

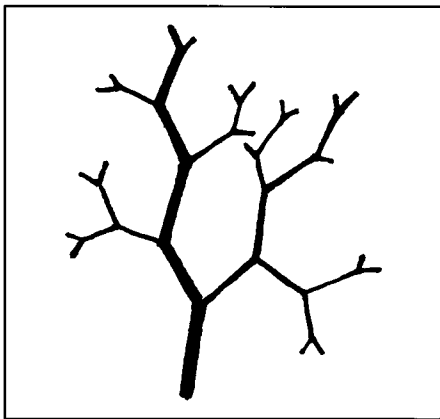


Fig. 3. Schematische voorstelling van 'over-topping'.

te lijntjes aangegeven. Op het fossiel zijn ze duidelijk te zien.

De vraag dringt zich op welk deel het gevonden fossiel is van het totale varenblad. De eerste gedachte is dat

de drie veren van het fossiel overeenkomen met bijv. drie deelbladeren aan de rechterkant van de hoofdas van de reconstructie. En vanwege de zigzag-as met de onderste drie veren.

Bij nadere bestudering van deze veren in de reconstructie blijkt echter dat ze driemaal geveerd zijn, terwijl de bladeren van het fossiel slechts tweemaal geveerd zijn. Dit betekent dat de veren van het fossiel overeenkomen met veren die een orde kleiner zijn. Bij letter F in fig. 2 is een lijn getrokken om een bladfragment dat overeenkomt met het fossiel.

Nemen we aan dat de reconstructie een heel blad weergeeft (de stippellijnen suggereren dat het groter kan zijn), dan levert enig rekenwerk een lengte van het complete blad op van circa 6 meter. Natuurlijk is dit een zeer grove schatting, maar deze gigantische afmeting klopt met wat er in de literatuur staat. Volgens Laveine zijn

schattingen uit de vorige eeuw van 10 tot 20 meter misschien wat overdreven, maar waren de bladeren toch tenminste 2 à 3 m lang.

Mijn oorspronkelijke indruk, dat ik in het stuk steen van 35 kg een tamelijk compleet blad had gevonden, blijkt dus niet te kloppen.

Adres van de auteur

H. Steur
Laan van Avegoor 15
6955 BD Ellecom

Literatuur

- Laveine J.-P., 1967.
Les Neuropteridées du Nord de la France. Lille.
- Steur H., 1992.
Carboonfossielen zoeken in de Piesberg. Grondboor & Hamer, no. 2, 25-30.

Dickiet in het Limburgse westfalen (carboon)

Hans Bongaerts

In het Limburgse steenkoolgebied komt een mineraal voor dat tot nu toe in de literatuur is aangeduid als kaoliniet. De auteur heeft onlangs vastgesteld dat het echter om de zeldzamere polymorf dickiet gaat. In dit artikel wordt deze ontdekking toegelicht en worden de belangrijkste kenmerken van dickiet uit dit gebied beschreven.

Algemeen

Aan de tektonische structuren die de afzettingen uit het Limburgse Westfalen doorsnijden zijn epigenetische mineralisaties gebonden met onder andere sfaleriet, chalcopryiet, galeeniet, kwarts, calciet en ankeriet (Kimpe, 1980). Bongaerts (1996) stelt op systematisch-mineralogische basis, dat er een correlatie is met de mineralisaties in de steenkoolbekkens van Erkelenz en het Ruhrgebied. Het gemineraliseerde Limburgse steenkoolbekken kan gezien worden als een zuidwestelijke voortzetting van dit uitgestrekte lood/zink-district (Werner & Walther, 1995).

Dickiet, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, is met bovengenoemde mineralen vaak geassocieerd. Op grond van laboratoriumonderzoek en veldwaarnemingen wordt dickiet algemeen geaccepteerd

als indicator van hydrothermale activiteit (Kerr, 1955). Authigene voorkomen zijn sporadisch (Bayliss et al. 1965). Dickiet en de polymorfen kaoliniet en nacriet zijn reeds geruime tijd onderwerp van intensief onderzoek, vooral met betrekking tot de kristalchemische en -structurele aspecten (zie o.a. Giese, 1973, Brindley et al., 1986, Galán et al., 1994, Schroeder & Pruett, 1996).

