

# Organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek

van het organisch materiaal (bitumen en kerogen) uit het Namurien en de basis van het Boven-Krijt (Santonien) in het Zuid Limburgs-Belgisch grensgebied.

P.M. FLEKKEN

Kernforschungsanlage-Jülich  
Programmgruppe für Erdöl und Organische Geochemie  
517 Jülich/Postfach 1913/Duitsland.

1976 Grondboor en Hamer nr. 6

## SUMMARY

The organic matter (bitumen, kerogen) from Carboniferous (Namurian) and Upper-Cretaceous (Santonian) sediments from four locations in South-Limburg/The Netherlands and Belgium has been investigated by methods of organic-geochemistry (organic-carbon, extraktion, thinlayer chromatography, gas-liquid chromatography), coal-petrography (reflectivity, maceralgroup analysis) and microscopy. The organic matter of the silty-clays of the Santonian proved to be mainly terrestrial plant debris. The average coalification-rank of the phytoclasts is lignite (soft browncoal, average reflectivity  $R_m$  oil, 546 nm: 0,35%). The phytoclasts of the Carboniferous sediments, with a rank of anthracite ( $R_{max}$  oil, 546 nm: 4,1%), strongly differ from those of the Cretaceous sediments in maceralgroup and organic geochemical composition. Because it is often difficult to distinguish between the Santonian sediments and the waste-mantle of the Namurian, these organic geochemical and coal petrographical methods can be of good use to separate them. Bacterial degradation of the organic matter of the waste-mantle has been proved.

## INLEIDING

Sinds verscheidene jaren wordt er door de Rijks Geologische Dienst aan een nieuw-kaartering van Zuid-Limburg gewerkt. De afdeling kaartering o.l.v. drs. O.S. KUYL zette in 1974 in Cartiels nabij Gulpen een boring (62B-812) voor het onderzoek van het Zand van Vaals. Deze kernboring werd tot in de top van het Carboon (Namurien) doorgevoerd.

Door drs. O.S. KUYL werden mij de kernen van het Namurien en de basis van het Krijt welwillend afgestaan voor een organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek.

Tevens werden op nog twee plaatsen in Zuid-Limburg - te Terziet (Kuttingerweg) en aan de Mergelsbeek (Cottessen, ontsluiting no. 62D-108; FELDER e.a. 1962) - profielen opgenomen en bemonsterd. In het aangrenzend Belgisch gebied werden bij Welkenraedt (Dickenbusch) (Briquetterie Mécaniques de l'Est/Division Welkenraedt) in een verlaten kleigroeve ook verscheidene kleimonsters genomen. Deze locaties zijn in het kaartje fig. 1 weergegeven.

Het doel van dit organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek van de Carboon-top en de Krijt-basis was:

- a) de analyse van het organisch materiaal (bitumen, kerogen),
- b) het bepalen van de diagenese/inkolingsgraad van dit organisch materiaal c.q. van deze sedimenten,

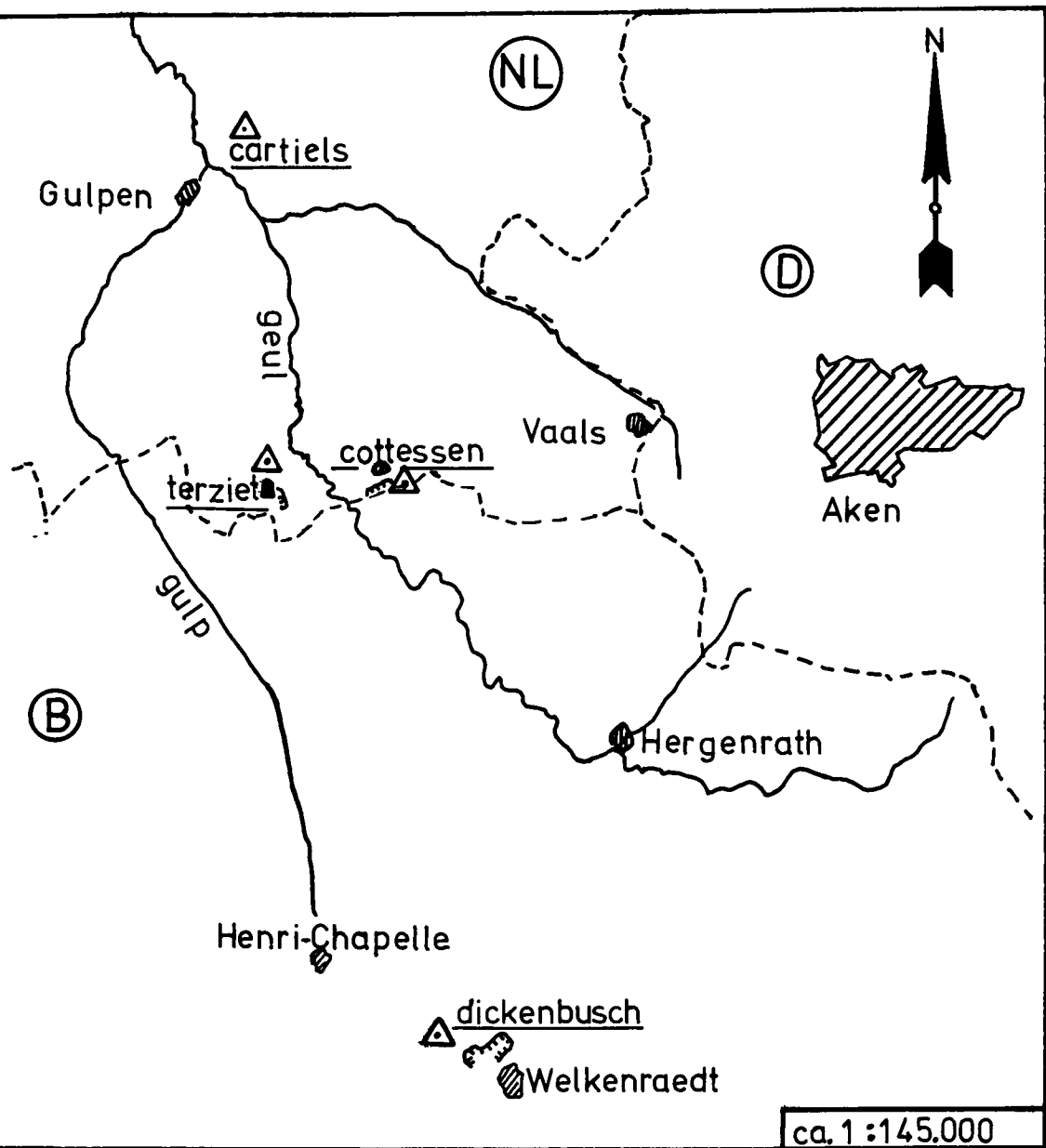


fig 1  
 Overzichtskaartje van de locaties der onderzochte profielen Terziet, Cottessen, Cartiels en Dickenbusch.

c) de vergelijking van het organisch materiaal uit het Krijt en het Carboon, en hieruit een methode ontwikkelen om de basis van het Krijt van de verweringslaag van het Carboon te onderscheiden.

