

## Literatuur

- Fischer, K., 1991. Postkraniale Skelettreste von Bibern (*Castor L.*, *Trogontherium Fischer*, *Castoridae*, *Rodentia*, *Mamm.*) aus dem Mittelpleistozän von Bilzingsleben.- In: Bilzingsleben IV; *Homo erectus*- seine Kultur und seine Umwelt: 63-70. Deutscher Verlag der Wissenschaften GmbH, Berlin, 1991.
- Grzimek, 1970. Het leven der dieren; Encyclopedie van het dierenrijk, deel XI; zoogdieren 2. Uitgeverij het Spectrum n.v., Utrecht/Antwerpen.
- Hooijer, D.A., 1959. *Trogontherium cuvieri* Fischer from the Neede Clay (Mindel-Riss Interglacial) of the Netherlands.- *Zool. Meded. Leiden*, 36: 275 - 280.
- Kolfschoten, T. van, 1990. The evolution of the mammal fauna in the Netherlands and the middle Rhine area (Western Germany) during the late Middle Pleistocene.- *Meded. Rijks Geol. Dienst.*, vol. 43 (3): 1-69.
- Mai, H., 1978. Untersuchung von Gebissen der pleistozänen Biberarten *Trogontherium* und *Castor* und ihre stratigraphische Einordnung.- *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst.*, Bd. 48: 35-39.
- Mania, D., 1990. Der Mensch vor 350.000 Jahren - Ein Bericht aus unserer Vergangenheit.: 1-97. Landratsamt Artern.
- Mayhew, D.F., 1978. Reinterpretation of the extinct beaver *Trogontherium* (Mammalia, Rodentia)- *Phil. Trans. Royal Soc. London. B.*, 281, 983: 407-438.
- Mol, D. & H. van Essen, 1992. De Mammoet. Sporen uit de IJstijd. BZZTôH, den Haag: 1-144.
- Schreuder, A., 1929. *Conodontes* (*Trogontherium*) and *Castor* from the Tiglian Clay compared with *Castoridae* from other localities.- *Archives du Musée Teyler, Ser. III, Vol. VI*: 99 - 321, pl. I-XVI.
- Schreuder, A., 1951. The three species of *Trogontherium*, with a remark on *Anchitheriomys*.- *Arch. Néerland. Zool.*, 8 (4): 399-433.
- Stuart, A.J., 1982. Pleistocene vertebrates in the British Isles. Longman, London: 1-212.
- Stuart, A.J., 1982. Life in the Ice Age. - *Shire Archaeology*: 1-64. Aylesbury, UK.
- Vervoort-Kerkhoff, Y. & T. van Kolfschoten, 1988. Pleistocene and Holocene mammalian faunas from the Maasvlakte near Rotterdam (The Netherlands).- *Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol.*, Vol. 25, (1): 87-98.

### Adressen van de auteurs:

Dick Mol  
Gudumholm 41  
2133 HG Hoofddorp

John de Vos  
Nationaal Natuurhistorisch Museum  
Postbus 9517  
2300 RA Leiden

# Milleriet ( $\beta$ -NiS) uit het Boven-Carboon van Limburg en omgeving.

Hans Bongaerts

**In de produktieve periode van de Nederlandse steenkool-mijnbouw is vastgesteld, dat het nikkelsulfide milleriet begeleider is van de loodzink-mineralisatie in gesteenten van Carbonische ouderdom. De hoeveelheid milleriet, die in de loop der jaren werd aangetroffen, is echter gering, waarbij het verzamelen vaak grote problemen opleverde. Milleriet manifesteert zich in het Limburgse steenkoolgebied steeds als naaldvormige kristallen, die gemakkelijk beschadigen tijdens de berging. Gedurende mineralogisch veldonderzoek aan de Brunssumse steenberg, van de voormalige steenkoolmijnen Emma en Hendrik, is dit mineraal door de auteur enkele keren aangetroffen. In dit artikel wordt een beeld geschetst over het voorkomen van milleriet in het Carboon van Limburg en omstreken en volgt een beschrijving van milleriet die in de afgelopen jaren verzameld is op de Brunssumse steenberg.**