In het Limburgse steenkoolbekken treden mineraalaggregaten op die in de literatuur worden aangeduid als 'kaoliniet'; nadere bijzonderheden ontbreken echter. Uit het in dit artikel beschreven onderzoek is gebleken dat de determinatie herzien moet worden. Het gaat hier namelijk om dickiet die incidenteel is vermengd met kaoliniet.

De identificatie van de in het Limburgse Westfalen voorkomende

dickiet is met röntgendiffractie (XRD) uitgevoerd. (De aanduidingen XRD en EDX zijn toegelicht in G&H 1996 nr. 4.) De chemische samenstelling is onderzocht met EDX. Wegens het ontbreken van geschikt in situ verzameld materiaal is voor het laboratoriumonderzoek dickiet gebruikt die geïsoleerd is uit de kernen van 40 tot 60 cm grote blokken gesteente, afkomstig van het steenstort van de voormalige steenkoolmijnen Emma en Hendrik te Brunssum. Alle in het laboratorium onderzochte dickietmonsters zijn nu ondergebracht in de collectie van het Natuurhistorisch Museum Maastricht (NHMM).

Hoewel nog geen nauwkeurig model is opgesteld van de chronologische afwikkeling van de epigenetische mineralisatie, is wel de plaats van dickiet hierin duidelijk geworden.

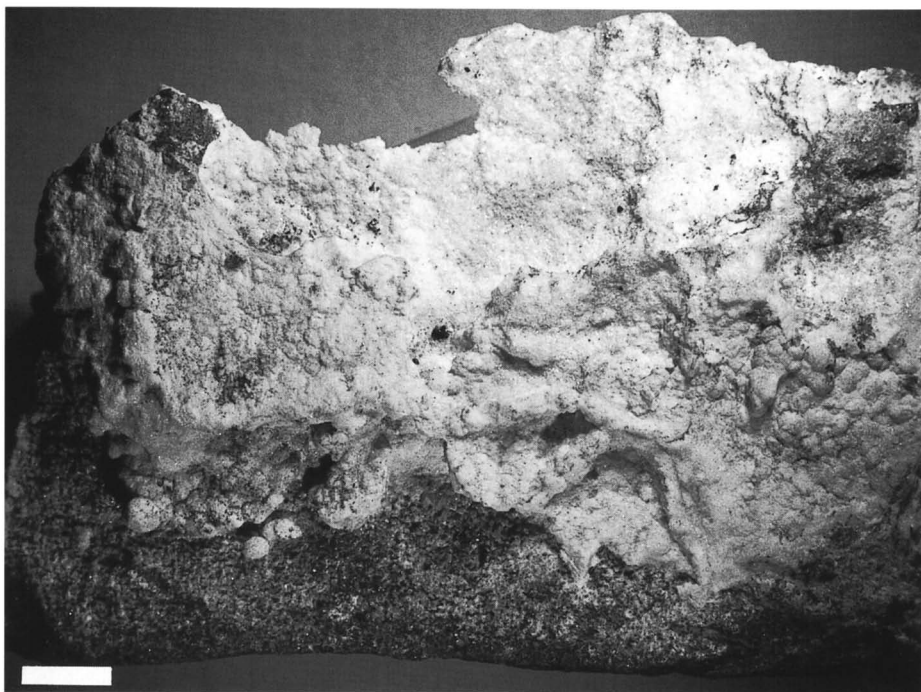


Fig. 1a. Poederachtig dickiet. Coll. Bongaerts, reg. nr. 488. Maatstreep 10 mm.