Kortom: het karakteriseren van het organisch materiaal.

## STRATIGRAFIE EN LITHOLOGIE

Nadat zich erosieproducten van het zich in het zuiden vormende gebergte (o.a. de Vogezen en Midden-Duitsland) in de Ondercarbonische Viséén-zee hadden afgezet, breidde deze gebergtevorming zich in noordelijke richting uit. Zuid-Limburg kwam binnen de uitlopers van de puinwaaiers van dit zich vormende gebergte te liggen (ROMEIN 1966). Deze erosieproducten, die in de Bovencarbonische Namuriën-zee werden afgezet, vinden we nu als kleischalies met zandsteenbanken terug. Deze Namuriën-sedimenten zijn de oudste ontsloten gesteenten in Zuid-Limburg. In het Geuldal, o.a. in de Heimansgroeve, komen ze aan de oppervlakte. Het afzettingsmilieu was een overgang tussen marien en terrestrisch. Na de afzetting van het steenkoolvoerend Westfalien-C werd Zuid-Limburg zwak geplooid (Asturische fase).

Van de tijd tussen het Carboon en het Boven Krijt zijn Trias (Bontzandsteen) en misschien ook Jura sedimenten (Lias) in Zuid-Limburg afgezet, maar weer geërodeerd.

Pas in het Boven-Krijt keerde de zee hier weer terug. Voor Zuid-Limburg betekende dit, dat op z'n laatst tegen het begin van het Boven-Krijt, het Boven-Carboon weer aan de oppervlakte lag. In het oostelijk en zuidelijk aangrenzend gebied lag nu bovendien Onder-Carboon en Devoon aan de oppervlakte. Gedurende lange tijd tussen einde Westfalien en Boven-Krijt hebben deze lagen onder verweringsinvloed gelegen en een sterke erosie ondergaan. In Zuid-Limburg en het aangrenzend Duits-Belgisch gebied resulteerde dit in een verweringslaag (fig. 2) en een peneplain. BEISSEL (1886) noemde het materiaal waaruit de verweringslaag bestaat 'Baggert'. In de Duitse literatuur (o.a. BREDDIN 1932) wordt ze de 'paläozoische Verwitterungsrinde' genoemd.

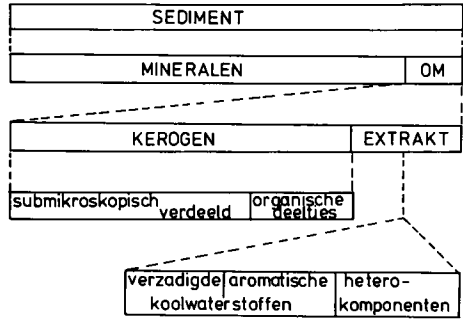
fig. 2

Stratigrafische indeling van de basis van het Boven-Krijt van Zuid-Limburg en omgeving.

Stratigrafie		Lithostratigrafie		Notatie	
				FELDER W. (1975)	UHLENBROEK (1912)
Boven - Krijt	Campanien	Formatie van Vaals	Zand van Raren	IIa	Cr.2
	Santonien	Formatie van Aken	Zand van Aken	Ib.	Cr.1
			Klei van Hergenrath	Ia	
Verweringslaag					
Carboon of Devoon					

fig. 3

Schematische samenstelling van het organisch materiaal (OM) in een sediment. (verandert naar: Leythaeuser 1975)



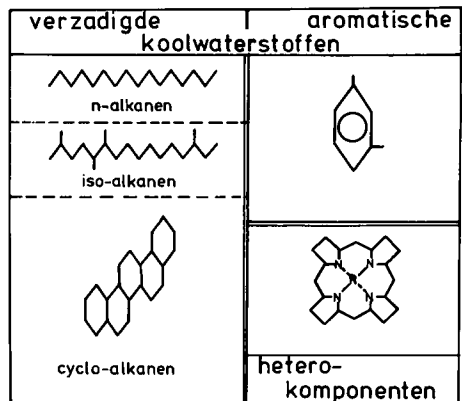
Op dit geëgaliseerd en verweerd Carboon en Devoon werd in dit gebied het zandig-kleiïg gedeelte van het Boven-Krijt afgezet. De basis van het Boven-Krijt wordt in het grensgebied van Zuid-Limburg gevormd door de Klei van Hergenrath. Stratigrafisch behoort ze tot de Formatie van Aken en wel tot het onderste gedeelte ervan. UHLENBROEK (1912) gebruikte voor deze formatie de notatie Cr. 1. De nieuwe lithostratigrafische indeling van het Krijt in Zuid-Limburg volgens FELDER (1975) geeft de Klei van Hergenrath de notatie Ia (fig. 2). Hoewel in deze lagen (nog) geen gidsfossielen gevonden zijn, kan door een vondst van *Inoceramus patonensisformis* in het Zand van Aken, die op een Boven-Santonische ouderdom wijst, de Klei van Hergenrath chronostratigrafisch tot het Santonien gerekend worden (pers. med. ALBERS\*).

Lithologisch is de Klei van Hergenrath, in de Duitse literatuur ook wel 'Basiston' (BREDDIN 1932) of 'Hergenrather Schichten' (DIELER 1961) genoemd, grotendeels opgebouwd uit grijze kleiige silten en siltige kleien. Ook tamelijk grove witte zanden en donkergrijze kleien hebben deel aan haar opbouw. Makroskopisch is de Klei van Hergenrath vaak niet van de Carbonische verweringslaag te onderscheiden. De fossielinhoud bestaat o.a. uit sporen en pollen (WEYLAND & KRIEGER 1953), zaden (VANGEROW 1954) en ingekoolde houtstukken. ROMEIN (1966) en FELDER (1975) typeren het afzettingsmilieu als lagunair. Het klimaat was vochtig-warm.

\*) Dr. H. Albers, Geologisch Institut TH-Aachen, Wüllnerstrasse 2 - Aachen/Duitsland.

fig. 4

Schematische samenstelling van het extract en de verzadigde koolwaterstoffen met voorbeelden van hun koolstofkelet.



## ONDERZOEK VAN HET ORGANISCH MATERIAAL

In fig. 3 zien we de samenstelling van een sediment; bijvoorbeeld een kleischalie. Slechts een klein deel van dit sediment bestaat uit organisch materiaal (OM). Hierbij verstaan we onder organisch materiaal detritus van planten en dierlijke wekdelen, géén skelet- of schelpdelen. De bepaling van het gehalte aan organische koolstof ( $C_{org}$ ) levert ons, na vermenigvuldiging met een (doorsnee) faktor van 1,25, het gehalte aan organisch materiaal op.

