.	KS no.	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW	Basis VA	Basis AK
049W0226	-	1220	1284	64	1253,5	1282	1284	N	N	N
064W0259	KS02	400	462	62	423	455	462	N	N	N
064W0266	KS21	257	457	200	292	324	405,5	436,5	457	N
063E0222	KS22	328	577	249	362,5	414	481	499	556,5	577
063W0215	KS19	363	608	245	393,5	449	414	532	599	608
063W0217	KS43	363	618	255	390	438	499,5	524,5	608	618
062E0280	KS29	411	665,5	254,5	430,5	476,5	544	568	650,5	665,5
062E0281	KS44	432	675	243	463,5	520,5	579	605	668	675
062E0282	KS46	429	674	245	458	514	581	606	666	674
062W0304	KS27	435	687	252	470	518	617	625	687	N
047W0265	KS34	467,5	727,5	260	498,5	553	651,5	661	727,5	N
047W0267	KS30	464	715	251	490,5	539,5	640,5	660	715	N
047W0266	KS37	496,5	771,5	275	523,5	576	685	703	771,5	N
046E0279	KS35	485	769	284	509,5	553,5	670	701,5	769	N

Met: mbs= "meter below surface"; Kr.= Krijt, HO= Houthem; MA= Maastricht; GU= Gulpen; ZW= Zeven Wegen; VA= Vaals; AK= Aken; ex.ZW= Formatie van Gulpen exclusief Zeven Wegen (wordt als apart karteerbare eenheid onderscheiden in deze studie). N= niet aanwezig, > x m: aangeboorde dikte maar basis niet bereikt.

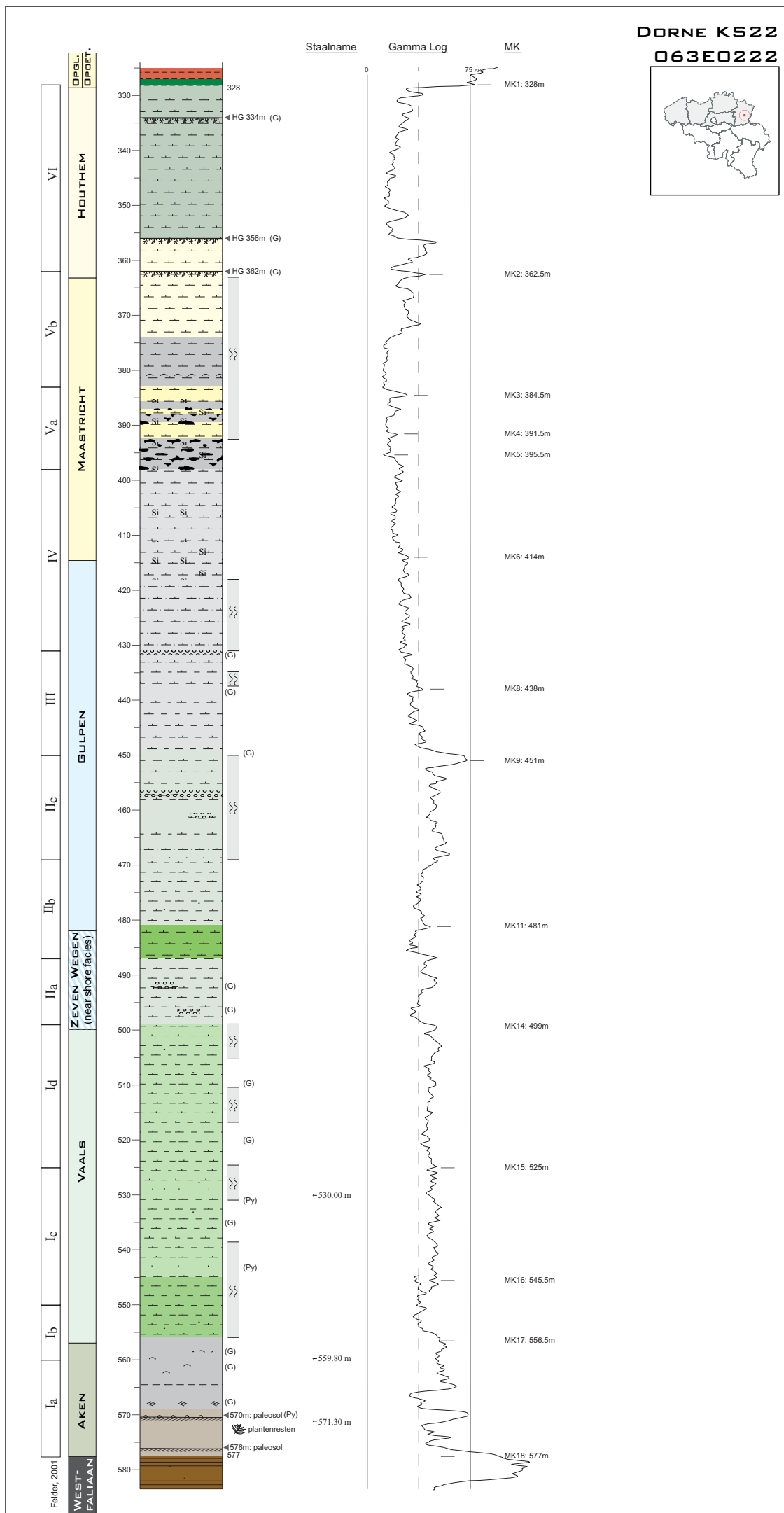


Figuur 5: Oost-west profiel door de Kempens Kolenbekken en Roerdalslenk (PROFIEL 1)

MOLENBEERSEL 049W0226

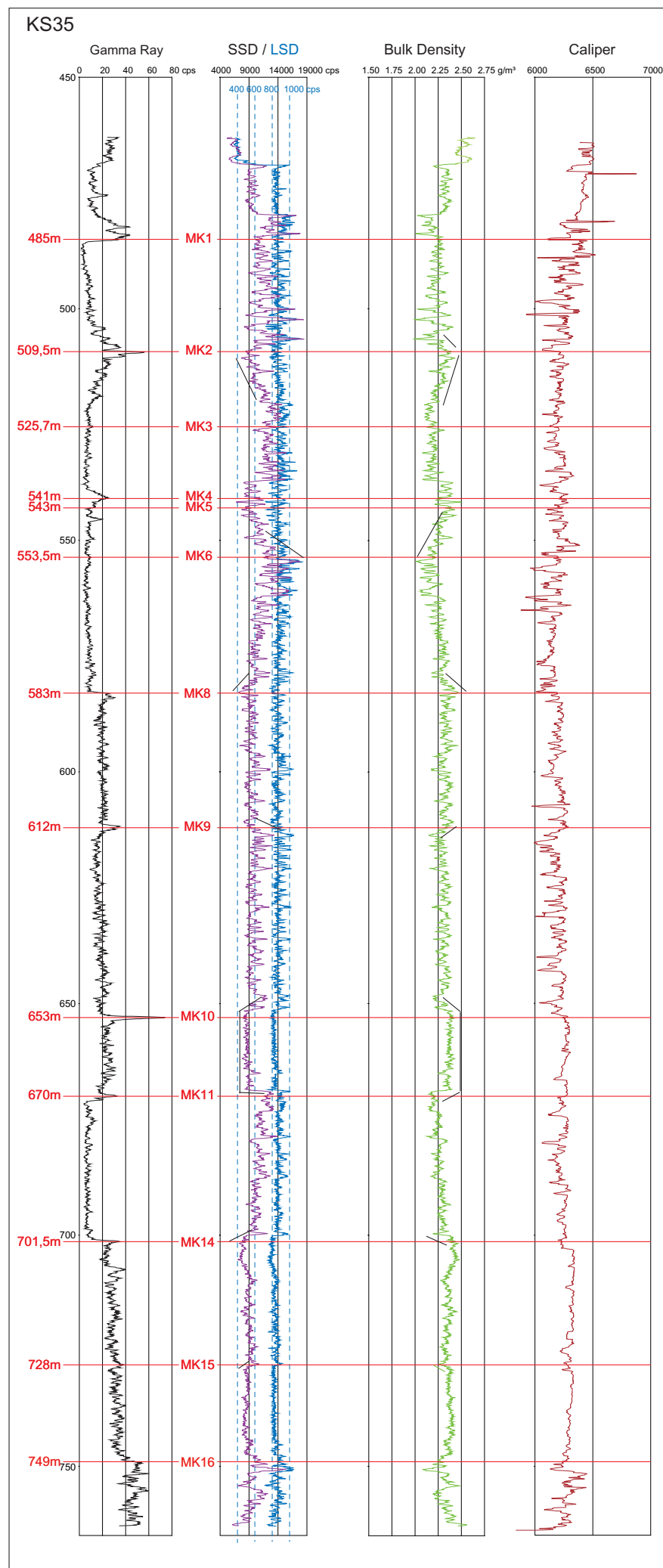


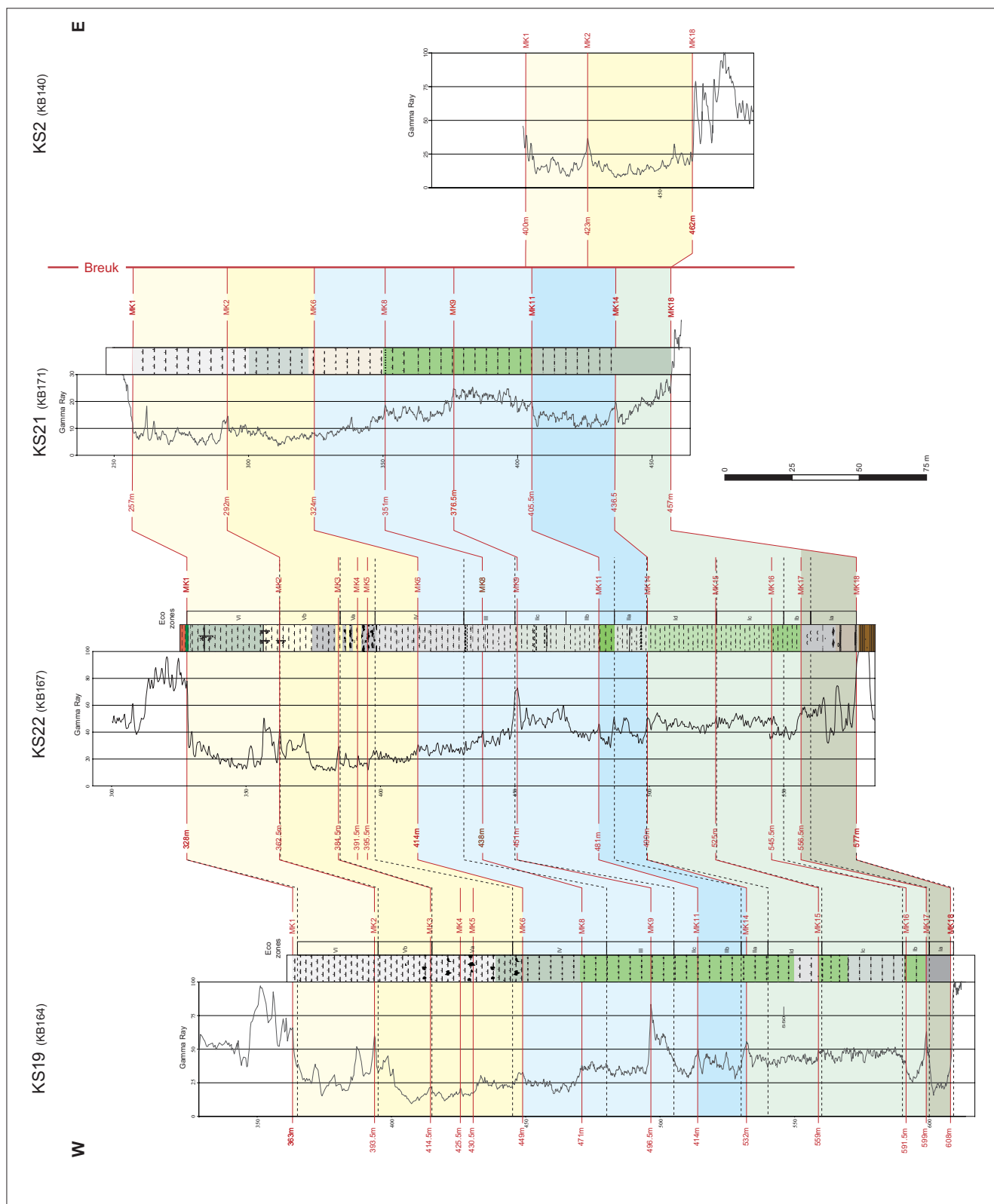
Figuur 6: Molenbeersel als typeboring voor het krijt in de Roerdalslenk



Figuur 8: Compilatie van verschillende geofysische logs die beschikbaar zijn voor de meer recente KS-boringen, hier geïllustreerd voor KS35.

Met: SSD = Short Spacing Density: korte afstand tussen protonenbron en detector en dus geringe penetratiediepte en minder betrouwbaar, goed voor vaststellen van contacten tussen verschillende densiteitslagen. LSD= Long Spacing Density: grotere afstand en dus grotere penetratie: betrouwbaarder maar meer een gemiddelde waarde. Bulk densiteit: omzetting van densiteit counts per second (meeteenheid van toestel) naar g/cm^3 door calibratie.





Figuur 9: Profiel over de randbreuken; de dieptes zijn uitgezet t.o.v. zeeniveau (TAW)

3.2 Profiel 2a: van voormalig Limburgs mijngebied tot Voerstreek

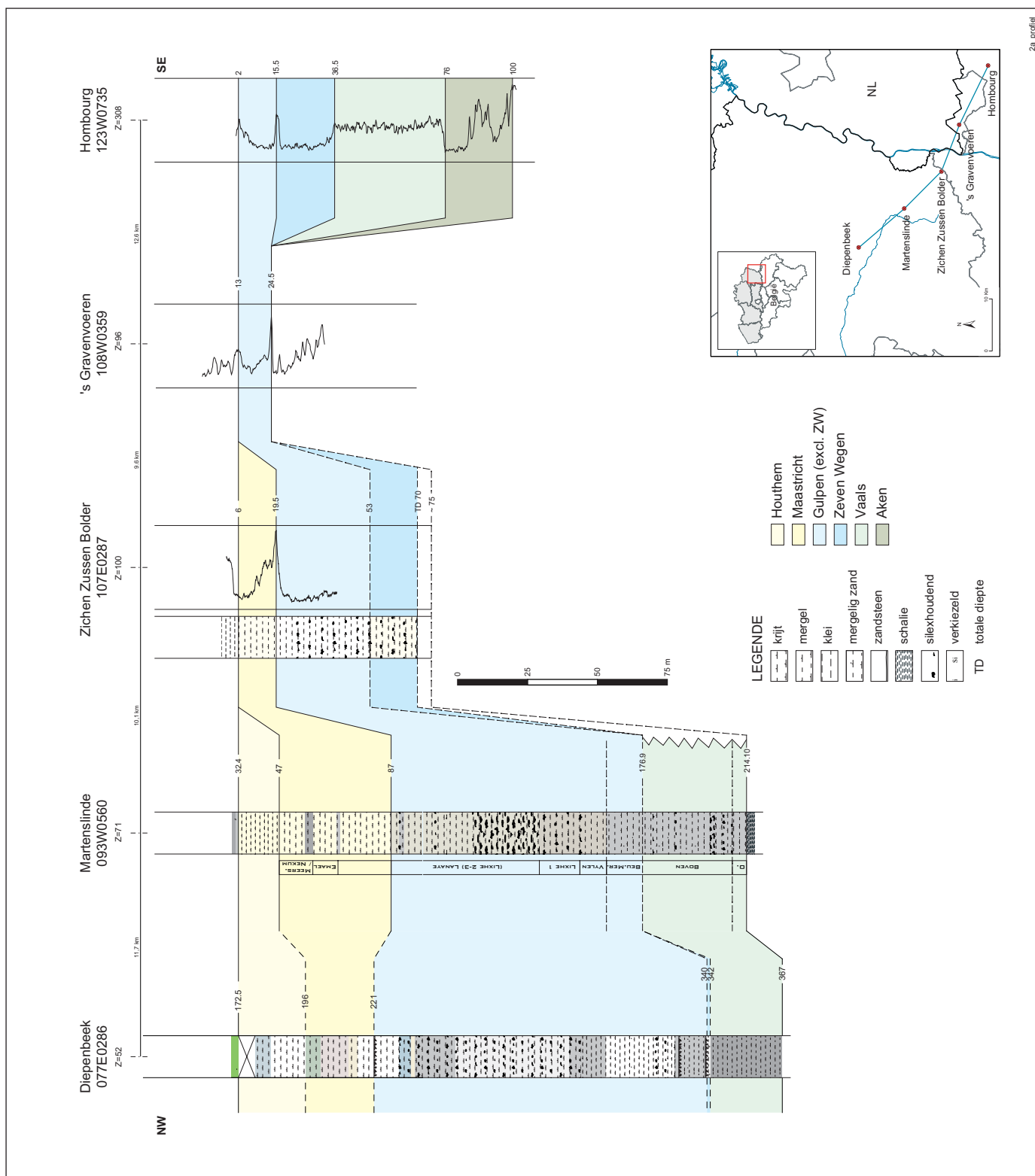
Dit noordoost-zuidwest profiel is ongeveer 43 km lang en bevat 5 typeboringen (Figuur 10). Het profiel sluit in het noordwesten via Diepenbeek (KB126) aan op het profiel noord-zuidwest profiel door Limburg (paragraaf 3.4). Diepenbeek is een boring van 1960 waar geen boorgatmetingen, maar wel een gedetailleerde lithologische beschrijving voor beschikbaar is. Op basis van de originele boorverslagen werd een litholog getekend en een stratigrafische interpretatie opgemaakt. Opvallend is het feit dat het schrijfkrijt-facies (Zeven Wegen) is gereduceerd tot amper 2 m. De correlatie naar Martenslinde, waar ook enkel met de lithologische beschrijving kan gewerkt worden, is evident. In deze boring ontbreekt Zeven Wegen volledig. 10 km verder naar het zuidoosten in boring Zichen is het Krijt gereduceerd tot een 70-tal m. Houthem is niet meer aanwezig en de dikte van Maastricht is slechts 13 m. In boring 's Gravenvoeren, gelegen in de erosiegeul gevuld met Vijlens krijt en uitgesleten tot in de Paleozoïsche sokkel, bestaat het Krijt nog slechts uit 11,5 m Gulpen. In boring Hombourg (provincie Luik) is de Krijtsequentie, bestaande uit Gulpen, Zeven Wegen, Vaals en Aken, 98 m dik. Deze boring sluit aan bij het typegebied van de Vaals en Aken.

Tabel 6: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het noordoost-zuidwest profiel door het Kempens Kolenbekken tot de Voerstreek

BGD No.	Locatie	KB nr / KS nr	Boor- jaar	Locatie	X	Y	Z
077E0286	Diepenbeek	KB126	1960	Sluis nr. 2	224723	181432	52
093W0560	Martenslinde	KB134	1968		232350	172539	71
107E0287	Zichen Zussen Bolder		1984		239485	165427	100
108W0359	's Gravenvoeren	KB192	1986	Kinkenbergh	248486	161971	96
123W0735	Homburg		1987		259870	156392	308

Tabel 7: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de de noord-zuid sectie van het voormalig mijngebied tot de Voerstreek

BGD No.	Locatie (KB-no.)	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW	Basis VA	Basis AK
077E0286	Diepenbeek (KB126)	172,5	367	194,5	196	221	340	342	367	N
093W560	Martenslinde (KB134)	32,4	214,1	181,7	47	87	176,9	N	214,1	N
107E0287	Zichen Zussen Bolder	6	-	>64	N	19,5	53	>17	N of < 5m	N
108W0359	's Gravenvoeren (KB192)	13	24,5	11,5	N	N	24,5	N	N	N
123W0735	Homburg	2	100	98	N	N	15,5	36,5	76	100



Figuur 10: Noordoost-zuidwest profiel doorheen het voormalig mijngebied tot de Voerstreek (PROFIEL 2a)

3.3 Profiel 2b: van Maastricht tot Halembaye

Noord-zuid profiel van Maastricht tot Halembaye werd opgesteld om de correlatie met de typesectie te Maastricht te maken (Figuur 11). In dit profiel ligt slechts 1 boring op Vlaams grondgebied (Zichen Zussen Bolder). De overige secties liggen in Nederland: Kastanjelaan-2 (boring) en de ENCI-groeven (ontsluiting + boring in groevevloer) te Maastricht en Wallonië: 2 typeprofielen in het Maasdal. De gammalogs van de ENCI en Halembaye groeves zijn door Felder & Boonen (1988) op ontsluiting gemeten met een draagbare gamma-ray spectrometer.

Tabel 8: Administratieve data en coördinaten van de boringen en ontsluitingen in het noord-zuid profiel van Maastricht tot Halembaye

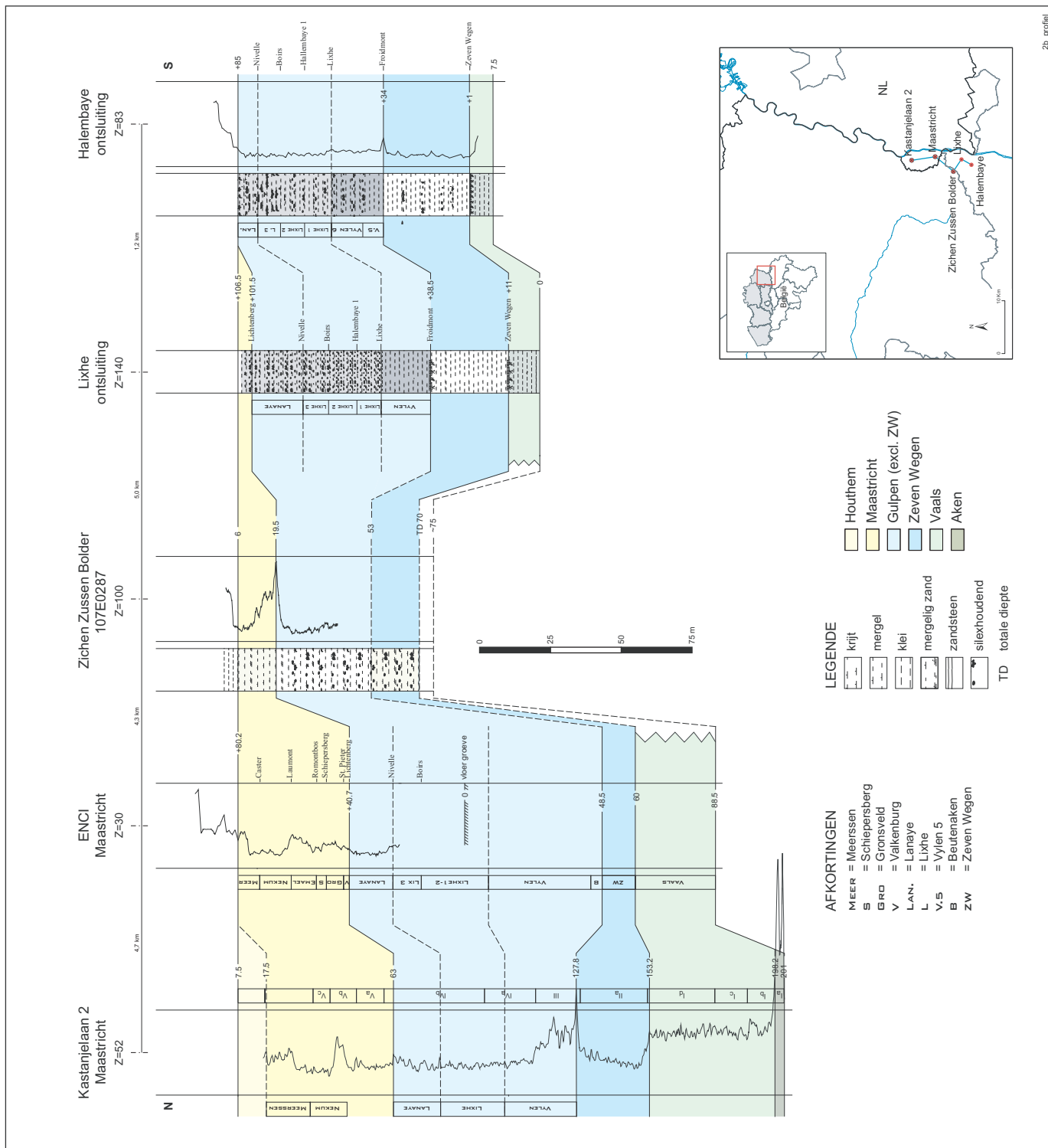
BGD No.	Locatie	Nederlands nr	Boor- jaar	Locatie	X	Y	Z
-	Maastricht	61F-296; GB7348	1981	Kastanjelaan	~243000	~172500	52
-	Maastricht	61F-19 + 61F-324	- 1983	ENCI	~243000	~168500	30
107E0287	Zichen Zussen Bolder		1984		239484,5	165427,1	100
107E0192	Lixhe		-	Groeve	~241000	~160500	140
107E0215	Halembaye		-	Groeve	~241200	~159500	83

Tabel 9: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de noord-zuid sectie van Maastricht tot Halembaye

BGD No.	Locatie (KB-no.)	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW	Basis VA	Basis AK
-	Kastanjelaan-2	7,5	201,2	193,7	17,5	63		153,2	198,2	201,2
-	ENCI	80,2	-88,5	168,7	N	40,7	48,5	60	88,5	N
107E0287	Zichen Zussen Bolder	6	-	>64	N	19,5	53	>17	N of < 5m	N
107E0192	Groeve Lixhe	106,5	0	106,5	N	101,5	38,5	11	0	N
107E0215	Groeve Halembaye	85	-7,5	92,5	N	N	34	1	7,5	N

Dit profiel toont enkele grote lijnen van de Krijttektoniek:

- Verdieping en vervollediging van de stratigrafische opeenvolging van zuid naar noord;
- Sterke verdunning van de basislagen van het Krijt (Aken, Vaals en Zeven Wegen) in de richting van het Massief van Brabant;
- Toenemende insnijding van de Vijlen-geul naar het zuidoosten toe.



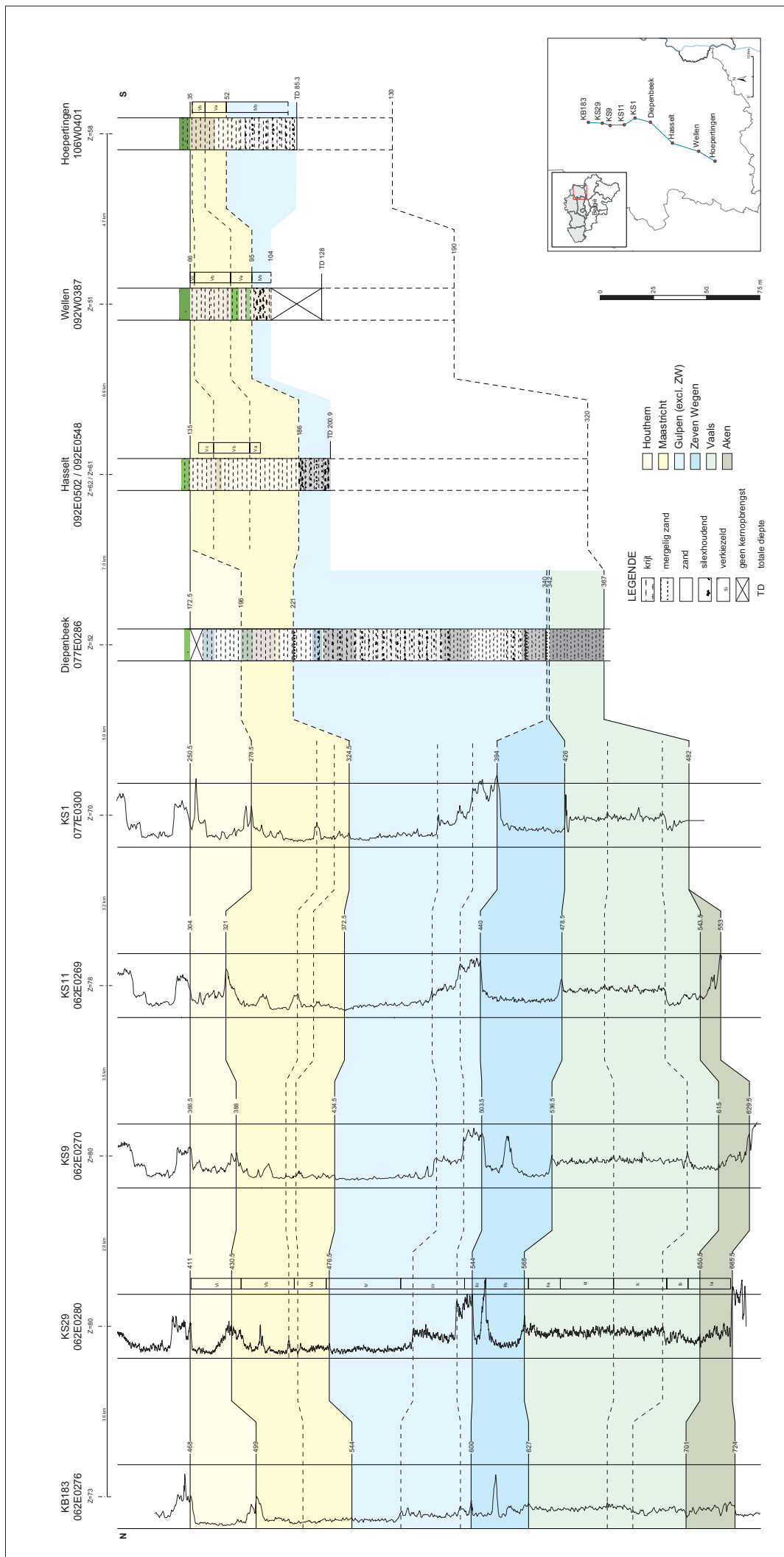
Figuur 11: Profiel van Maastricht tot Halembaye (PROFIEL 2b)

3.4 Profiel 3: van noord naar zuidwest door Limburg

Voor dit noord-zuidwest profiel van 36 km door Limburg werden 9 boringen geselecteerd (Figuur 12). De lijn loopt van Peer tot Hoepertingen. KB183 ligt 3,6 km noordelijk van KS29 die ook deel uitmaakt van profiel 1. Van KB183 naar KS29 neemt Houthem af in dikte, maar die dikteafname wordt gecompenseerd door een diktetoename in Gulpen. Hierdoor blijft de totale dikte van het Krijt nagenoeg constant. De correlatie naar KS9 en KS11 is goed te maken. Zeven Wegen verdikt respectievelijk van 30 m tot 40 m. KS1 sluit ook mooi aan. Aken wigt er uit. Basis Krijt ontbreekt in de gammalog, de basis werd bepaald uit de boorbeschrijving. Vanaf Diepenbeek neemt het Krijt in dikte af. Opvallend is, zoals bij boring Martenslinde, de reductie tot 2 m van het typische witachtige schrijfkrijt van Zeven Wegen. In het zuidelijk vervolg van het profiel werd de basis van het Krijt niet aangeboord. De aangegeven dieptes zijn afgeleid van de basis Krijt subcropkaart (Vancampenhout, 2005). In boring Hasselt is Houthem afwezig en werd enkel Maastricht (met in begrip van de jongste Leden Meerssen en Nekum die in de Kempen ontbreken) en de top van Gulpen aangeboord. In Wellen en Hoepertingen zet de afname in Krijtdikte zich voort. Maastricht neemt af in dikte. Ondanks dat data hiervoor ontbreken kan logischerwijze verondersteld worden dat Vaals in de richting van het Brabant Massief uitwigt.