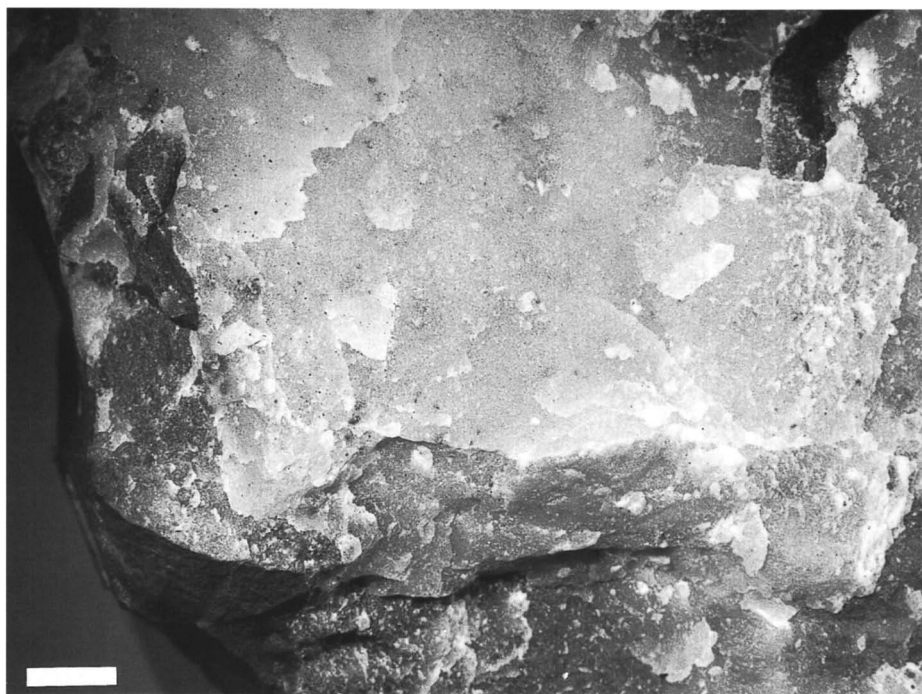


Fig. 1b. Compact dickiet. Coll. Bongaerts, reg. nr. 668. Maatstreep 10 mm.

Mineralogie van dickiet in het Limburgse westfalen

Dickiet treedt in de afzettingen van het Limburgse westfalen op als aggregaten met een poederachtige tot compacte structuur. De poederachtige aggregaten zijn in het veld gemakkelijk te herkennen aan de overwegend helderwitte kleur en zijdeachtige glans (fig. 1a). De compacte aggregaten (fig. 1b) zijn zijde- tot vetglanzend en vertonen een witte tot lichtgeelgroenachtige kleur (Munsell 10Y/4).

De dichtheid van de poederachtige

aggregaten bedraagt 2,69 en die van de vaste aggregaten 2,59. Slijpplaatjes gaven een eerste indruk van de structuur van de meest compacte aggregaten; deze bestaat uit een zeer fijnkorrelige grondmassa, waarin zich enkele grotere, geïsoleerde kristallen bevinden.

Het (morfologisch) verschil in structuur tussen beide aggregaattypen kon goed worden gedemonstreerd met SEM (scanning elektronen-microscopie), waarvan fig. 2a en 2b karakteristieke voorbeelden zijn. De poedervor-

mige aggregaten zijn opgebouwd uit pseudo-hexagonale kristallen die met de (001)-vlakken tegen elkaar aan liggen.

De afmetingen van de afzonderlijke kristallen lopen uiteen van 30 tot 100 μm .

De mineralogische karakterisering is met behulp van XRD uitgevoerd (diffractometrisch volgens de poedermethode), aan onder een optische microscoop geselecteerd dickiet.

De resultaten, die zijn weergegeven in tab. 1, zijn vergeleken met de JCPDS-kaart van dickiet. JCPDS betekent 'Joint Committee of Powder Diffraction Standards'. Het betreft een standaard die is gebaseerd op de theoretisch vastgestelde, ideale structuur.

Voor alle analyses is $\text{CuK}\alpha$ -straling toegepast; monsters NHMM1996-129, NHMM1996-131 en NHMM1996-150: 40 kV/20 mA. Het XRD-spectrum van NHMM1996-130 is bepaald met een HZG diffractograaf (TuR 4 röntgenbuis) in step-scanning modus (meetijd 2.5 s op $0.1^\circ/2\theta$), 30 kV/40 mA. In de vrij diffuse patronen treden dickiet-reflecties naar voren, waaronder de karakteristieke 3.580, 3.79 en 7.148 Å. Het spectrum is weinig beïnvloed door oriëntatie van de dickiet-deeltjes op de monsterhouder van de diffractometer.

Op grond van de XRD-patronen kan geen onderscheid worden gemaakt tussen de genoemde aggregaattypen.