## Inleiding

De steenberg, waar sinds een tiental jaren intensief verzameld wordt, bevindt zich ten oosten van Brunssum en grenst in het zuidwesten aan de uitgestrekte natuurgebieden Brunssumerheide en Teverenerheide. Het steenstort bestaat hoofdzakelijk uit zandstenen, kwartsieten en schalies, die afkomstig zijn uit de voormalige (staats-) mijnen Emma en Hendrik, met hun zetels respectievelijk in Treebeek en Brunssum. Het stort was met een oorspronkelijke oppervlakte van 2,5 km<sup>2</sup> veruit het grootst in Limburg, maar momenteel vinden er op grote schaal afgravingen plaats. Verdere informatie over de historie en opbouw van de Brunssumse steenberg worden gegeven door Bongaerts (1993), die in dit artikel tevens de resultaten

van een onderzoek naar het voorkomen van sulfaten uiteenzet.

De korrelgrootte-verdeling van het gesteente waaruit het stort bestaat is zeer divers en varieert van fijn gruis tot blokken met een grootte van enkele decimeters lengte. De schalies zijn, vooral als deze aan of nabij de oppervlakte liggen, sterk chemisch en mechanisch geërodeerd. Bij kwartsieten en zandstenen zijn deze verschijnselen vrijwel afwezig. Een ander component van de steenberg zijn klei en sideriethoudende concreties ("sferosideriet", Toneisenstein in Hahne & Schmidt [1982]), verder aangeduid als kleisideriet-concreties). Deze komen vooral in de wortelbanken veelvuldig voor. De kleisideriet-concreties worden gekenmerkt door inwendige scheuren. Op de wanden van deze

scheuren zijn vaak carbonaten (dolomiet, Fe-dolomiet, ankeriet, calciet) en sulfiden (sfaleriet, galeniet) uitgekristalliseerd (zie o.a. Kimpe 1980). Kimpe (1958) heeft verder de aanwezigheid van olie en parafine-achtige substanties ("ozokeriet") vastgesteld. Zeer zelden maakt milleriet deel uit van de mineraalassociatie in de concreties (zie verder). Behalve in de concreties zijn de genoemde mineralen ook aangetroffen in breccieuze zandstenen en kwartsieten.

Het veelvuldig optredend FeS<sub>2</sub>, meestal als de polymorf pyriet, is vrijwel steeds van synsedimentaire oorsprong en is hoofdzakelijk beperkt tot koolgesteenten. Zoals uiteraard te verwachten was komen de mineralen, die in de steenberg aangetroffen worden, in kwalitatief opzicht geheel over-