Tabel 10: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het noord-zuidwest profiel door Limburg

BGD No.	KB nr	KS nr	Boor- jaar	Gemeente	Locatie	X	Y	Z
062E0276	KB183		1986	Peer	Linde	224413	198119	73
062E0280	KB194	KS29	1987	Houthalen	Sonnishede	224190	194595	80
062E0270	KB153	KS9	1982	Houthalen	Donderslagse Heide	223613	192668	79
062E0269	KB151	KS11	1981	Zonhoven	De Teut	223742	189108	78
077E0300	KB136	KS1	1979	Genk	Schemmersberg	225504	186415	70
077E0286	KB126		1960	Diepenbeek	Sluis nr. 2	224723	181432	52
092E0502			1990	Hasselt		219256	177066	62
092E0548			2003	Hasselt	Trekschuren	219218	177157	61
092W0387			1975	Wellen		217126	170471	51
106W0401			1984	Hoepertingen		214640	166362	58



Figuur 12: Noord-zuid profiel doorheen Limburg (PROFIEL 3)

Tabel 11: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de in de noord-zuidwest sectie door Limburg

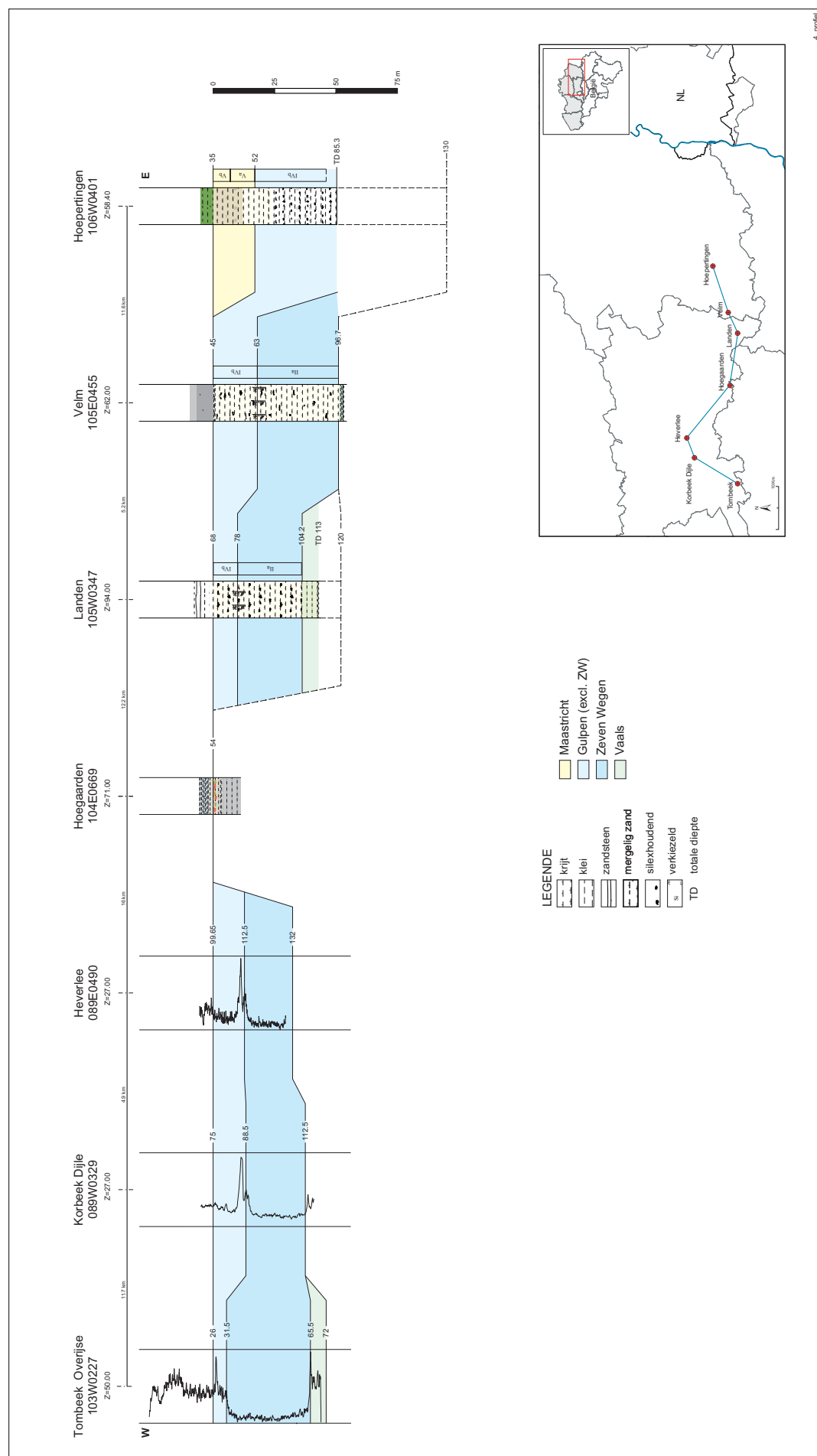
BGD No.	KS no./locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW	Basis VA	Basis AK
62E0276	Peer-Linde	468	724	256	499	544	600	627	701	724
062E0280	KS29	411	665.5	254,5	430,5	476,5	544	568	650,5	665,5
062E0270	KS9	366.5	629.5	263	388	434,5	503,5	536,5	615	629,5
062E0269	KS11	304	553	249	321	372,5	440	478,5	543,5	553
077E0300	KS1	250,5	482	232	278,5	324,5	394	426	482	N
077E0286	Diepenbeek	172.5	367	194,5	196	221	340	342	367	N
092E0502	Hasselt	135	>200.9	>65,9	N	186	>14,6	?	?	N
092W0387	Wellen	66	>128	>62	N	95	>9	?	?	N
106W0401	Hoepertingen	35	>85.3	50.3	N	52	>29	?	?	N

3.5 Profiel 4: door oosten van Brabant tot zuidenwest Limburg

De 60 km lange oost-west georiënteerde profiellijn loopt van Overijse tot Hoepertingen en bestaat uit 7 boringen (Figuur 13). De lijn is gesitueerd langs de noordrand van het Brabant Massief en loopt min of meer parallel aan de as van het massief. In Overijse wordt naast enkele m Gulpen bovenaan en enkele m Vaals onderaan voornamelijk Zeven Wegen aangeboord. In Korbeek-Dijle en Heverlee kan het Krijt opgesplitst worden in een 10 m Gulpen en een 20 m Zeven Wegen, Vaals ontbreekt er. Hoegaarden werd toegevoegd om aan te geven dat het Krijt er niet aanwezig is, het Brabant Massief wordt door de Tertiaire Formatie van Heers bedekt. In Landen is het Krijt een 50 m dik en Gulpen, Zeven Wegen en Vaals kunnen onderscheiden worden. In Velm blijkt Vaals weer te ontbreken, maar de totale Krijtdikte is vergelijkbaar met Landen (basis Krijt volgens Vancampenhout (2005)). Hoepertingen, waar 17 m Maastricht wordt aangeboord, maakt de aansluiting met het noord-zuid profiel door Limburg (zie paragraaf 3.4).

Tabel 12: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het oost-west profiel van oost Brabant tot zuidwest Limburg

BGD No.	Boor-jaar	Gemeente	Locatie	X	Y	Z
103W0227	1999	Tombeek - Overijse	Overijse-Venusberg	163600	160572	50
089W0329	1987	Korbeek-Dijle		169686	170642	27
089E0490	1992	Heverlee	Parkabdij	174291	172530	27
104E0669	1996	Hoegaarden		186585	162365	71
105W0347	1981	Landen		198753	160529	94
105E0455	1979	Velm		203625	162722	62
106W0401	1984	Hoepertingen		214640	166362	58



Figuur 13: EW profiel van Overijse tot Hoepeteringen (PROFIEL 4)

Tabel 13: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de oost-west sectie door oost Brabant en het zuidwesten van Limburg

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW	Basis VA	Basis AK
103E0227	Tombeek - Overijse	26	72	46	N	N	31,5	65,5	72	N
089W0329	Korbeek-Dijle	75	112,5	37,5	N	N	88,5	112,5	N	N
089E0490	Heverlee	99,65	132	32,35	N	N	112,5	132	N	N
104E0669	Hoegaarden	54	54	0	N	N	N	N	N	N
105W0347	Landen	68	-	>36,2	N	N	78	104,2	>8,8	N
105E0455	Velm	43	96	53	N	N	63	96	N	N
106W0401	Hoepertingen	35	>85,3	50,3	N	52	>33,3	?	?	N

3.6 Profiel 5: van de Antwerpse Noorderkempen door het Hageland tot Limburg

Het noordwest-zuidoost profiel van de Antwerpse Noorderkempen (Meer) tot Limburg (Montenaken) bestaat uit 13 boringen en heeft een lengte van 104 km (Figuur 14). In de Noorderkempen zit de top van het krijt op ongeveer 700 m diepte en is er tot 300 m dik. Het Krijt is in te delen op basis van een karakteristieke gammalog-signatuur. Onderaan de boring wordt Vaals niet meer duidelijk onderscheiden van het bovenliggende Zeven Wegen aangezien beide kalkrijk zijn en de siliciklastische bijdrage in Vaals afneemt. Hier wordt dan ook de oostelijke grens van de Nevele Formatie gelegd (equivalent van Zeven Wegen en Vaals in het oosten, voor uitgebreidere bespreking zie elders in dit rapport). De correlatie met Oostmalle is duidelijk te maken: de dikte toename in Houthem (10 m) wordt gecompenseerd door een dikteafname in Gulpen. Vaals wordt zandiger waardoor het terug goed te onderscheiden is van Zeven Wegen. Vaals neemt 10 m af in dikte.

Ook Poederlee is goed correleerbaar. In deze boring neemt de Krijtsequentie in zijn geheel 45 m af waarvan Gulpen 30 m voor zijn rekening neemt. In het zuiden van de provincie Antwerpen zijn geen boringen met geofysische logs doorheen het Krijt beschikbaar. Herentals is in Boven Gulpen gestopt. Op basis van de subcropkaart (Vancampenhout, 2005) wordt de basis Krijt verwacht op ongeveer -700 m. Booischot ligt op de grens tussen het Kempens Bekken en het Brabant Massief. Het Krijt is er ongeveer gehalveerd in dikte. Enkel over de basislagen beschikken we over voldoende data om een stratigrafische onderverdeling op te stellen. De boorgatmeting van Rillaar kan gecorreleerd worden naar Loksbergen, waar de boorgatmeting tot in Zeven Wegen loopt. De Beutenaken mergel tekent zich duidelijk af. Op de grens naar Vaals is een hardground ontwikkeld en ook lithologisch is de grens duidelijk uit de boorbeschrijving op te maken (van wit krijt naar harde grijze mergel).

De profiellijn bestaat verder uit 4 boringen op het Brabant Massief en loopt van Nieuwerkerken tot Montenaken. Voor Nieuwerkerken en St.-Truiden zijn de dieptes van de basis van het Krijt weer afgelezen van de subcropkaart (Vancampenhout, 2005). De afnemende dikte in de richting van het Brabant Massief komt duidelijk naar voren. Voor St.-Truiden is de aanwezigheid van Maastricht onzeker en wordt gearceerd voorgesteld. In Velm is de stratigrafische controle, mede door bevestiging van de eco-zonatie van Felder (2001), weer betrouwbaar en bestaat uit Lanaye en Zeven Wegen. In Montenaken is het Krijt bijna exclusief Zeven Wegen.

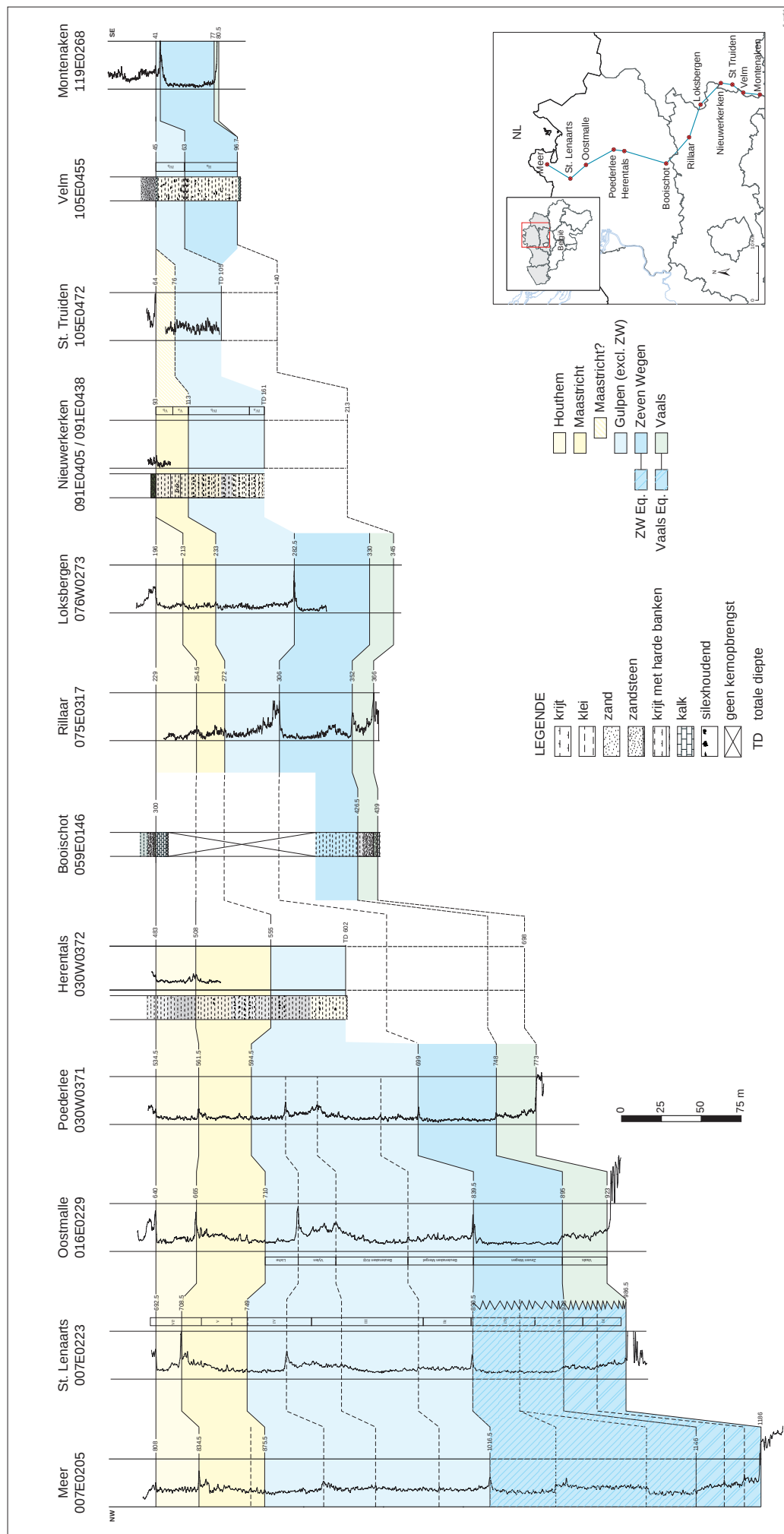
Tabel 14: Administratieve data van de boringen in het profiel van de Antwerpse Noorderkempen tot Limburg

BGD No.	KB nr/ locatie	Boorjaar	Gemeente	X	Y	Z
007E0205	KB149	1980	Meer	177378	237304	13
007E0223	KB203 (DZH15)	1990	St.-Lenaarts	172063	228544	23,6
016E0229	KB210 (DZH26)	1994	Oostmalle	177098	222787	25
030W0371	KB170 (DZP1)	1984	Poederlee	182667	212654	16
030W0372		1988	Herentals	182179	208801	16
059E0146	KB132	1963	Booischoot	177651	193309	13
075E0317	KB128	1961	Rillaar	187276	184912	22
076W0273	KB127	1960	Loksbergen	199289	180714	43
091E0405		1983	Nieuwerkerken	207208	173130	34
091E0438		2002	Nieuwerkerken	207128	173128	35
105E0472	St.-Truiden	1998		206590	166435	60
105E0455	Velm	1979		203625	162722	62
119E0268	Montenaken	1998	Zevenbronnen	202469	156390	106

Tabel 15: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de oost-west sectie Antwerpse Noorderkempen tot Limburg

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW	Basis VA	Basis AK
007E0205	Meer	808	1186	378	834,5	875,5	1016,5	1146	1186	N
007E0223	St.-Lenaarts	692,5	986,5	294	708,5	749	890,5	948	986,5	N
016E0229	Oostmalle	640	923	283	665	710	839,5	895	923	N
030W0371	Poederlee	534,5	773	238,5	561,5	594,5	699	748	773	N
030W0372	Herentals	483	-	>119	506	555	?	?	?	?
059E0146	Booischoot	300	438,5	138,5	?	?	?	426,5	438,5	N
075E0317	Rillaar	229	366	137	254,5	272	307	351	366	N
076W0273	Loksbergen	197	345	148	213	233	282,5	330	345	N
091E0405	Nieuwerkerken	93	-	>68	N	113	>48	?	?	N
105E0472	St.-Truiden	64	-	>41	N	76	>29	33,7	?	N
105E0455	Velm	43	96,7	53	N	N	63	96,7	0	N
119E0268	Montenaken	41	80,5	39,5	N	N	43,3	79,5	80,5	N

Figuur 14: Profiel van de Antwerpse Noorderkempen tot Limburg (PROFIEL 5)



3.7 Profiel 6: van Antwerpen tot Brussel

Voor het noord-zuid profiel van Antwerpen tot Brussel werden 11 boringen geselecteerd en het is ongeveer 75 km lang (Figuur 15). Het meest karakteristieke kenmerk van dit profiel is de geleidelijke of stapsgewijze verdunning en uitwigging in de richting van het Brabant Massief. Vanaf Brussel is het voorkomen van het Krijt meer erratisch in functie van de paleogeografie van het Massief van Brabant (Matthijs et al., 2005).

De boring Doel is een goed gedocumenteerde boring (Figuur 16). Het Krijt werd op enkele m na aan de top, volledig gekernd, maar door de afwisseling van harde en zachtere banken is er een vrij aanzienlijk kernverlies. Of er effectief nog Maastricht aanwezig is wordt in deze studie betwijfeld. Er is geen echte paleontologische bevestiging aangetroffen (Jagt, niet gepubliceerd) en lithologisch kan het beschreven korrelkrijt ook behoren tot Boven Gulpen (Lanaye). Er kon niet uitgemaakt worden of de grote verschuiving in de gammalog rond 550 m reëel is of te wijten is aan een artefact in de meting. Van de onderste 20 m is geen gamma log beschikbaar, maar o.b.v. de boorbeschrijving is er het Vaals equivalente deel van Nevele aanwezig. De informatie-inhoud van de boringen Kallo, St.-Niklaas en Hamme is beperkt. De slechte informatie, ook uit kernboring Kallo, is te wijten aan de afwisseling tussen harde silex en zacht krijt wat de kernboor-operatie sterk bemoeilijkt. Kallo blijkt desondanks goed vergelijkbaar met Doel. Voor de aanwezigheid van Maastricht bestaan geen duidelijk aanwijzingen. Indien we echter veronderstellen dat in Doel Maastricht afwezig is, zal dat ook ontbreken voor het meer zuidelijk gelegen Kallo. De gekernde basislagen in grijs mergelig krijt tonen aan dat het Vaals equivalent van Nevele minstens 13 m dik is. Voor Hamme is er op basis van de boorbeschrijving geen betrouwbare opdeling van Gulpen mogelijk. Het Vaals equivalent van Nevele is er afwezig. Voor Dendermonde is de stratigrafische grens tussen Gulpen en Zeven Wegen ingetekend op basis van de ecozonatie van Felder. In de boorgatmeting worden gamma-pieken aangetroffen op -178 m en -179 m die kunnen wijzen op hardgrounds, typisch voor de top van Zeven Wegen. Hieronder volgt een 38 m dik pakket wit krijt van Nevele, met een glauconiethoudende basis (-216 m tot -218 m). In Meise kunnen twee pakketten onderscheiden worden: wit krijt (17 m dik) met zwarte silex dat kan worden gecorreleerd met Gulpen (Zeven Wegen volgens datering in Dendermonde) en een 11 m dik onderliggend meer grijs mergelig krijt dat niet gedateerd is. Dit mergelig krijt bezit een meer beperkte regionale verbreiding dan het bovenliggende Gulpen krijt. Het kan worden geïnterpreteerd als erosierestanten van het Vaals equivalent. Op het profiel zijn de oude codes van Gulinck opgenomen met Cp2 (Vaals) en Cp3 (Gulpen: Beutenaken – Zeven Wegen). In Brussel is de dikte van het Krijt variabel en bestaat voornamelijk uit wit Krijt met zwarte silex die met Zeven Wegen kan gecorreleerd worden, en in bepaalde boringen kan een grijs licht glauconiethoudend krijt (8-tal m voor boring 088W0077) worden aangeboord. Dit kan eveneens gelijkgeschakeld worden met Vaals equivalent, mogelijk met een meer uitgesproken klastische



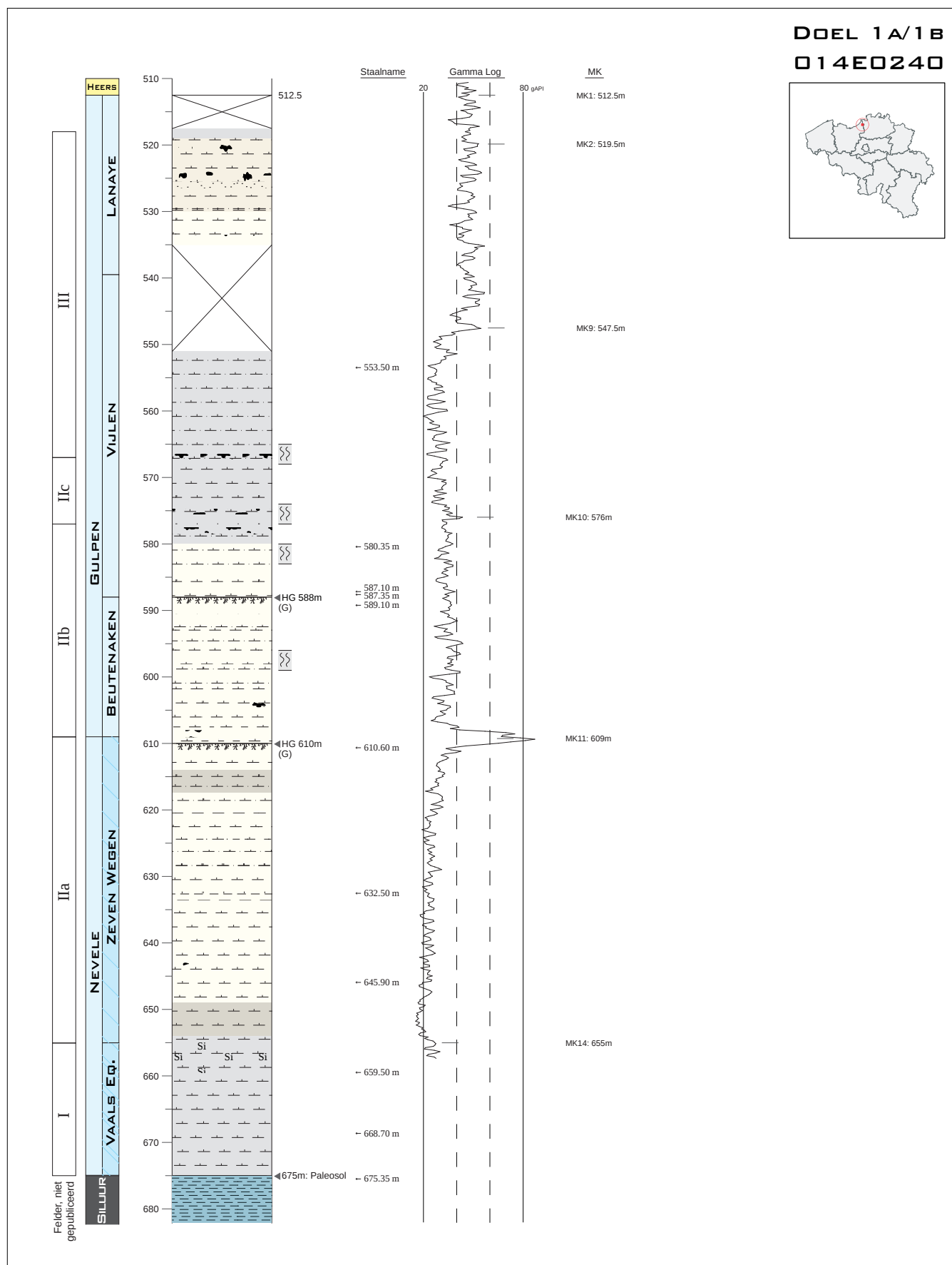
invloed op de basislagen van het Krijt. In 088W0026 wordt slechts 2,5 m krijt beschreven. Maar de basis Krijt is dikwijls moeilijk te onderscheiden van de gedeeltelijk gekaolinitiseerde top van de sokkelgesteenten (zoals arkoses van de Tubize Formatie). In 088W0014 is 7 m wit tot grijs krijt bewaard met een basisgrindje. In 88W09 wordt de sokkel juist aangeboord en is het groenachtig grijze krijt 10 m dik. Tervuren werd toegevoegd om het uitwigen van het Krijt tegen het Brabant massief te illustreren, in dit geval vermoedelijk door de erosiegeul van het Zand van Brussel. Meer westwaarts (vallei van de Zenne) blijft het Krijt afwezig.

Tabel 16: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het profiel Antwerpen – Brussel

BGD No.	KB nr/ locatie	Boor -jaar	X	Y	Z
014E0240	Doel	1998	142240	224444	8
027E0148	Kallo	1965	144824	217846	2
042W0226	St.-Niklaas	1969	136159	204091	26
042W0002	Hamme	1903	133418	198843	5
057W0154	Dendermonde	1990	131588	190855	5
073W0249	Meise	1957	147062	179797	30
088W0071	Brussel	1904	149571	175832	57
088W0026	Brussel	1890	148760	169928	31
088W0014	Brussel	1883	147202	170954	24
088W0009	Brussel	1888	148081	173579	35
102E0276	Tervuren	1969	154171	165831	57

Tabel 17: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de sectie Antwerp - Brussel

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZWeq	Basis VAeq	Basis AK
014E0240	Doel	512,5	675	162,5	N	N	609	655	675	N
027E0148	Kallo	448	592,5	144,5	N	?	?	579	592,5	N
042W00226	St.-Niklaas	317	415	98	N	N	340	404	415	N
042W0002	Hamme	240,8	311	70,2	N	N	255	311	N	N
057W0154	Dendermonde	172,5	218	45,5	N	N	180	218	N	N
057W0154	Meise	151,6	181	29,4	N	N	N	169	181	N
088W0071	Brussel	146,3	173,5	27,2	N	N	N	163	173,5	N
088W0026	Brussel	113	115,5	2,5	N	N	N	115,5	N	N
088W0014	Brussel	79,4	86,5	7,1	N	N	N	86,5	N	N
088W0009	Brussel	84	94	10	N	N	N	94	N	N
102E0276	Tervuren	-	-	-	N	N	N	N	N	N



Figuur 16: Doel: typeboring voor regio Antwerpen

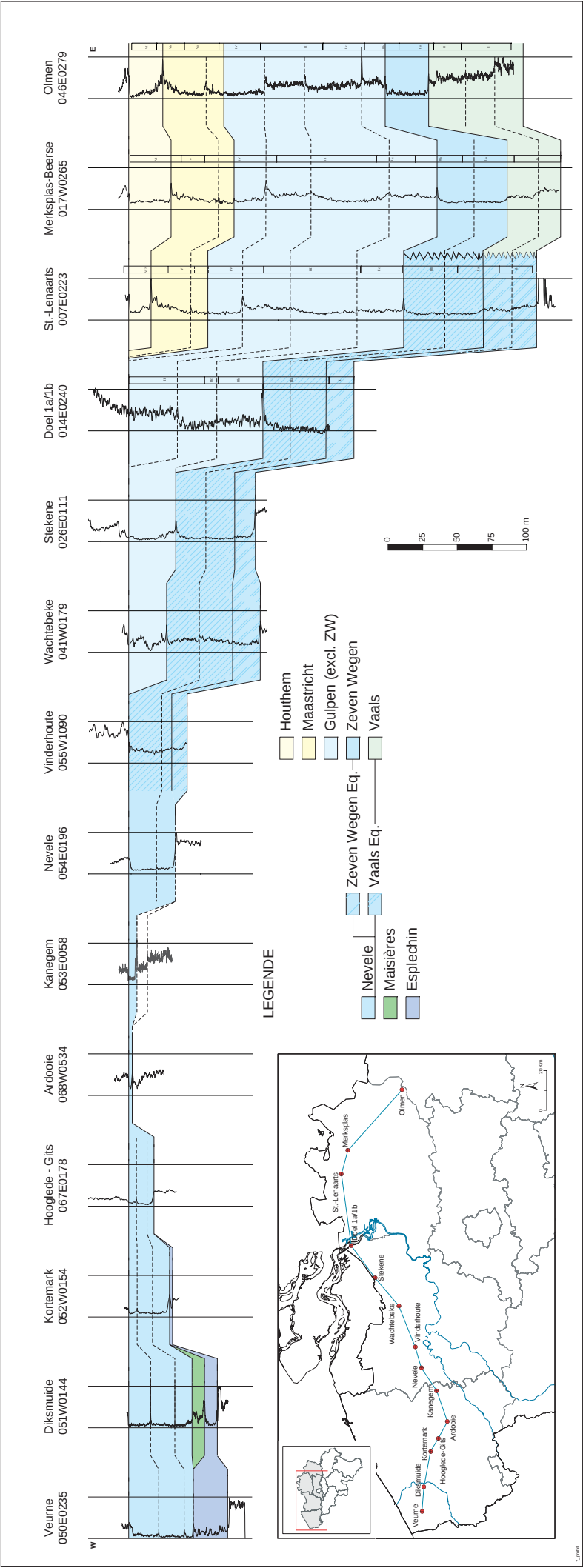
3.8 Profiel 7: van de Kempen tot de Kust

Dit profiel met een lengte van 203 km bevat 14 boringen en loopt van Veurne in het westen van West Vlaanderen tot in Olmen op de grens tussen de provincies Antwerpen en Limburg (Figuur 17). Op dit profiel wordt de aansluiting gemaakt tussen het Krijt ten noorden en ten zuiden van de dorsale as van het Brabant Massief.

Van oost naar west zien we Houthem en Maastricht verdwijnen tussen St.-Lenaarts en Doel. Ook Gulpen neemt sterk af in dikte in westelijke richting door het gestaag verdwijnen van de jongste Leden. Het onderscheid tussen de detritische mergels Vaals en het zuiver schrijfkrijt van Zeven Wegen wordt nog gemaakt tot boring Merksplas. Ter hoogte van St.-Lenaarts wordt de Nevele Formatie geïntroduceerd. Waar eerst nog een onderverdeling kan worden gemaakt tussen Zeven Wegen equivalent en Vaals equivalent, vervaagt deze opdeling in de typeboring Nevele (Figuur 18).

Boringen Kanegem en Ardooie bevinden zich op de dorsale as van het Brabant Massief, zuidoostelijk van deze locaties komt het Krijt niet meer voor. Ter illustratie van de soms moeilijke bepaling van de basis Krijt kan boring Kanegem worden genomen: op de boorgatmeting wordt een pakket tussen 193 m en 201 m herkend met een signatuur die zich tussen het duidelijke Krijt en de sokkel in bevindt. In de beschrijving van de spoelmonsters wordt melding gemaakt van grijze klei met rode coatings, maar geen echte rode gesteenten. Op de subcropkaart van basis Krijt van Legrand (1968) valt Kanegem in de zone die als ‘Primaire rubifié’ wordt beschreven. Bij de constructie van de subcropkaart van de Basis Krijt (Matthijs, in eindfase) blijken in deze zone grote diepte- en dikteverschillen in het Krijt op te treden. Het Krijt in Hooglede-Gits bestaat uit 18,5 m hard wit krijt met op 186 m een verhoogde gammarespons die ook in Kortemark voorkomt.

Vanaf Kortemark kan het pakket Krijt in 2 sequenties opgesplitst worden: de bovenste komt overeen met het klassieke krijt gesteentetype, terwijl de onderste meer transgressieve basislagen omvat (Dusar in Jacobs en De Ceukeaire, 2002). In Kortemark wordt 27 m wit krijtgesteente van Nevele aangetroffen, en een dunne grofkorrelige grijze krijtlaag (2 m dik) aan de basis. Via de ecostratigrafie (Felder, 1994) opgesteld voor Oost en West Vlaanderen kan dit pakket gecorreleerd worden met Esplechin (Hennebert, 1999). In Diksmuide neemt het krijt in dikte toe tot 68 m, waarvan 46 m behoort tot de bovenste krijtsequentie (Nevele); in de tweede sequentie van 22 m kunnen drie formaties onderscheiden worden: 11,5 m glauconiethoudend verkiezeld mergelig krijt van Maisières dat is ingesneden in het onderliggende 7,5 m grofkorrelige bleke, beige kalkareniet van Espechin. Aan de basis komen fijn zand tot silt voor rijk aan plantenresten typisch voor het Weald-facies (Hainaut). Bij boring Veurne (Figuur 19) kan de tweeledige opdeling van het krijt mooi vervolgd worden. Het verkiezeld glauconietkrijt van Maisières is afwezig en de groenig grijze



Figuur 17: Profiel van Kempen tot de kust (PROFIEL 7)

mergelige siltsteen van Esplechin compenseert de dikte. De basislagen bestaan uit bleekgrijze compacte mergelstenen (Esplechin).