Doordat de kristalstructuren van kaolinite en dickiet aan elkaar verwant zijn, lijken de XRD-spectra op elkaar. Dit geldt vooral voor de sterkste reflecties.

Uit het spectrum van NHMM1996-129 kan de aanwezigheid van kaolinite worden afgeleid van de reflecties 2.1317, 2.2852, en 3.3510 Å (tab. 1).

Zowel compacte als poederachtige aggregaten zijn geanalyseerd met EDX; in de semi-kwantitatieve analyse is geen belangrijk onderscheid vastgesteld tussen de aggregaattypen (fig. 3a en 3b). In de EDX-spectra is een geringe hoeveelheid Fe en Ca aangetoond. De herkomst van beide elementen is niet zeker; fijnkorrelig pyriet/markasiet bevindt zich op het monster.

Hoewel dit niet overtuigend uit de poederdiagrammen is gebleken, kunnen ook sporen ankeriet in de dickiet-aggregaten aanwezig zijn.

Geologisch milieu en conclusies

Het westfalien in Limburg kenmerkt zich door een grote diversiteit aan gesteententypen; dickiet-kristallisaties komen binnen vrijwel elk type afzetting voor. Ook in de krimp-scheuren van klei-dolomiet/ sideriet-concreties is dickiet algemeen.

De grootste hoeveelheid is aanwezig in breccieuze zones, als opvulling van breuken en scheuren.

Beide aggregaattypen komen in de gesteentenmonsters naast elkaar voor; in de genoemde carbonatische concreties zien we echter uitsluitend de poederachtige aggregaten. Op de epigenetische mineralen en in hun directe omgeving zijn de grootste en morfologisch best ontwikkelde dickiet-kristallen aanwezig.

Compacte aggregaten komen uitsluitend voor als opvullingen van breuken; zelden zijn ze geassocieerd met geïsoleerde korrels en kristallen van sfaleriet, galeniet en chalcopryiet.

Uit het steenkoolbekken van Aken werd door Maas (1977) dickiet gemeld. Opmerkelijk is, dat de auteur dickiet het zeldzaamste mineraal in deze afzettingen noemde. In het westfalien van het Ruhrgebied zijn dickiet en kaoliniet algemene mineralen in de lood/zink-ertsgang Christian Levin (Essen-Dellwig en Bottrop), ook hier geconcentreerd in breccieuze zones (Buschendorf et al. 1957). Dickiet is hier in het vroegste stadium van de mineralisatie gelijktijdig met sideriet ontstaan, een kleiner deel is van jongere oorsprong (Seeliger, 1950). Het mineraal wordt vrijwel uitsluitend in paragenese met sideriet gevonden; dit in tegenstelling tot Limburg, waar dickiet op alle hydrothermale mineraalsoorten wordt aangetroffen.

Zoals eerder vermeld zijn vrijwel alle bekende dickiet-voorkomens van hydrothermale oorsprong. Ook in het Limburgse westfalien pleit een aantal omstandigheden voor een dergelijke ontstaanswijze:

1. Hydrothermale activiteit heeft geleid tot het ontstaan van sfaleriet, galeniet, chalcopryiet en zadelvormige Fe-dolomiet/ankeriet ('saddle dolomite' in Radke & Mathis, 1980). Dickiet treedt regelmatig als begeleider op. Op deze mineralen en in de directe omgeving ervan komen de best ontwikkelde dickietkristallen voor; verder van de mineralisaties af worden de