De karbonaatkoolstof in het gemalen monster ( $<0,08$  mm) werd door 4N-HCl ( $50^{\circ}C$ ) verwijderd. Verbranding in een Leco-koolstofanalysator levert het gewichtspercentage organische koolstof op. Een onderzoek van gesteenten van het Russisch Platvorm (RONOV 1958) waarbij meer dan 25000 monsters geanalyseerd werden, leverde in gebieden waar geen aardoliehoudende of aardoliemoedergesteenten voorkomen, voor sedimenten, afgezet in een lagunair milieu, de volgende doorsnee-gehalten aan organische koolstof op: zandsteen: 0,15%; karbonaategesteente 0,17%; leisteen 0,38%.

Het organisch materiaal zelf bestaat weer voor ca. 90% uit onoplosbaar (per definitie onoplosbaar in organische oplosmiddelen) organisch materiaal, het zogenaamde 'kerogen'. De andere 10% bestaat uit het oplosbare 'bitumen' of 'extract'.

100 g. gemalen ( $<0,08$  mm) sediment werd in een Soxhlet-apparatuur, bij een temperatuur van  $50^{\circ}C$ , 20 uur geëxtraheerd. Als oplosmiddel diende dichloormethaan. Om organische zwavelhoudende verbindingen te verwijderen werd een in gec. HCl geactiveerd koperplaatje toegevoegd. Na indampen werd het gewicht van het extract in ppm (mg/kg) van het gesteente bepaald.

Dit extract kan chromatografisch in de stofgroepen der verzadigde koolwaterstoffen, de aromatische koolwaterstoffen en de heterokomponenten gescheiden worden (fig. 3).

Het extract werd door middel van de dunne-laag chromatografie (TLC) gescheiden. Als loopvloeistof voor de fractie der verzadigde koolwaterstoffen diende cyclohexaan en voor de aromatische koolwaterstoffen een mengsel (1:1) van benzeen en cyclohexaan. Als eluatievloeistof diende voor de verzadigde koolwaterstoffractie dichloormethaan. Voor de aromaten en de heterokomponenten werd een mengsel van chloroform en ethanol (1:1) gebruikt.

De verzadigde koolwaterstoffen werden gaschromatografisch verder onderzocht.

Voor deze analyse werd een onpolaire chromosorb-w (kieselgoer) kolom (doorsnee 1,5 mm; lengte 3 m.), met een eutektisch mengsel (alkalinitraat) als stationaire fase, gebruikt. Als mobiele fase diende stikstofgas. Ter identificatie der normaal-alkanen (n-alkanen) (fig. 4) diende een n-alkaan ijkoplossing van bekende samenstelling.

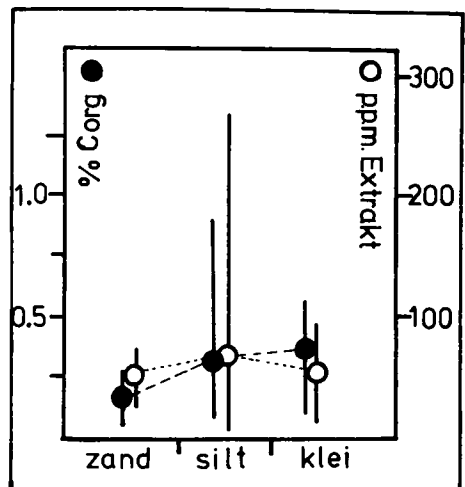


fig. 5  
Maximaal, minimaal en gemiddeld gehalte aan organische koolstof (Corg) en Extract in de Klei van Hergenrath in relatie tot de lithologie (gebaseerd op 55 analyses).

Instelling van de Hewlett-Packard Research-Chromatograph Modell 7620A: Injectorblok 280°C; Detector (FID) 320°C. Voor de kolom gold het volgend temperatuur programma: begintemperatuur 100°C; isotherm 2 min., daarna stijgend met 6°C per min. tot 300°C, waarna nog 4 min. bij 300°C isotherm. Gasstroom N<sub>2</sub> 30-40 ml/min; H<sub>2</sub> 20-30 ml/min; perslucht 250 ml/min.

Van het onoplosbare kerogen is slechts 5-10% optisch-mikroskopisch zichtbaar.

Deze organische deeltjes werden door middel van de Thoulet-scheidingsvloeistof (s.g. 1,95) uit het (<0,5 mm) gemalen sediment geïsoleerd. Van dit concentraat werd een slijpplaatje (polish) vervaardigd. Een gedeelte van het concentraat werd gebruikt voor een doorlicht strooi-preparaat.

## KARAKTERISERING VAN HET ORGANISCH MATERIAAL

### Organische koolstof

In de onderzochte monsters van de Klei van Hergenrath varieert het gehalte aan organische koolstof tussen 0,05% en 0,91%, wat met een gehalte aan organisch materiaal van ca. 0,07% respectievelijk van ca. 1,14% overeenkomt. Weliswaar worden hogere waarden bereikt, tot zelfs 13,4%, maar in deze monsters komt ingekoold hout voor, zodat deze voor een bepaling van het gehalte aan organische koolstof niet in aanmerking komen. Ze zijn ook niet in de diagrammen verwerkt. Het gemiddelde gehalte bedraagt voor de onderzochte Krijtsedimenten 0,31%. Voor de Carbonische sedimenten lagen de waarden tussen 0,32% en 1,18%. Het gemiddelde gehalte lag bij 0,65% (fig. 6).

### Extraktgehalte

De extrakt- of bitumengehalten in de Klei van Hergenrath variëren sterk. Weer uitgezonderd de monsters waarin ingekoold hout voorkomt, liggen deze gehalten tussen 6 ppm en 321 ppm (mg/kg). Het gemiddeld extraktgehalte bedraagt 69 ppm.

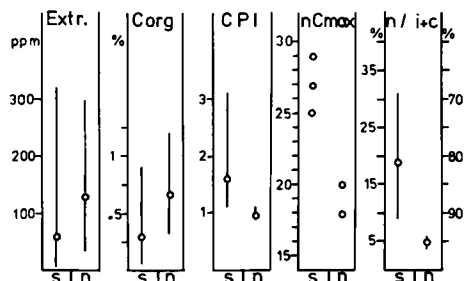
De gehalten in het Namurien liggen tussen 35 ppm en 299 ppm. Ze variëren iets minder sterk dan die in het Santonien. Het gemiddelde ligt echter hoger en wel bij 128 ppm (fig. 6).