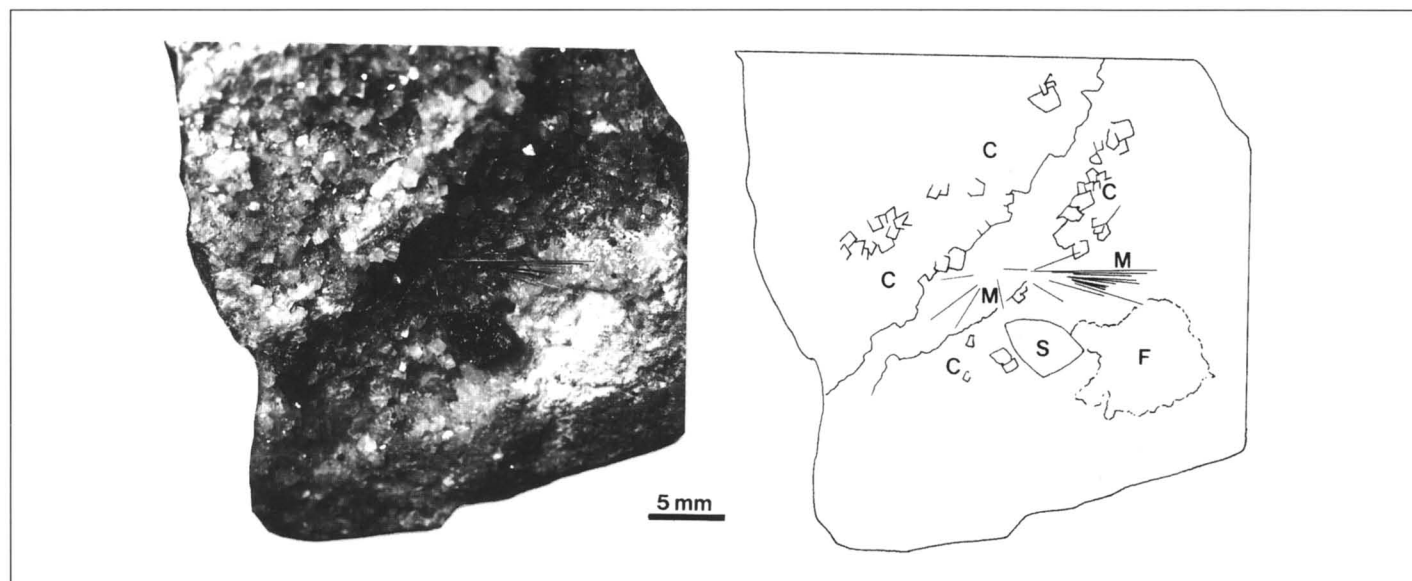


Fig. 1. C= Fe-dolomiet en ankeriet, M= milleriet, S= sfaleriet, F= dickiet. Coll. Bongaerts, nr 343-2.

een met de mineralen die ondergronds in situ geborgen zijn.

#### Systematiek en het voorkomen van milleriet in het Boven-Carboon van Nederland en omgeving

Milleriet (Haidinger 1845<sup>1</sup>) ( $\beta$ -NiS) is de lage-temperatuur polymorf van de Ni-S verbindingen, en wordt in het klassifikatiesysteem van Strunz (1978) ingedeeld bij de sulfiden, NiAs type (ditrigonaal-pyramidale-) millerietreeks. Het wordt gekenmerkt door een gecompliceerde roosterstructuur, waarin een ongewone 5-voudige coördinatie optreedt van de Ni-atomen door de S-atomen. De globale structuur is vastgelegd door Alsén (1925) en is m.b.v. röntgendiffractie (XRD) -technieken verfijnd door Rajamani & Prewitt (1974) en Grice & Ferguson (1974). Het ontstaan van milleriet vindt plaats in een temperatuurbereik dat ongeveer rond 553<sup>o</sup> K ligt, in sommige gevallen wordt uitgegaan van een oorspronkelijke  $\alpha$ -NiS fase, welke stabiel is in een hoger temperatuurbereik (Kullerud & Yund, 1962).

Milleriet is in de Nederlandse steenkoolmijnen aangetroffen als begeleider van de hydrothermale lood-zink mineralisaties. De Wijkerslooth (1948) onderscheidt een aantal chronologische fasen in deze mineraalontwikkeling. Zoals in veel van dergelijke hydrothermale afzettingen treden naast de sulfiden carbonatische gangmineralen op. Milleriet is volgens De Wijkerslooth (1948) in een vroeg stadium ontstaan

(fase II, "oude kwartsfase") direct na de inleidende dolomietfase. Veel van de carbonaten die tijdens de dolomiet-fase (fase I) tot ontwikkeling zijn gekomen, bestaan uit Fe-dolomiet en ankeriet. Kimpe (1958) bespreekt het mechanisme dat heeft geleid tot het ontstaan van milleriet. Volgens Kimpe kan de genese van milleriet ingeleid worden door de aanwezigheid van bepaalde organische structuren, waarin vaak hoge Ni-percentages geanalyseerd worden. Hierbij sluit hij zich aan bij de opvatting van Stainier (1943), welke eveneens een secundaire genese zeer waarschijnlijk acht.

Naast de millerietgenese zijn er nog enkele andere Ni, Co en Sn sulfiden gekristalliseerd. De Wijkerslooth (1948) vermeldt "bravoiet" (= Ni-pyriet), stanniet en linnaeiet, verdere mineralogische data worden niet gegeven. Kimpe (1980) acht het voorkomen van deze mineralen vooralsnog niet zeker. Als Sb sulfide noemt De Wijkerslooth (1948) een tetraedriet.