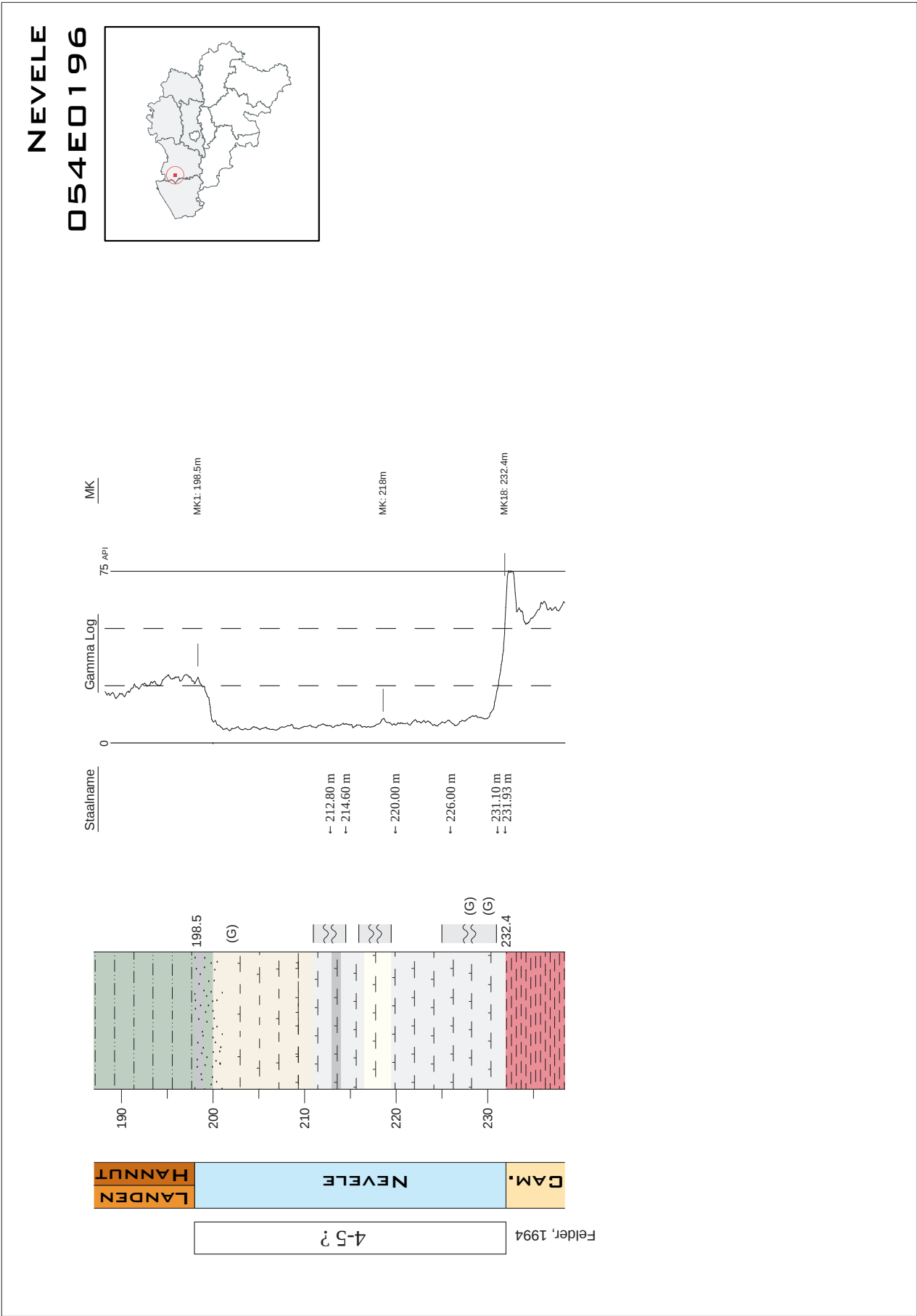
Tabel 18: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het profiel Antwerpse Kempen tot de Kust

BGD No.	Locatie	KS nr/ KB nr	Boor- jaar	X	Y	Z
046E0279	Olmen (Bruultjes)	KS35/KB188	1986	207160	203283	36
017W0265	Merksplas	KB165	1983	181938	225856	30
007E0223	St.-Lenaarts		1990	172063	228544	24
014E0240	Doel		1998	142240	224444	8
026E0111	Stekene		1999	128880	214425	3
041W0179	Wachtebeke		1999	117170	204550	5
055W1090	Vinderhout		1999	100115	197715	5
054E0196	Nevele		1989	91440	195165	10
053E0058	Kanegem		1994	81840	189700	29
068W0534	Ardoeie		1988	69210	183872	21
067E0178	Hooglede- Gits		1985	62023	188126	30
052W0154	Kortemark		1968	56535	191340	7
051W0144	Diskmuide		1985	41855	194180	4
050E0235	Veurne		1999	31682	194938	5

Tabel 19: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de sectie Antwerpse Kempen tot de Kust

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. m	Basis HO	Basis MA	Basis GU (ex.ZW)	Basis ZW/ ZW _{eq}	Basis VA/ VA _{eq}	Basis AK	Basis NE	Basis MA	Basis ES	Basis VG (c-d)	Basis VG (a-b)	Basis HA
046E0279	KS35	485	769	284	509,5	553,5	670	701,5	769	N						
017W0265	Merkspas	693	1005	312	723,5	769	916	966,5	1005	N						
007E0223	St.-Lenaarts	692,5	986,5	294	708,5	749	890,5	948	986,5	N						
014E0240	Doel	512,5	675,5	163	N	N	609	655	675,5	N						
026E0111	Stekene	370	461,5	91,5	N	N	404	446,5	461,5	N						
041W0179	Wachtebeke	241	336	95	N	N	268,5	316	336	N						
055W1090	Vinderhout	210,5	253	42,5	N	N	N	242	253	N	242					
054E0196	Nevele	198	232	34							232	N	N	N	N	N
053E0058	Kanegem	187	193	6							193	N	N	N	N	N
068W0534	Ardoois	144	146,8	2,8							146,8	N	N	N	N	N
067E0178	Hooglede-Gits	180	198,5	18,5							198,5	N	N	N	N	N
052W0154	Kortemark	173	205	32							203	N	205	N	N	N
051W0144	Diskuide	169	237	68							215	226,5	234	N	N	237
050E0235	Veurne	170	240,6	70,6							216	N	240,6	N	N	N

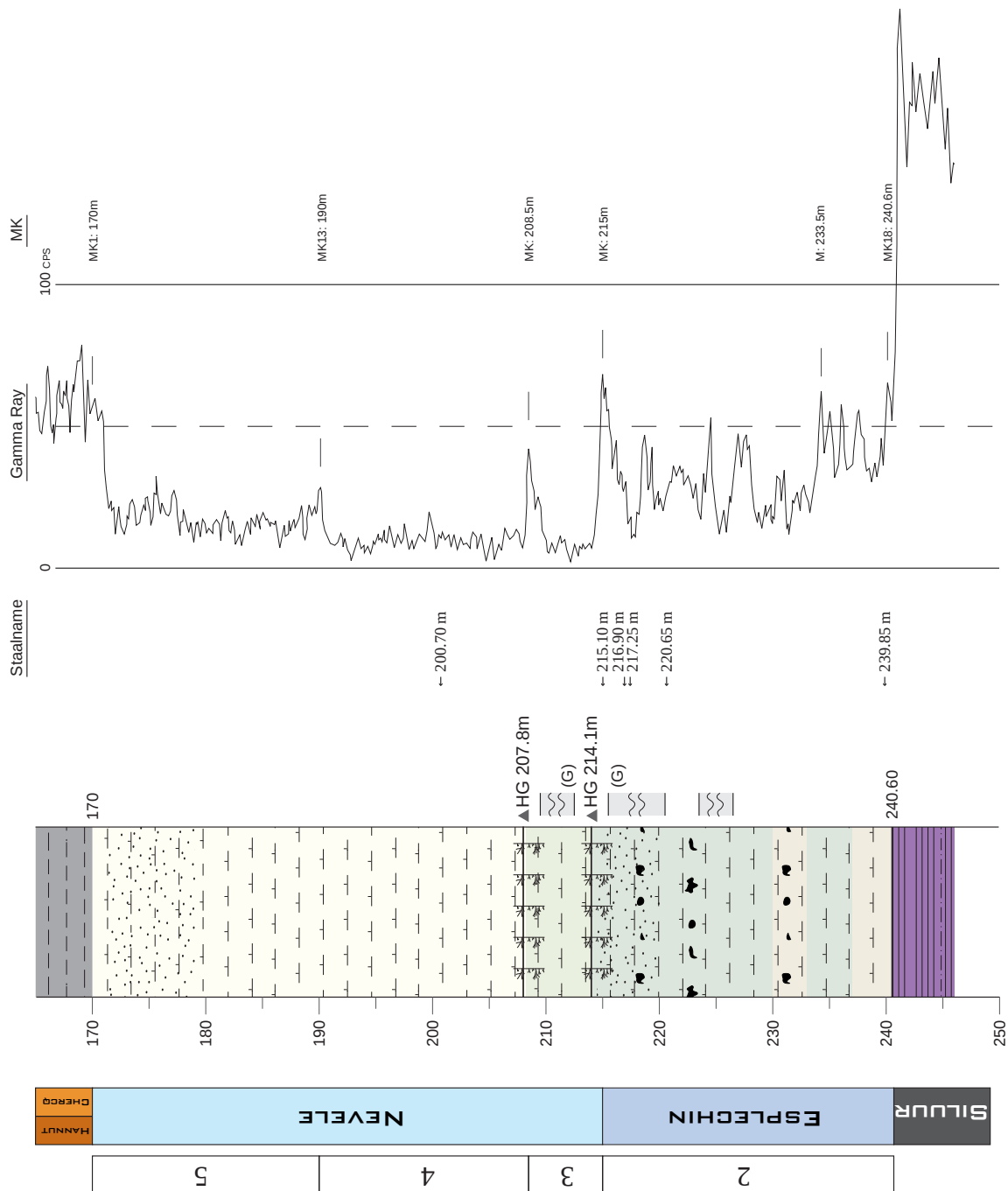
Met: NE= Nevele; MA= Maisières ; ES= Esplechin ; VG= Vert Galand ; HA= Hainaut



Figuur 18: Nevele: typeboring voor de noordflank van het Brabant Massief en de typesectie voor de Formatie van Nevele

VEURNE

050E0235



Figuur 19: Veurne als typeboring voor de zuidflank van het Brabant Massief

3.9 Profiel 8: door zuiden van West-Vlaanderen tot Henegouwen

Het noord-zuid profiel van het zuiden van West-Vlaanderen (Hooglede-Gits) tot Henegouwen (Pecq) is 40 km lang en bestaat uit 5 boringen (Figuur 20). In Hooglede-Gits bestaat de sequentie uit 18,5 m hard wit krijt. Op basis van de boorgatmeting kan Nevele verder opgedeeld worden in ecozones 5, 4 en 3. Bij deze kartering worden de onderscheiden pakketten met de lithostratigrafische onderverdeling van de Waalse kartering (Hennebert en Doremus, 1999) gecorreleerd. Te St.-Eloois Winkel en Gullegem werden met behulp van de boorgatmetingen in het Krijt drie Formaties onderscheiden: wit krijt van Nevele, grijze grofkorrelige krijtachtige mergel van Esplechin en grijze harde mergels of grijswit mergelig krijt van Boven Vert Galand. In Bellegem ligt onder Nevele bleekgroen fijn mergelig glauconiethoudend zand van Maisières, dat Esplechin schijnt te eroderen. Pecq (in Henegouwen) wordt volgens de summiere lithologische beschrijving gecombineerd met de geofysische gammalog als volgt geïnterpreteerd: bleek mergelig krijt van Nevele; bleekgrijze mergel van Esplechin en groengrijze kalkarme klei van Onder Vert Galand. Aan de basis krijt worden karstholtes in de verkarste Tournaisiaan (Onder Carboon) kalksteen beschreven die opgevuld zijn met het “weald facies”(diverse lithologie: o.a. zwarte sapropel klei, grijs zand).

Tabel 20: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het profiel van zuid West-Vlaanderen tot Henegouwen

BGD No.	Boor- jaar	Gemeente	X	Y	Z
067E0178	1985	Hooglede-Gits	62023	188126	30
083W0471	1985	St Eloois Winkel	66975	174328	26
083W0472	1984	Gullegem	68796	170806	18
097E0865	1984	Bellegem	74550	161443	28
111E0634	1992	Pecq	76775	152325	20

Tabel 21: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de sectie West-Vlaanderen - Henegouwen

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr. (m)	Basis NE	Basis MA	Basis ES	Basis VG (c-d)	Basis VG (a-b)	Basis VG	Basis HA
067E0178	Hooglede-Gits	180	198,5	18,5	198,5	N	N	N	N	N	N
083W0471	St Eloois Winkel	151	172,5	21,5	161,5	N	166,5	172,5			N
083W0472	Gullegem	142	158	16	147	0	153	158			N
097E0865	Bellegem	99	119	20	106	116	N	119			N
111E0634	Pecq	35	48	13	42	N	44,5	N	48		N



Figuur 20: Profiel van Hoogde-Gits tot Pecq (PROFIEL 8)

3.10 Profiel 9: van oost naar west door het zuiden van West-Vlaanderen

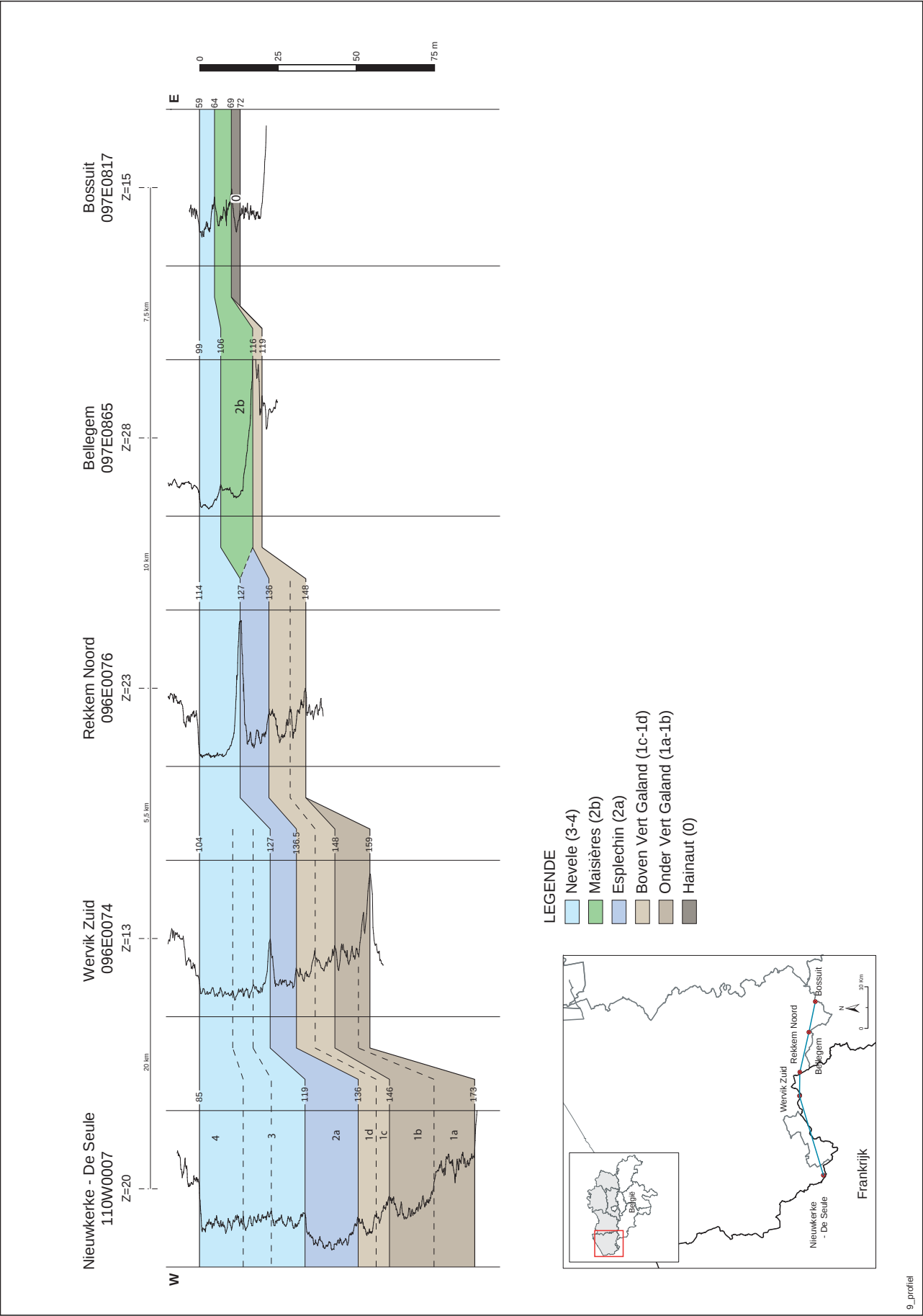
Dit oost-west profiel van Nieuwkerke tot Bossuit is 43 km en bevat 5 boringen (Figuur 21). Het pakket Krijtgesteenten kan ook hier opgesplitst worden in 2 sequenties, waarvan de bovenste overeenkomt met het klassieke krijtgesteente, terwijl de onderste sequentie meer heterogene transgressieve basislagen omvat (Dusar in Jacobs en De Ceukelaire, 2002). In Nieuwkerke is het krijt nog 90 m dik en naar het oosten, in de richting van de dorsale as van het Brabant massief neemt het krijt af tot een 13 m in Bossuit. Voor Nieuwkerke is er een gedetailleerde stratigrafische onderverdeling gemaakt op basis van lithologische beschrijving en ecozones (Felder, 1994) door Dusar in Jacobs et al., 2001 (Figuur 22). Bovenaan bevindt zich een wit krijtpakket dat op basis van de ecostratigrafie van Felder (1994) nog verder opgedeeld kan worden (Nevele en Esplechin), maar waar lithologisch geen duidelijke verschillen kunnen herkend worden. Vanaf 133 m wordt de bleekgrijze siltige mergel tot Boven Vert Galand (trad. benaming 'Fortes Toises') gerekend. Wanneer de mergel groen kleurt rond 146 m wijst dit op Onder Vert Galand (traditionele benaming Dièves). Via de gammalog kunnen de Formaties vervolgd worden naar Wervik, ze nemen alle in dikte af. Ook naar Rekkem kan de correlatie duidelijk gemaakt worden. Onder Vert Galand wigt uit en bovenaan neemt Nevele sterk in dikte af. In Bellegem ligt onder Nevele een bleekgroen fijn mergelig glauconiethoudend zand van Maisières, dat Esplechin schijnt te eroderen. Onderaan wordt nog een pakketje Onder Vert Galand geïdentificeerd. Naar Bossuit kunnen Nevele en Maisère vervolgd worden en onderaan wordt het 'Weald facies' herkend.

Tabel 22: Administratieve data en coördaten van de boringen in het profiel Nieuwkerke - Bossuit

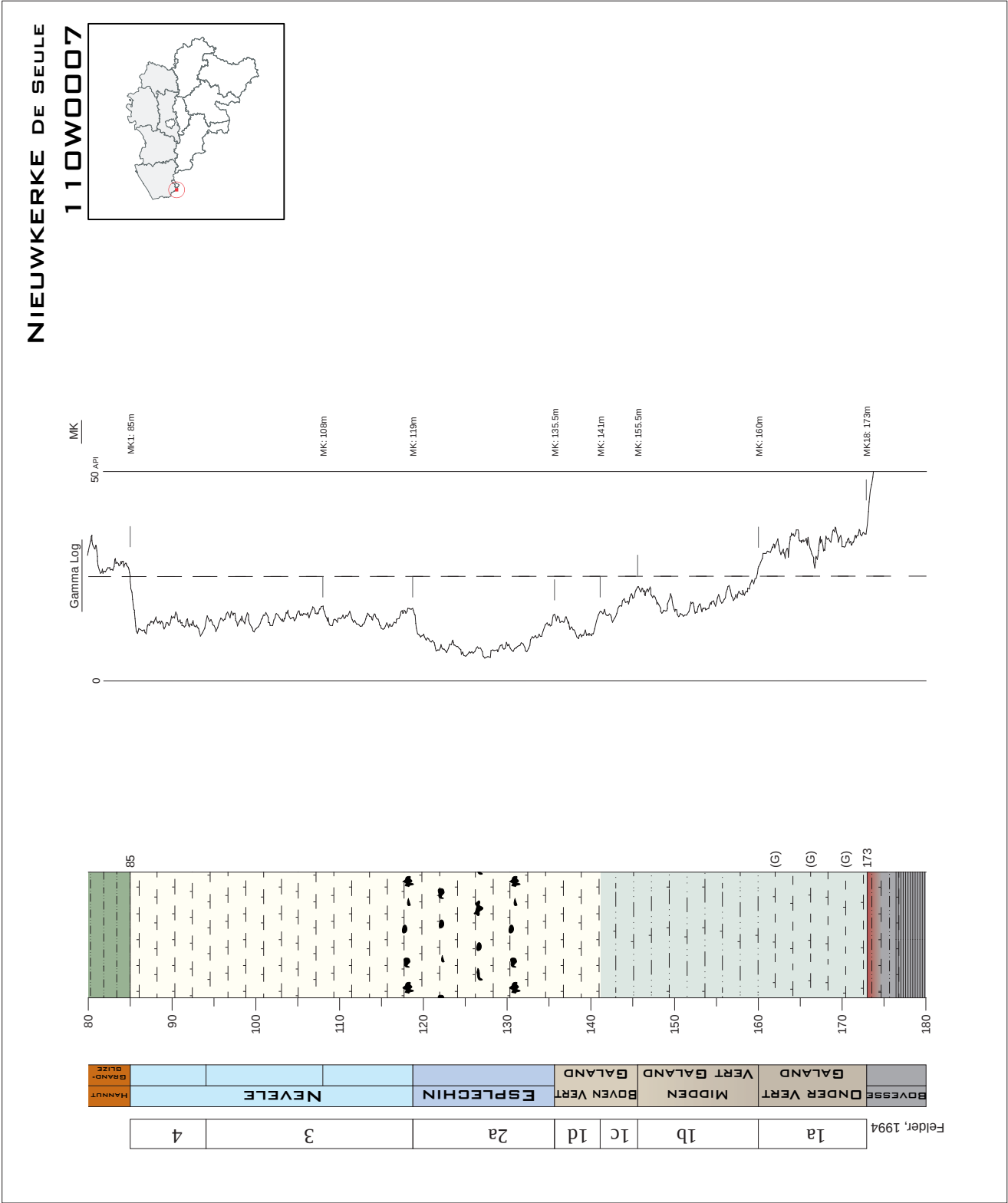
BGD No.	Boor- jaar	Gemeente	Locatie	X	Y	Z
110W0007	1984	Nieuwkerke	De Seule	40278	157985	20
096E0074	1985	Wervik	Zuid	59295	163695	13
096E0076	1985	Rekkem	Noord	64951	163649	23
097E0865	1984	Bellegem		74550	161443	28
097E0817	1982	Bossuit		81849	159910	15

Tabel 23: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de sectie zuid West-Vlaanderen

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr.	Basis NE	Basis MA	Basis ES	Basis VG (c-d)	Basis VG (a-b)	Basis HA
110W0007	Nieuwkerke - De Seule	85	173	88	119	N	135,5	145,5	173	N
096E0074	Wervik Zuid	104	158	54	127	N	135,5	148	159	N
096E0076	Rekkem Noord	114	148	34	127	N	136	148	N	N
097E0865	Bellegem	99	119	20	106	119	N	N	N	N
097E0817	Bossuit	59	72	13	64	69,5	N	N	N	72



Figuur 21: Profiel van Nieuwkerke tot Bossuit (PROFIEL 9)



3.11 Profiel 10: van noordoost naar zuidwest langs de Kust

Het 60 km lange profiel loopt parallel aan de kust van Veurne tot Knokke (Figuur 23). Top Krijt verdiept er van 170 m in Veurne tot -310 in Knokke, de dikte resp. van 70 m naar 120 m. (Dusar in Jacobs et al., 2002). Voor dit profiel kan het Krijt worden opgedeeld in 2 sequenties van ongelijke dikte: bovenaan een wit krijtpakket dat bijna de volledige sequentie uitmaakt en een onderste sequentie onderscheidt zich door de aanwezigheid van glauconiet.

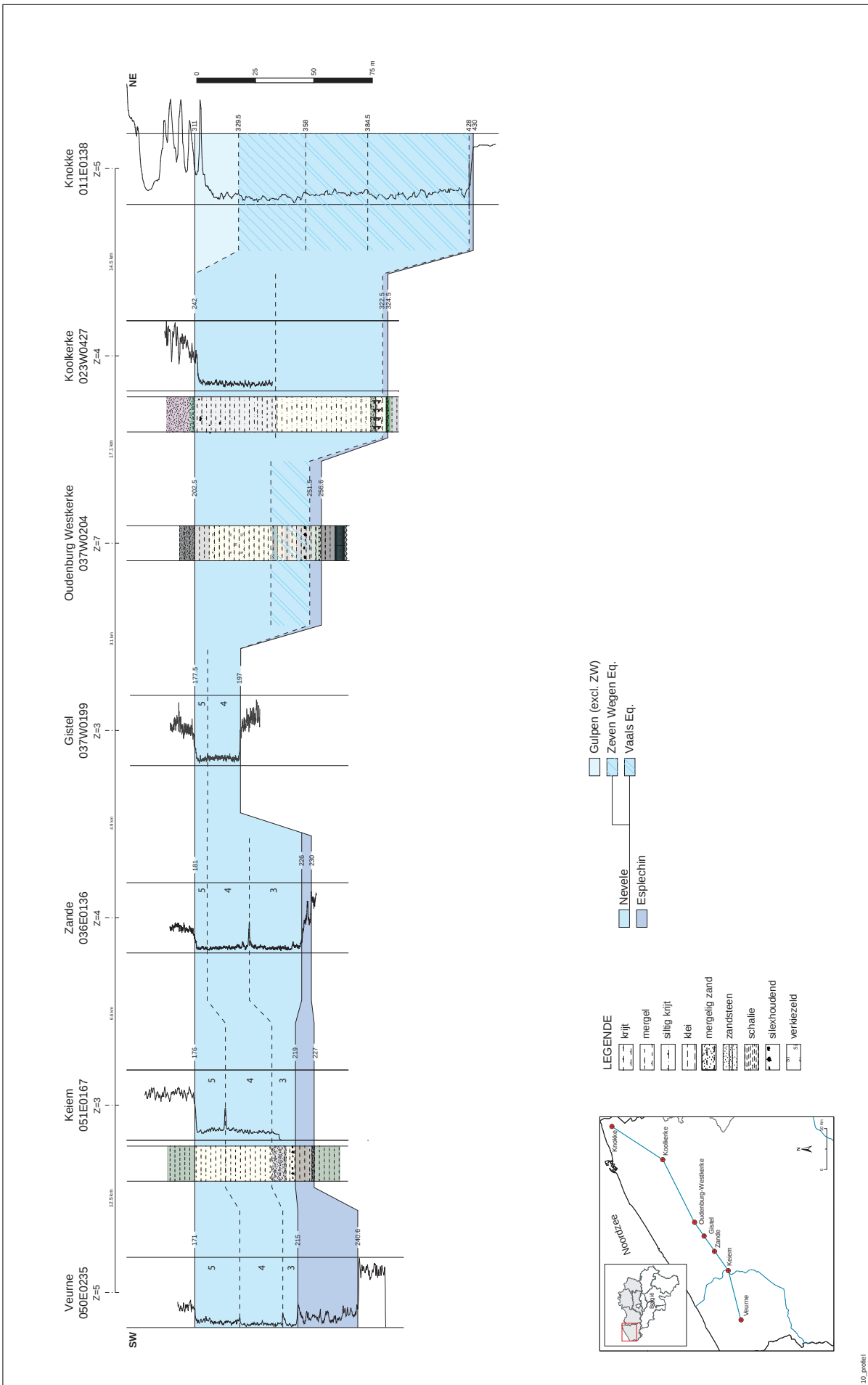
Voor Knokke (Laga & Vandenberghe, 1990) is de bovenste sequentie een zeer monotoon wit fjnsiltig krijt dat naar onder toe harder wordt en deels is verkiezeld. In de onderste meters neemt het glauconietgehalte toe. De grens met de tweede sequentie wordt gevormd door een hardground. In de bovenste sequentie wordt een licht verhoogde gamma-interval afgebakend tussen 357,5 m en 384 m. De ondergrens kan geïnterpreerd worden als interne grens in de Nevele Formatie, mogelijk te correleren met grens Zeven Wegen equivalent en Vaals equivalent. Onder deze krijtlaag bevindt zich een pakket van enkele meters dik bestaande uit mergellenzen met fosfaatkeitjes en aan de basis een gecementeerd glauconiethoudend zand met een conglomeraat van herwerkt sokkelmateriaal (Laat Santoon ouderdom komt overeen met Aken in het oosten). Koolkerke sluit goed aan bij Knokke. De onderste sequentie is glauconiethoudende mergel met donkere lithoklasten. In Oudenburg-Westkerke kan in de eerste krijtsequentie (Nevele) een grens herkend worden rond 235 m tussen wit siltig krijt bovenaan en meer grijswit tot grijsgroen verhard krijt (mogelijk bovengrens Vaals equivalent in Nevele). Het al of niet aanwezig zijn van een tweede sequentie (Esplechin) is niet duidelijk op te maken uit de kernbeschrijving. Vanaf 251,5 m wordt het sediment als zandiger en grijs beschreven, de overgang is echter geleidelijk en niet als een scherpe grens te trekken. De boring Gistel bevindt zich op de dorsale as van het Brabant Massief waardoor de dikte gereduceerd is tot 20 m. In Felder (2001) worden Ecozones 5 en 4 (tot aan basis) herkend. Hier is de tweede sequentie dus afwezig. In Zande neemt het Krijt weer toe in dikte wat wijst op het overschrijden van de as van het Brabant massief. Onder (-226 m) de bleekkleurige krijtsequentie worden de grijze glauconiethoudende mergels van Esplechin beschreven. In Keiem (Diskmuide) kan het mergelig grijs wit siltig krijt van Nevele mooi vervolgd worden. De grens met Esplechin wordt gelegd tussen hard wit silteus krijt en bleek grijs gespikkeld fijnzandig krijt (glauconiethoudend). De basis wordt duidelijk herkend: basisgrind met steeds grotere keien in groen-paars sokkelmateriaal. In Veurne-Steenkerke (maakt reeds deel uit van profiel 7) kan de tweeledige opdeling van het krijt mooi vervolgd worden. De groenig grijze mergelige siltsteen van Esplechin kan goed onderscheiden worden van het bovenliggende bleke, witte krijt, door een hardground.

Tabel 24: Administratieve data en coördinaten van de boringen in het Kustprofiel

BGD No.	Locatie	Boor- jaar	X	Y	Z
011E0138	Knokke	1980	78776	226370	5
023W0427	Koolkerke	1999	70717	214113	4
037W0204	Oudenburg- Westkerke	1998	55548	206294	7
037W0199	Gistel	1985	52976	204805	3
036E0136	Zande (Koeklare)	1985	48627	202442	4
051E0167	Keiem (Diksmuide)	1999	43720	198080	3
050E0235	Veurne	1999	31682	194938	5

Tabel 25: Overzicht van de gekarteerde eenheden (Formaties en Leden) in het Krijt voor boringen in de Kustsectie

BGD No.	Locatie	Top Kr. (mbs)	Basis Kr. (mbs)	Dikte Kr.	Dikte GU (excl. ZW)	Basis NE		Basis NE	Basis MA	Basis ES	Basis VG (c-d)	Basis VG (a-b)	Basis HA
						ZW eq	VA eq						
011E0138	Knokke	311	432	121	329,5	358	428	428	N	430	N	N	N
023W0427	Koolkerke	242	324,5	82,5	N				N	324,5	N	N	N
037W0204	Oudenburg-Westkerke	202,5	256,6	54,1	N				N	256,6	N	N	N
037W0199	Gistel	177,5	197	19,5	N				N	N	N	N	N
036E0136	Zande	181	230	49	N				N	230	N	N	N
051E0167	Keiem (Diksmuide)	176	227	51	N				N	224,5	N	N	227
050E0235	Veurne	170,5	240,58	70,08	N				N	240,6	N	N	N



Figuur 23: Het kustprofiel (PROFIEL 10)

4 MICROFACIES-ANALYSE

In het kader van de kartering van het Krijt werd een selectie gemaakt van boorkernen, aangevuld met monsters genomen op terrein, waaruit stalen werden geselecteerd voor verdere microscopische analyse. Teneinde de verschillende facies van elkaar te kunnen onderscheiden en intern binnen elke lithostratigrafische eenheid mogelijke laterale faciesverschillen te detecteren, werden van elke lithostratigrafische eenheid een aantal representatieve stalen genomen. In totaal werden zo 79 slijpplaatjes microscopisch onderzocht (overzicht in Appendices).

Van alle geselecteerde stalen werden hoge-kwaliteitslijpplaatjes aangemaakt waarbij vacuüm impregnatie met een fluorescerend hars werd toegepast. Deze preparatietechniek laat toe om de macroporositeit automatisch te meten via beeldanalysetechnieken. De resultaten van dit onderzoek zijn opgelijst in Figuur 29.

Gezien de onmogelijkheid om een systematische staalname (bank per bank) in de geselecteerde boringen uit te voeren en het beperkte karakter (tijd en middelen) van het microscopische onderzoek binnen de deeltaak “Kartering van het Krijtfacies”, mogen de resultaten van dit onderzoek niet als definitief beschouwd worden. Het is eerder de bedoeling om bepaalde trends binnen de subcrop Krijtafzettingen van Vlaanderen te identificeren en argumenten te vinden om de weerhouden facies lithologisch (lithostratigrafisch) van elkaar te onderscheiden.