### Inloed van de lithologie van het Santonien op het gehalte aan organische koolstof en het extraktgehalte.

In fig. 5 zijn de maximale, minimale en gemiddelde gehalten aan organische koolstof en extrakt in relatie tot de lithologie weergegeven. Hieruit blijkt, dat de monsters met een overwegend silt-aandeel, de extraktgehalten het hoogst zijn, maar dat de gehalten aan organische koolstof iets terug vallen ten opzichte van die in de kleimonsters. Dit komt omdat aan de kleideeltjes het organisch materiaal sterk adsorptief gebonden is en zodoende moeilijker te extraheren. Vergelijking met het boven geciteerde onderzoek van RONO (1958) toont ons, dat het organisch koolstofgehalte in de zanden en kleien goed met die van lagunaire sedimenten van het Russisch Platvorm overeenkomt.

fig. 6  
Vergelijking van het Santonien (s) en het Namurien (n) aan de hand van organisch-geochemische uitkomsten.

Extr. = Extraktgehalte; Corg = organische koolstof; CPI = Carbon Preference Index; nCmax = n-alkaan met maximale intensiteit; n/i+c = procentueel aandeel aan n-alkanen (links) en iso+cycloalkanen (rechts).



**Extraktamenstelling**

De door middel van de dunne-laag chromatografie in de drie stofgroepen gescheiden Krijt-extrakten gaven zeer geringe gehalten aan verzadigde en aromatische koolwaterstoffen; elk ca. 10%. De heterokomponenten maakten hiervan ca. 80% uit. Volgens LEYTHAEUSER (1975) wijst dit op een geringe diagenesegraad van deze sedimenten. De fraktie der verzadigde koolwaterstoffen werd verder gaschromatografisch onderzocht. De normaal-, iso- en cyclo-alkanen, die de fraktie der verzadigde koolwaterstoffen vormen, staan in fig. 4 met voorbeelden van hun koolstofskelet afgebeeld.

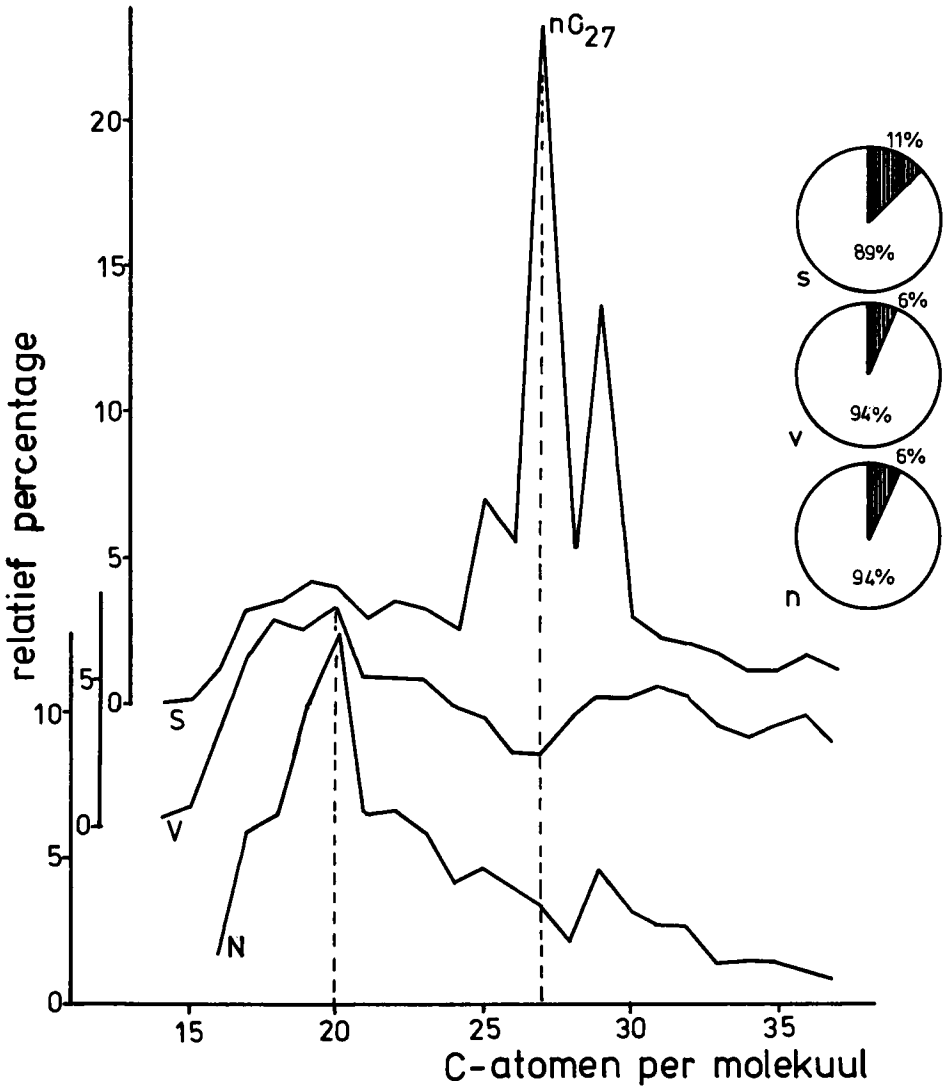


fig. 7  
 Vergelijking der n-alkaan spectra van het Santonien (s), de verweringslaag van het Namurien (v) en het Namurien (n). In de cirkels gearceerd de verhoudingen van hun n-alkaan percentage in de verzadigde koolwaterstoffraktie. (Profiel Terziet)

In de chromatogrammen werden de n-alkanen met een aantal koolstof atomen per molecuul van 14 t/m 36 (nC<sub>14</sub>-nC<sub>36</sub>) door middel van een ijkoplossing geïdentificeerd en hun hoeveelheden in relatieve percentages omgerekend. Zo'n verdelingspatroon voor het Krijt, de verweringslaag en het vaste Carboon van monsters uit de boring Terziet is als voorbeeld in fig. 7 weergegeven.

Het verdelingspatroon van de n-alkanen alsook de ligging van het maximum (nC<sub>max</sub>) en het bevoorrecht optreden van de oneven n-alkanen is bij de beoordeling van een chromatogram belangrijk. Wat betreft de diagenesegraad van een sediment kunnen we zeggen dat bij een geringe diagenese de n-alkanen een breed verdelingsspectrum hebben met een bevoorrecht optreden van de oneven n-alkanen tussen nC<sub>25</sub> en nC<sub>31</sub>. met toenemende diepte, dus temperatuurstijging, neemt het aandeel aan n-alkanen tussen nC<sub>25</sub> en nC<sub>31</sub> af. Daarvoor vormen zich dan hun kortere homologen. Tegelijkertijd verdwijnt het bevoorrecht optreden van de oneven n-alkanen.