Deze laatste groep sulfiden is in kwantitatief opzicht veel minder vertegenwoordigd dan milleriet.

Een overzicht van plaatsen waar milleriet in de Limburgse steenkoolmijnen in situ is aangetroffen geven Kimpe (1958) en Gommans (1967).

In het Boven-Carboon van het Duitse Ruhrgebied, dat aansluit op het Nederlandse steenkoolgebied, komen sulfidische mineralen in veel grotere hoeveelheden voor. De verhouding Pb-Zn en Ni sulfiden is echter volledig

vergelijkbaar met het Limburgse steenkoolgebied. Het mineraal is sporadisch in het gehele Ruhrgebied aangetroffen, zowel in de steenkoolmijnen als in kernboringen (zie onder andere Patteisky 1954, Buschendorf, Richter & Walther 1957, Hesemann, Kneuper, Mohr & Pilger 1961, Heinrichs 1991). Diverse auteurs onderscheiden voor het Ruhrgebied verschillende fasen waarin de mineralisaties tot ontwikkeling zijn gekomen; zowel in tektonische als mineralogische zin. Pilger (1961) stelt een korrelatie voor van de verschillende fasen tot één samenvattend overzicht. Er kunnen in dit gebied twee hoofdfasen worden onderscheiden, de secundaire mineralen behoren tot een aparte jonge fase. Milleriet komt hoofdzakelijk tot ontwikkeling tijdens de laatste fasen, die wel het meest verbreid zijn maar waarin de Pb en Zn sulfiden in geringe mate tot afzetting komen. Uit het Belgische steenkoolbekken zijn talrijke millerietvoorkomens bekend. De vondsten tot 1943 zijn in een zeer uitgebreide lijst door Grosjean (1943) gepubliceerd. Afzonderlijke meldingen uit dit gebied zijn te vinden in Firket (1878), Schmitz & Stainier (1908), Ancion & Mélon (1943) en Legraye (1943). Verder worden milleriet-vondsten uit Carbonische gesteenten gemeld door North & Howarth (1928), Anderson & Smythe (1942), Sterling, Stone & Renfroe (1962), Susta (1932), Rezek & Civis (1987), Horylova (1991) en Ley (1991).

#### Recente millerietvondsten van de

## Brunssumse steenberg

Hoewel milleriet uit de Limburgse steenkoolmijnen al lange tijd bekend is, zijn XRD data nog niet gepubliceerd.

In Limburg komen euhedrische kristallen voor van milleriet; een belangrijke faktor bij de determinatie is de zeer typische kristalmorfologie die deze kristallen kenmerkt. Ramdohr (1975) merkt op dat milleriet vaak met prismatische pyriet (Strunz 1976, Bongaerts 1987) wordt verwisseld. Wanneer milleriet of een Ni-S mengsel in een anhedrische habitus optreedt, is een determinatie slechts mogelijk na gespecialiseerd onderzoek zoals bijvoorbeeld ertsmikroskopie.

De hieronder beschreven vondsten zijn alle aanwezig in de kollektie van de auteur en zijn geregistreerd onder de nummers 343-1 t/m 343-13, 357, 406-1, 406-2 en 406-3.

Gedurende de periode dat op de Brunssumse steenberg verzameld wordt, is gebleken dat milleriet hier een zeer zeldzaam mineraal is. Het merendeel van de verzamelde milleriet, bevindt zich in kwartsiet. Hoewel talrijke kleisideriet-concreties op hun mineaalinhoud geïnspekteerd zijn, is er slechts één concretie aangetroffen met milleriet (nr 357), waaruit blijkt dat