4.1 Staalname

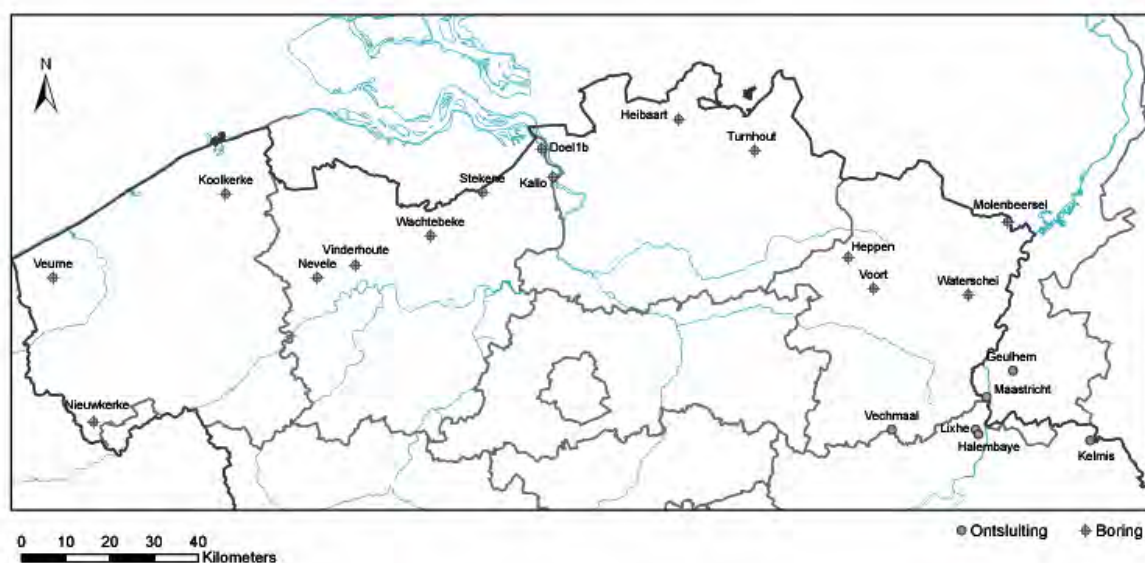
Figuur 24 toont de locatie van de bemonsterde locaties waaronder kernboringen en ontsluitingen.

Tabel 26 geeft vervolgens een overzicht van de bemonsteringspunten met hun respectievelijke coördinaten en voor de gekerde boringen, het bemonsterde diepte-interval.

4.2 Microfacies

4.2.1 Faciesmodellen

Een faciesmodel is een veralgemeende samenvatting van een bepaald afzettingssysteem (Walker, 1992). De eerste faciesmodellen voor carbonaatgesteenten waren “concept modellen” die het ruimtelijke verbreidingspatroon van gesteentetypes en biota weergeven en die meestal worden voorgesteld langsheen een kust-bekken profiel.



Figuur 24: Liggingkaart met bemonsterde boringen en ontsluitingen

Tabel 26: Overzicht van de bemonsterde locaties

Boring Ontsl.	Locatie	Archiefnr BGD		coördinaten			Diepte boring	Top Kr	Basis Kr
				X	Y	Z			
B	Doel	14E0240	Doel 1 a&b	142240	224444	7,6	688	512,5	675,5
B	Heibaart		DZH33 / KB221	173307	231111	23			
B	Kallo	27E0148		144824	217846	2	622	448	592,5
B	Koolkerke	23W427		70717	214113	4	334,6	242	324,53
B	Waterschei	63E0222	KS22	238821	191259	90,5	1236	328	577
B	Heppen	047W0268	KS42	211676	199549	46	1304	452	703
B	Molenbeersel	49W0226	KB198	247660	207752	33,2	1773	1223	1283
B	Nevele	54E0196		91440	195165	10	273,2	198,5	232,4
B	Nieuwerkerke-Noordhoek	95W153		40880	162250	32	224	117	218
B	Stekene	26E0111		128880	214425	3	505,8	370	462,5
B	Turnhout	17E0225	KB120	190573	223829	29	2706	704	1002
B	Veurne	50E0235		31682	194938	4,74	252	170,5	240,58
B	Vinderhoute	55W1090		100115	197715	5	265,8	210,5	253
B	Voort	62W0205	KB79	217403	192704	53	1133	353	602
B	Wachtebeke	41W0179		117170	204550	5	383,25	241	336,2
O	Geulhem (NL)	62A-13*	Ankerpoort Curfs	249000	174000				
O	Kelmis	109E0016	Käskorb zandgroeve	266500	158000				
O	Lixhe	107E129	naast ingang CBR groeve	240500	160500				
O	Lixhe (CBR)	107E129	CBR krijtgroeve	240500	160500				
O	Maastricht (NL)	61F-19*	ENCI krijtgroeve	243000	168000				
O	Vechmaal	106E0813	Hinnisdael II mergelgroeve	221536	160476	99,3			

* NITG ontsluitingsnummer
uit Felder en Bosch, 2000

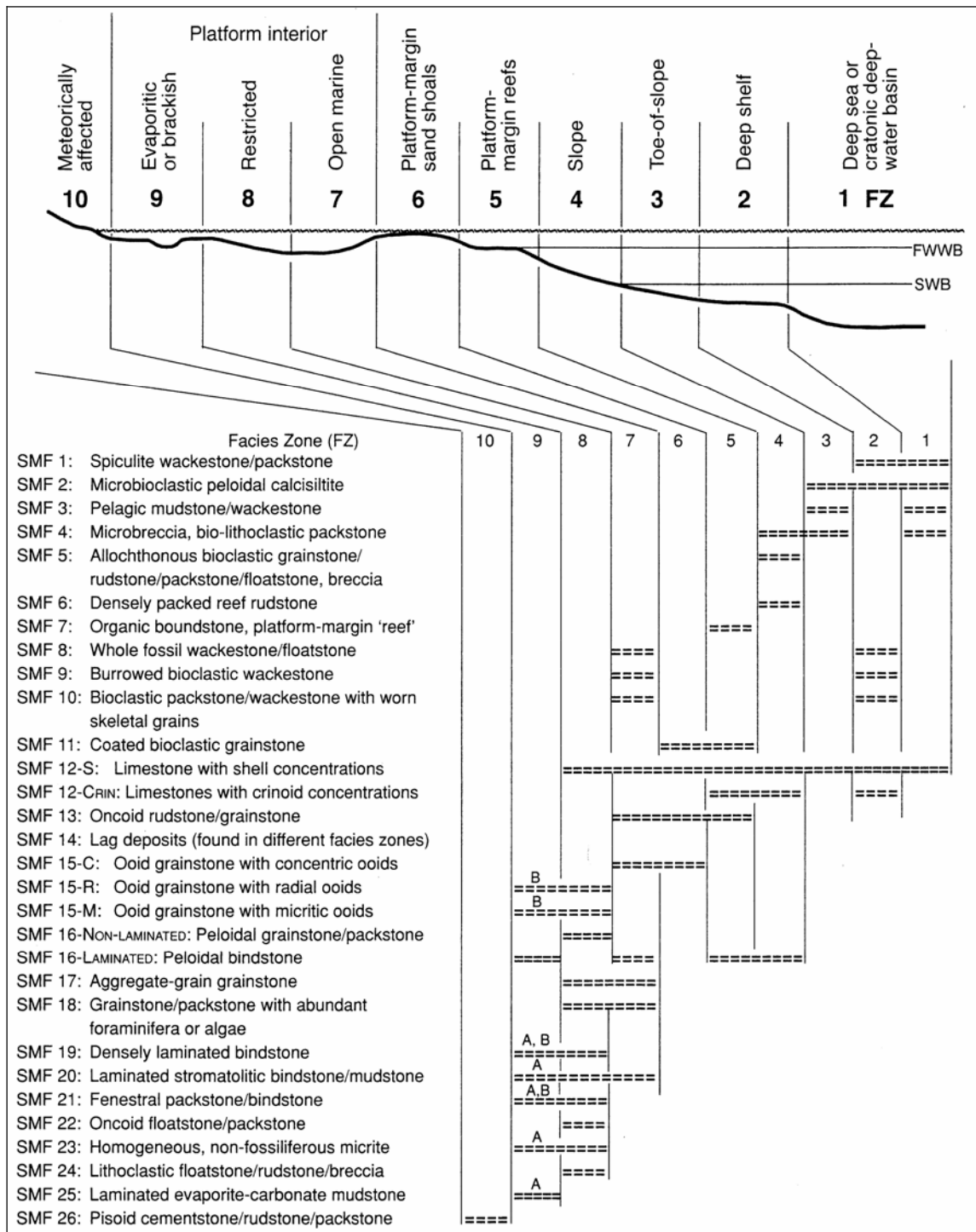
Wilson (1975) stelde op basis van de typische opeenvolging van microfacies een Standaard Facies Model op die “Standaard Facies Zones” beschrijft voor een afgezoomd (“rimmed”) tropische carbonaat platform langs een sterk gegeneraliseerd kust-bekken profiel.

Dit Wilson-model had een grote impact op litho- en biofacies interpretatie van carbonaatgesteenten en ook op het gebruik van microfaciestypes als indicators van facieszones en afzettingssomstandigheden. Dit leidde tot het invoeren van een set “Standaard Microfacies Types” (SMF) die tot doel hadden microfaciestypes in afzettingssmilieugebonden categorieën onder te brengen (Figuur 25). Het afgezoomde platform concept kon echter niet altijd toegepast worden op diverse Paleozoïsche en Mesozoïsche platformcarbonaten. Daarom stelde Ahr (1973) een nieuw type van carbonaatplatform voor, het z.g. carbonaat “ramp” model (hellend vlak). Dit model vat de facies-distributie samen van een zwak afhellend oppervlak van de kust naar dieper water zonder een morfologische knik aan de platformrand.

“Ramps” zijn carbonaatplatformen met een (zeer) zachte helling (gemiddeld 1°), waarbij ondiep-water en door golven geteisterde sedimenten van de kustnabije zones geleidelijk overgaan in laag-energetische diep-water afzettingen (Read, 1985). Deze overgang gebeurt in principe zonder een sterk opvallende knik in de helling. Ramps verschillen van rif-afgezoomde platforms door de afwezigheid van een continue rifgordel op de platformrand, door de aanwezigheid van hoog-energetische zandige afzettingen nabij de kustlijn (en niet aan de platformrand), en door de afwezigheid van ondiep water klasten in de breccieuze diep-water afzettingen (uiteraard indien deze aanwezig zijn).

Dit ramp model kan voor deze Krijtfaciesstudie allicht een beter alternatief zijn dan de tot hier toe gebruikte klassieke platformmodellen. Reden hiervoor is de afwezigheid van een geprononceerde platformrand, zonder markante rifgordel en rifbouwende biota. Rudisten en de hiermee opgebouwde rifachtige constructies zijn niet gekend uit het Krijt van België.

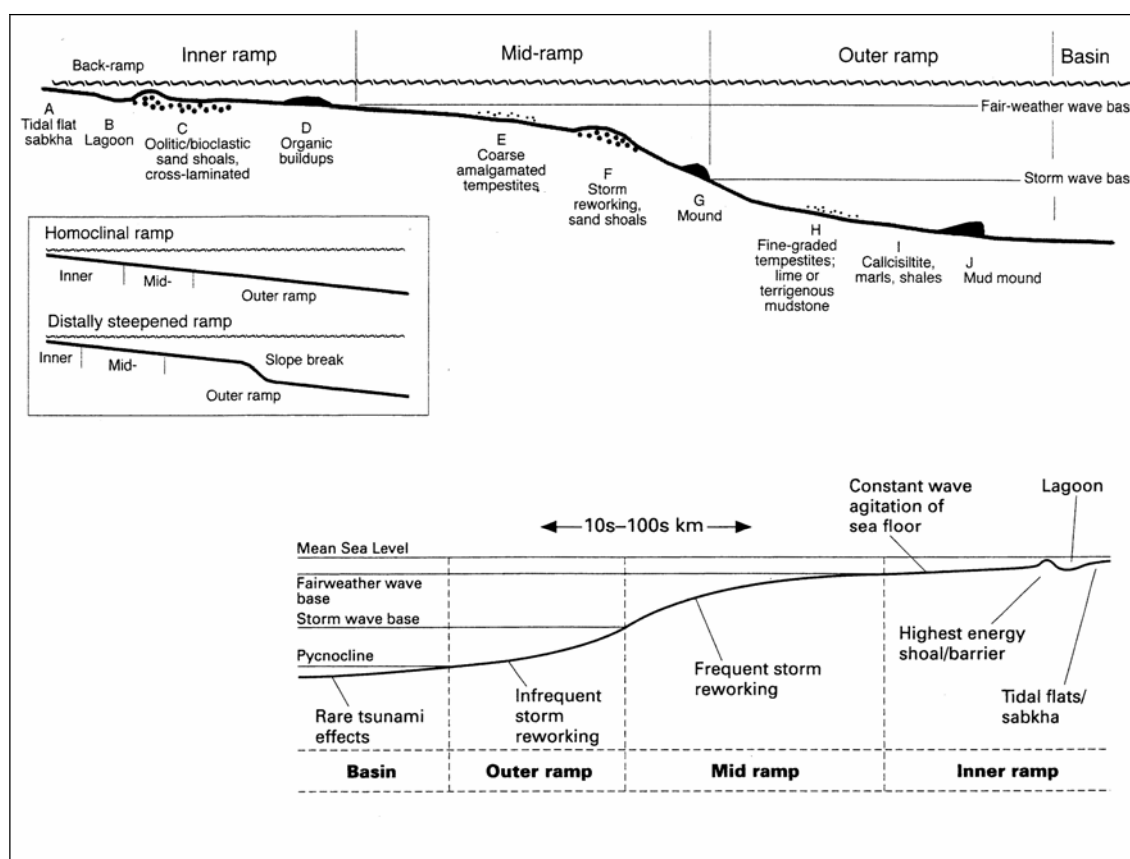
Read (1985) maakte een onderverdeling in z.g. homoclinale ramps (met geleidelijke verdieping) en distaal verdiepte ramps (met hellingsknik in het lengteprofiel). Het onderscheid tussen beide is evenwel problematisch, zolang er geen échte helling of puinkegelachtige afzettingen bekend zijn. De meeste classificatiesystemen uit de literatuur gebruiken de z.g. “fair weather wave base” (FWWB) en de stormgolfbasis (“storm wave base”) (SWB) als belangrijkste fysische parameters om de ramp afzettingssmilieus op te delen. Burchette en Wright (1982) herkennen 4 submilieus in het ramp systeem (Figuur 26; overgenomen uit Reading, chapter 9, p. 1992 en Flügel, 2000, fig.14.3):



Figuur 25: Verspreiding van standaard microfacies types (SMF) in de facies zones (FZ) van het afgezoomde ("rimmed") platform model. Praktisch alle facies zones worden gekarakteriseerd door een assemblage van verschillende SMF-types (Flügel, 2004)

- o *Inner ramp gebied*: zone gelegen boven de FWWB, opgebouwd uit zandige banken (shoals) bestaande uit oölitische of bioklastische zanden, organische barrières en shoreface

afzettingen. De bioklastische componenten zelf kunnen diverse banken, barrières, back-barrier of shoreface-lichamen opbouwen die snel lateraal kunnen migreren en prograderen. De zanden bestaan uit oöiden of uit diverse skeletfragmenten, voornamelijk foraminiferen, kalkwieren, of mollusken. Peloiden kunnen lokaal talrijk voorkomen. Stormen dragen bij tot de ontwikkeling van uitgestrekte dun gebankte zandlichamen (“sheets”) en zandstranden die lateraal kunnen overgaan in duinen. Offshore stormvloed transporteren shoreface zanden naar de diepere outer ramp milieus. Organische constructies bestaan voornamelijk uit biostromale banken en uit kleine patch reefs, die gekarakteriseerd worden door een lage-diversiteit aan ondiep-water organismen. De meest frequente kalksteentypes zijn grainstones en packstones.



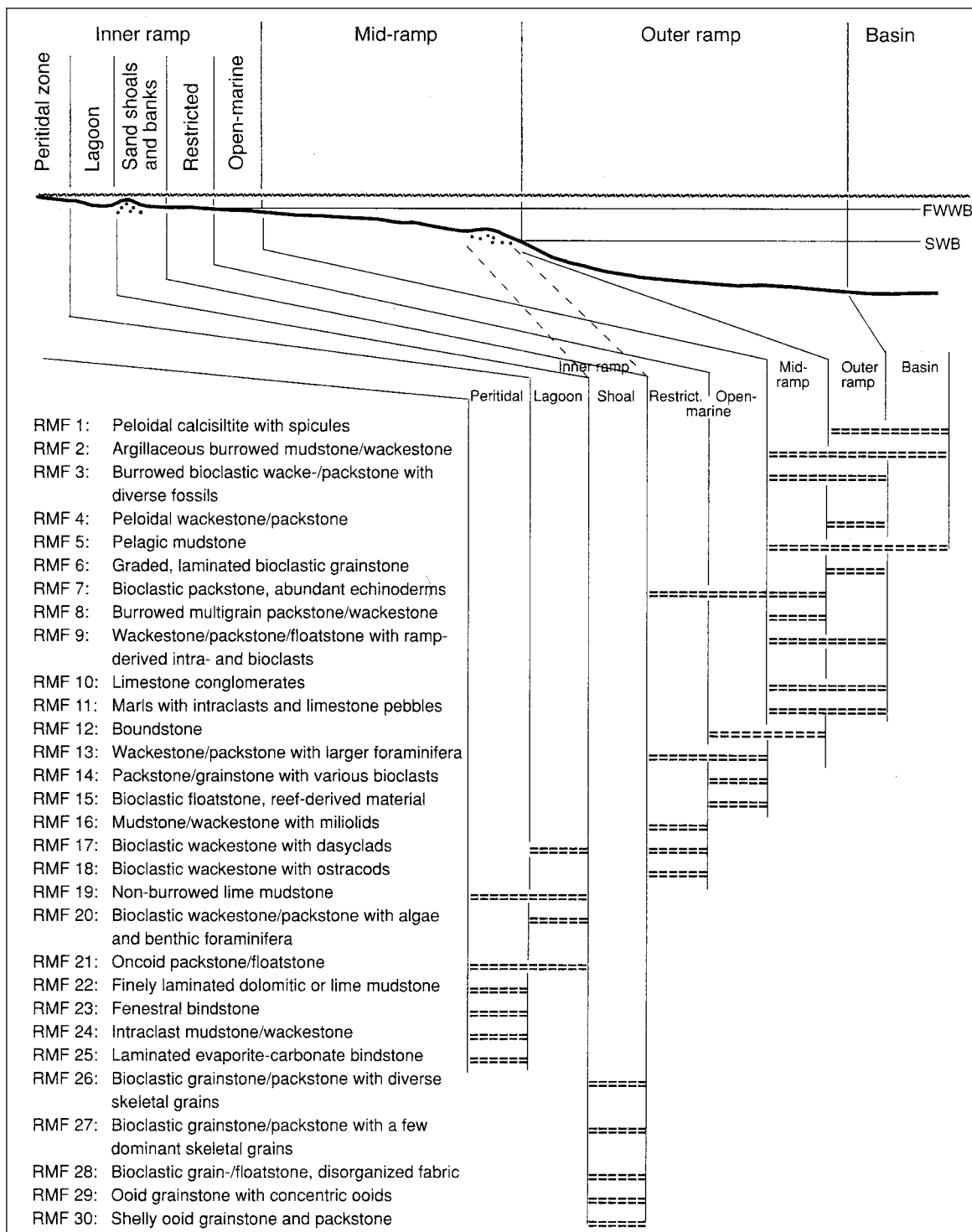
Figuur 26: Carbonaat ramp model, Bovenaan: schema gemodificeerd naar Burchette & Wright (1992) in Flügel (2004). Onderaan: schema met de voornaamste subzones van een carbonaat ramp, naar Burchette & Wright, in: Wright & Burchette (Shallow-water carbonate environments, in Reading, 1996)

- o *Mid-ramp gebied*: zone gelegen tussen FFWB en SWB, die sterk beïnvloed wordt door stormgolfwerking. De water diepte kan tot enkele tientallen meters bedragen. De bodemsedimenten worden frequent herwerkt door stormgolven. Intraclasten en breccies

komen hier frequent voor, naast gegradeerde afzettingen (packstones en grainstones), hummocky gekruiste gelaagdheid en tempestieten. Dikke oölitische en/of bioklastische zandbanken zijn vrij algemeen. De bioklasten vertonen tevens invloed van transport. Tijdens normale weersomstandigheden (fair weather) worden fijnkorrelige sedimenten gevormd door suspensie-uitval (terrigen of carbonaatmodder). Deze sedimenten worden gekarakteriseerd door gebioturbeerde sedimenten van terrigen of kalkmodder die mudstones en mergels vormen. Veel van dit fijnkorrelig sediment wordt getransporteerd naar de outer ramp gebieden.

- o *Outer ramp gebied*: dit is de zone gelegen onder de normale stormgolfbasis (SWB) en strekt zich uit tot aan het bekken. Waterdiepten variëren hier van enkele tientallen meters tot verschillende honderden meters. Dit gebied wordt gekarakteriseerd door laag-energetische allochtone en autochtone carbonaten en een hemipelagische sedimentatie. Zeldzame gegradeerde distale stormafzettingen kunnen voorkomen. Karakteristieke lithofaciestypes zijn gebankte fijnkorrelige kalkstenen (mudstones en wackestones) geassocieerd met mergel en kleisteen. Een calcisiltiet-matrix is vrij karakteristiek. Faunas bestaan uit een gevarieerd spectrum aan normale mariene benthos, meestal geassocieerd met plancton en nekton. Benthische organismen bestaan uit foraminiferen, sponzen, bryozoa, brachiopoden, mollusken en echinodermen. Algen kunnen vertegenwoordigd zijn door roodwieren. Bioturbaties zijn algemeen.
- o *Bekken*: de meest distale zone. Het type van sediment is functie van de natuur van het bekken (o.a. kiezelrijk of kalksteen) geen grofkorrelige stormafzettingen.

Ondanks het feit dat ondiep-water rifbouwers zeldzaam zijn op ramps, kunnen geïsoleerde biologische constructies vrij frequent voorkomen (Burchette & Wright, 1992). In de inner ramp zone zijn dit biostromen en patch reefs, in de mid ramp omgeving zijn het pinnacle reefs en mounds en in de outer ramp omgeving mud mounds.



Figuur 27: Sterk veralgemeend schema met de verspreiding van microfacies types in de verschillende zones van een homoclinale carbonaat ramp. Dit is geen standaard model en de ramp microfacies types hebben niet hetzelfde statuut als de SMF. De figuur toont het voorkomen van bepaalde microfacies types die frequent beschreven zijn in studies van Paleozoische en Mesozoische carbonaat ramps (uit Flügel, 2004)

4.2.2 Ecologische & sedimentologische criteria

Ter ondersteuning van reconstructies van het afzettingsmilieu worden diverse paleo-ecologische criteria gehanteerd. Hieronder wordt een selectie opgesteld van karakteristieke paleo-ecologische criteria die voor de Krijtafzettingen in Vlaanderen van toepassing zouden kunnen zijn.

Indicatief voor (zeer) ondiep mariene (en/of relatief kustnabije) condities zijn bijvoorbeeld:

- Intensief gemicritiseerde bioklasten
- Aanwezigheid van visbeenderen en –tanden (fosfaat)
- Peloiden
- Kleine benthische foraminiferen zoals Miliolidae (met karakteristieke porseleinachtige textuur van de kalkschaal)
- Microcoprolieten, zoals Favreina (toegeschreven aan krabben)

Indicatief voor ondiep mariene rifachtige constructies (biostromen) of milieus zijn o.a.

- Bindstones van roodwieren en geagglutineerde benthische foraminiferen

Indicatief voor open mariene afzettingsmilieus (inclusief upper slope afzettingen) zijn:

- Grote benthische foraminiferen zoals Orbitoides, Lepidorbitoides en Siderolites
- Prismatisch schelpengruis wordt toegeschreven aan Inoceramus-achtige bivalven (Pelecypoden).

Indicatief voor relatief diepe mariene (hemi-pelagisch tot pelagische) afzettingsmilieus zijn bijvoorbeeld:

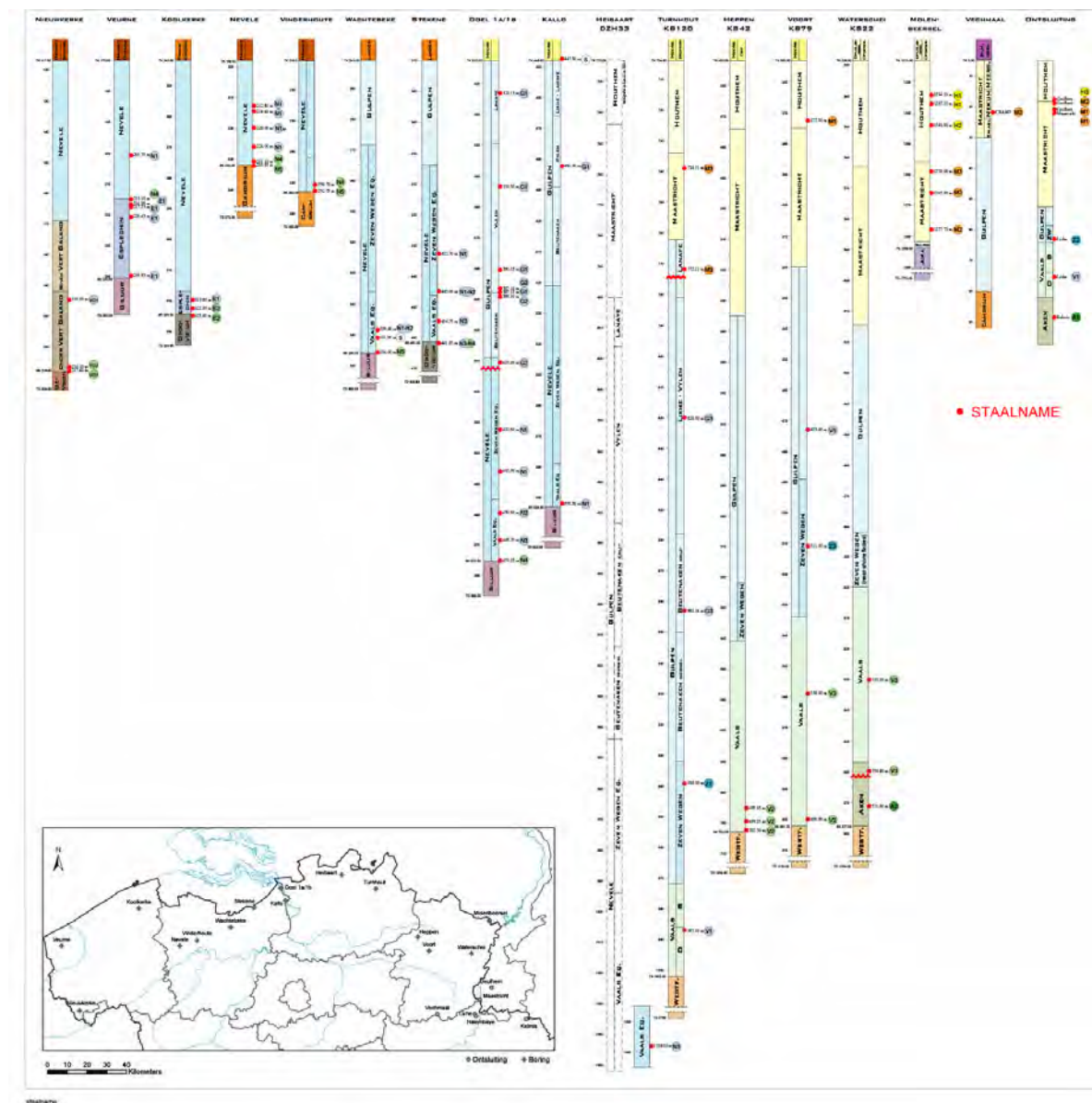
- Planktonische calcisferen (in feite cysten van planktonische algen – zg. Calcidinoflagellaten) zoals Pithonella
- Planktonische foraminiferen zoals Globigerina, Globotruncana en Globorotalia

Het voorkomen van belangrijke concentraties van detritisch materiaal (silt-zand) wijst op de relatieve nabijheid van (vermeende) kustgebieden of levergebieden (= allicht ook te wijten aan de reactivatie van breukzones, zoals de slenkbreuken).

Het voorkomen van belangrijke concentraties aan glauconiet (meestal ook van gefosfateerde intraklasten) anderzijds wijst dan weer op gecondenseerde niveaus en/of het begin van transgressieve events (z.g. transgressive system tracts) waarschijnlijk aan de basis van of kort gelegen bij sequence boundaries. Deze glauconietrijke facies bevatten meestal ook gemineraliseerde (gefosfatiseerde en gepyritiseerde) intraklasten gerevanieerd uit onderliggende niveaus (hardgrounds?).

4.2.3 Microfacies types en microfacies zones in het Krijt van de subcrop van Vlaanderen

Figuur 28 toont de exacte stratigrafische locatie van de geselecteerde stalen in de onderzochte boringen. Tabel 27 geeft een overzicht van de onderscheiden microfaciestypes per lithostratigrafische eenheid. Van elk microfaciestype werden ook enkele representatieve microfotografische opnamen gemaakt die terug te vinden zijn in de Appendices. Deze bijlage bevat ook nog enkele microscopische opnamen van facies-specifieke componenten (o.a. karakteristieke fossielen)



Figuur 28: Lithostratigrafische voorstelling van de boringen en ontsluitingen met aanduiding van de staalname. De letter-getal combinatie verwijst naar het microfaciestype (zie tekst).

Tabel 27: Overzicht van onderscheiden microfaciestypes

Formatie van Houthem

uF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
H1	Bioklastische Grainstone tot Boundstone	Grofkorrelig, Rhodophycea, Bryozoa, Echiniden, peloiden, Gecementeerd - niet gecementeerd	Molenbeersel	1234,1 1237,1
H2	Bioklastische Packstone tot Grainstone	Afgeronde en gemicritiseerde bioklasten en intraclasten (gemicritiseerde Rhodophycea). Miliolinids.	Molenbeersel	1243,9
H3	Bioklastische Grainstone	Echinodermen, benthische foraminiferen, Bryozoa	Geulhem	Ontsluiting

Formatie van Maastricht

uF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
M1	Bioklastische Grain- tot Rudstone (floatstone)	Rhodophycea, Bryozoa, Echinoiden, grote forams (Orbitoids) Gecementeerd - niet gecementeerd	Geulhem Maastricht Voort	Ontsluiting Ontsluiting 373,5
M2	Bioklastische Packstone	Silteus Gecementeerd	Geulhem Molenbeersel Molenbeersel	Ontsluiting 1265,9 1277,7
M3	Bioklastische Grainstone	Peloiden-houdend	Molenbeersel Turnhout Turnhout Vechmaal	1259 739,3 772,2 Ontsluiting

Formatie van Gulpen (excl. ZW)

uF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
G1	Bioklastische Mud- tot Wackestone	gelamineerd, planktonische foraminiferen. Pelecypoden	Kallo Doel 1a&b	482,3 523,15 553,5 580,35
G2	Mud- tot Wackestone	Spiculitisch. Foraminiferen	Doel1b Doel1b Doel1b	587,1 587,35 589,1
G3	Packstone	Glaucinitisch, zandig, bioklastisch	Voort Turnhout Turnhout	473 820 883

Lid van Zeven Wegen

uF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
Z1 =G1	Bioklastische Mud- tot Wackestone	gelamineerd, Foraminiferen	Turnhout	939
Z2	Wackestone	Glaucioniethoudend, silteus, bioklastisch	Lixhe	Ontsluiting
Z3 ~G3	Packstone	grofkorrelig glaucioniethoudend, zandig, fosfaathoudend, bioklastisch	Voort	511

Formatie van Vaals

μF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
V1 =G1	Mudstone tot wackestone	Bioklastisch Licht silteus	Turnhout Lixhe	987 Ontsluitng
V2	Zand tot zandsteen	Glaconiethoudend Kalkrijk (cement)	KS42 Voort	695,3, 699,55 702,1, 702,85 600
V3	Packstone tot zandsteen	gelamineerd, silteus Glaconiethoudend	KS22 Voort	530 559,8 559

Formatie van Aken

μF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
A1	Fijn zand	Pure kwarts	Käskorb	Ontsluiting
A2	Siltig zand	gelamineerd/gestraticuleerd ("vuil zand")	KS22	571,3

Formatie van Nevele

μF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
N1 =G1	Bioklastische Mud- tot Wackestone	gelamineerd, planktonische foraminiferen	Kallo Doel1b Stekene Wachtebeke Nevele Veurne	590,5 (Veq) 632,5; 645,9 445 328,4 212,8; 214,6; 226 200,7,
N1sp	Bioklastische Mud- tot Wackestone	Planktonische forams + Relatief grote en diverse fossielen (o.a. Bryozoa)	Nevele	220
N2 =G2	Mud- tot Wackestone	Spiculitisch	Doel1b Stekene	587,15; 587,35; 610,6 589,1; 432
N3	Bioklastische Mud- tot Wackestone	Prismatische elementen (Pelecypoden)	Doel 1b Stekene DZH33	659,5 (Veq) 668,7 (Veq) 454,75 (Veq) 461,85 1158
N4	Bioklastische Mud- tot Wackestone	Glaconiethoudend. Planktonische & bentische forams	Nevele Doel 1b Vinderhoute	231,15 675,4 250,7
N5	Pack tot zandsteen	Grote lithoklasten Glaconiethoudend	Nevele Wachtebeke Vinderhoute	231,98 336,12 252,75

Formatie van Esplechin

uF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
E1 ~N3, N4	Bioklastische Wackestone	Licht silteus, glauconiethoudend, Prismatische elementen (Pelecypoden.)	Veurne Koolkerke	216,95 217,3 220,65 239,85 319
E2 ~N4	Bioklastische (Mud)-Wacke tot Packstone	Grote glauconieten & lithoclasten	Koolkerke	322,6 325

Formatie van Vert Galand

uF	Gesteentebeschrijving/classificatie		Boring/ontsluiting	Diepte (in m)
VG1 ~N1	Bioklastische Wackestone	Kleine Forams + planktonische Calcisferen Grote Pelecypoden	Nieuwkerke	193.9
VG2 ~N4	Bioklastische (Mud)-Wacke to Packstone	Grote glauconietkorrels & lithoclasten	Nieuwkerke	216.1 217.6

Tabel 28: Overzicht van verschillende microfacies in tabelvorm

H	M	G	7W	V	N	ES	VG	Gesteente classificatie	Beschrijving
H1	M1							Grainstone/Rudstone/Floatstone	Rhodophycea Bryozoa
H2	M2							Packstone	
H3	M3							Grainstone	
		G1	Z1	V1	N1		VG1	Mud- to Wackestone	gelamineerd Foraminifera
		G2			N2			Mud- to Wackestone	Spiculitisch
			Z2					Wackestone	Glauconiet- houdend, siltig
		G3	Z3					Packstone	glauconiethoudend zandig
					N3	E1		Mud- to Wackestone	Prismatische elementen (Pelecypoden)
					N4	E2	VG2	Mud- to Wackestone	Glauconiet
					N5			Pack- to Sandstone	Glauconiet grote lithoclasten

In een eerste poging om de ideale laterale verspreiding van de diverse facies van de lithologische eenheden te illustreren en om de paleo-bathymetrische en paleo-geografische evolutie van de Krijt-

afzettingen grafisch voor te stellen, werden de diverse microfaciestypes geplot op het standaard microfacies model van Wilson (Figuur 25). Dezelfde oefening werd vervolgens ook gedaan met het rampmodel, waarbij gebruik werd gemaakt van het schema met de ideale verspreiding van SMF types en FZ-zones (Figuur 26).