Op fig. 7 is te zien dat in het verdelingsspectrum voor de Krijtmonsters het maximum bij nC<sub>27</sub> ligt. Bij andere Krijtmonsters lagen de maxima bij nC<sub>25</sub>, nC<sub>27</sub> of nC<sub>29</sub> (fig. 6). Ook treden in alle Krijtmonsters de n-alkanen nC<sub>25</sub>, nC<sub>27</sub>, nC<sub>29</sub> en nC<sub>31</sub> duidelijk naar voren. Dit wijst op een geringe diagenesegraad voor de onderzochte Krijtmonsters. De sterke intensiteit van de n-alkanen tussen nC<sub>25</sub> en nC<sub>31</sub> duidt tevens op een zeer sterke terrestrische beïnvloeding van deze sedimenten; dat wil zeggen dat het organisch materiaal voor een overgroot deel uit landplanten detritus bestaat. Afbouwprodukten van de uit was bestaande cuticulen doen deze grote intensiteiten ontstaan (LIJBACH 1975). De maxima der Carboonmonsters liggen daarentegen bij nC<sub>18</sub> en nC<sub>20</sub>, wat dus op een hogere diagenesegraad wijst (fig. 7).

Het bevoorrecht optreden van de oneven n-alkanen kan men als getal uitdrukken. Deze index noemt men de Carbon Preference Index, kortweg CPI of ook wel odd-even ratio genoemd (BRAY, EVANS 1961). In deze studie is deze index berekend volgens de formule:

$$CPI = (nC_{19} + nC_{21} + \dots + nC_{31}) / (nC_{18} + nC_{20} + \dots + nC_{30})$$

De uitkomsten zijn in fig. 6 weergegeven. Voor de Krijtmonsters ligt deze CPI-waarde met een gemiddelde van 1,6 hoog. Het Namurien varieert gering en ligt gemiddeld bij 0,95 (fig. 6). Refererend aan het bovengezegde, dat met toenemende diagenese het bevoorrecht optreden van bepaalde oneven n-alkanen afneemt en dus ook onze CPI-index steeds meer waarden rond 1 nadert, betekent dit dat de Krijtsedimenten een veel geringere diagenesegraad bezitten dan de Carbonische.

De gaschromatogrammen van de verweringslaag en het vaste Namurien tonen een sterk bevoorrecht optreden van de iso- en cyclo-alkanen (fig. 4, 6, 8). Bij de Krijtmonsters is deze verhouding verschoven ten gunste van de n-alkanen.

Dit komt doordat de n-alkanen bacterieel veel gemakkelijker te 'verteren' zijn dan de iso- en cyclo-alkanen (BAILEY, JOBSON, ROGERS 1973). Omdat de Carboonlagen lange tijd in een vochtig-warm klimaat aan de oppervlakte gelegen hebben, is zo'n bacteriële afbouw zeer waarschijnlijk. Op fig. 8 is tevens goed te zien dat in de verweringslaag bijna alle kortere n-alkanen, vergeleken met het Namurien-chromatogram, verdwenen zijn. De bacteriën 'houden' niet alleen meer van n-alkanen, maar ze preferen ook nog die met het geringste aantal koolstofatomen per molecuul.



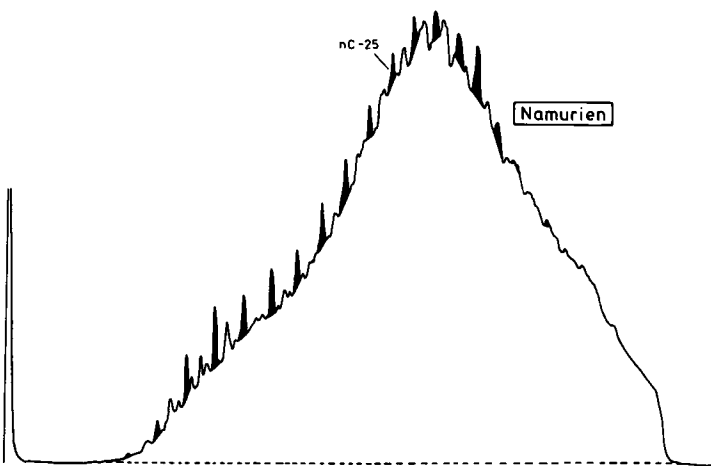
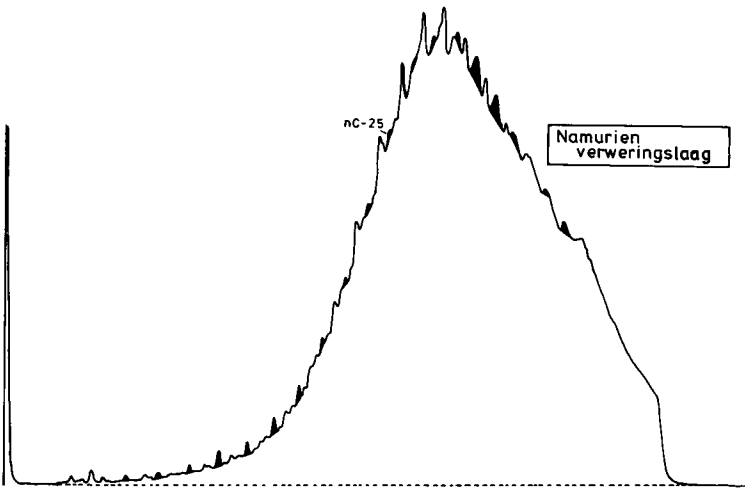
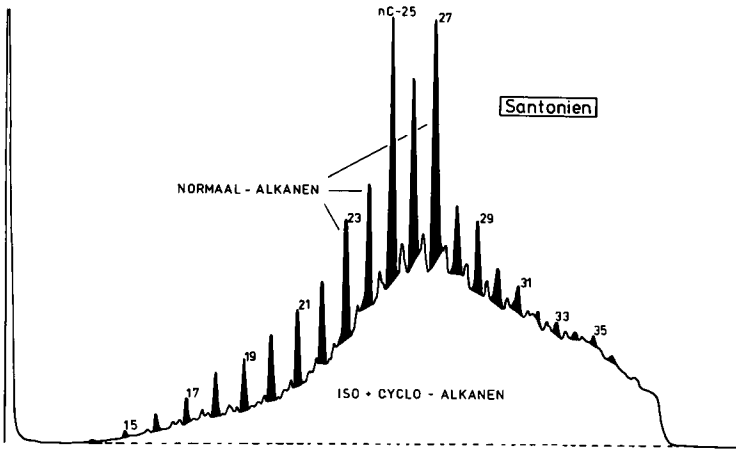


fig. 8  
 Vergelijking van de chromatogrammen der verzadigde koolwaterstoffen van het Santonien, de verweringslaag van het Namurien en het Namurien. In zwart: de n-alkanen; in wit de iso+cyclo-alkanen). (Profiel Cartiels)

### Samenstelling van het kerogen

Zoals we in fig. 3 zien bestaat het organische materiaal voor een gering deel, namelijk slechts ca. 10%, uit optisch-mikroskopisch zichtbare organische deeltjes. De andere 90% is submikroskopisch verdeeld (LEYTHAEUSER 1975). Deze organische deeltjes, ook wel organolieten (ALPERN 1970) of phytoklasten (BOSTICK 1973) genoemd, werden op hun samenstelling met doorlicht- en oplichtmethoden onderzocht.