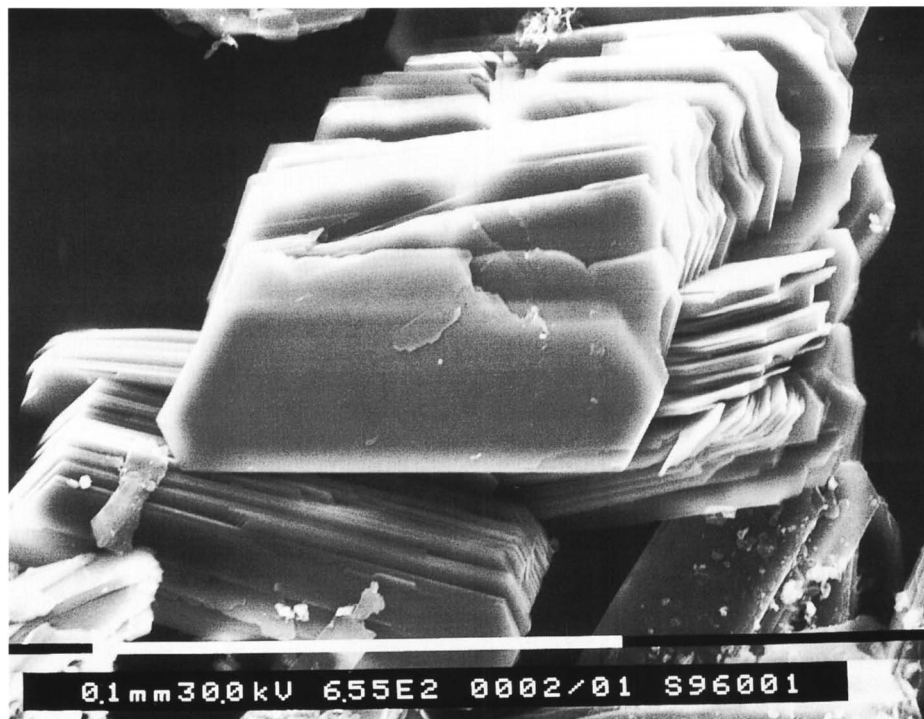


Fig. 2a. SEM-foto dickiet, poederachtig aggregaat. Reg. nr. NHMM1996-127.

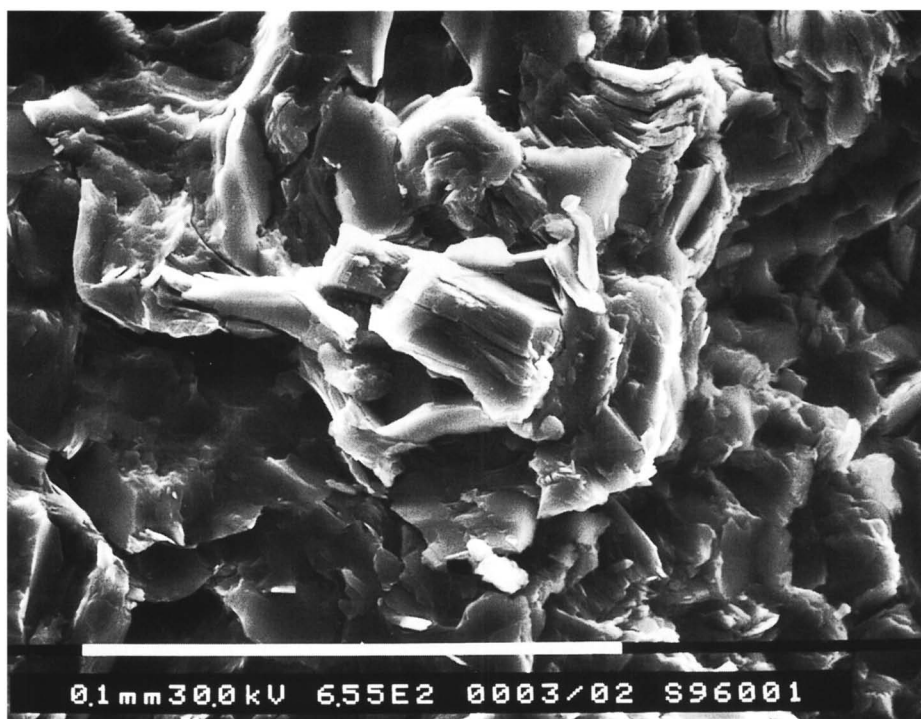


Fig. 2b. SEM-foto dickiet, compact aggregaat. Reg. nr. NHMM1996-128.

dickietaggregaten fijnkorreliger.

2. In de krimp-scheuren van zeer fijnkorrelige carbonatische concreties komt idiomorfe dickiet voor in paragenese met de bovengenoemde sulfiden en carbonaten.
3. Met name de poederachtige aggregaten bestaan uit relatief grote (tot 100 µm), goed ontwikkelde kristallen.