milleriet vrijwel beperkt is tot de holten van kwartsieten. Alle kwartsieten waarin het mineraal is aangetroffen zijn afkomstig uit een breccieuze zone. Uiteraard kan de oorspronkelijke, nauwkeurige plaats van herkomst niet meer gereconstrueerd worden. De dunne breuken die het gesteente doorsnijden zijn volledig opgevuld met fyllosilikaten, waaronder dickiet (zie Maas 1977) en kaoliniet. Enkele grotere holten die niet geheel dicht gegroeid zijn, bevatten een gevarieerde mineralen-associatie waarvan milleriet deel uitmaakt. Vooral op nr 343-2 is een mineraalontwikkeling te zien die typisch is voor het Limburgse Carboon (zie fig. 1). Op de matrix, bestaande uit een grofkorrelige kwartsiet, is als oudste mineraal kwarts te herkennen. Op de kwarts is een carbonaat in rhomboëdrische kristallen met licht-gebogen ribben aanwezig (Fe-dolomiet/ankeriet). Op het carbonaat bevinden zich verspreid liggende chalcopyriet-, sfaleriet- en galenietkristallen. Dit exemplaar demonstreert buitengewoon fraai dat milleriet hier als jongste sulfidisch produkt tot ontwikkeling is gekomen (dit in tegenstelling tot het genetisch model van De Wijkerslooth, 1948). In het Carboon van het Ruhrgebied ontstaat milleriet,

zoals vermeld, gedurende de laatste fasen. Op het bovenbeschreven

stuk komen verder over alle mineralen verspreid uiterst kleine schubjes van het fyllosilikaat dickiet voor. Het milleriet manifesteert zich bij alle vondsten als dunne naaldvormige, aciculair kristallen (fig 2); vaak zijn meerdere kristallen samenge-

groeid parallel aan [0001]. De dunste kristallen zijn steeds iets gebogen. Op enkele monsters zijn afzonderlijke kristallen aan een gemeenschappelijk punt samengegroeid, en waaieren vanuit dat punt naar buiten toe uit. De milleriet bevindt zich niet inwendig in de aangrenzende kristallen (carbonaten, sfaleriet, chalcopyriet en sporadisch voorkomend galeniet); de eindpunten van de millerietkristallen liggen tegen de kristaloppervlakten van genoemde mineralen aan.

De lengte van de millerietkristallen bedraagt gemiddeld 8 mm, de "dikte" van geïsoleerde kristallen ca 0,1 mm. Op nr 343-14 bevindt zich een kristalaggregaat met een omtrek van 15 mm, het grootste dat verzameld is. De kleur van de kristallen is messinggeel, op enkele exemplaren zijn roodblauwe aanloopkleuren te zien. De kristallen op nr 406-1 zijn gedeeltelijk overdekt met een lichtgrijs gekleurde substantie, die vaak op milleriet voorkomt (Ramdohr 1975). Op diverse monsters, maar zeer duidelijk op nr 343-14, bevindt zich op de kristallen een lichtgroene, aardachtige aanslag. Dit ongetwijfeld sekundaire materiaal kan duiden op annabergiet. Dit soort opgroei is ook door Stolze (1961) en Maas (1977) beschreven. Verder komen er zeer kleine metaalglanzende grijze tetraëdrische kristallen op de millerietkristallen van nr 406-2 voor. Dit mineraal is echter nog niet gedermineerd.

## Dankwoord

Op deze plaats een woord van dank aan Drs J.W.M. Jagt en J.H.G. Peeters (Natuurhistorisch Museum Maastricht) voor hun hulp bij het tot stand komen van dit artikel.

## Summary

Since a number of years, the author has been carrying out a thorough mineralogical study of the dump site of the former Emma and Hendrik collieries at Brunssum (southern Limburg, The Netherlands). The lead and zinc sulfides occurring here are of hydrothermal origin. In addition to sphalerite, galena and chalcopyrite, millerite ( $\beta$ -NiS) occurs as a rare component. During the production phase of the Limburg collieries it had observation substantiated in the present paper. The systematic position of millerite is