Het onderzoek van deze strooipreparaten toonde aan, dat het overgrote deel van de organische deeltjes uit het Krijt uit terrestrisch materiaal bestaat, namelijk uit plantaardige weefseldelen, cuticulen met huidmondjes (stomata) en tracheeën. Ook het overvloedig optreden van sporomorfen (sporen en pollen) toont de grote terrestrische invloed in deze Santonien-sedimenten. De opake deeltjes waren gering in aantal. In de Carboonmonsters daarentegen waren slechts opake deeltjes te zien.

Aan de oplicht preparaten werd het reflektievermogen van de huminietdeeltjes gemeten. Tevens werden de relatieve aandelen der liptinitische, huminitische en inertinitische bestanddelen bepaald. Men noemt dit laatste een maceraal-groepen analyse.

Bij de reflectie-meting wordt aan de huminiet-deeltjes gemeten hoeveel procent van het opgestraalde licht gereflekteerd wordt.

Met toename van de inkoling wordt steeds meer licht gereflekteerd. Dit komt omdat zich steeds meer aroma-at-komplexen vormen die zich in lagen ordenen. (Gemeten werd in olie en bij 546nm) (de VRIES, HABETS, BOKHOVEN 1968). De percentages voor het Krijt liggen gemiddeld bij 0,35% (fig. 9). Vergelijken we dit met fig. 10 dan zien we dat de inkolingsgraad van deze kerogen-deeltjes in het bereik van de zachte-bruinkool tot de grens zachte-bruinkool/mat-bruinkool varieert. We weten dat de (vloeiende) overgang tussen biochemische en geochemische inkoling in het mat-bruinkool stadium plaats heeft. De biochemische fase is het bereik waar bacteriën voor de inkoling zorgen. In de geochemische fase daarentegen zorgt de temperatuur (en de tijd) voor het voortschrijden van de inkoling. Het Santonien bevindt zich dus nog in de biochemische inkolingsfase.

De onderzochte Carboonmonsters liggen daarentegen met een reflektievermogen ( $R_{max}$ ) van 4,1% in het anthraciet-stadium (fig. 9, 10).

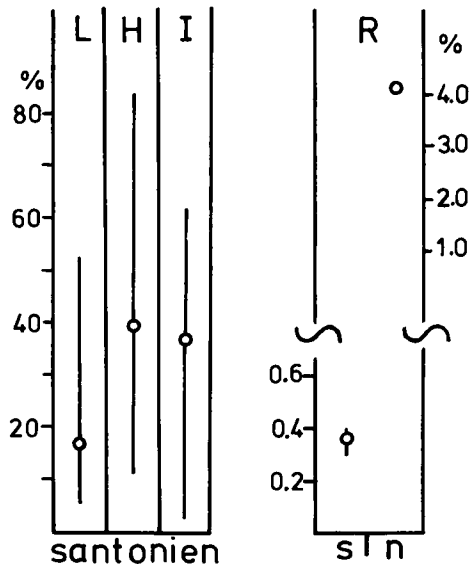


fig. 9a  
De maceraalgroepen verdeling van het kerogen in de Klei van Hergenrath. (L = Liptiniet, h = huminiet, i = inertiniet)

fig. 9b  
Vergelijking van het Santonien (s) en het Namurien (n) aan de hand van hun reflektievermogen (Santonien:  $R_m$ ; Namurien:  $R_{max}$ ).

De samenstelling van de maceraalgroepen in de Krijt- en Carboonmonsters toonde grote verschillen. In fig. 9 zijn de procent-aandelen aan liptiniet, huminiet en inertiniet voor de Krijtmonsters weergegeven. We zien dat de Krijtmonsters gemiddeld voor een relatief groot gedeelte bestaan uit huminitische en inertinitische deeltjes, en voor een kleiner gedeelte uit liptiniëten. Maar we zien ook dat de procentuele aandelen van de maceraalgroepen zeer sterk variëren. Het gehalte aan liptinitisch, hoofdzakelijk gefigureerde liptiniëten, materiaal van gemiddeld 18% is hoog.

In het stadium, waarin de Carboonmonsters zich bevinden, is geen onderscheid meer te maken tussen deze drie maceraalgroepen.

%Rm <sub>vitr</sub>	RANG	
.2	TURF	
.3	ZACHTE BRUINKOOL	BRUINKOOL
.4	MAT-BRUINKOOL	
.5	GLANS-BRUINKOOL	
.6	VLAMKOOL	
.7	GASVLAMKOOL	STEENKOOL
.8	GASKOOL	
1.0	VETKOOL	
	ESKOOL	
2.0	MAGERKOOL	
3.0	ANTHRACIET	
4.0		

fig 10  
Korrelatie tussen het reflektievermogen en de kolensoort (rang). (verandert naar: Teichmüller 1974).

### SAMENVATTING

Het organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek van het kerogen en het bitumen van de Klei van Hergenrath leverde de volgende resultaten op:

Zowel de gaschromatografische en kolenpetrografische analyses toonden aan dat de sedimenten zeer sterk terrestrisch beïnvloed zijn; het organisch materiaal bestaat bijna uitsluitend uit detritus van landplanten.

De diagenese/inkolingsgraad van deze Krijtsedimenten bevindt zich in het zachte-bruinkoolstadium.

Vergelijking tussen het Namurien en het Santonien toont grote verschillen in de bitumen en kerogen samenstelling en de inkolingsgraad. Het Namurien bevindt zich met een reflektievermogen van 4,1% in het anthracietstadium.

Ook het n-alkaan verdelingspatroon toonde grote verschillen tussen de Krijt- en Carboonmonsters.

De verweringslaag en het Namurien toonden zo'n grote overeenkomst, dat de verweringslaag zeker tot het Namurien gerekend kan worden. Daar waar het makroskopisch onmogelijk of moeilijk is de grens tussen verweringslaag en Klei van Hergenrath te leggen, kan van een der boven beschreven methoden gebruik gemaakt worden.

Bakteriële vertering van het organisch materiaal werd aangetoond in de verweringslaag van het Namurien.