Deze interpretaties zijn echter voorlopig en zeker voor correctie vatbaar, gezien de discontinue bemonstering van de gekernde boringen en de beperkte representativiteit van de stalen. Voor een gedetailleerde faciesreconstructie is een systematische bemonstering aangewezen en continue series van slijpplaatjes (systematische verticale bemonstering van boring). Wanneer het Wilson-model (afgezoomd of “rimmed” platform model) wordt gebruikt, zouden de volgende afzettingmilieus (Facies Zones) tentatief kunnen toegewezen worden aan de respectievelijke Krijtformaties. Formaties met analoge facies zones zijn samengevoegd.

Als ondiep mariene afzettingen

- Houthem Fm: platformrand rif
- Maastricht Fm: open marien platform

Als relatief diep mariene afzettingen

- Nevele Fm + Esplechin Fm + Vert Galand Fm: diepe shelfrand / bekkenrand / hellingsvoet
- Gulpen Fm + top Vaals Fm: open zee shelf of diepe shelf
- ZevenWegen (W): open zee shelf / diepe shelf
- Zeven Wegen (E): continentale helling

Het probleem van deze paleogeografische reconstructie is het feit dat er geen échte geometrische (evolutie van dikteontwikkeling) noch sedimentologische aanwijzingen zijn (debris flows, breccies) voor het bestaan van een continentaal hellingsfacies en dat het bestaan van een platformrand met rifontwikkeling sterk in vraag kan worden gesteld (uitblijven van echte rifbouwers tijdens het Krijt; rudisten zijn trouwens ook niet gekend in het Krijt van Vlaanderen en het aanpalende Nederlands Limburg). Dit kan te wijten zijn aan sterke zeespiegelschommelingen en niet aan een geleidelijke verdieping of tilting van het sedimentatiebekken.

Indien het rampmodel wordt toegepast en we de microfacies karakteristieken zouden plotten op het schema van Flügel, dan kunnen we de volgende afzettingmilieus (Facies Zones) toewijzen aan de hier onderscheiden carbonaatrijke formaties:

Als ondiep mariene afzettingmilieus, boven de stormgolfbasis

- Houthem Fm: Open-marien inner ramp
- Maastricht Fm: Mid-ramp shoals

Als relatief diep mariene afzettingen onder de stormgolfbasis

- Nevele Fm: Outer ramp
- Gulpen Fm: Outer ramp tot Bekkenfacies
- Zeven Wegen: Outer ramp tot Bekkenfacies

4.2.4 Macroporositeit

De geanalyseerde preparaten van de geselecteerde monsters zijn met fluorescerend epoxy geïmpregneerde slijplaatjes, waardoor de capillaire porositeit en de macroporositeit goed wordt geaccentueerd. Met behulp van een digitale camera worden microscopische opnamen gemaakt waarbij digitale beeldverwerking toelaat de met geel geïmpregneerde holten (dit zijn de poriën gelijk aan of groter dan 1 micron) automatisch te meten en statistisch te verwerken. Uit 20 beelden, verdeeld over het gehele microscopische preparaat, werd telkens een gemiddelde, minimale, maximale en standaarddeviatie waarde berekend. De aldus bekomen macroporositeit waarden worden grafisch voorgesteld in Figuur 29.

Opvallend zijn de hoger macroporositeitswaarden voor de ondiep water carbonaten uit de Houthem en Maastricht Formaties, in vergelijking met de lage waarden voor de diep water carbonaten uit de oudere Formaties. De hoogste maximale porositeit (carbonaatgesteenten) werd gemeten in de kalkarenieten van de Formatie van Maastricht (ca. 45%). De laagste in de Gulpen en Nevele Formaties (< 5%).

De zeer hoge waarden gemeten in de Zanden van Aken zijn te wijten aan de stapeling van zandkorrels eigen aan een los of niet-geconsolideerd sediment (en de afwezigheid van een cementfase), nagebootst tijdens de preparatie van het slijplaatje (zandkorrels ingebed in epoxyhars).

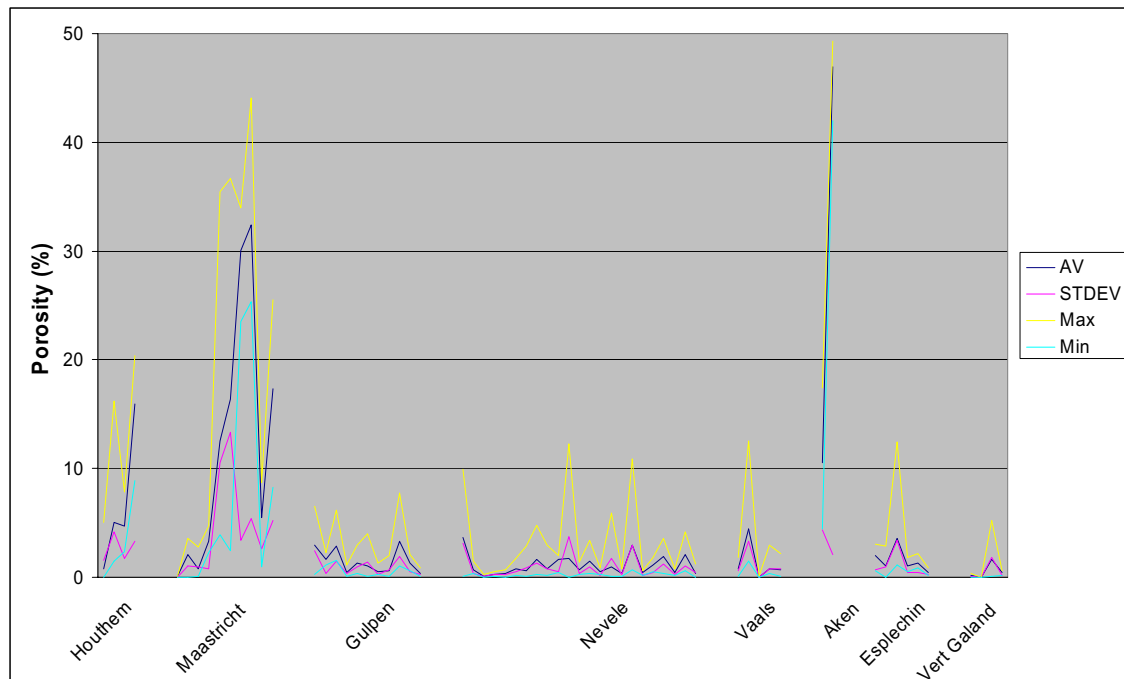
De gemeten macroporositeit omvat zowel intergranulaire als intragranulaire poriën. De intragranulaire poriën zijn meestal toe te schrijven aan holten in bioklasten (o.a. open zeefstructuur van echinodermen; open kamertjes van foraminiferen en bryozoa). De intergranulaire porositeit is het belangrijkste (intragranulaire porositeit is hier eerder ondergeschikt) in de relatief grofkorrelige bioklastische grainstones (uitzonderlijk ook rudstones) en packstones van de jongste Krijtformaties. Interne verschillen in macroporositeit zijn hier toe te schrijven aan verschillen in de graad van cementatie (diagenese) en in korrelgrootte (energetisch niveau).

De intragranulaire porositeit wordt veel belangrijker in de bioklastische wackestones en mudstones van de oudere lithostratigrafische eenheden. Met name de niet met cement of sediment opgevulde kamertjes van foraminiferen en coccolieten zijn hiervoor allicht verantwoordelijk.

De fijnkorreligste gesteenten zijn de krijtachtige zachte kalkstenen uit de formaties van Gulpen en Nevele en hun oudere facies uit de Formaties van Esplechin en Vert Galand. Deze hebben allen een relatief lage macroporositeit maar bezitten anderzijds ook nog een zeer belangrijke (weliswaar niet gemeten) capillaire porositeit (inter- en intragranulaire porositeit van het coccolietengruis) die verantwoordelijk is voor het feit dat het gesteente hygroscopisch is (plakt aan de tong).

Ter vergelijking vermelden we hier de resultaten van gedetailleerde porositeitsmetingen uitgevoerd op slijpplaatjes van 7 Krijtstalen uit de boring 105^E0476 (Kortman-Intradal) bij Sint-Truiden (Dreesen; intern VITO-rapport, 1998). Het spectrum van de optisch gemeten waarden (via automatische beeldanalyse) laat duidelijk toe 3 petrografische klassen te onderscheiden, die respectievelijk overeenkomen met Maastrichts korrelkrijt (Maastricht Fm), verkiezeld korrelkrijt (Maastricht Fm) en fijnkorrelig krijt (Gulpen Fm). Van dezelfde stalen werden ook door Core Laboratories Aberdeen heliumporosimetrische metingen uitgevoerd. De hoogste waarden werden bekomen voor het Maastrichts korrelkrijt (bioklastische grainstone) met gemiddelde macroporositeitswaarden van meer dan 20%. Heliumporosimetrie geeft hier waarden tot 49,2 %. Het fijnkorrelige Gulpener krijt (bioklastische mudstone met planktonische foraminiferen) waarin talrijke opgeloste sponsnaalden (mouldic porosity) voorkomen, haalt gemiddelde macroporositeitswaarden rond de 10%. Heliumporosimetrisch geeft dit waarden tot 45%. Het verkiezeld korrelkrijt tenslotte scoort het laagst (door partiële of volledige opvulling van de porositeit) met waarden rond de 2%. In de literatuur worden vergelijkbare kwantitatieve data gevonden voor de porositeit van het Turoon tufkrijt ("la craie tuffeau") van het Bekken van Parijs (Dessandier et al., 1997). De macro- en microporositeit werd hier met kwikporosimetrie gemeten, de infraporositeit aan de hand van stikstofadsorptie-desorptie isothermen. De gemiddelde waarden voor de macro-, micro- en infraporositeit bedragen hier achtereenvolgens: 22%, 17% en 9%. Algemeen wordt aangenomen dat de macroporositeit overeenstemt met poriën waarvan de diameter groter is dan 1 μ . Dit komt voor het Turoon tufkrijt overeen met 56% van het totale volume dat door kwik wordt ingenomen gedurende de kwikporosimetrische proef (de intergranulaire holten tussen de microscopisch zichtbare korrels). De microporositeit zou overeenkomen met de poriën waarvan de diameter schommelt tussen 0.1 en 1 μ (dit zijn de intergranulaire holten tussen de micrietische partikeltjes). De infraporositeit tenslotte komt overeen met de poriën waarvan de diameter schommelt tussen 1 en 25 nanometer (dit is de z.g. "interleaf" porositeit van kleimineralen en de microrugositeiten van micrietisch calciet). Indien de gevonden maximale waarden van onze optisch gemeten macroporositeit worden omgerekend naar de

totale potentiële porositeit (rekening houdend met de verdeling van de types van porositeiten in het Franse Turoon tufkrijt, waarbij de macroporositeit ca. 65% uitmaakt van de totale porositeit) dan komen we aan omgerekende maximale waarden voor het korrelkrijt van va. 45% die goed aansluiten met die van de heliumporosimetriscie metingen. Omdat de microporositeit belangrijker wordt in de meer fijnkorrelige krijtfacies, is de hier voorgestelde omrekening sterk afhankelijk van het microfaciestype en is deze enkel relatief betrouwbaar voor de grofkorrelige microfacies.



Figuur 29: grafische voorstelling van de resultaten van de automatische metingen (via beeldanalyse) van de macroporositeit op slijpplaatjes van de onderzochte stalen in de respectievelijke formaties. Met AV= gemiddelde, STDEV= standaarddeviatie, Max = aximale waarde, Min = minimale waarde

4.2.5 Sedimentologische gegevens uit de literatuur

Paleobathymetrie

Gedetailleerde sedimentologische-paleoecologische studies van Krijtafzettingen in Noord-België en Zuid-Nederland zijn zeldzaam.

Algemeen wordt aangenomen dat de uitgestrekte krijtafzettingen, gevormd op de cratonische shelfarealen van NW-Europa, afgezet werden in waterdiepten van 50m tot maximaal enkele honderden m (Stow et al., 1996). Krijt is een zeer fijnkorrelige micritische kalksteen die hoofdzakelijk bestaat uit nannofossielen (coccolieten en rhabdoliëten) naast planktonische forams en calcisferen. De sedimentatie gebeurde zeer waarschijnlijk als faecale pellets uitgestoten door kleine

crustaceeën en/of pelagische tunicaten. De macrofauna bestaat uit een pelagische fauna van ammonieten en belemnieten en een benthische fauna van crinoiden, echiniden, bivalven, sponzen, brachiopoden en bryozoa. Ichnofossielen zijn talrijk met *Thalassinoides* die frequent voorkomen in ondiep-water krijt maar afwezig zijn in diep-water krijt. In dit laatste facies komen eerder *Chondrites* en *Zoophycos* graafgangen voor.

Bless et al. (1993) beschouwen het pre-Valkenburg facies in de boring van Molenbeersel, als zijnde afgezet in een ondiepe subtidale omgeving, in de nabijheid van de kust, gelegen boven de golfbasis. Het Kunrader facies wordt door dezelfde auteurs beschouwd als subtidaal, gelegen boven de stormgolfbasis (ondiepe kustnabije shelf met diepten tot maximaal 40m). De Houthem formatie tenslotte zou een ondiepe subtidale tot intertidale kustnabije afzetting vertegenwoordigen met water diepten tussen 10- en 40 m (gebaseerd op paleocologische criteria van o.a. ostracoden, foraminiferen, roodwieren en rifachtige roodwier-boundstones).

Volgens Zijlstra (1994) werden de Maastrichtiaan krijtafzettingen gevormd in een subtropische, ondiepe epicontinentale zee met ongekende diepten. Voor de hemi-pelagische krijtfacies neemt de auteur een afzettingsmilieu aan van een relatief diepe zee gelegen onder de stormgolfbasis en onder de fotische zone. Dit laatste wordt echter tegengesproken door de aanwezigheid van licht-afhankelijke benthische organismen waaronder koralen.

Het krijt uit de Gulpen Fm (Lid van Lanaye) bestaat uit een 97% zuivere coccolithhoudende bioklastische silteuze packstone, homogeen gebioturbeerd met geïnterstratificeerde lagen vuursteenknollen die elkaar opvolgen in intervallen van 0,5 tot 1.5 m. De auteur herkent hierin ook karakteristieke coarsening-fining upward cycli van zuiver carbonaat met goed ontwikkelde lagen van silica concreties (vuursteen) en lage concentraties aan fosfaat, glauconiet, pyriet en detritisch kwarts.

Volgens Felder & Bosch (2000) tenslotte zijn de verschillende formaties van het Limburgse Krijt (Zuid-Nederland) als volgt te interpreteren: de Fm van Houthem en de Fm van Maastricht zijn overwegend ondiepe volmariene afzettingen (minder dan 40 m waterdiepte) waarbij zeestromingen en golfbewegingen de zeebodem bereikten. De Fm van Gulpen is een volmariene kalksteen met een geleidelijk dieper wordende zee en toenemende afstand van de kust. Onbekende waterdiepte met uitzondering van de Kalksteen van Lanaye waarvoor de auteurs, op basis van de microfossielinhoud, diepten suggereren van maximaal 40 tot 50 m.

Silex

In fijnkorrelige en skeletopaal-rijk krijt, vormde er zich authigeen silica, aan een verondersteld constant ritme, in de anoxische redox-zone op enkele dm onder en parallel met het sedimentoppervlak. In de diepste en meest anoxische redox zones, werden sulfaat en CO_2 gereduceerd, waarbij de genese van H_2S en/of methaan achtereenvolgens leidde tot een toename van de hydroxyl-ion concentratie, de oplossing van H_4SiO_4 -complexen en de neerslag van relatief onoplosbare silica polymorfen uit poriënfluïda, rijk aan hoge H_3SiO_4 - complexen. Tijdens perioden van relatieve lage sedimentatie en begraving, verbleven de sedimenten langer in de redox zones met silica-precipitatie, met als gevolg dat er hier niveaus met verhoogde silica-concentratie ontstonden. Deze vroeg-diagenetische silica-concentratie was dus omgekeerd evenredig met de sedimentatiesnelheid (afzettingsritme). Tijdens de late diagenese, loste detritisch skelet-opaal verder op en silica diffundeerde naar en sloeg neer in de niveaus met de hoogste vroeg-diagenetische concentraties van silica -polymorfen, waardoor er dan een vuursteen knollenlaag ontstond. De sequenties van krijt met vuursteenknollen reflecteren een periodieke variatie van de afzettingssnelheid. Deze periodieke variatie in afzettingsritme was functie van de periodieke variatie van de orbitale aardparameters. Vuursteenlagen hebben zich gevormd tijdens precessie-periodes van ongeveer 20.000 jaar. Zo zou de 40 m dikke successie van de Laat Maastrichtiaan Gulpen Fm, ongeveer 75 precessie-geïnduceerde sedimentaire cycli bevatten en zou deze zijn afgezet tijdens ongeveer $75 \times 20.000 \text{ jaar} = 1,5 \text{ miljoen jaar}$ (Zijlstra, 1994).

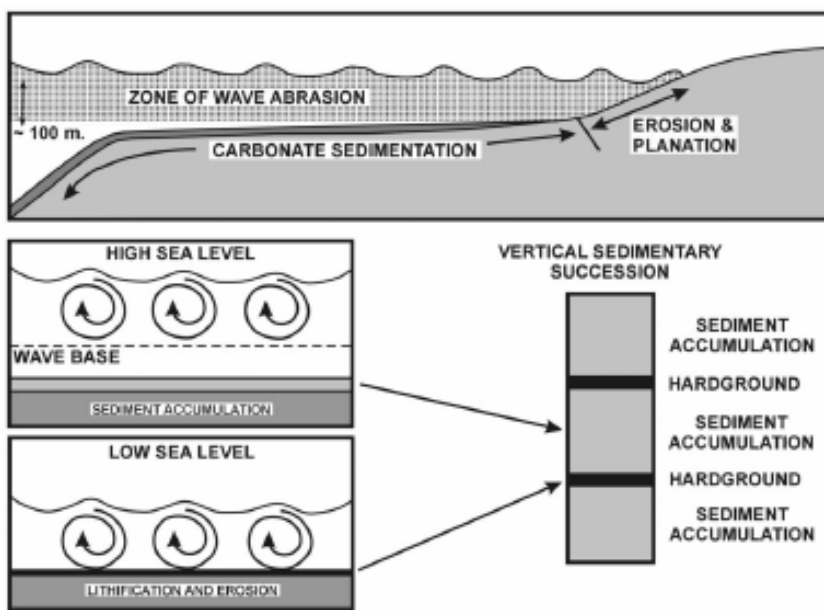
Hardgrounds

Silica en/of carbonaten precipiteerden gedurende vroege diagenese als gevolg van bacterieel metabolisme in anoxische redox zones, onder en parallel met het sedimentoppervlak. Gelaagdheid was een functie van periodieke variaties in de afzettingssnelheid en in de diepte van storm remaniëring van het sediment. Deze variaties waren op hun beurt het gevolg van periodieke schommelingen van orbitaal gedreven aard-, klimaat- en oceanografische parameters. Goed ontwikkelde verharding door carbonaatcement gebeurde tijdens erosiefazen en bij lage afzettingssnelheden in een relatief hoog-energetisch afzettingsmilieu. Als de gecementeerde lagen geërodeerd werden en terug begraven tijdens een afname van de stormactiviteit, vormden er zich gegolfde erosieoppervlakken. Als de verharde lagen langdurig werden blootgesteld aan de stormactiviteit, ontstonden er aldus doorboorde, verharde (door korstvorming) en gemineraliseerde hardgrounds.

Hardgrounds zouden zich preferentieel vormen bij lage zeespiegelstand wanneer zeewater actief doorheen het sediment kon worden gepompt waardoor mariene cementatie werd bevorderd.

Tegelijkertijd werden hardgrounds tijdens laagwaterstand ook actief geërodeerd en werden er intraklasten gevormd (Figuur 30).

Deze hardgrounds zijn goede referentiehorizonten (“Horizonten”) en vormen de basis van de lithostratigrafische opdeling van de Formaties van Maastricht en Gulpen in de stratotypes en type-lokaliteiten van het Boven-Krijt in Nederland Zuid-Limburg (Felder & Bosch, 2000). In ontsluiting (beide Limburg) zijn dergelijke hardgrounds ook gekend als “tauw”lagen. Calciet-gecementeerde tauwlagen zijn gekend als “heerd”, verkiezelde tauw-lagen werden lokaal dan weer als bouw materiaal verwend, vergelijkbaar met silex (Dusar et al., in druk).



Figuur 30: Effect van zeespiegelschommelingen op de sedimentatie van carbonaten, de vorming van hardgrounds en de ontwikkeling van verticale successies van sedimenten (naar James & Bone , 1991)

5 AANBEVELINGEN VOOR VERDER ONDERZOEK OP HET KRIJT

1. De typeprofielen schetsen het lithostratigrafische kader van het Krijt in Vlaanderen. Een volgende stap is om hieruit lid- of formatiespecifieke facieskaarten te genereren van de verbreiding van de karteerbare eenheden: Houthem, Maastricht, Gulpen (exclusief ZW), Zeven Wegen, Vaals, Aken ten noorden van het Brabant Massief en Esplechin, Vert Galand en Hainaut ten zuiden ervan, met de Nevele Formatie als verbinding tussen beiden. Deze kaarten werden nog niet gegenereerd daar we deze willen integreren in de nieuwe subcroppkaart van basis en top Krijt opgesteld door VITO die begin 2006 zal opgeleverd worden.
2. Deze studie stelt voor om een nieuwe lithostratigrafische eenheid, de Nevele Formatie te introduceren daar waar het lithologisch onderscheid tussen het Lid van Zeven Wegen en de Formatie van Vaals verdwijnt (vanaf de Antwerpse Kempen in westelijke richting). Deze nieuwe Formatie moet sedimentologisch verder onderzocht worden en officieel geïntroduceerd (publicatie).
3. Het verdient aanbeveling om het microfaciesonderzoek verder systematisch uit te werken, maar dan meer gedetailleerd dan in deze studie, en het liefst op continue sequenties (volledig gekernde boringen), zodat laterale faciesveranderingen regionaal kunnen gekarteerd worden (zie punt 1). Ook het lithostratigrafisch belang van de diverse firmgrounds of hardgrounds (“horizonten”) zou verder kunnen worden onderzocht via bijkomend sedimentpetrografisch, biostratigrafisch en sequentieanalytisch onderzoek. Tenslotte zou de ganse Krijtopeenvolging in Vlaanderen best sequentiestratigrafisch geanalyseerd moeten worden, omwille van het karakteristieke ritmische patroon in de afzettingssuites. De resultaten hiervan kunnen allicht als nieuwe stratigrafische standaarden gebruikt worden en allicht in internationale wetenschappelijke tijdschriften gepubliceerd worden.
4. Bij de microfacies-analyse werd in stalen uit de top van de Maastricht Formatie reeds Tertiaire fossielen aangetroffen, hetgeen impliceert dat deze facies reeds zouden kunnen behoren tot de Houthem Formatie. Dit impliceert misschien een verschuiving van bepaalde stratigrafische grenzen in Vlaanderen. Dit moet verder onderzocht worden door een meer gedetailleerde en gerichte staalname van het Maastricht/Houthem interval in verschillende boringen.
5. Een mogelijke optie is om bij de praktische uitvoering van hogere aandachtspunten de hulp in te zetten van licentiestudenten onder de vorm van eindwerken. Dit kadert tevens in de huidige strategie van VITO om de samenwerking met de Vlaamse Universiteiten te optimaliseren.

6 REFERENCES

- Ahr, W.M., 1973. The carbonate ramp – an alternative to the shelf model. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 23: 221-225.
- Bless, M.J.M., Dusar, M., Felder, P.J. & Swennen, R., 1993. Lithology and biostratigraphy of Upper Cretaceous – Paleocene carbonates in the Molenbeersel borehole (NE Belgium). *Geologie en Mijnbouw*, 71: 239-257.
- Bless, M.J.M., Felder, P.J., & Meessen, J.P.M.Th., 1987. Late Cretaceous sea level rise and inversion: their influence on the depositional environment between Aken and Antwerp. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 109: 333-355.
- Burchette, T.P. & Wright, V.P., 1992. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*, 79: 3-57.
- Demyttenaere, R., 1989. The Post-Paleozoic geological history of North-Eastern Belgium, *Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België, Academiae Analecta*, jg. 51, no. 4.
- Dessandier, D, Antonelli, F. & Rasplus, L., 1997. Relations entre minéralogie et milieux poreux de la craie tuffeau (Bassin de Paris, France). *Bull. Soc. Géol. France*, 168 (6): 741-749.
- Doremus, P. *in*: Hennebert, M. & Doremus, P., 1997. Notice explicative de la feuille 37/5-6 Hertain-Tournai de la Carte géologique de Wallonie au 1/25 000. Ministère de la Région wallonne, 66 p.
- Dreesen, R., 1998. Boring Sint-Truiden Kortman Intradal. Petrografisch onderzoek van krijtstalen. EC Grondstoffen, Intern (niet gepubliceerd) rapport Vito, 6 p. + fotoplatten
- Dusar, M., Felder, P.J., (DRAFT). Lithostratigraphy of the Cretaceous and Lower Tertiary deposits in the Eastern Campine Mining Basin (Northeast Belgium); influence of the Late Cretaceous inversion tectonism. niet gepubliceerd.
- Dusar, M. *in*: Jacobs, P. & De Ceukelaire, M., 2002. Toelichtingen bij de geologische kaart van België, Vlaams Gewest. Kaartblad 27-28-36, Veurne-Roeselare, 1/50.000. 58 p.
- Dusar, M. *in*: Jacobs, P., De Ceukelaire, M. & Sevens, E., 2001. Toelichtingen bij de geologische kaart van België, Vlaams Gewest. Kaartblad 27-28-36, Proven-Ieper-Ploegsteert, 1/50.000. Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie & Belgische Geologische Dienst, 68 p.
- Dusar, M. *in*: Jacobs, P., De Ceukelaire, M, Moerkerke, G. & Polfliet, T., 2002. Toelichtingen bij de geologische kaart van België, Vlaams Gewest. Kaartblad 4-5-11-12, Blankenberge-Westkapelle-Oostduinkerke-Oostende, 1/50.000. Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie & Belgische Geologische Dienst, 72 p.
- Dusar, M. & Lagrou, D., 2004. Lithostratigraphic reconstruction of the Cretaceous in the subsurface of northern Belgium. Meuse-Rhine Euregio Geologists Meeting, 28 - 29 mei 2004, Maastricht.
- Dusar, M. & Lagrou, D., in voorbereiding. Redefining the subsurface lithostratigraphy of the Cretaceous in northern Belgium: the Nevele Chalk Formation, flooding the Brabant Massif. *Geologica Belgica*.
- Dusar, M., Lagrou, D., Willems, L., Felder, P.J. & Matthijs, J., 2005. De Mergelgrotten van Hinnisdael te Vechmaal (Gemeente Heers, Limburgs Haspengouw): een geologische bijdrage tot de studie van het Krijt. Belgische Geologische Dienst, Professional Paper 2005/1, 301, 89 p.

- Felder, P.J., 2001. Bioklasten-stratigrafie of ecozonatie voor het Krijt (Santoniaan – Campaniaan – Maastrichtiaan) van Zuid-Limburg en oostelijk België, *Memoirs of the Geological Survey of Belgium*, 47, 141 p.
- Felder, P.J., 1995. Biokasten-onderzoek van Boven-Krijt en Dano-Montiaan afzettingen uit boringen in de Belgische Kempen. *Professional Paper 1994/8*, nr. 275, 240 p.
- Felder, P.J., 1994. Biokasten in het Krijt uit boringen van West- en Oost-Vlaanderen, *Belgische Geologische Dienst, Professional Paper*, 270, 86 p.
- Felder, P.J., 1981. Mesofossielen in de kalkafzettingen uit het Krijt van Limburg. *Natuurhistorisch Maandblad*, 70: 201-236.
- Felder, P.J. & Boonen, L.G.M., 1988. Gamma-Ray measurements of Upper Cretaceous to Pleistocene deposits in South Limburg (SE Netherlands) and Northern Liege (NE Belgium). *The Chalk District of the Euregio Meuse-Rhine – Streekl. & Bless M.J.M. (editors): 17-24.*
- Felder, P.J., Bless, M.J.M., Demyttenaere, R., Duser, M., Messen, J.P.M.Th. & Robaszynski, F., 1985. Upper Cretaceous to early Tertiary deposits (Santonian-Paleocene) in northeastern Belgium and South Limburg (The Netherlands) with reference to the Campanian- Maastrichtian. *Professional Paper, Belgian Geological Survey*, 214, 151 p.
- Felder, W.M., 1975. Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. In: W.H. Zagwijn & C.J. van Staalduinen (eds): *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*, Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 63-72.
- Felder, W.M. & Bosch, P.W., 2000. Krijt van Zuid-Limburg, *Geologie van Nederland*, deel 5, NITG-TNO Delft Utrecht, 192 p.
- Flügel, E., 2004. *Microfacies of Carbonate rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, 976 p.
- Hennebert, M. 1999. Notice explicative de la feuille Laplaigne Peruwelz 44/3-4 de la Carte géologique de Wallonie au 1/25 000. *Ministère de la Région wallonne*, 66 p.
- James, N.P. & Bone, Y., 1991. Origin of a cool-water, Oligo-Miocene deep shelf limestone, Eucla Platform, southern Australia. *Sedimentology*, 38: 323-341
- Jagt, J., 1998. Macrofossil content from selected samples of borehole 14E-240, rapport opgesteld i.o.v. Belgische Geologische Dienst, niet gepubliceerd.
- Laenen, B., 2002. Lithostratigrafie van het Pre-Tertiair in Vlaanderen, Deel I: post-Dinantiaan, studie i.o.v. Vlaamse Administratie, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, Vito-rapport, 2002/ETE/R/063.
- Laga, P. & Vandenberghe, N., 1990. The Knokke Well (11^E / 138) with a description of Den Haan (22W / 276) and Oostduinkerke (35E / 142) wells, *Toelicht. Verhand. Geologische en Mijnkaarten van België*, no. 29, 118 p.
- Lagrou D. & Duser, M., 2005. Sedimentary-tectonic history of Late Cretaceous to Early Palaeocene marine deposits near the Maastricht Type Area in Northern Belgium, between emerged landmass and inverted Graben, *Proceedings of the 7th International Symposium on the Cretaceous*, 5-9 September 2005, Neuchâtel, Switzerland: 123-124.
- Langenaeker, V., 1998. Indications for a transpressional Late Cretaceous inversion in the Belgian part of the Roer Valley Graben. *Aardkundige Mededelingen*, 9: 139-142.
- Legrand, R., 1968. Le Massif du Brabant. *Toelichtende Verhandelingen Geologische kaart en Mijnkaart van België*. 9, 148 p. + 5 maps.
- Louwye, S., 1993. Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Upper Cretaceous of western Belgium. *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie*, 101: 255-275.