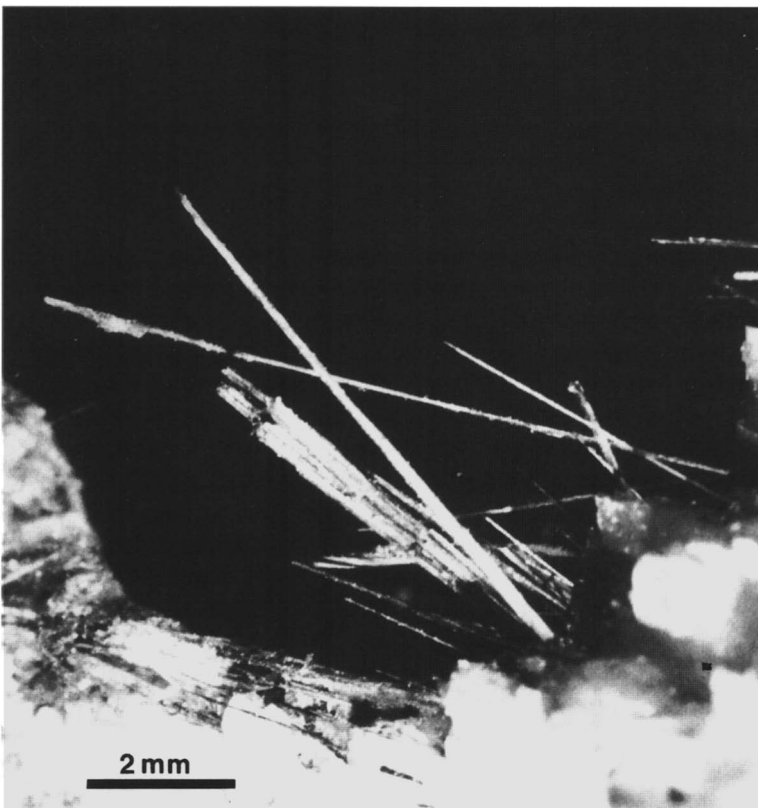


Fig. 2. Millerietkristallen op kwartsiet. Coll. Bongaerts, nr 406-1.

discussed, as are literature sources recording the occurrence of millerite in Upper Carboniferous deposits of the German Ruhr area in particular. In that area, the productive Carboniferous has yielded large amounts of ores, which have been intensively studied. The recent Brunssum millerite finds occur as massive yellow acicular crystals, on some of which are seen secondary products (annabergite?). Regularly a number of crystals are found to have coalesced.