#### WOORDENLIJST

Tracheeën: In de plantkunde de benaming voor houtvaten.

Cuticula: Laagje vet of was-achtige stoffen op de buitenkant van de bladoppervlakte (epidermis).

Verzadigde koolwaterstoffen: Molekulen die uitsluitend bestaan uit koolstof en waterstof. Alle bindingen zijn verzadigd; (fig. 4).

Aromatische koolwaterstoffen: Molekulen van het benzeen-type. Ze bestaan ook alleen uit koolstof en waterstof; (fig. 4).

Heterokomponenten: Deze molekulen hebben naast koolstof en waterstof nog andere atomen in zich, b.v. stikstof, zuurstof, zwavel, metalen, etc.; (fig. 4).

Maceralen: Dit zijn de elementaire mikroskopische bestanddelen van kolen. Ze zijn te vergelijken met de mineralen in gesteenten. De verscheidene maceralen verschillen sterk in hun chemische, fysische en technologische eigenschappen, die op hun beurt weer veranderen gedurende de inkoling. Ze kunnen in drie categorieën of maceraalgroepen verdeeld worden en danken hun namen o.a. aan hun technologische eigenschappen. Met behulp van hun reflektievermogen kunnen ze mikroskopisch onderscheiden worden in drie volgende maceraalgroepen:

Liptiniet- of Exinietgroep: De geringst reflekerende groep. Bestaat o.a. uit resten van algen, cuticulen en sporenexinen.

Inertinietgroep: De hoogst reflekerende groep. Bestaat o.a. uit sclerotieën (resten van paddestoel-sporen), en deeltjes die ontstaan zijn bij bosbranden. Deze groep bevat die maceralen die zich chemisch bijna geheel inert gedragen.

Huminië/Vitriinietgroep: Deze ligt met haar reflektievermogen tussen de liptiniet- en de inertinietgroep. In het bruinkoolbereik heet deze maceraalgroep huminië; in het steenkoolstadium vitriiniet.

(Voor verder uitleg: Internationales Lexikon der Kohlenpetrologie, 1972).

#### Dankzegging

Voor het welwillend afstaan van de kernen uit de boring Cartiels, de hulp bij het zoeken naar gunstige locaties voor monsternamen en hun interesse aan deze studie bedank ik mij bij de heren geologen drs. O.S. KUYL en ing. W.M. FELDER van de Rijks Geologische Dienst, Afdeling Kaartering Heerlen.

Prof. Dr. D. WELTE en Dr.-Ing. H. HAGEMANN (T.H.-Aachen) bedank ik voor hun raadgevingen en het ter beschikking stellen van de laboratoria.

Dhr. C. CRATZBORN, directeur van de Briquetterie Mécaniques de l'Est/Division Welkenraedt (België) bedank ik voor zijn toestemming monsters uit de kleigroeve te nemen.

#### LITERATUUR

— 1972 - Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie.

Centre Nat. de la Recherche Scient. Paris.

ALPERN, B. 1970 - Classification pétrographique des consistants organiques fossiles des roches sédimentaires. Revue de l'Inst. Franc. du Pétrole. Vol. 25 No. 11.

BAILEY, N., JOHNSON, A., ROGERS, M. 1973 - Bacterial degradation of crude oils: comparison of field and experimental data. Chem. Geol. Vol. 11.

BEISSEL, I. 1886 - Der Aachener Sattel und die aus demselben vordringenden Thermalquellen.

BOSTICK, N. 1973 - Time as a factor in thermal metamorphism of phytoclasts (coaly particles). 7th. Congr. Intern. Strat. et Géol. Carb.-Krefeld 1971.

Compte Rendu Vol. 2.

BRAY, E., EVANS, E. 1961 - Distribution of n-paraffins as a clue to recognition of source beds. Geoch. et Cosmochim. Acta-22.

BREDDIN, H. 1932 - Über die tiefsten Schichten der Aachener Kreide sowie eine senone Einbettungsfläche und Verwitterungsrinde am Nordabfall des Hohen Venn. Centralblatt Min. Abt. B

DIELER, H. 1961 - Die Baugrundverhältnisse des Aachener Stadtgebietes. Geol. Mitt. Bd.-1 Heft. 2-4.

- FELDER, W. e.a. 1962 - Overzicht der ontsluitingen van het Akens Zand. Ontsluitingenarchief Publ. No. 1 Ned. Geol. Ver.
- FELDER, W. 1975 - Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. in: Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geol. Dienst.
- LEYTHAEUSER, D. 1975 - Erdölgenese in Abhängigkeit von der Art des organischen Materials im Muttergestein. Compendium 1974/1975 Zeitschr. Erdöl u. Kohle.
- LIJMBACH, G. 1975 - On the origin of petroleum. Proc. of the 9th. world petrol. congr. Tokyo. Special papers-1.
- ROMEIN, B. 1966 - Geologische geschiedenis van Zuid-Limburg. Ons Krijtland. Wetensch. Med. No. 61.
- RONOV, A. 1958 - Organic carbon in sedimentary rocks in relation to the presence of petroleum. Geochemistry Vol. 5.
- TEICHMÜLLER, M. 1974 - Entstehung und Veränderung bituminöser Substanzen in Kohlen in Beziehung zur Entstehung und Umwandlung des Erdöls. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf.-24.
- UHLENBROEK, G. 1912 - Indeling van het Krijt in Limburg. Jaarverslag Rijksopsporing Delfstoffen over 1911.
- VANGEROW, E. 1954 - Megasporen und andere pflanzliche Mikrofossilien aus der Aachener Kreide. Palaeontographica Abt. B, Bd. 96.
- VRIES de H., HABETS, P., BOKHOVEN, C. 1968 - Das Reflexionsvermögen von Steinkohle. Brennstoffchemie-49.
- WEYLAND, H., KRIEGER, W. 1953 - Die Sporen und Pollen der Aachener Kreide und ihre Bedeutung für die Charakterisierung des mittleren Senons. Palaeontographica Abt. B, Bd. 95.

## Inhoudsopgave Grondboor en Hamer 1976

Grondboor en Hamer no. 1 - 1976 verscheen als het 3e 'Limburgnummer'. De paginanummers van dit Limburgnummer worden in de inhoudsopgave aangegeven met L3 achter het paginanummer.

Dit jaar verscheen tevens als Verenigings-uitgave 'Staringia', No. 3, als bijvoegsel van Grondboor en Hamer oktober 1976. Titel: Tweede Internationale Symposium over Vuursteen, 8-11 mei 1975 - Maastricht.