- Marlière, R. & Robaszynski, F., 1975. Crétacé. Conseil Géologique, Commissions Nationales de Stratigraphie. Document n° 9, 53 p. (Service géologique de Belgique).
- Matthijs, J., Debacker, T., Piessens, K. & Sintubin, M., 2005. Anomalous topography of the Lower Palaeozoic basement in the Brussels region, Belgium. *Geologica Belgica*, 8/4: 69-77.
- Reading, H.G. 1996. *Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Science, 688 p.
- Robaszynski, F. in: Marlière, R. & Robaszynski, F., 1975. Conseil géologique. Commissions Nationales de stratigraphie (Bruxelles). Document 9: 53 p.
- Robaszynski F., in press. Maastrichtian, *Geologica Belgica*.
- Robaszynski, F., Dhondt, A.V. & Jagt, J.W.M., 2001. Cretaceous lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4/1-2: 121-134.
- Stow, D.A.V., Reading, H.G. & Collinson, J.D., 1996. Deep seas, in: Reading, H.G. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. 3d Edition, Blackwell Science, Oxford: 395-453.
- Swennen, R. & Dusaar, M., 1997. Diagenesis of Late Cretaceous to Paleocene carbonates in the Rur Valley Graben (Molenbeersel borehole, NE Belgium). *Annales de la Société Géologique du Nord, Lille*, 5 (2ième serie): 215-226.
- Vancampenhout, P., 2005. Draft versie van basis Krijt subcropkaart, Belgische Geologische Dienst (niet gepubliceerd).
- Walker, R.G., 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts: in: *Facies models: response to sea level change* (ed. By R.G. Walker & N.P. James), pp.1-14. *Geol.Ass.Can., St.John's, Newfoundland*.
- Wright, V.P. & Burchette, T.P., 1996: Shallow-water carbonate environments, in: Reading, H.G. *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. 3d Edition, Blackwell Science, Oxford: 325-394.
- Wilson, J.L., 1975. *Carbonate facies in Geological history*. Springer (New York). 471 p.
- Wouters, L. & Vandenberghe, N., 1994. *Geologie van de Kempen, NIRAS*, 208 p.
- Zijlstra, J.J.P., 1994. Sedimentology of the Late Cretaceous and Early Tertiary (Tuffaceous) Chalk of Northwest Europe. *Geologica Ultraiectina*, no. 119, Universiteit Utrecht, 192 p.

7 APPENDICES

- 7.1 Appendix A: Beschrijving van de markers in de gamma-log in de Kempen
- 7.2 Appendix B: Datatabel van microfacies analyse
- 7.3 Appendix C: Microfacies – Fotoplaten
- 7.4 Appendix D: Grote afdrukken van de typeprofielen en staalname boringen

7.1 Appendix A: Beschrijving van de markers in de gamma-log in de Kempen

In geel zijn de grenzen van de karteerbare eenheden aangegeven: Houthem, Maastricht, Gulpen (excl. ZW), Zeven Wegen, Vaals en Aken.

Marker	Logrespons	Ecozonatie (Felder, 2001)	Stratigrafische interpretatie	Opmerkingen
MK01	Bij alle boringen is er een scherpe en sterke daling in de gammawaarde.	Indien de Formatie van Houthem aanwezig is (geldt voor alle KS-boringen in profielen EW & NS), dan ecozone VI	Top Krijt	De respons is niet altijd op één duidelijke piek terug te brengen. Uit de boorbeschrijving is de top van de Krijtformatie echter wel af te leiden door een duidelijke verandering in lithologie (van klei of zand naar lichtgekleurd krijtgesteente).
MK02	Een hoge en goed herkenbare gamma-uitslag onder MK1 (KS1). Indien twee pieken (KS11), werd de onderste van pieken werd de tweede van onder te beginnen, genomen (o.a. KS27, KS46).	Voor de meeste boringen in ecozone VI in de nabijheid van de ecozone-grens V/VI	Grens tussen de Formaties van Houthem en Maastricht	Gamma-uitslag(en) door hardgrounds, emerisie niveau met mogelijke verkarsting? Een alternatieve correlatie zou erin bestaan steeds de hoogste piek te nemen in de verzameling van pieken Correlatie typelocatie: Hardground = Vroenhoven Horizont? (Formatie-grens Houthem/Maastricht), KT-grens zou nog enkele meters dieper liggen – daar is echter zowel lithologisch als qua bioklasten-inhoud weinig of niets van waar te nemen. KT-grens geen dramatisch event in Kempens Bekken.
MK03	Vanaf KS30 in E richting een duidelijk afgescheiden piek 15 tot 20 m onder MK2. (uitgenomen KS34).	In ecozone Vb – vanaf KS19 in E richting in de nabijheid van de ecozone-grens Va/Vb.	Intra Formatie Maastricht.	

MK04	Piek of zone met verhoogde gamma na vlakke, lage waarden onder MK3	voor de meeste boringen in ecozone Va – aantal boringen in de nabijheid van de ecozone-grens Va/Vb.	Intra Formatie van Maastricht	Sterke stijging in density log voor westelijke boringen
MK05	In gamma-dal (KS22), onder aan helling op gamma (KS29); Duidelijk voor E-boringen, indien meting beschikbaar: in zone met hogere density	voor de meeste boringen in ecozone Va	Intra Formatie van Maastricht	Voor E is logrespons beter te herkennen dan voor W (overgang ter hoogte van KS44-46). Voor W moeilijker; voor bepaalde boringen zeer dicht gelegen bij MK4 (KS35, KS34)
MK06	Voor W: tot KS27, vml obv lage density E: rel. sterke daling gamma (KS46, 44, 29, 43)	Ecozone IV – in nabijheid grens IV-Va	Grens tussen de Formaties van Maastricht en Gulp (ecozonegrens IV/V)	MK 6 vormt top van een relatief lage en constante zone
MK07	Val in gamma, enkel herkend in oostelijke boringen			
MK08	duidelijke toename (sprong) in gamma, terug te vinden in alle boringen ten W van KS19	enkele m boven grens ecozone IV/III	Intra Vijlen (grens tussen Onder en Boven Vijlen)	Een van de belangrijkste markers. Voor boringen ten E van KS19 meer diverse log-respons.
MK09	E: Duidelijke stijging na relatief vlakke zone in gamma, W: moeilijker waar te nemen op gamma, enkel te zien door daling in density (KS42)	In ecozone III	Grens Beutenaken kalk/mergel – Beut1/Beut2	
MK10	E: een uitgesproken piek gevolgd op MK9 W: op density log top van een dens pakket, waar dan MK11 de basis van vormt (KS35) – verdwijnt voor oostelijke boringen (niet meer herkend vanaf KS27? – KS46)	IIb in de nabijheid van grens IIb/Iic		

MK11	sterke daling in gamma, bovengrens van vlakke gamma zone - is in aantal boringen afwezig	In ecozone IIb, maar varieert van grens met IIa tot grens met Iic	Grens tussen het Lid van Zeven Wegen en Beutenaken Mergel	Een goed te vervolgen maker.
MK12	In bepaalde boringen zeer duidelijk afgelijnde, scherpe piek in een lage gamma omgeving - is in verschillende boringen niet steeds hetzelfde niveau		Intra Lid van Zeven Wegen	Hardground? Fosfaat niveau?
MK14	duidelijke marker: sterke daling in gamma, bovengrens van vlakke gamma-zone - zeer duidelijk te herkennen voor de westelijke boringen	Ecozone IIa tot grens Id/IIa	Grens Gulpes (ZW) en Vaals	
MK15	knik in relatief vlak gammainterval (op density knik naar hoger waarden)	Van Id tot grens Ic/Id	Onderverdeling in Boven Vaals	Niet altijd goed te herkennen op de gamma (en andere boorgatmetingen)
MK16	overgang van overwegend vlakke zone in gamma naar zone met hogere waarden (KS35 tot KS34) en vanaf KS46 (naar W) lagere waarden	Voor meeste boringen aan de basis van ecozone Ic. (KS30 gr Ic/Id) maar varieert van grens met Ib tot grens met Id	grens Boven - Onder Vaals	Toename in CAL (zeker schommelingen) Daling in DENS (uitgenomen voor KS46)
MK17	Komt voor vanaf KS46 in E richting (daar waar ecozone Ia aanwezig is)	MK17 enkel daar waar Ia aanwezig is Op of in de onmiddellijke omgeving van ecozone-grens Ia/Ib	Grens Vaals/Aken	
MK18	Duidelijke marker: sterke toename in gamma	Oudste ecozone Ia	Basis Krijt	Daar waar er zich afzettingen van de Formatie van Aken bevinden, Trias of een sterk verweerde top van het Carboon kan een exacte aflijning moeilijker zijn. Boorbeschrijving gebruiken

MK staat voor **Mesozoïcum Krijt**

7.2 Appendix B: Datatabel van microfacies analyse

Met :

M = mudstone

W = wackestone

P = packstone

G = grainstone

R = rudstone

F = floatstone

SST = zandsteen

SA = zand

μF = microfaciestype (voor indeling zie tekst)

Porositeit: dmv automatische beeldanalyse van foto's slijpplaatjes

Boring	Van	Tot	Formatie	Lid	macroscopische beschrijving
Molenbeersel	1234,1		1 - Houthem		coarse grained bioclastic calcarenite
Molenbeersel	1237,1		1 - Houthem		coarse grained bioclastic calcarenite
Molenbeersel	1243,9		1 - Houthem		white calcarenite
O - Geulhem	Outcrop area		1 - Houthem	Geulhem	whitish coarse grained calcarenite
Kallo	447,5		2 - Maastricht		pale whitish to beige irregular flint
Molenbeersel	1259		2 - Maastricht		massive white calcarenite
Molenbeersel	1265,9		2 - Maastricht		massive good sorted fine grained calcarenite
Molenbeersel	1277,7		2 - Maastricht		fine grained calcarenite
O - Geulhem	Outcrop area		2 - Maastricht	Meerssen	yellowish hard limestone
O - Geulhem	Outcrop area		2 - Maastricht	Meerssen	yellowish very coarse grained limestone
O - Maastricht	Outcrop area		2 - Maastricht	Meerssen	yellowish very coarse grained limestone
O - Vechmaal	Outcrop area		2 - Maastricht	Nekum	yellowish very coarse grained limestone
O - Vechmaal	Outcrop area		2 - Maastricht	Nekum	silicified chalk
Turnhout	739,31		2 - Maastricht/Gulpen		pale gray coarse grained sandy chalk (calcarenite)
Voort	372,7	374	2 - Maastricht/Houthem		gray green coarse poorly lithified sand (calcarenite)
Doel 1b	589,1		3 - Gulpen	Beutenaken	white chalk
Doel 1b	580,35	580,45	3 - Gulpen	Vylen	white chalk
Doel 1b	587,1	587,2	3 - Gulpen	Vylen	whitish chalk
Doel1a	523,1	523,2	3 - Gulpen	Lanaye	grey compact chalk
Doel1b	553,5	553,6	3 - Gulpen	Vylen	whitish hard chalk
Doel1b	587,35	587,45	3 - Gulpen	Vylen	whitish hard chalk
Kallo	482,3		3 - Gulpen	Vylen	white silty chalk
O - Lixhe (CBR)	Outcrop area		3 - Gulpen	7W	white chalk with green black glauconite speckles
Turnhout	939		3 - Gulpen	7W	white chalk
Turnhout	883,16		3 - Gulpen	Beutenaken	white chalk and light gray sandy chalk
Turnhout	820		3 - Gulpen	Vylen	gray glauconite bearing sandy chalk
Turnhout	772,21		3 - Gulpen		gray hard fine sandy chalk
Voort	510,15	512,65	3 - Gulpen	7W	pale gray green spotted glauconite bearing sandy chalk
Voort	470,6	476	3 - Gulpen		pale gray hard silty chalk
Doel 1b	610,6	610,7	4 - Nevele	7Weq	whitish chalk
Doel 1b	645,8	645,9	4 - Nevele	7Weq	white chalk
Doel 1b	659,5	659,65	4 - Nevele	Vaalseq	whitish chalk
Doel 1b	675,35	675,5	4 - Nevele	Vaalseq	light gray hard fine laminated chalk
Doel1b	632,5	632,7	4 - Nevele	7Weq	white hard fine grained chalk
Doel1b	668,7	668,85	4 - Nevele	Vaalseq	whitish hard chalk
Kallo	590,5		4 - Nevele	Vaalseq	gray white hard "flazerig" chalk
Nevele	212,8	212,9	4 - Nevele	7Weq	gray white silty chalk
Nevele	214,6		4 - Nevele	7Weq	white chalk
Nevele	220	220,12	4 - Nevele	7Weq	gray white silty chalk
Nevele	226		4 - Nevele	7Weq	gray white silty chalk
Nevele	231,1	231,2	4 - Nevele	7Weq	pale gray compact silty chalk
Nevele	231,93	232,03	4 - Nevele	7Weq	greenish gray sandy chalk
Stekene	432,7		4 - Nevele	7Weq	soft silty chalk
Stekene	445	445,2	4 - Nevele	7Weq	white compact silty chalk
Stekene	454,7	454,8	4 - Nevele	Vaalseq	pale gray compact chalk
Stekene	461,8	461,9	4 - Nevele	Vaalseq	light gray compact glauconitic chalk
Veurne	200,7		4 - Nevele		whitish marly chalk
Veurne	215,1	215,25	4 - Nevele		gray white compact chalk
Veurne	215,1	215,25	4 - Nevele		gray white compact chalk/ gray sandy chalk
Vinderhout	250,67	250,73	4 - Nevele	Vaalseq	
Vinderhout	252,7	252,8	4 - Nevele	Vaalseq	light gray compact silty chalk
Wachtebeke	328,4	328,53	4 - Nevele	Vaalseq	pale gray silty chalk
Wachtebeke	331 +/- 2m		4 - Nevele	Vaalseq	weathered flint (with glauconitic crust)
Wachtebeke	336,04	336,21	4 - Nevele	Vaalseq	greenish gray sandy chalk
DZH33	1158		4 - Nevele	Vaalseq	white chalk
KS22	530		5 - Vaals		gray green glauconitic weakly lithified sandstone
KS22	559,8		5 - Vaals		gray green glauconitic weakly lithified sandstone
KS42	695,3	695,4	5 - Vaals		gray green fine grained calcareous sandstone
KS42	695,3	695,4	5 - Vaals		gray green fine grained calcareous sandstone
KS42	699,5	699,6	5 - Vaals		green light sandy wackestone
KS42	702,05	702,15	5 - Vaals		gray sandy wackestone
KS42	702,8	702,9	5 - Vaals		gray sandy wackestone
O - Lixhe	Outcrop area		5 - Vaals	Onder - Gemmenich	gray green marl
Turnhout	987		5 - Vaals	Onder	gray hard finely layered marl
Voort	556	562,61	5 - Vaals		gray hard marl
Voort	599,16	601,74	5 - Vaals		light gray green spotted hard coarse sandstone
KS22	571,3		6 - Aken		brown red laminated weakly lithified sandstone
O - Kelmis	Outcrop area		6 - Aken	Aken	yellowish sand
Koolkerke	324,97	325,06	7 - Esplechin		bright green calcareous siltstone
Koolkerke	319,75	319,85	7 - Esplechin		pale gray compact silty chalk
Koolkerke	322,55	322,64	7 - Esplechin		pale greenish gray chalk
Veurne	216,9	217	7 - Esplechin		gray white compact chalk
Veurne	217,25	217,4	7 - Esplechin		gray white chalk
Veurne	220,65		7 - Esplechin		pale gray silty to very fine grained chalk
Veurne	239,85		7 - Esplechin		gray silty chalk
Nieuwkerke-NH	193,9	194,04	8 - Vert Galand	Bruyelle-1a	gray compact marly chalk
Nieuwkerke-NH	216,1	216,2	8 - Vert Galand	Bruyelle-1a	greenish gray marly chalk
Nieuwkerke-NH	217,6	217,72	8 - Vert Galand	Bruyelle-1a	greenish gray sandy chalk

Boring	Van	Tot	Formatie	M	W	P	G	B	R	F		µFac
Molenbeersel		1234,1	1 -Houthem								G - B	H1
Molenbeersel		1237,1	1 -Houthem								G	H1
Molenbeersel		1243,9	1 -Houthem								P	H2
O - Geulhem	Ontsluiting		1 -Houthem								G	H3
Kallo		447,5	2 - Maastricht									0
O - Vechmaal	Ontsluiting		2 - Maastricht									0
O - Geulhem	Ontsluiting		2 - Maastricht								R	M1
O - Maastricht	Ontsluiting		2 - Maastricht								R	M1
Voort		372,7	2 - Maastricht/Houthem?								G	M1
Molenbeersel		1265,9	2 - Maastricht								P	M2
Molenbeersel		1277,7	2 - Maastricht								P	M2
O - Geulhem	Ontsluiting		2 - Maastricht								P	M2
Molenbeersel		1259	2 - Maastricht								G	M3
O - Vechmaal	Ontsluiting		2 - Maastricht								R	M3
Turnhout		739,31	2 - Maastricht								G	M3
Doel 1b		580,35	3 - Gulpen								G	G1
Doel1a		523,1	3 - Gulpen								W	G1
Doel1b		553,5	3 - Gulpen								M-W	G1
Kallo		482,3	3 - Gulpen								M-W	G1
Doel 1b		589,1	3 - Gulpen								W	G2
Doel 1b		587,1	3 - Gulpen								M	G2
Doel1b		587,35	3 - Gulpen								M	G2
Turnhout		883,16	3 - Gulpen								W	G3
Turnhout		820	3 - Gulpen								W	G3
Voort		470,6	3 - Gulpen								W	G3
Turnhout		939	3 - Gulpen								W	Z1
O - Lixhe (CBR)	Ontsluiting		3 - Gulpen								W	Z2
Voort		510,15	3 - Gulpen								M	Z3
Turnhout		772,21	3 - Gulpen/Maastricht?								G	M3
Wachtebeke		331 +/- 2m	4 - Nevele									0
Doel 1b		610,6	4 - Nevele								W-P	G2
Doel 1b		645,8	4 - Nevele								M-W	N1
Doel1b		632,5	4 - Nevele								M	N1
Kallo		590,5	4 - Nevele								M-W	N1
Nevele		212,8	4 - Nevele								M-W	N1
Nevele		214,6	4 - Nevele								M-W	N1
Nevele		226	4 - Nevele								M-W	N1
Stekene		432,7	4 - Nevele								M	N1
Veurne		200,7	4 - Nevele								M-W	N1
Wachtebeke		328,4	4 - Nevele								M-W	N1
Stekene		445	4 - Nevele								M-W	N1-N2
Nevele		220	4 - Nevele								M	N1sp
Doel 1b		659,5	4 - Nevele								M	N3
Doel1b		668,7	4 - Nevele								M	N3
Stekene		454,7	4 - Nevele								M-W	N3
Stekene		461,8	4 - Nevele								W	N3-N4
Doel 1b		675,35	4 - Nevele								M-W	N4
DZH33		1158	4 - Nevele								M-W	N4
Nevele		231,1	4 - Nevele								M-W	N4
Veurne		215,1	4 - Nevele								W	N4
Veurne		215,1	4 - Nevele								W-P	N4
Vinderhout		250,67	4 - Nevele								W	N4
Wachtebeke		336,04	4 - Nevele								W-P	N4
Nevele		231,93	4 - Nevele								P	N5
Vinderhout		252,7	4 - Nevele								W	N5
O - Lixhe	Ontsluiting		5 - Vaals								W	V1
Turnhout		987	5 - Vaals								M-W	V1
KS42		695,3	5 - Vaals								SST	V2
KS42		699,5	5 - Vaals								SST-W	V2
KS42		702,05	5 - Vaals								SST-W	V2
Voort		599,16	5 - Vaals								G-P	V2
KS22		530	5 - Vaals								P-SST	V3
KS22		559,8	5 - Vaals								SST-P	V3
Voort		556	5 - Vaals								W	V3
KS42		695,3	5 - Vaals									
KS42		702,8	5 - Vaals									
O - Kelmis	Ontsluiting		6 - Aken								SA	A1
KS22		571,3	6 - Aken								SST	A2
Koolkerke		319,75	7 - Esplechin								W-P	E1
Veurne		216,9	7 - Esplechin								W	E1
Veurne		217,25	7 - Esplechin								W	E1
Veurne		220,65	7 - Esplechin								W	E1
Veurne		239,85	7 - Esplechin								W	E1
Koolkerke		324,97	7 - Esplechin								SA	E2
Koolkerke		322,55	7 - Esplechin								W	E2
Nieuwkerke-NH		193,9	8 - Vert Galand								W	VG1
Nieuwkerke-NH		216,1	8 - Vert Galand								M	VG2
Nieuwkerke-NH		217,6	8 - Vert Galand								W-P	VG2

Boring		Staalnr.	Van	Tot	Formatie	Lid	Gemidd	stdev	Max	min
Molenbeersel	ISSEP	198-A	1234,1		1 - Houthem		0,804	1,528676	5,06	0
Molenbeersel	ISSEP	198-B	1237,1		2 - Maastricht		5,044	4,184182	16,21	1,45
Molenbeersel	ISSEP	198-C	1243,9		1 - Houthem		4,71	1,716146	7,86	2,34
O - Geulhem	ISSEP	D02-196	Ontsluiting		1 - Houthem	Geulhem	15,932	3,294783	20,38	8,85
Kallo (27E148)	05013	1	447,5		2 - Maastricht		Sx - 0% poro	-randzone	poreuzer	
Molenbeersel	ISSEP	198-D	1259		2 - Maastricht		0,05	0,036818	0,12	0
Molenbeersel	ISSEP	198-E	1265,9		2 - Maastricht		2,115	1,050579	3,6	0
Molenbeersel	ISSEP	198-F	1277,7		2 - Maastricht		0,742	0,916464	2,77	0,07
O - Geulhem	ISSEP	D02-194	Ontsluiting		2 - Maastricht	Meerssen	3,314	0,807413	4,72	2,27
O - Geulhem	ISSEP	D02-195	Ontsluiting		2 - Maastricht	Meerssen	12,555	10,54338	35,41	3,89
O - Maastricht	ISSEP	D02-193	Ontsluiting		2 - Maastricht	Meerssen	16,386	13,33795	36,65	2,47
O - Vechmaal	VITO	CHAMP1	Ontsluiting		2 - Maastricht	Nekum	30,042	3,391462	33,94	23,52
O - Vechmaal	VITO	CHAMP2	Ontsluiting		2 - Maastricht	Nekum	32,4	5,424641	44,06	25,33
Turnhout (17E225)	05013	4	739,31		2 - Maastricht		5,485	2,640329	8,69	1
Voort (KB79)	05013	10	372,7	374	2 - Maastricht/Houthem?		17,316	5,185489	25,53	8,24
Doel 1b	0486	6	589,1		3 - Gulpen	Beutenaken	2,96	2,466221	6,54	0,24
Doel 1b	0486	3	580,35	580,45	3 - Gulpen	Vylen	1,617	0,345802	2,24	1,12
Doel 1b	0486	4	587,1	587,2	3 - Gulpen	Vylen	2,903	1,456228	6,22	1,53
Doel1a	B	1	523,1	523,2	3 - Gulpen	Lanaye	gee contrast			
Doel1b	B	2	553,5	553,6	3 - Gulpen	Vylen	gee contrast			
Doel1b	B	5	587,35	587,45	3 - Gulpen	Vylen	gee contrast			
Kallo (27E148)	05013	2	482,3		3 - Gulpen	Vylen	0,413	0,349477	1,11	0,07
O - Lixhe (CBR)	ISSEP	D02-191	Ontsluiting		3 - Gulpen	7W	1,266	0,919845	2,93	0,38
Turnhout (17E225)	05013	8	939		3 - Gulpen	7W	1,072	1,38757	4,05	0,08
Turnhout (17E225)	05013	7	883,16		3 - Gulpen	Beutenaken	0,55	0,268038	1,27	0,29
Turnhout (17E225)	05013	6	820		3 - Gulpen	Vylen	0,611	0,725082	1,98	0,09
Turnhout (17E225)	05013	5	772,21		3 - Gulpen		3,345	1,902158	7,79	1,06
Voort (KB79)	05013	12	510,15	512,65	3 - Gulpen	7W	1,346	0,523093	2,05	0,62
Voort (KB79)	05013	11	470,6	476	3 - Gulpen		0,38	0,285463	0,91	0,07
Doel 1b	0486	7	610,6	610,7	4 - Nevele	7Weq	3,682	3,124145	9,96	0,08
Doel 1b	0486	9	645,8	645,9	4 - Nevele	7Weq	0,717	0,351633	1,52	0,34
Doel 1b	0486	10	659,5	659,65	4 - Nevele	Vaalseq	0,053	0,092981	0,3	0
Doel 1b	0486	12	675,35	675,5	4 - Nevele	Vaalseq	0,301	0,219315	0,56	0,05
Doel1b	B	8	632,5	632,7	4 - Nevele	7Weq	gee contrast			
Doel1b	B	11	668,7	668,85	4 - Nevele	Vaalseq	gee contrast			
Kallo (27E148)	05013	3	590,5		4 - Nevele	Vaalseq	0,368	0,235221	0,72	0,03
Nevele	04077	16	212,8	212,9	4 - Nevele	7Weq	0,742	0,552244	1,74	0,18
Nevele	05013	15	214,6		4 - Nevele	7Weq	0,58	0,854244	2,91	0,08
Nevele	04077	15	220	220,12	4 - Nevele	7Weq	1,694	1,304907	4,82	0,28
Nevele	05013	16	226		4 - Nevele	7Weq	0,779	0,796708	2,94	0,14
Nevele	04077	13	231,1	231,2	4 - Nevele	7Weq	1,626	0,481853	2,02	0,42
Nevele	04077	14	231,93	232,03	4 - Nevele	7Weq	1,777	3,733691	12,27	0
Stekene	04077	1	432,7		4 - Nevele	7Weq	0,678	0,387723	1,38	0,25
Stekene	04077	2	445	445,2	4 - Nevele	7Weq	1,438	0,917179	3,4	0,34
Stekene	04077	3	454,7	454,8	4 - Nevele	Vaalseq	0,51	0,214061	0,83	0,22
Stekene	04077	4	461,8	461,9	4 - Nevele	Vaalseq	0,965	1,777097	5,96	0,12
Veurne (50E235)	05013	17	200,7		4 - Nevele		0,313	0,269734	0,81	0,05
Veurne (50E235)	04077	23a	215,1	215,25	4 - Nevele		2,938	3,000221	10,91	0,71
Veurne (50E235)	04077	23b	215,1	215,25	4 - Nevele		0,404	0,134511	0,58	0,19
Vinderhout	04077	11	250,67	250,73	4 - Nevele	Vaalseq	1,107	0,421507	1,87	0,49
Vinderhout	04077	12	252,7	252,8	4 - Nevele	Vaalseq	1,891	1,198652	3,59	0,33
Wachtebeke	04077	6	328,4	328,53	4 - Nevele	Vaalseq	0,466	0,241716	0,8	0,17
Wachtebeke	04077	5	331	+/- 2m	4 - Nevele	Vaalseq	Sx - 0%			
Wachtebeke	04077	3	336,04	336,21	4 - Nevele	Vaalseq	2,089	1,051564	4,2	0,58
DZH33	0486	104	1158		4 - Nevele	Vaalseq	0,325	0,422223	1,2	0
KS22	0486	101	530		5 - Vaals		0,782	0,570863	1,83	0,06
KS22	0486	102	559,8		5 - Vaals		4,437	3,352372	12,56	1,5
KS42	BGD	KS42 695,3	695,3	695,4	5 - Vaals		gee contrast			
KS42	BGD	KS42 695,4	695,3	695,4	5 - Vaals		gee contrast			
KS42	BGD	KS42 699,5	699,5	699,6	5 - Vaals		gee contrast			
KS42	BGD	KS42 702,05	702,05	702,15	5 - Vaals		gee contrast			
KS42	BGD	KS42 702,8	702,8	702,9	5 - Vaals		gee contrast			
O - Lixhe	ISSEP	D02-190	Ontsluiting		5 - Vaals	Onder - Ger	gee contrast			
Turnhout (17E225)	05013	9	987		5 - Vaals	Onder	0,03	0,019437	0,07	0,01
Voort (KB79)	05013	13	556	562,61	5 - Vaals		0,823	0,762773	2,92	0,33
Voort (KB79)	05013	14	599,16	601,74	5 - Vaals		0,727	0,765057	2,14	0,09
KS22	0486	103	571,3		6 - Aken		10,528	4,34206	17,42	4,41
O - Kelmis	ISSEP	D02-192	Ontsluiting		6 - Aken	Aken	46,97	2,093593	49,32	42,01
Koolkerke	04077	10	324,97	325,06	7 - Esplechin		1,964	0,689802	3,05	0,6
Koolkerke	04077	8	319,75	319,85	7 - Esplechin		1,004	0,933919	2,89	0
Koolkerke	04077	9	322,55	322,64	7 - Esplechin		3,546	3,372148	12,5	1,17
Veurne (50E235)	04077	25	216,9	217	7 - Esplechin		1,028	0,410252	1,81	0,5
Veurne (50E235)	04077	24	217,25	217,4	7 - Esplechin		1,327	0,455486	2,15	0,9
Veurne (50E235)	05013	18	220,65		7 - Esplechin		0,42	0,282095	0,9	0,14
Veurne (50E235)	05013	19	239,85		7 - Esplechin		0,438	0,132732	0,64	0,2
Nieuwkerke-Noordh.	04077	20	193,9	194,04	8 - Vert Galand	Bruyelle-1a	0,149	0,094098	0,36	0,02
Nieuwkerke-Noordh.	04077	18	216,1	216,2	8 - Vert Galand	Bruyelle-1a	0	geen spoor van gele hars		
Nieuwkerke-Noordh.	04077	17	217,6	217,72	8 - Vert Galand	Bruyelle-1a	1,629	1,865067	5,25	0,11

7.3 Appendix C: Microfacies – Fotoplaten

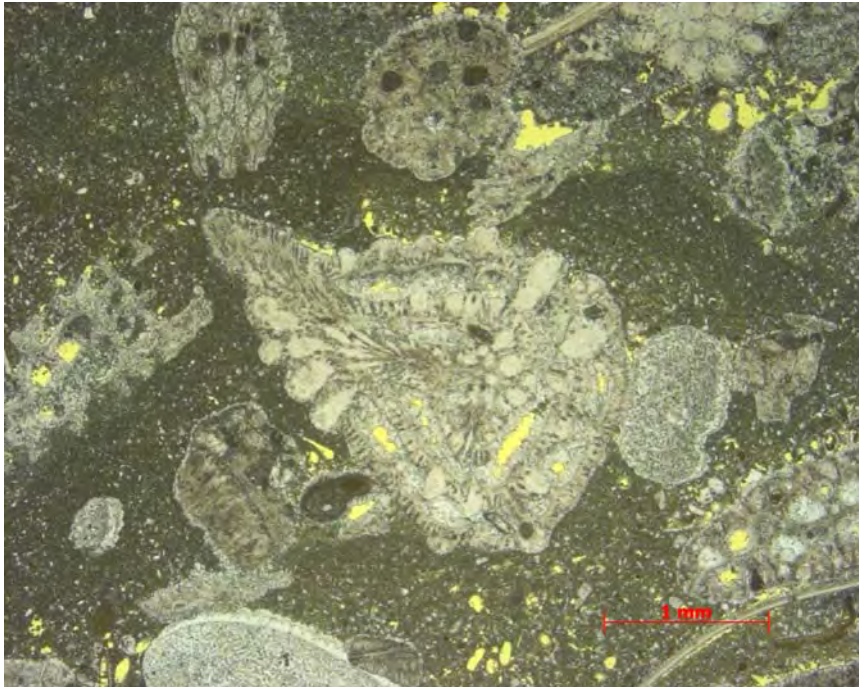


Foto 1. Fm Maastricht (Ld Meerssen) - Milioliden aangetroffen – dus Tertiaire Fm Houthem? Bioklastische floatstone (?) met (deels met glauconiet geïmpregneerde) grote benthische foraminiferen (centraal *Siderolites*) en bryozoa, allicht geremanieerd uit het onderliggende Krijt. Ontsluiting ENCI-groeve Maastricht. Microfaciestype M1