Hoe de epigenetische mineralisatie precies verloopt is nog niet geheel

duidelijk. Volgens het model van De Wijkersloot (1949), dat in grote lijnen nog steeds van toepassing is, kenmerkt een kwartsfase het begin van de hydrothermale activiteit en wordt de mineralisatie afgesloten door calciëtvorming.

Dickiet wordt in de sequentie niet vermeld. Insluitsels van dickiet in deze mineralen zijn niet aangetroffen; in de paragenese die zich manifesteert in de beschikbare monsters behoort dickiet tot de jongste hydrothermale

NHMM 1996-129		NHMM 1996-130		NHMM 1996-131		NHMM 1996-150		JCPDS 10-446	
dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I	dÅ	I
		1.7889	8	1.7741	10	1.7906	38	1.785	10
		1.8576	3			1.8589	8,5	1.859	30
		1.8978	2			1.8953	6	1.898	20
		1.9716	6	1.9580	8	1.9729	27	1.975	50
2.0234	15								
2.1080	7	2.1087	1					2.106	10
2.1317	2,5								
2.2110	6	2.2049	2			2.2064	7,5	2.212	20
2.2852	3								
2.3254	50	2.3237	13	2.3151	16	2.3208	57	2.326	90
2.3896	77	2.3842	12	2.3752	20	2.3860	66	2.386	10
2.4577	2					2.4551	8,5		
2.5075	20	2.5058	7			2.5014	27	2.510	50
2.5286	11			2.4987	6	2.5286	15	2.528	5
2.5594	12	2.5554	4	2.5548	3	2.5565	15	2.562	20
2.6587	2								
2.7968	22	2.7936	4	2.7908	5	2.7968	18	2.796	20
2.9393	6	2.9490	2	2.9361	2	2.9122	13	2.938	20
3.1009	6	3.0962	2	3.0873	2	3.0893	6,5	3.099	20
3.2666	6,5	3.2639	2	3.2672	2	3.2666	11,5	3.262	20
3.3510	29					3.3386	72		
3.4295	14	3.4255	4	3.4431	5	3.4399	23	3.430	30
3.5914	97	3.5753	100	3.5919	100	3.5758	87	3.580	100
3.7903	40	3.7854	2	3.8107	16	3.7855	56	3.799	60
3.9584	7	3.9503	2	3.9811	2	3.9689	11,5	3.961	20
4.1291	30	4.1132	7	4.1289	12	4.1140	36	4.124	70
4.2724	24	4.2642	7	4.2677	6	4.2502	55	4.267	30
4.3723	18			4.3769	6	4.3522	20	4.366	70
4.4394	14	4.4371	4	4.4607	6	4.4394	22	4.437	40
7.2015	100	7.1418	64	7.2911	100	7.2545	100	7.148	100

Tab. 1. XRD-data van dickiet uit het Limburgse westfalen in vergelijking met JCPDS-kaart 10-446 (dickiet). Reg. nr. NHMM1996-129 en NHMM1996-130: helderwit poederachtig aggregaat als spleetopvulling in zandsteen. Reg. nr. NHMM1996-131: compact wit tot geelwit aggregaat met vetglans. Reg. nr. NHMM1996-150: bruinachtig (Munsell 10YR7/2) dickiet in zandsteen met kool-laagjes.

vorming.

Hoewel kaolinite in een breed fysisch milieu kan ontstaan, geeft het optreden van kaolinite in dickiet-aggregaten een aanwijzing voor oplosingen van (lokaal) lagere temperatuur. In de Christian Levin komt dickiet vooral voor in de dieper gelegen delen van het ertslichaam, terwijl kaolinite uitsluitend aan de randen en in ondiep gelegen gesteentenpakketten voorkomt. Door Buschendorf et al. (1957) werd dit geïnterpreteerd als een gevolg van afkoeling van de oplossing. Schroeder & Hayes (1968) beschreven uit boven-carbonische sedimenten van Kansas dickiet, kaolinite en mengsels van deze mineralen. De auteurs stelden vast dat hoge temperaturen (boven 350 °C) hebben geleid tot het ontstaan van dickiet, terwijl tijdens het afkoelen van de oplossing de kaolinite-structuur ging overheersen.