Belemnieten	106
Bontzandsteenconglomeraat van de Vogezen in de Maas-afzettingen van Zuid-Limburg.	2-L3
Boormosselgangen, Vindplaatsen van verkoold hout met -	55
Bouwsteen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg, Een zeldzame -	11-L3
Boven-Krijt van Zuid-Limburg, Een zeldzame bouwsteen uit het -	11-L3
Boven-Krijt van Zuid-Limburg, Sedimentatie-cyclothemen in de kalkstenen uit het -	32-L3
Camptonectes cinctus (Sow.) in de Staringgroeve te Lossen, Vondst van reuzenexemplaar -	70
Cardioceras in Rhenen, Een vondst van -	84
Cyclothemen in de kalkstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg, Sedimentatie -	32-L3
Delfstoffen en hun invloed op politieke beslissingen	20-L3
Delfstoffen en inzichten in de geologie in de Nederlanden, in een tweetal beschrijvingen uit de 16e en 17e eeuw, De winning van -	87
Fluorescentie	98

Gastropoden van het Maastrichts-Krijt van Zuid-Limburg, Over -	42
Gegevens over datering en vindplaatsen van de windkeienlaag in het Gooi, Enkele -	123
Gesteenten uit het Bontzandsteenconglomeraat van de Voegen in de Maasterras-afzettingen van Zuid-Limburg.	2-L3
Gooi, Enkele gegevens over datering en vindplaatsen van de windkeienlaag in het -	123
Kalkstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg, Sedimentatie-cyclothem in de -	32-L3
Kolenpetrografisch onderzoek van het organisch materiaal (bitumen en kerogen) uit het Namurien en de basis van het Boven-Krijt (Santonien) in het Z-Limburgs- Belgisch grensgebied.	166
Koralen, Noordelijke zwerfsteen -	56, 146
Losser, Vondst van reuzenexemplaar van <i>Camptonectes cinctus</i> (Sow) in de Staring- groeve te -	70
Mammoetvondsten in Nederland	78
Maasterras-afzettingen van Zuid-Limburg, Gesteenten uit het Bontzandsteenconglomeraat van de Voegen in de -	2-L3
Maastrichts Krijt van Zuid-Limburg, Over gastropoden van het -	42
Namurien en de basis van het Boven-Krijt (Santonien) in het Z-Limburgs-Belgisch grensgebied, Organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek van het organisch materiaal (bitumen en kerogen) uit het -	166
Nederlanden, in een tweetal beschrijvingen uit de 16e en 17e eeuw, De winning van delfstoffen en inzichten in de geologie in de -	87
Nederland, Mammoetvondsten in -	78
Noordelijke zwerfsteenkoralen	56, 146
Organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek van het organisch materiaal (bitumen en kerogen) uit het Namurien en de basis van het Boven-Krijt (Santonien) in het Zuid-Limburgs-Belgisch grensgebied.	166
Politieke beslissingen, Delfstoffen en hun invloed op -	20-L3
Reuzenexemplaar van <i>Camptonectescinctus</i> (Sow) in de Starringgroeve te Losser, Vondst van -	70
Rhenen, Een vondst van <i>Cardioceras</i> in -	84
Sedimentatie-cyclothem in de kalkstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg	32-L3
Staringgroeve te Losser, Vondst van reuzenexemplaar van <i>Camptonectes cinctus</i> (Sow) in de -	70
Verkoold hout met boormosselgangen, Vindplaats van -	55
Vindplaatsen van verkoold hout met boormossel-gangen, opgevuld met klei-ijzersteen (en of pyriet) ingebed in klei-ijzersteengeoden	55
Voegen in de Maasterras-afzettingen van Zuid-Limburg, Gesteenten uit het Bontzand- steenconglomeraat van de -	2-L3
Vondst van <i>Cardioceras</i> in Rhenen, Een -	84
Vondst van reuzenexemplaar van <i>Camptonectes cinctus</i> (Sow) in de Staringgroeve te Losser	70
Windkeienlaag in het Gooi, Enkele gegevens over datering en vindplaatsen van de -	123
Winning van delfstoffen en inzichten in de geologie in de Nederlanden, in een tweetal beschrijvingen uit de 16e en 17e eeuw.	87
Zeldzame bouwsteen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg, Een -	11-L3
Zuid-Limburg, Een zeldzame bouwsteen uit het Boven-Krijt van -	11-L3
Zuid-Limburg, Gesteenten uit het Bontzandsteenconglomeraat van de Voegen in de Maasterras-afzettingen van -	2-L3
Zuid-Limburg, Over gastropoden van het Maastrichts-Krijt van -	42
Zuid-Limburg, Sedimentatie-cyclothem in de kalkstenen uit het Boven-Krijt van -	32-L3
Zwerfstenen	56, 84, 123, 146
Zwerfsteenkoralen, Noordelijke -	56, 146

# Plaatsnamen en aanduidingen

Gooi	123
Losser	70
Moresnet	20-L3
Rhenen	84
Staringgroeve	70
Vogezen	2-L3
Zuid-Limburg	2-L3, 20-L3, 32-L3, 42, 166

## Lijst van auteurs

Anderson, W. F. - Vondst van een reuzenexemplaar van <i>Camptonectes cinctus</i> (Sow) in de Staringgroeve te Losser	70
Bosch, P. W. - Gesteenten uit het Bontzandsteenconglomeraat van de Vogezen in de Maasterras-afzettingen van Zuid-Limburg	2-L3
Burger, A. W. - Een vondst van <i>Cardioceras</i> in Rhenen	84
Dijk, Th. van - Fluorescentie	98
Engelen, Ing. F. H. G. - Delfstoffen en hun invloed op politieke beslissingen	20-L3
— De winning van delfstoffen en inzichten in de geologie in de Nederlanden, in een twaantal beschrijvingen uit de 16e en 17e eeuw.	87
Felder, W. M. - Een zeldzame bouwsteen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg	11-L3
— Sedimentatie-cyclothemmen in de kalkstenen uit het Boven-Krijt van Zuid-Limburg	32-L3
Flekken, P. M. - Organisch-geochemisch en kolenpetrografisch onderzoek van het organisch materiaal (bitumen en kerogen) uit het Namurien en de basis van het Boven-Krijt (Santonien) in het Zuid-Limburgs-Belgisch grensgebied.	166
Huisman, H. - Noordelijke zwerfsteenkoralen.	56, 146
Mol, D. - Mammoetvondsten in Nederland	78
Rabe, F. J. - Over gastropoden van Maastrichts-Krijt van Zuid-Limburg	42-L3
Römer, J. H. - Vindplaatsen van verkoold hout met boormosselgangen, opgevuld met klei-ijzersteen (en of pyriet) ingebed in klei-ijzergeoden.	55
Schaftenaar, H. - Enkele gegevens over datering en vindplaatsen van de windkeienlaag in het Gooi	123
Schins, Ir. W. J. H. - Belemnieten	106