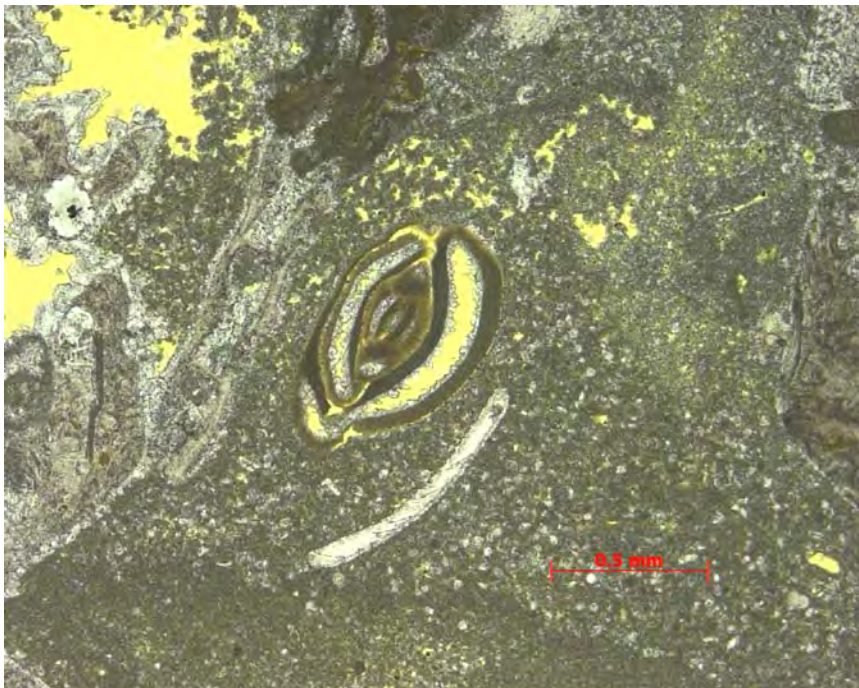


Foto 2. Fm Maastricht (Ld Meerssen) - Milioliden aangetroffen – dus Tertiaire Fm Houthem? Miliolide foraminifeer (met karakteristieke porcelein-achtige schaal) naast bioklasten van bryozoa. Noteer aanwezigheid van verschillende generaties van calcietcement. Ontsluiting ENCI-groeve Maastricht

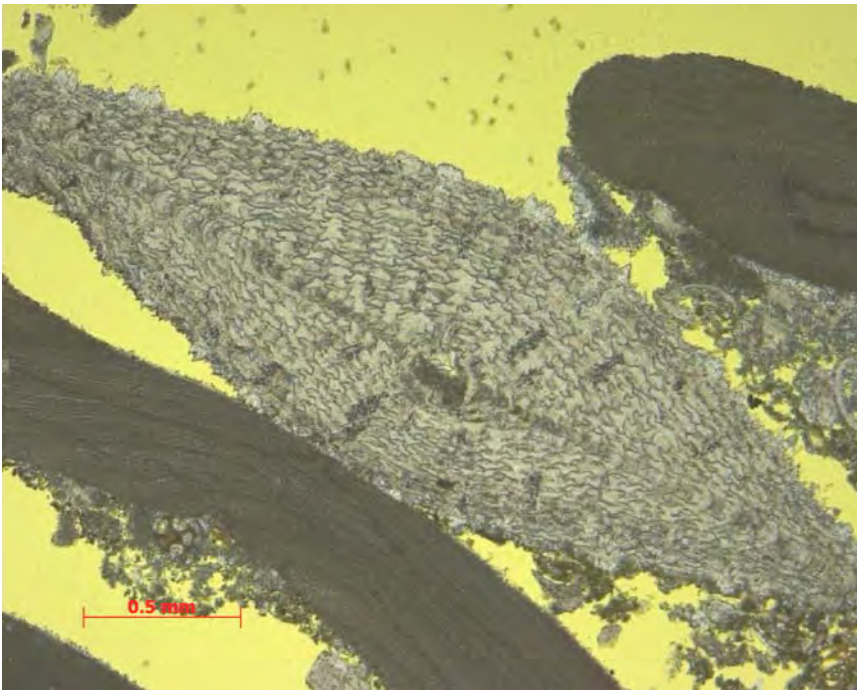


Foto 3. Fm Maastricht (Ld Meerssen). Axiale doorsnede van *Orbitoides* en fragmenten van Corallinaceae (Rhodophyceën of roodwieren).
Ontsluiting Groeve Ankerpoort-Curfs – Geulhem

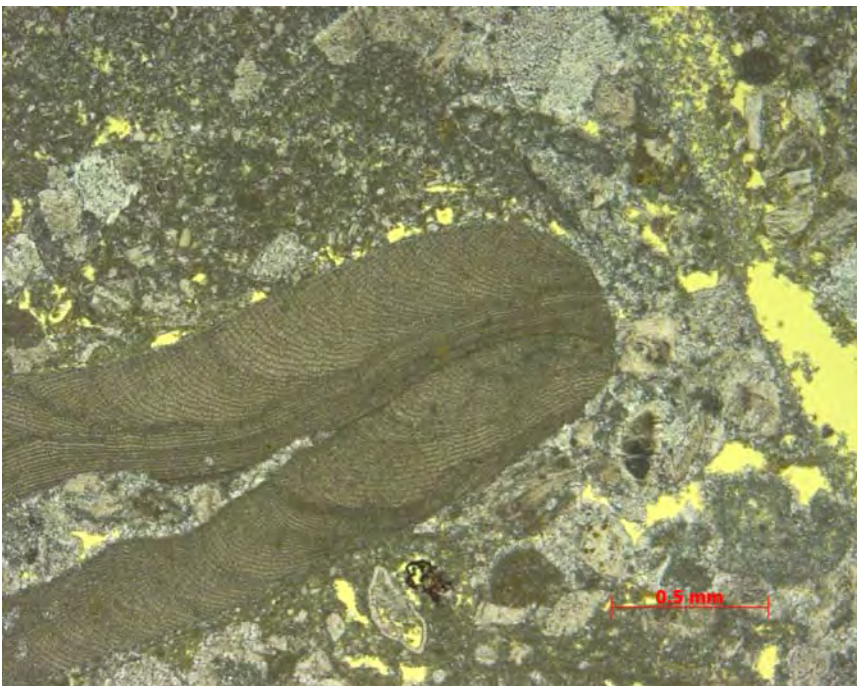


Foto 4. Fm Maastricht (Ld Meerssen). Detail van de inwendige cellenstructuur van kalkachtige roodwieren (Corallinaceae).
Ontsluiting Groeve Ankerpoort-Curfs – Geulhem

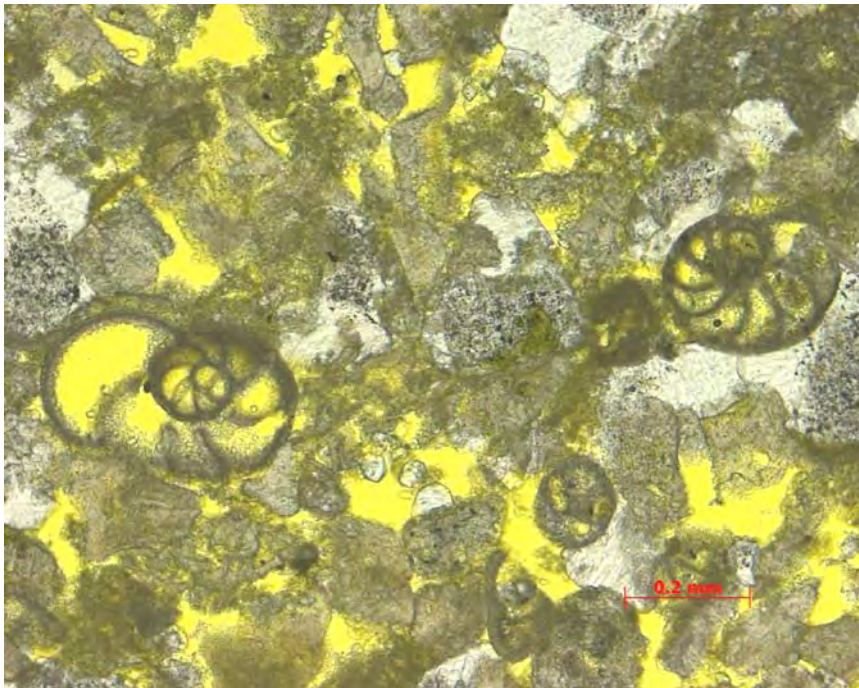


Foto 5. Fm Maastricht. Pluriloculaire benthische foraminiferen en sclerieten van Holothuridae. Let op syntaxiaal rim cement rond echinodermen. Microfaciestype M3
Boring Turnhout -739 m

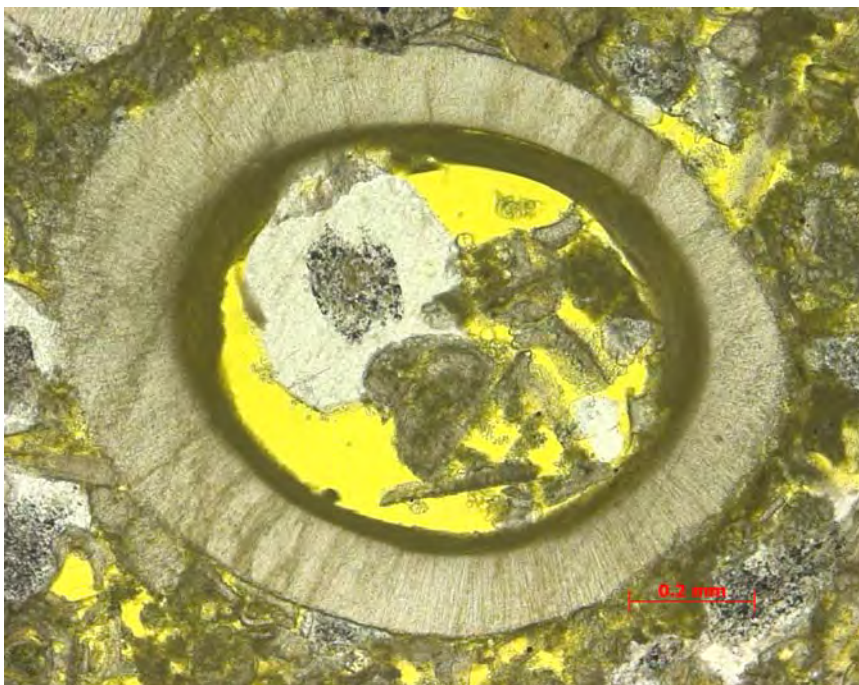


Foto 6. Fm Maastricht. Axiale doorsnede van serpulide gastropode (kokerworm) opgevuld met fossielgruis. Let op syntaxiaal rim cement rond echinoderm bioklast.
Boring Turnhout -739,3 m

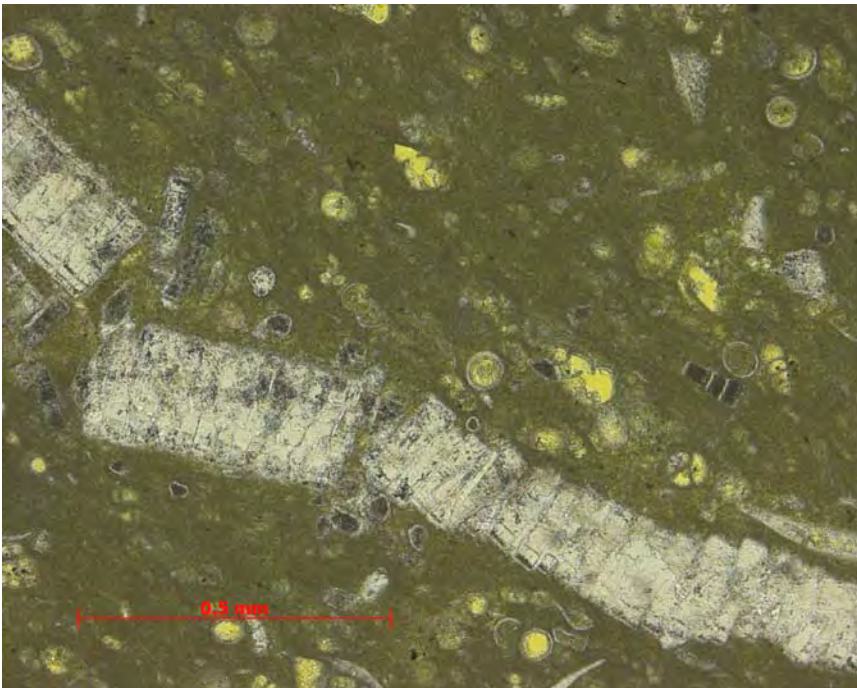


Foto 7. Fm Gulpen. Calcietschaal van een bivalve (*Inoceramus*) uiteenvallend in prismatische elementen.
Boring Doel 1b -580 m

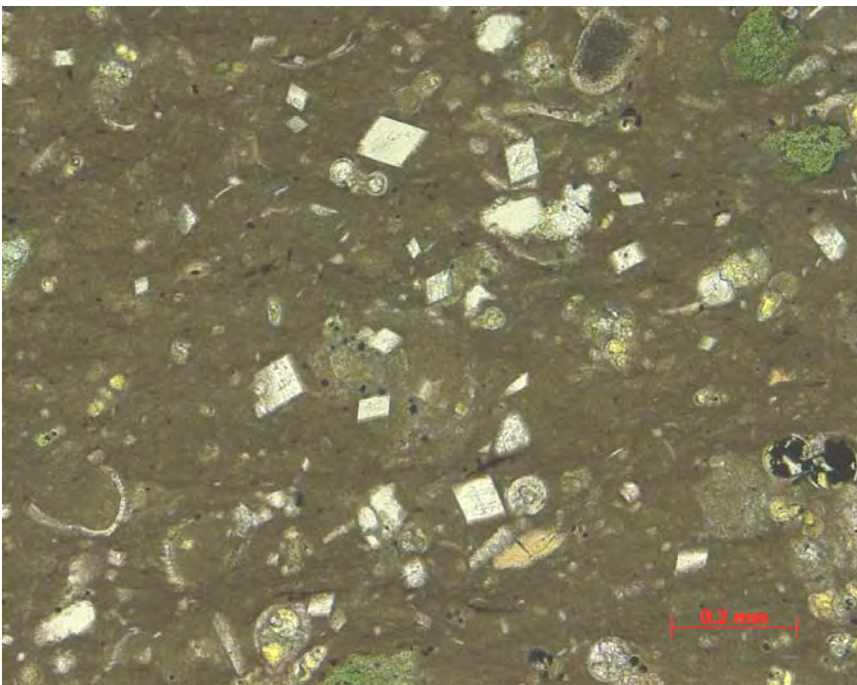


Foto 8. Fm Nevele (ZWeq). Prismatische elementen (calciethomboëders) afkomstig van het uiteenvallen van inoceramide bivalven.
Boring Stekene -445 m

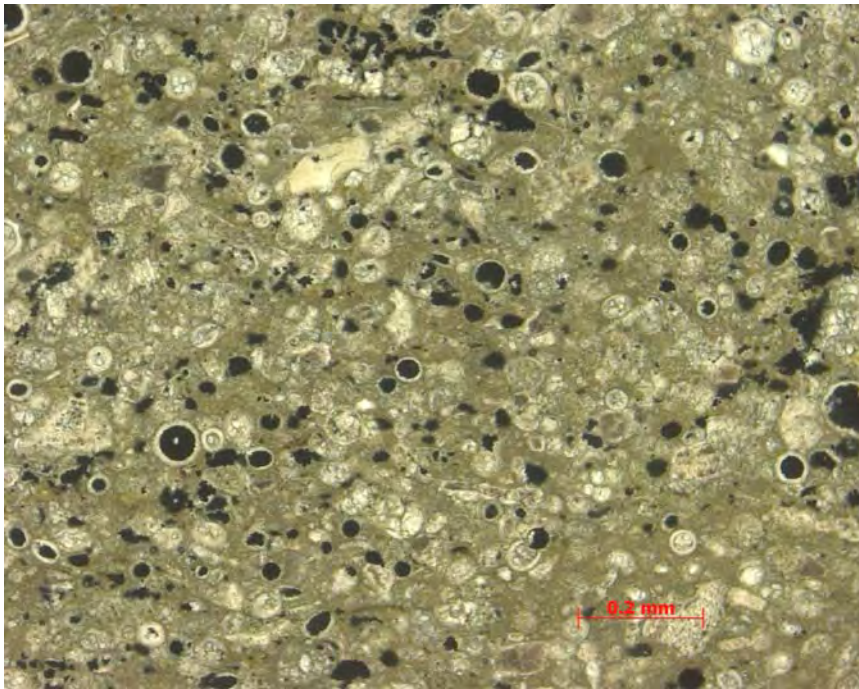


Foto 9. Fm Esplechin. Bioklastische wackestone. Planktonische calcisferen (*Pithonella*?) waarvan de kamers met pyriet zijn opgevuld.
Boring Nieuwkerke-Noordhoek -193,9 m

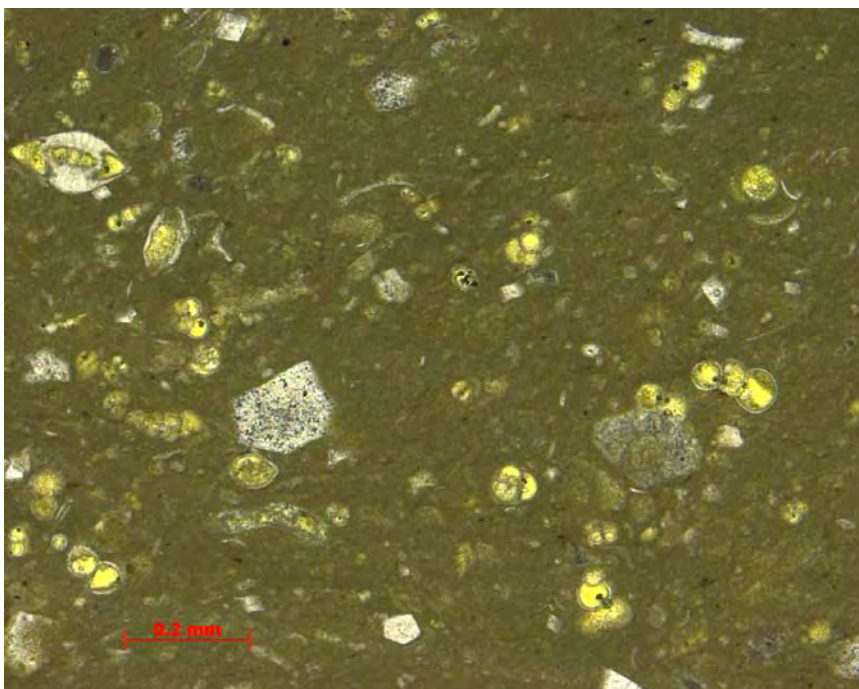


Foto 10. Fm Nevele. Foraminiferenrijke mudstone/wackestone met kleine planktonische foraminiferen (Globigeriniden).
Boring Doel -675,35 m

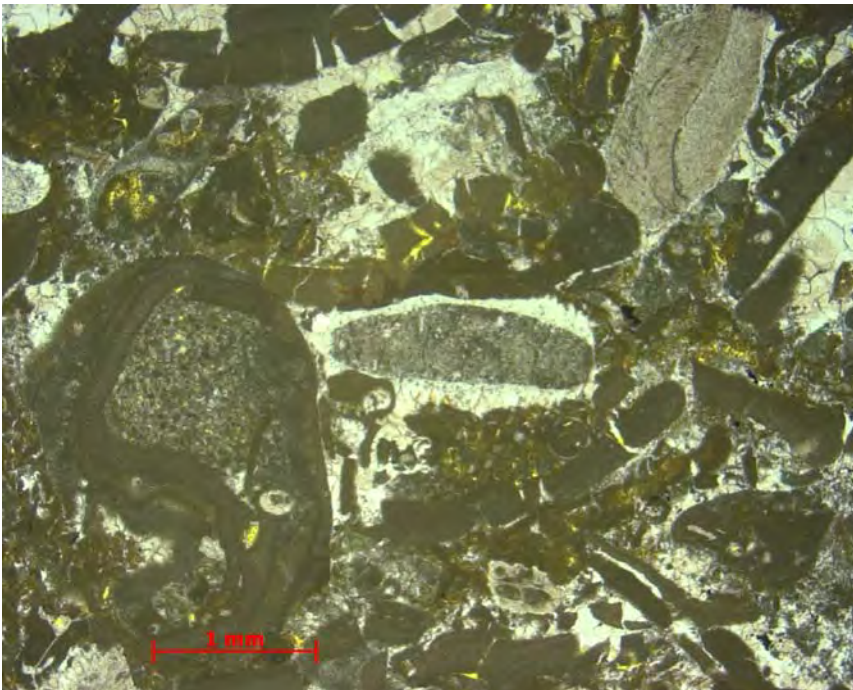


Foto 11. Fm Houthem. Goed gecementeerde roodwier grainstone tot boundstone.
Boring Molenbeersel -1234,1 m. Microfaciestype H1

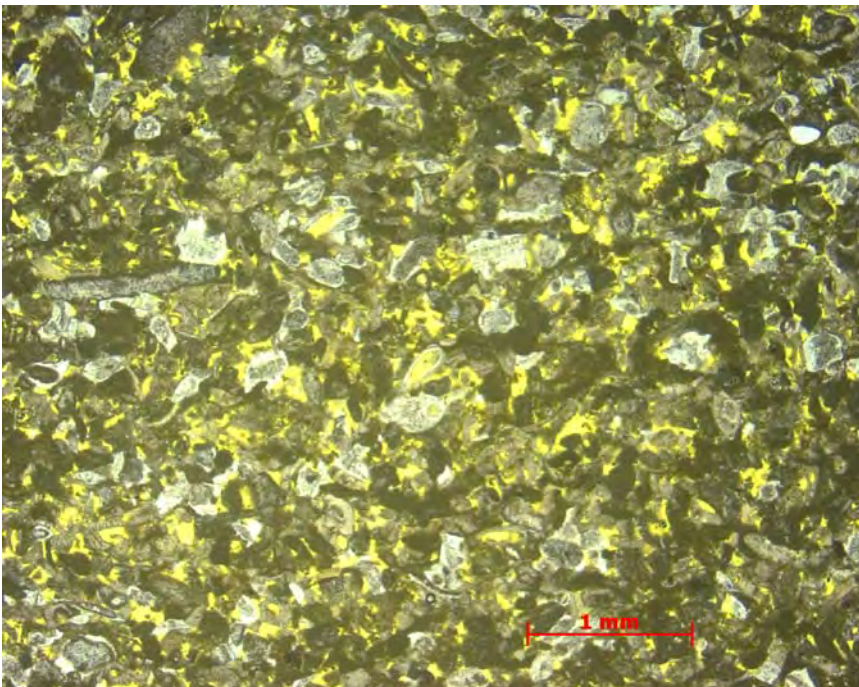


Foto 12. Fm Houthem. Intraklastische (gemicritiseerde rhodophyt intraklasten overgaand naar peloiden).
Beperkte cementatie (rim cement) rond echinodermen.
Boring Molenbeersel -1243,9 m. Microfaciestype H2

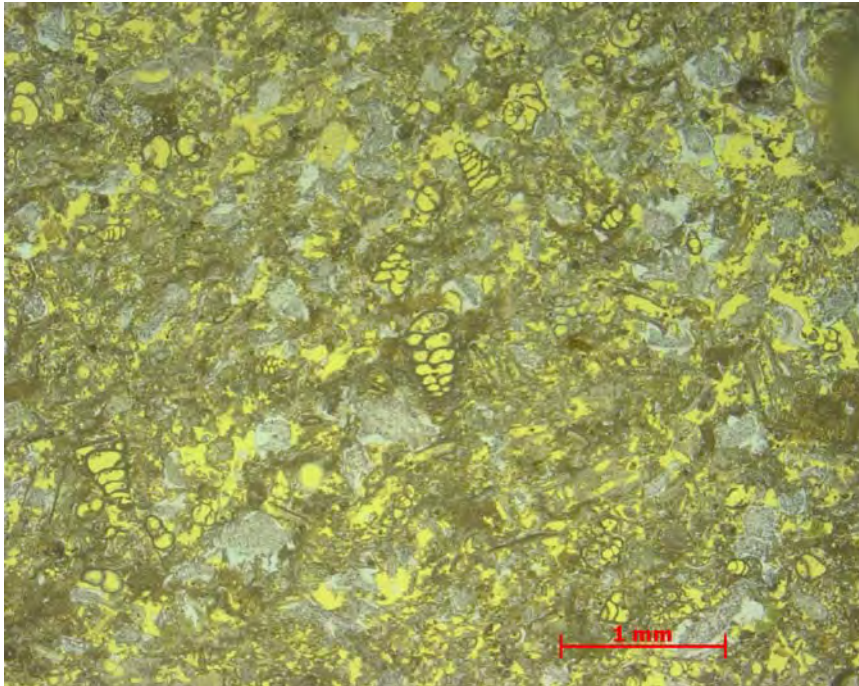


Foto 13. Fm Houthem. Bioklastische (foraminiferen en echinodermenrijke) grainstone met beperkte cementatie (rimcement rond echinodermen).
Ontsluiting Geulhem. Microfaciestype H3

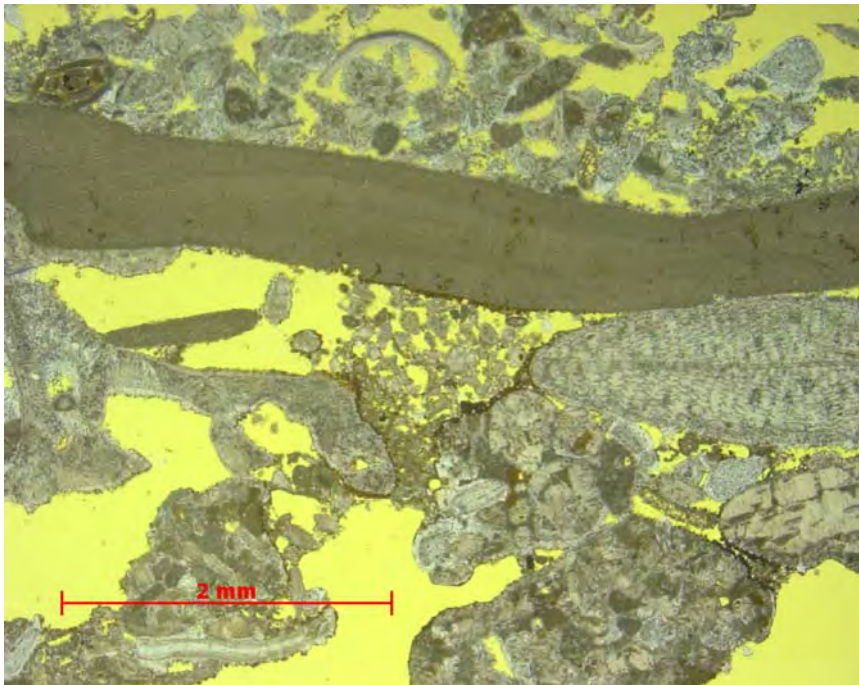


Foto 14. Fm Maastricht (Ld Meerssen). Bioklastische rudstone met o.a. grote foraminiferen (*Orbitoides*, roodwieren, bryozoa, echinodermen).
Ontsluiting Geulhem. Microfaciestype M1

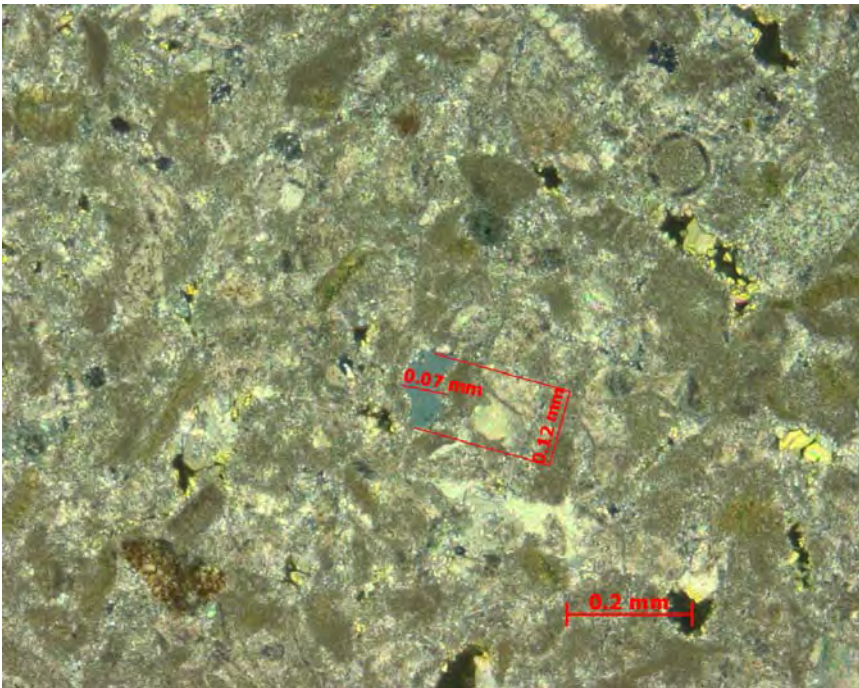


Foto 15. Fm Maastricht (Ld Meerssen). Goed gecementeerde bioklastische peloidenrijke packstone, met zeldzame detritische kwartskorrels. Gekruiste nicols. Ontsluiting Geulhem. Microfaciestype M2

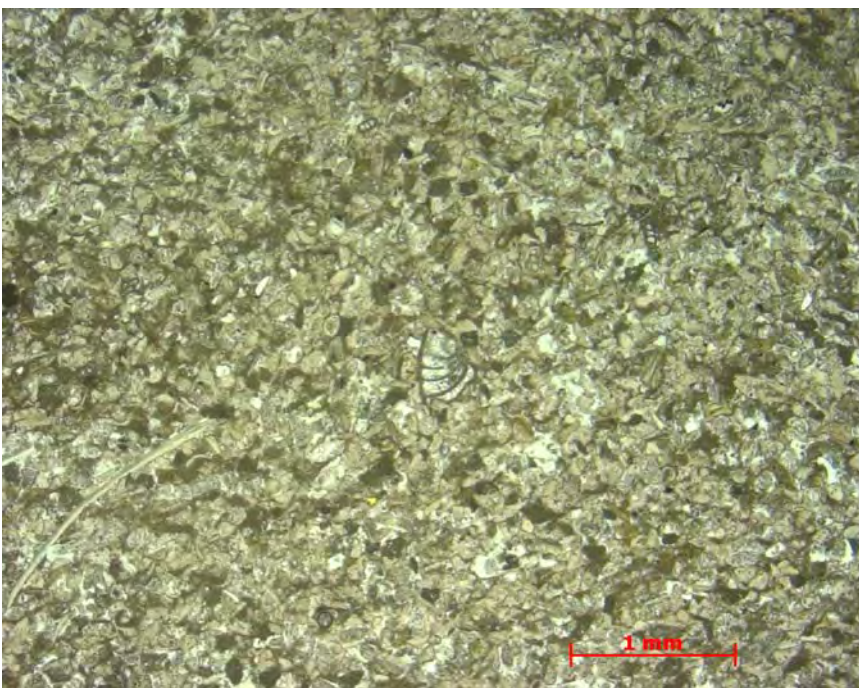


Foto 16. Fm Maastricht. Bioklastische peloidenrijke grainstone met foraminiferen en Pelecypoden. Boring Molenbeersel. -1259 m. Microfacies type M3

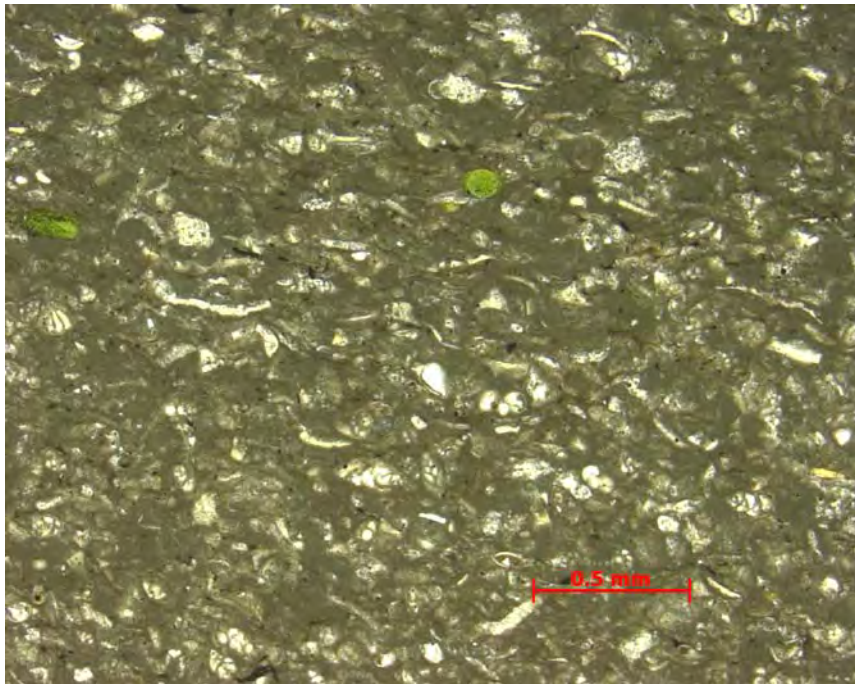


Foto 17. Fm Gulpen (Ld Lanaye). Bioklastische wackestone met verspreid glauconiet, silteus kwarts en kleine benthische en planktonische foraminiferen.
Boring Doel 1a -523 m, Microfaciestype G1