Adres van de auteur.  
Rector van de Boornlaan 13  
6061 AN Posterholt

## Literatuur

- Alsén, N., 1925. Röntgenographische Untersuchung der Kristallstrukturen von Magnetkies, Breithauptit, Pentlandit, Millerit und verwandten Verbindungen. Geologiska Föreningens i Stockholm Forhandlingar 47: 19-72.
- Ancion, C. & J. Mélon, 1943. Sur la présence de millérite dans le terrain houiller de Campine (Charbonnage de Houthalen). Annales de la Société Géologique de Belgique 66: B 46-48.
- Anderson, W. & J.A. Smythe, 1942. An occurrence of millerite in the Durham Coal Measures. Geological Magazine 79: 220-224.
- Bongaerts, H., 1987. Prismatische pyrietkristallen van Panheel, Limburg. Grondboor en Hamer (41): 153-154.
- Bongaerts, H., 1993. Sulphate mineralisations from the dumps of the former Emma and Hendrik collieries (southern Limburg, The Netherlands). Contributions to Tertiary and Quaternary Geology 0: 3-17.
- Buschendorf, F., M. Richter & H.W. Walther, 1957. Der Bleierzgang Christian Levin in Essen-Dellwig und Bottrop. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 28. [Die Blei-Zink-Erzvorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umrandung]. 3-163.
- Firket, A., 1878. Découverte de la millérite (Haarkies) au Charbonnage du Hassard à Micheroux. Annales de la Société Géologique de Belgique 5: 120-121.
- Gommans, G.L., 1967. Fossielen en mineralen van Laag VII van Staatsmijn Hendrik. Grondboor en Hamer 21: 33-37.
- Grice, J.D. & R.B. Ferguson, 1974. Crystal structure refinement of millerite (β-NiS). Canadian Mineralogist 12: 248-252.
- Grosjean, A., 1943. Sur les occurrences de millérite dans le Carbonifère de la Belgique. Bulletin de la Société belge de Géologie, Paléontologie et d'Hydrologie. 52: 34-50.
- Haidinger, W., 1845. Handbuch der bestimmenden Mineralogie. Wien (Braunmüller & Seidel). 561 pp.
- Hahne, C. & R. Schmidt, 1982. Die Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. Essen (Glückauf Verlag), 106 pp.
- Heinrichs, R., 1991. Streifzüge durch die Erzreviere des Ruhrgebietes und des Niederbergischen Landes. (Katalogus mineralogische expositie november 1991 t/m augustus 1992 Museum Essen). Essen. 77 pp.
- Hesemann, J., G. Kneuper, K. Mohr & A. Pilger, 1961. Die übrigen (kleineren) Gangmineralvorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umgebung. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 40. [Die Blei-Zink-Erzvorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umrandung]: 123-147.
- Horylova, A., 1991. Nové vyskyty milleritu v ostravsko-karvinském revíru. Casopis pro mineralogii 36: 83-88.
- Kimpe, W.F.M., 1958. Nieuwe vondsten van olie in concretes in het Boven-Carboon van Zuid-Limburg. Geologie en Mijnbouw 20: 113-120.
- Kimpe, W.F.M., 1980. Ertsen. In: Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1: 50.000, Blad Heerlen (62W oostelijke helft, 62O westelijke helft). Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 143-148.
- Kullerud, G. & R.A. Yund, 1962. The Ni-S system and related minerals. Journal of Petrology 3: 126-175.
- Legraye, R., 1943. L'aire de distribution de la millérite en Belgique indique-elle une répartition zonale de la minéralisation? Annales de la Société Géologique de Belgique 66: B 48-51.
- Ley, R.M., 1991. A notable millerite locality near Bedford, Indiana. Mineralogical Record 22: 351-354.
- Maas, H.-H., 1977. Neuere Mineralienfunde im Aachener Steinkohlenrevier. Der Aufschluss (28): 69-73.
- North, F.J. & W.E. Howarth, 1928. On the occurrence of millerite and associated minerals in the Coal Measures of South Wales. Proceedings of the South Wales Institute of Engineers (44): 325-348.
- Patteisky, K., 1954. Die Vererzung der Julia-Constantin-Querstörung. Glückauf 90: 590-600.
- Pilger, A., 1961. Übersicht über die Gangvererzung des Ruhrgebietes. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 40. [Die Blei-Zink-Vererzung des Ruhrgebietes und seiner Umrandung]: 297-350.
- Rajamani, V. & C.T. Prewitt, 1974. The crystal structure of millerite. Canadian Mineralogist 12: 253-257.
- Ramdohr, P., 1975. Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin (Akademie Verlag). 1276 pp.
- Rezek, K. & C. S., 1987. Millerit z polymetalického zrudnení u Repové. Casopis Morav. Muz. 72: 71-74.
- Schmitz, G. & X. Stainier, 1908. Découverte de la blende, de la galène et de la millérite dans le terrain houiller de la Campine. Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie 22: 274-277.
- Stainier, X., 1943. L'origine de la millérite du houiller. Annales de la Société Géologique de Belgique 66: 86-95.
- Sterling, P.J., C.G. Stone & C.A. Renfroe, 1962. An occurrence of violarite and millerite in calcite veins, Benton County, Arkansas. Economic Geology 57: 453-455.
- Stolze, F., 1961. Die Mineralien im Blei-Zink-Erzgang der Zeche Auguste Victoria in Marl (Westfalen). Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, 40 [Die Blei-Zink-Erzvorkommen des Ruhrgebietes und seiner Umrandung]: 83-162.
- Strunz, H., 1976. Mineralien aus Nordost-Bayern - Skelett-Pyrite-Manganomelan-Huntit. Aufschluss 27: 77-80.
- Strunz, H., 1978. Mineralogische Tabellen. Leipzig (Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G). 621 pp.
- Susta, V., 1932. Dva nové nerosty z karbonských sférosideritu ostravsko-karvinské oblasti. Veda přírody 13: 306-307.
- Wijkerslooth, P. de, 1948. Die Blei-Zink-Formation Süd-Limburgs (Holland) und ihr mikroskopisches Bild. Mededelingen van de Geologische Stichting, n.s. 3: 83-102.