Een specifieke in situ-bemonstering naar dickiet en dickiet-kaolinite mengsels is in het Limburgse westfalen niet uitgevoerd, waardoor de ruimtelijke verbreiding van deze

mineralen hier niet bekend is.

Dankwoord

Ir. V. Scholtijns en M. Storms (Centraal Laboratorium NV Koninklijke Sphinx, Maastricht) wil ik bedanken voor het uitvoeren van diverse analyses. Voor de nuttige opmerkingen bij het manuscript van dit artikel ben ik drs. J.W.M. Jagt (Natuurhistorisch Museum Maastricht) erkentelijk. H. Kingma Boltjes (Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden) was tijdens het literatuuronderzoek zeer behulpzaam.

Summary

In the literature kaolinite has been recorded from deposits of Westphalian age in southern Limburg (The Netherlands). Recent studies have shown that in fact the main component is dickite (XRD analysis). In the present paper, this mineral is described on the basis of recently collected samples from the

Brunssum waste dump (Emma and Hendrik collieries). Dickite here occurs as powdery and compact aggregates, generally white to light yellow-greenish in colour.

Morphology and sizes of crystals as well as accompanying minerals demonstrate a hydrothermal origin. In the paragenesis of the collected samples dickite is the youngest hydrothermal mineral.

Adres van de auteur

H. Bongaerts
Rector Van de Boornlaan 13
6061 AN Posterholt

Literatuur

- Bayliss, P., F.C. Loughan & J.C. Standard, 1965. Dickite in the Hawkesbury sandstone of the Sydney Basin, Australia. *American Mineralogist*, 50: 418-426.
- Bongaerts, H., 1996. Mineraal-systematiek van het Emma/Hendrik-steenkoolveld (Limburg). *Grondboor & Hamer*, 50: 97-106.
- Brindley, G.W., C. Kao, J.L. Harrison, M. Lipsicas & R. Raythatha, 1986. Relation between structural disorder and other characteristics of kaolinites and dickites. *Clays and Clay Minerals*, 34: 239-249.
- Buschendorf, F., M. Richter & H.W. Walther, 1957. Der Blei-Erzgang Christian Levin in Essen-Dellwig und Bottrop. In: H.Schneider (red.): *Die Blei-Zink-Erzvorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umrandung. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, 28: 1-163.
- Galán, E., P. Aparicio, I. González & A. la Iglesia, 1994. Influence of associated components of kaolin on the degree of disorder of kaolinite as determined by XRD. *Geologica Carpathica - Series Clays*, 45: 59-75.
- Giese, R.F., 1973. Interlayer bonding in kaolinite, dickite and nacrite. *Clays and Clay Minerals*, 21: 145-149.
- Kerr, P.F., 1955. Hydrothermal alteration and weathering. In: A. Poldervaart (red.): *Crust of the earth*. Geological Society of America, Special Paper, 62: 525-543.
- Kimpe, W.F.M., 1980. Delfstoffen. In: O.S. Kuyl: *Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland, blad Heerlen (62W oostelijke helft)*: 143-148.