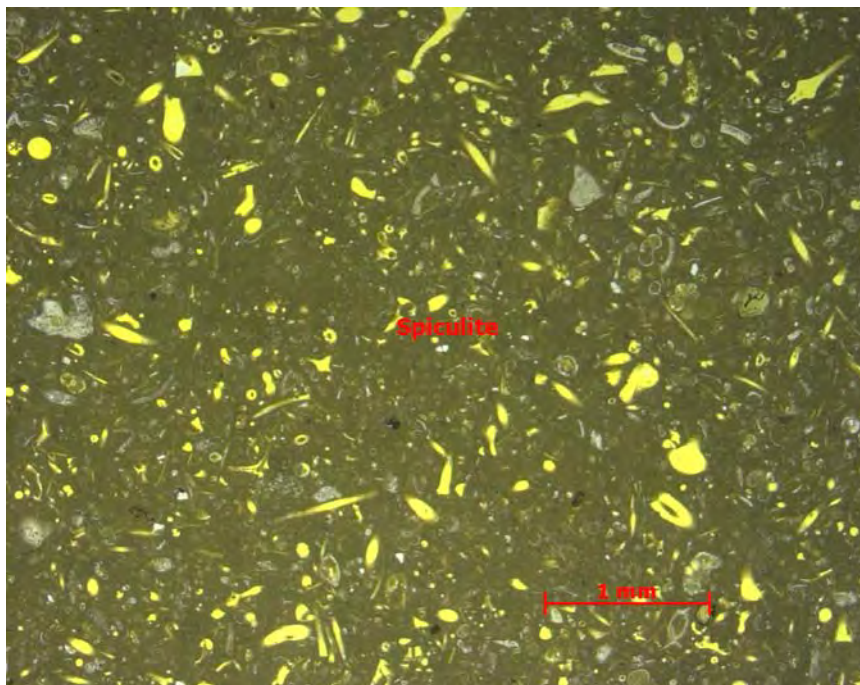


Foto 18. Fm Gulpen (Vylen Mb). Spiculietrijke mudstone/wackestone. Let op de secundaire (moldic) porositeit door oplossen van de sponsnaalden.
Boring Doel 1a -587,15 m. Microfaciestype G2



Foto 19. Fm Gulpen (Ld Lixhe-Vylen). Silteuze bioklastische glauconietrijke packstone. Hoekige zandkorrels en afgeronde fosfaatpartikels.
Boring Turnhout -820 m. Microfaciestype G3

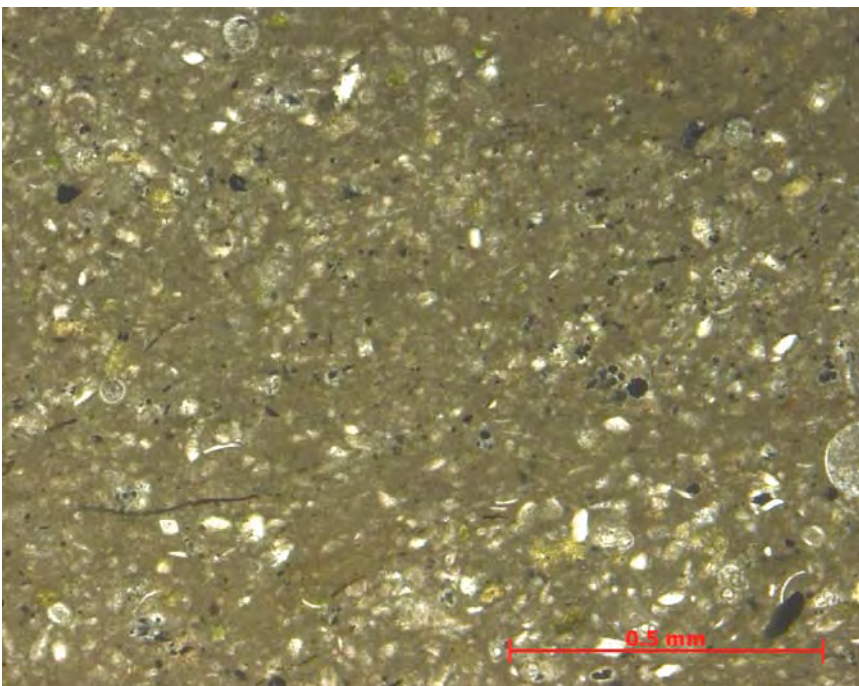


Foto 20. Fm Vaals. Siltrijke bioklastische mudstone/wackestone met kleine planktonische foraminiferen en calcisferen (?).
Boring Turnhout -987 m. Microfaciestype V1

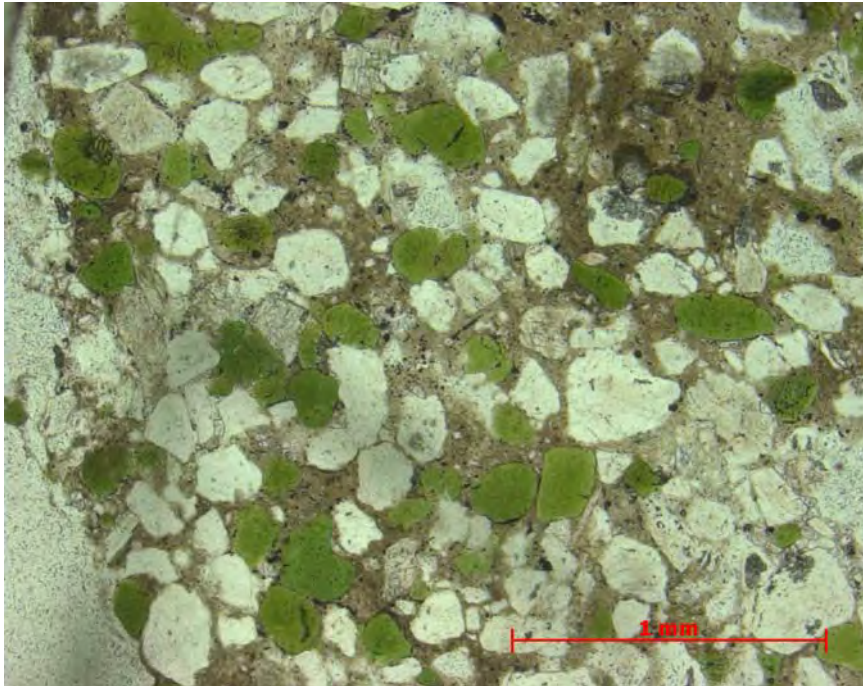


Foto 21. Fm Vaals. Glauconietrijke kalkzandsteen.
Boring KS42 -695m. Microfaciestype V2

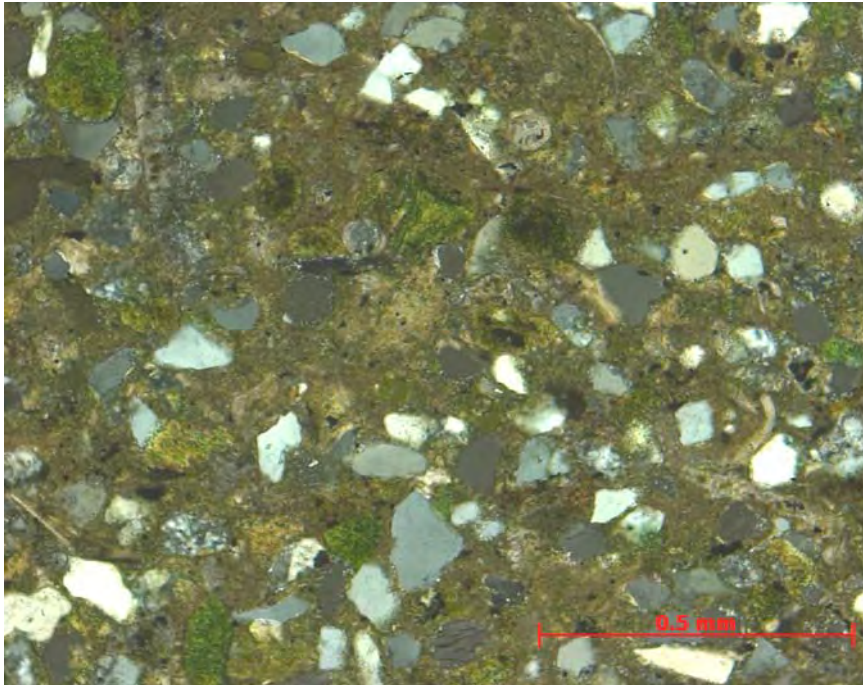


Foto 22. Fm Vaals. Gelamineerde zandige licht bioklastische glauconiethoudende kalkrijke zandsteen met een packstone textuur. Gekruiste nicols.
Boring Voort -559 m. Microfacies type V3

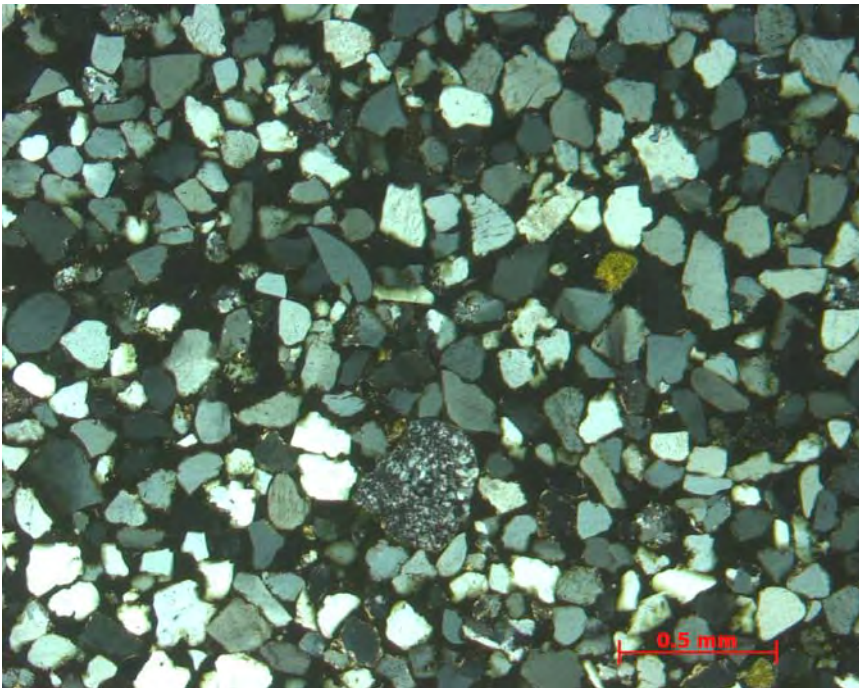


Foto 23. Fm Aken. Kwartsarenitisch zand met zeldzame glauconiet en chert. Hoofdzakelijk monokristallijn kwarts, veldspaten ondergeschikt. Gekruiste nicols.
Ontsluiting Kelmis (zandgroeve). Microfacies type A1

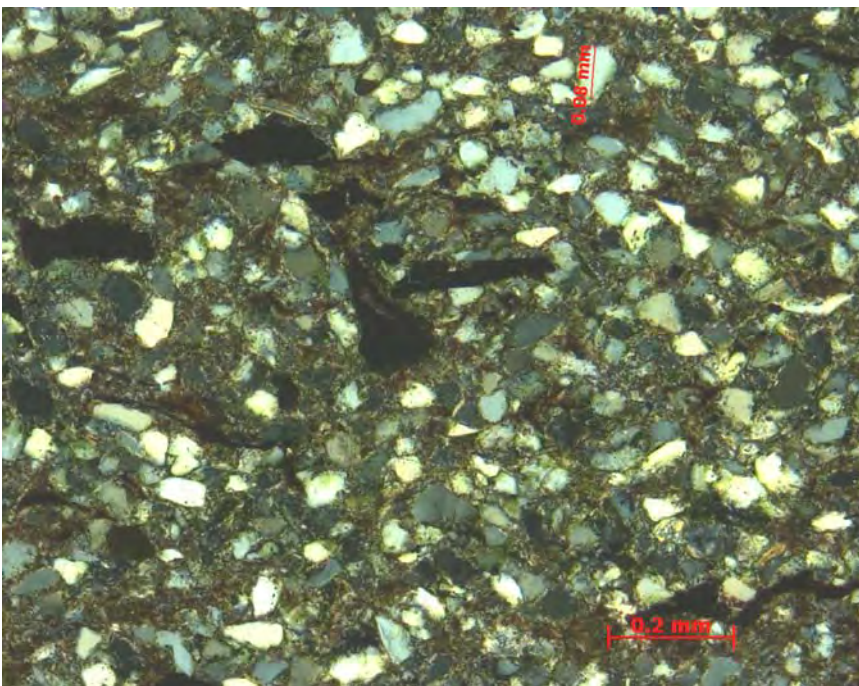


Foto 24. Fm Aken. Gelamineerde of gestraticuleerde “vuile” kalkrijke siltsteen tot fijne zandsteen. (korrelgrootte 40-70 micron). Kalkrijke zones vertonen packstone textuur. Gekruiste nicols.
Boring KS22 -571,30 m. Microfaciestype A2

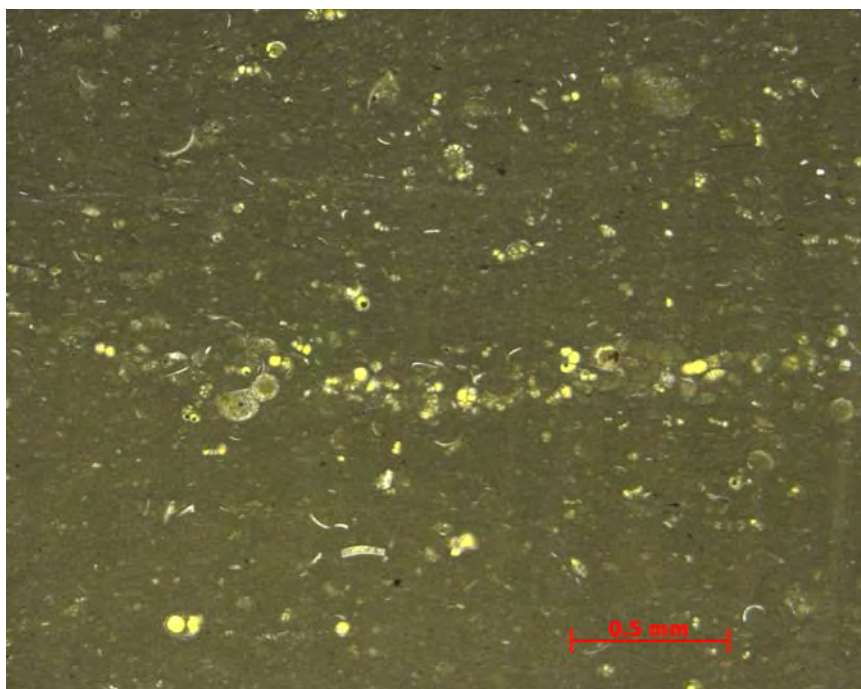


Foto 25. Fm Nevele. Fijn gelamineerde foraminiferen mudstone/ wackestone met laminae rijk aan planktonische foraminiferen (opvallende intragranulaire porositeit).
Boring Nevele -212,8 m. Microfaciestype N1

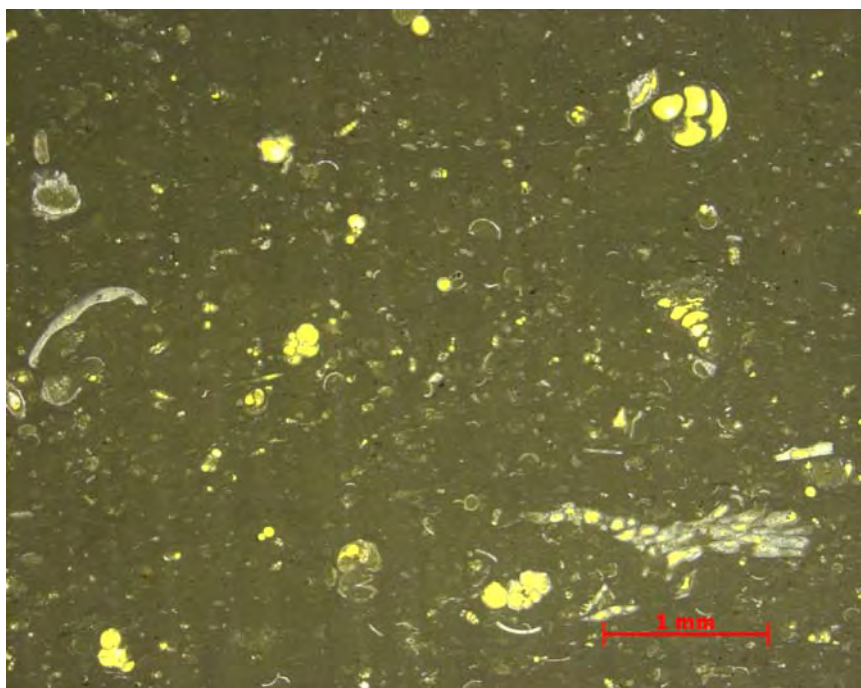


Foto 26. Fm Nevele. Bioklastische foraminiferenrijke mudstone/wackestone (benthische en planktonische kleine forams) met getransporteerde (?) ondiep water. biota (o.a. bryozoa, ostracoden).
Boring Nevele -220 m. Microfaciestype N1sp

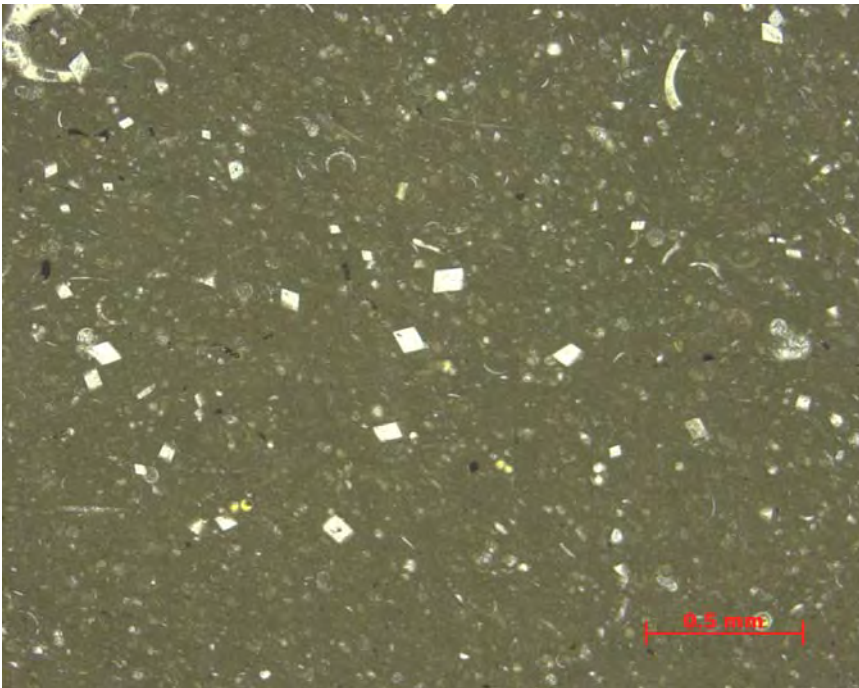


Foto 27. Fm Nevele. Bioklastische mudstone/wackestone met calciethomboëders (prismatische elementen - desintegratie van inoceramide bivalven).
Boring Doel 1b -659,50 m. Microfaciestype N3

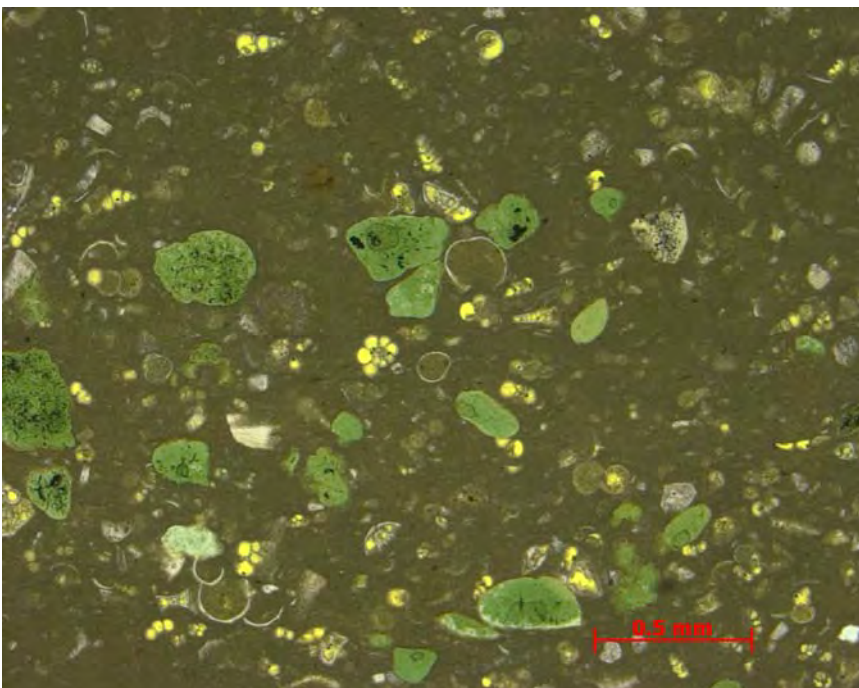


Foto 28. Fm Nevele. Glauconietrijke bioklastische foraminiferen mudstone tot wackestone.
Boring Nevele -231,15 m. Microfaciestype N4

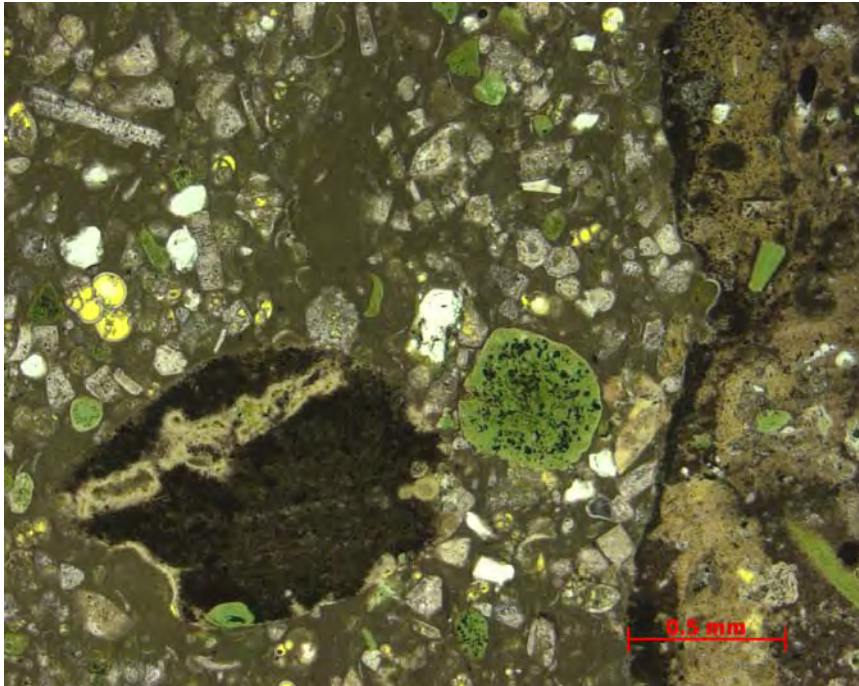


Foto 29. Fm Nevele. Glauconietrijke zandige foraminiferenrijke bioklastische packstone (kalkrijke zandsteen) met grote gefosfatiseerde en met glauconiet geïmpregneerde intraklasten (allicht herwerkt van onderliggende firmgrounds of hardgrounds).
Boring Vinderhoute -252,75 m. Microfacies type N5

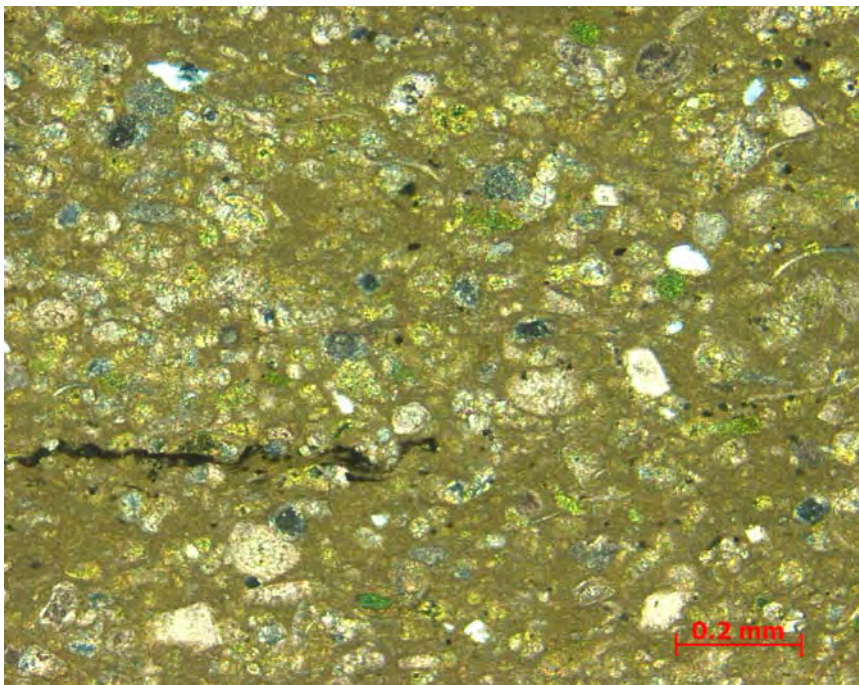


Foto 30. Fm Esplechin. Siltrijke bioklastische glauconietrijke wackestone. Gekruiste nicols.
Boring Veurne -220,65 m. Microfacies type E1



Foto 31. Fm Esplechin. Hybrid sediment. Relatief grofkorrelig glauconietrijk zand ingebed in bioklastische wackestone.
Boring Koolkerke -325 m. Microfaciestype E2

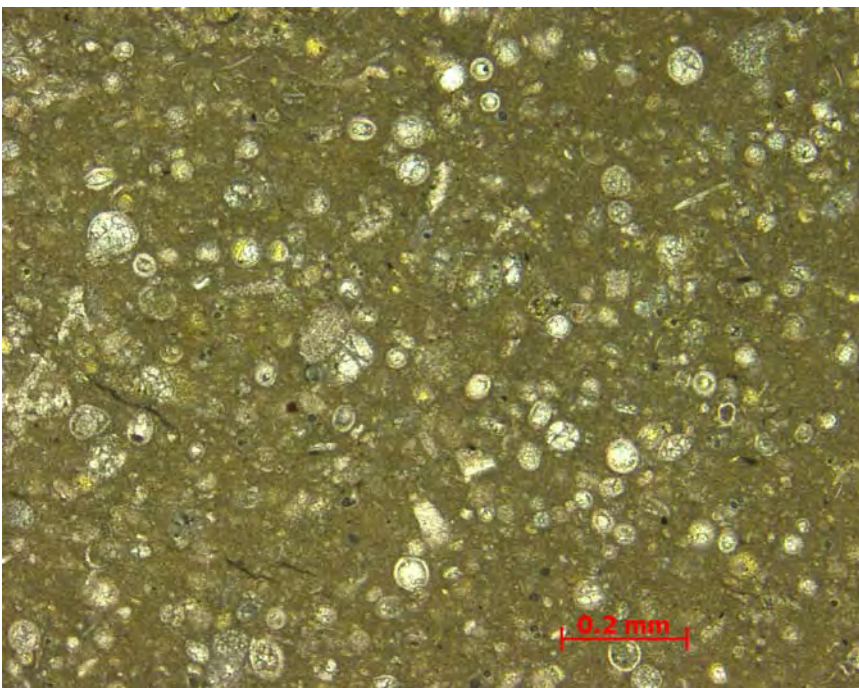


Foto 32. Fm Vert Galand. Bioklastische calcisferenrijke wackestone.
Boring Nieuwkerke-Noordhoek -193,97 m. Microfaciestype VG1

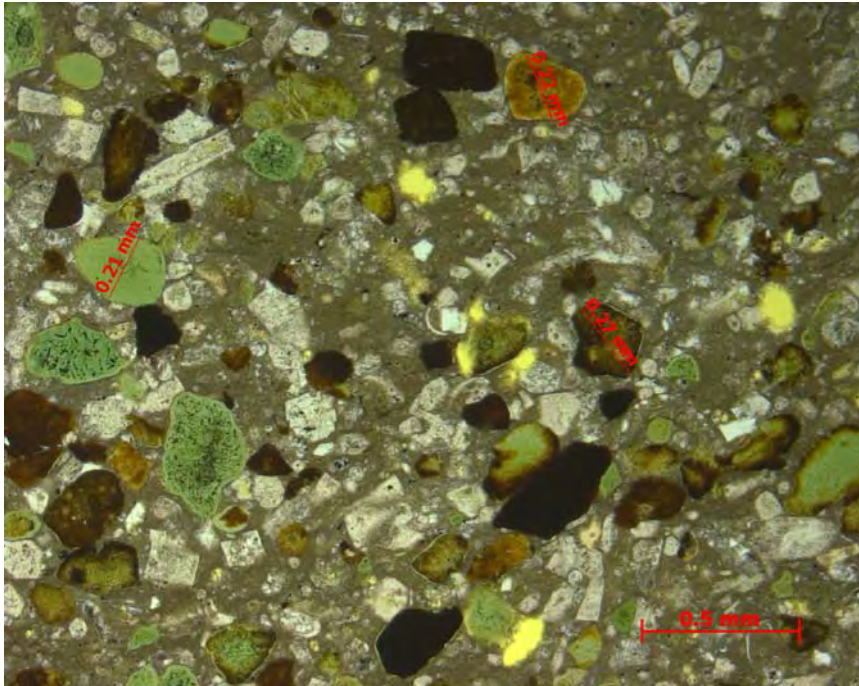


Foto 33. Glauconietrijke bioklastische wackestone/packstone. Let op verschillende oxidatiegraad van herwerkte grote glauconietkorrels.
Boring Nieuwkerke-Noordhoek -217,66 m. Microfaciestype VG2

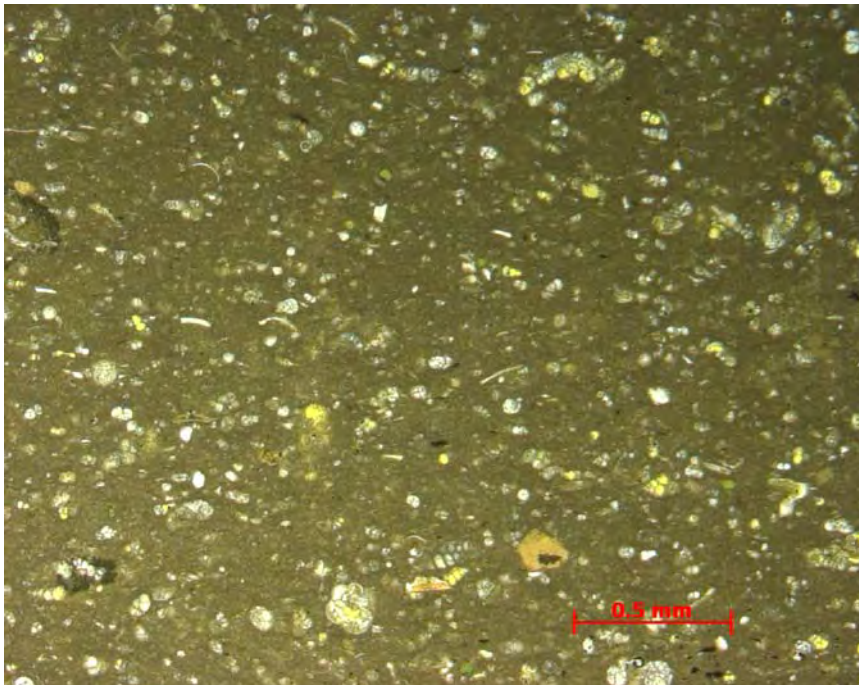


Foto 34. Fm Esplechin. Siltrijke bioklastische (foraminiferenrijke) wackestone. Zeldzame fosfaatkorrels.
Boring Veurne -239,85 m. Microfaciestype E1

7.4 Appendix D: Grote afdrukken van de typeprofielen en figuur staalname boringen met microfaciestypes

verdeellijst:

5 exemplaren	ANRE
1 exemplaar	BGD
5 exemplaren	VITO