

Brucit- és szerpentintartalmú hidrotermás erek a polgárdi Szár-hegy kontaktmetamorfózist szenvedett mészkövében

Brucite- and serpentine-bearing hydrothermal veinlets in the contact metamorphosed limestone of the Szár Hill, Polgárdi, Hungary

FEHÉR Béla^{1,*} és PAPP Gábor²

¹ Herman Ottó Múzeum, Ásványtár, 3525 Miskolc, Kossuth u. 13.

² Magyar Természettudományi Múzeum, Ásvány- és Kőzettár, 1431 Budapest, Pf. 137.

* E-mail: feherbela@axelero.hu

Abstract

Brucite- and serpentine-bearing calcite veinlets (Figs. 1–2), 3–5 mm in thickness, are found in some greyish red and grey limestone varieties of the lower level of the Szár Hill quarry. Brucite grains of 10–30 μm were identified on the basis of their EDX spectra (Fig. 4) and X-ray powder diffraction (XPD) data (Table I). The latter data suggest the presence of a hydrotalcite-group mineral as well. Brucite altered into unidentified serpentine species in some places (Fig. 3). Greenish, brucite-free calcite veinlets crosscutting the brucite-bearing ones contain a larger proportion of serpentine minerals as shown by XPD patterns (Table II). Lizardite flakes, polygonal serpentine rods (Fig. 5) and short chrysotile tubes were observed on the TEM BF pictures, the identification was confirmed by SAED patterns (Fig. 6). Brucite-bearing veinlets formed due to the contact metamorphic effect of the andesite veins that otherwise caused the development of a skarn zone in the limestone (and dolomite) at the Szár Hill. Mg was liberated during the contact metamorphism of the dolomite (or magnesian limestone). It was transported and finally deposited as brucite (together with calcite) by hydrothermal fluids in the crevices of the limestone. Serpentine minerals (of the brucite-bearing veins) formed by the alteration of brucite under the effect of siliceous hydrothermal fluids. Brucite-free, serpentine-bearing calcite veins may have been formed during the same process.

Összefoglalás

A szár-hegyi kőfejtő alsó szintjén egyes szürkésvörös és szürke mészkövekben 3–5 mm-es, sötétszürke, brucit-tartalmú kalciterek figyelhetők meg, melyekben kevés, nem azonosított szerpentin is mutatkozik. A 10–30 μm -es brucit-zemcséket az ásvány energiadiszperzív röntgenspektruma (EDX-spektrum) és röntgen-pordiffraktogramja alapján határoztuk meg. Utóbbi felvételtől kiindulva valószínű még egy hidrotalcit-csoportbeli ásvány jelenléte is a társulásban. A brucitos ereket átszelő, zöldes, szerpentintartalmú (brucitmentes) kalciterekben a röntgen-pordiffraktogram és a transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) megfigyelések alapján lizardit, poligonális szerpentin és krizotil azonosítható. A brucitos erek kialakulását a mészkőben (illetve dolomitban) jelentős szkarnosodást okozó andezittelérek kontaktmetamorf hatásának tulajdonítjuk. A dolomit (illetve Mg-tartalmú mészkő) kontaktmetamorfózisa során felszabadult magnézium oldatba került és elszállított, s e hidrotermás oldatból a brucit (a kalcittal együtt) közvetlenül vált ki a mészkő repedéseiben. A szerpentin kovás hidrotermás oldatok hatására később keletkezett a brucitból. A (brucitmentes) szerpentin kalciterek létrejötte is ez utóbbi folyamathoz kapcsolható.

1. Bevezetés

Brucittartalmú márványt Horváth & Ódor (1989) említett először Polgárdiból a mészkő kontaktmetamorf jelenségeiről szóló cikkben. A Kh-11. sz. fúrás a felszín alatt 45 m-ben harántolta e kőzettestet, amelynek ásványos összetétele a következő: kalcit + dolomit = 60%, brucit = 30% és szerpentin = 8%. A szerzők leírása szerint a brucit eredetileg periklász, míg a szerpentin forsterit volt, s az átalakulásuk vizes fluidumok hatására következett be.



1. ábra: Sötétszürke, brucittartalmú kalciterek vörösszürke mészkőben. A Herman Ottó Múzeum gyűjteménye (HOM 25853). A példány hosszúsága 12 cm. Fotó: Kulcsár Géza.

Fig. 1: Dark grey, brucite-bearing calcite veinlets in reddish grey limestone. Collection of Herman Ottó Museum (HOM 25853). Length of the sample 12 cm.

Photo: Géza Kulcsár.

A cikkünkben most ismertetendő ásványtársulás a fentivel tulajdonképpen megegyezik, azzal a különbséggel, hogy itt a brucit és a szerpentin nem magában a kristályos mészkő testben, hanem annak kalcitos ereiben fordul elő (1. ábra). Ebből következően kizárható a periklász és a forsterit, mint elődászványok jelenléte, hiszen itt egy alacsonyabb hőmérsékletű, oldatból kivált ásványtársulásról van szó. Feltételezésünk szerint a Mg-dús vizes oldatból a brucit közvetlenül vált ki, s a szerpentin a brucit későbbi átalakulási terméke.