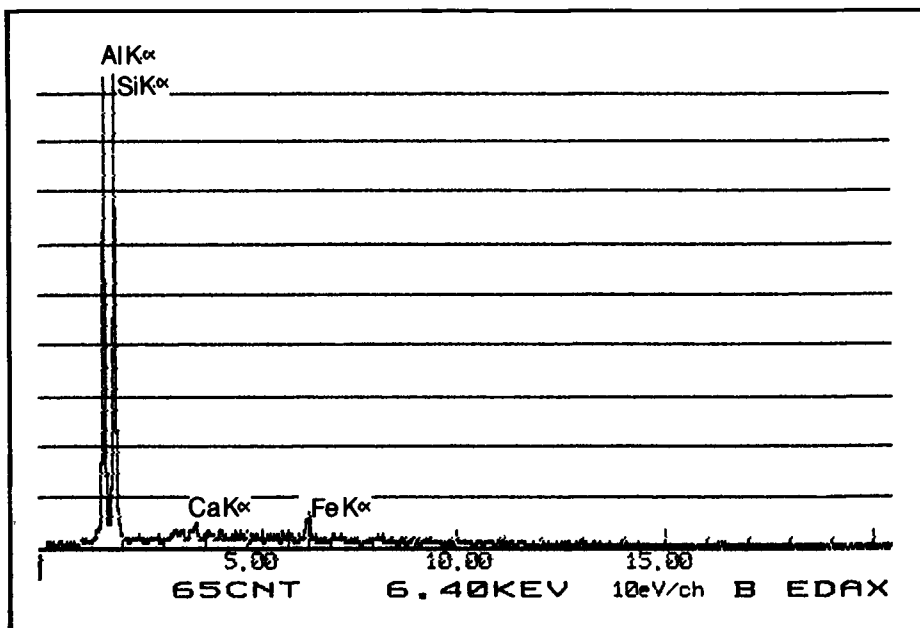


Fig. 3a. EDX-spectrum dickiet. Poederachtig lichtgrijs aggregaat op schalie met koolinsluitels. Reg. nr. NHMM1996-127.

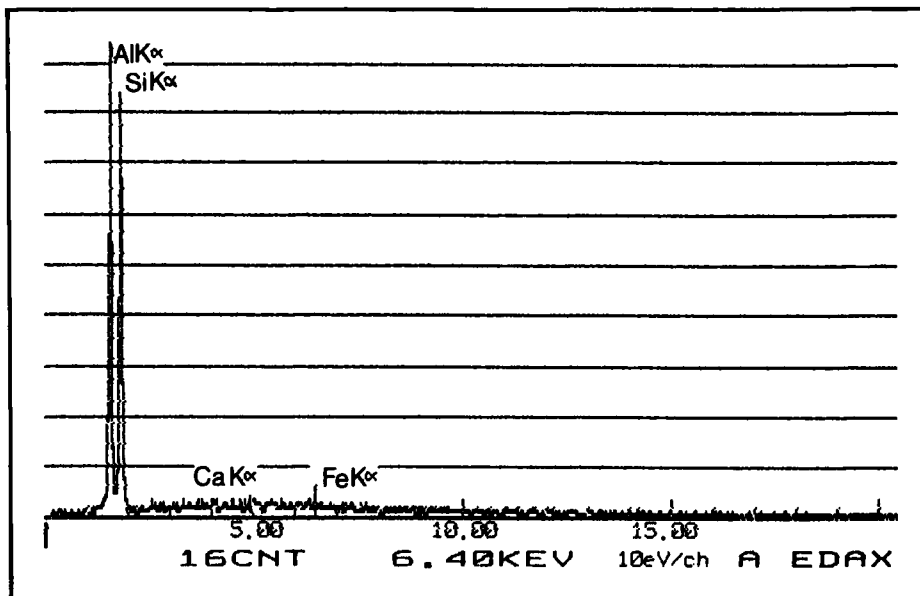


Fig. 3b. EDX-spectrum dickiet. Compact geelwit aggregaat met matte glans in kwartsiet. Reg. nr. NHMM1996-128.

Maas, H.-H., 1977.

Neuere Mineralienfunde im Aachener Steinkohlenrevier. Der Aufschluss, 28: 69-73.

Radke, B.M. & R.L. Mathis, 1980.

On the formation and occurrence of saddle dolomite. Journal of Sedimentary Petrology, 50: 1149-1168.

Schroeder, P.A. & J.B. Hayes, 1968.

Dickite and kaolinite in Pennsylvanian limestones of South-eastern Kansas. Clays and Clay Minerals, 16: 41-49.

Schroeder, P.A. & R.J. Pruett, 1996.

Fe ordering in kaolinite: Insights from ^{29}Si and ^{27}Al MAS NMR spectroscopy. American Mineralogist, 81: 26-38.

Seeliger, E., 1950.

Pseudohydrothermale Pb-Zn-Erzgänge im Ruhrgebiet und im Gebiet von Velbert-Lintorf. Archiv für Lagerstättenforschung, 80: 1-46.

Werner, W. & H.W. Walther, 1995.

Metallogenesis. In: R.D. Dallmeyer et al. (red.): Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe: 87-95. Springer (Berlin, Heidelberg).

Wijkerslooth, P. de, 1949.

Die Blei-Zink-Formation Süd-Limburgs (Holland) und ihr mikroskopisches Bild. Mededelingen van de Geologische Stichting, n.s. 3: 83-102.