2. Alkalmazott vizsgálati módszerek, vizsgált minták

A mikroszkópi vizsgálatokat a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Tanszékén, Leitz Metalloplan típusú polarizációs mikroszkóppal végeztük. A röntgen-pordiffrakciós felvételek a MOL Rt. röntgen-laboratóriumában készültek, Philips PW 1820 automatizált pordiffrakciós rendszerrel. Mérési paraméterek: Cu-cső, grafit monokromátor, 40 kV gyorsítófeszültség és 30 mA csóáram. Mért szögtartomány (2θ): 2–70°. Léptetési sebesség: 0,05° 2θ /sec. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok a Miskolci Egyetem Fém-tani Tanszékén, illetve az ELTE Ásványtani Tanszékén folytak, EDAX 9800 energia-diszperzív detektorral felszerelt AMRAY 1830I pásztázó, illetve JEOL JEM 100U

transzmissziós elektronmikroszkóppal. Mérési körülmények: 15 kV gyorsítófeszültség, 2 nA sugáráram (AMRAY), illetve 100 kV gyorsítófeszültség (JEOL).

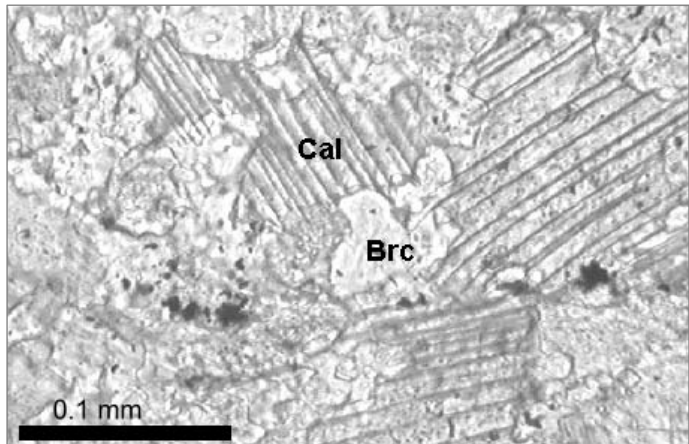
A brucitos ereket tartalmazó mészkőminták a miskolci Herman Ottó Múzeum ásványgyűjteményében található meg, a következő leltári számokon: 25853, 25854, 25858, 25859, 26287 (a szerpentindús kalcitér a 25854 sz. mintában található).

3. A brucitos erek ásványtani vizsgálata

A Szár-hegyen a brucitos ereket tartalmazó mészkövek a kőbánya alsó szintjén figyelhetők meg. A szürkésvörös, illetve szürke mészkőben könnyen észrevehetőek a sötétszürke színű, általában 3–5 mm vastag, brucittartalmú kalciterék, melyek sötét színüket a megemelkedett szervesanyag-tartalmuktól nyerik. A brucitos erekben három ásványfázis azonosítható teljes bizonyossággal, ezek csökkenő mennyiségi sorrendben a következők: kalcit, brucit és egy szerpentinásvány. A befogadó szürkésvörös, illetve szürke mészkövet alkotó kalcit néhány század mm-es átlagos szemcseméretéhez képest a brucitos erek kalcitja 0,1 mm átlagos átmérőjű. Vékonycsiszolatban úgy tűnik, mintha ezek az erek teljesen kalcitból állnának, s csak igen erős nagyítás mellett tűnnek elő a 10–30 µm nagyságú, szintelen, xenomorf brucitszemcsék (2. ábra).

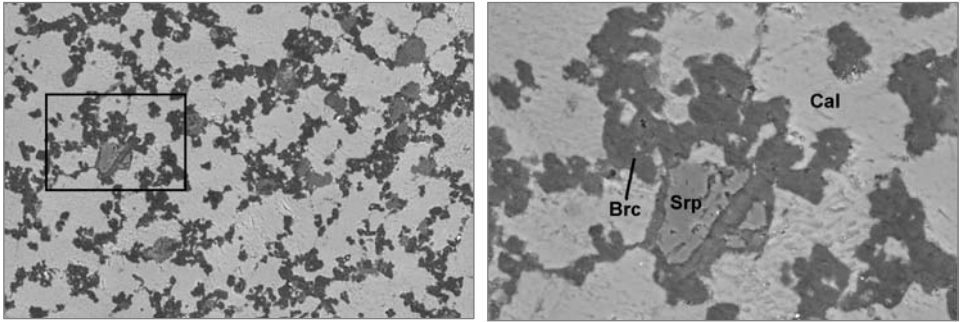
2. ábra: Egy brucittartalmú kalcitér vékonycsiszolatának polarizációs mikroszkópi fotója. 1 N. Fotó: Máday Ferenc. Rövidítések: Brc = brucit, Cal = kalcit.

Fig. 2: *Microphotograph of a thin section from a brucite-bearing calcite veinlet. 1 N. Photo: Ferenc Máday. Abbreviations: Brc = brucite, Cal = calcite.*



A méretükben az optikai mikroszkóp megfigyelési tartományának alsó határán mozgó brucitszemcsék további vizsgálatát elektronmikroszkóppal végeztük. A sötétszürke brucitos ér egyik részletéről készült visszaszórt elektronképet a 3. ábra mutatja. Jól látható, hogy a brucitszemcsék a kalcitos mátrixban elszórtan, néhány szemcse alkotó összenövésben fordulnak elő. Az is jól megfigyelhető, hogy a brucit sok helyen szerpentinésedésnek indult.

A brucit azonosításához két vizsgálati módszert vettünk igénybe. Egyrészt felvettük az ásvány energiadiszipatív röntgenspektrumát (EDX-spektrum, 4. ábra) olyan dektorral, amely a szén és a nála nagyobb (>6) rendszámú elemek kimutatására alkalmas. A felvételen határozottan jelentkezik az oxigén és a magnézium csúcsa, emellett csak minimális mennyiségű kalcium és vas mutatható ki. A felvétel alapján egyértelmű, hogy oxidos és nem karbonátos fázissal állunk szemben.



3. ábra: Egy brucittartalmú kalcitér felületi csiszolatának visszaszórt elektronképe.

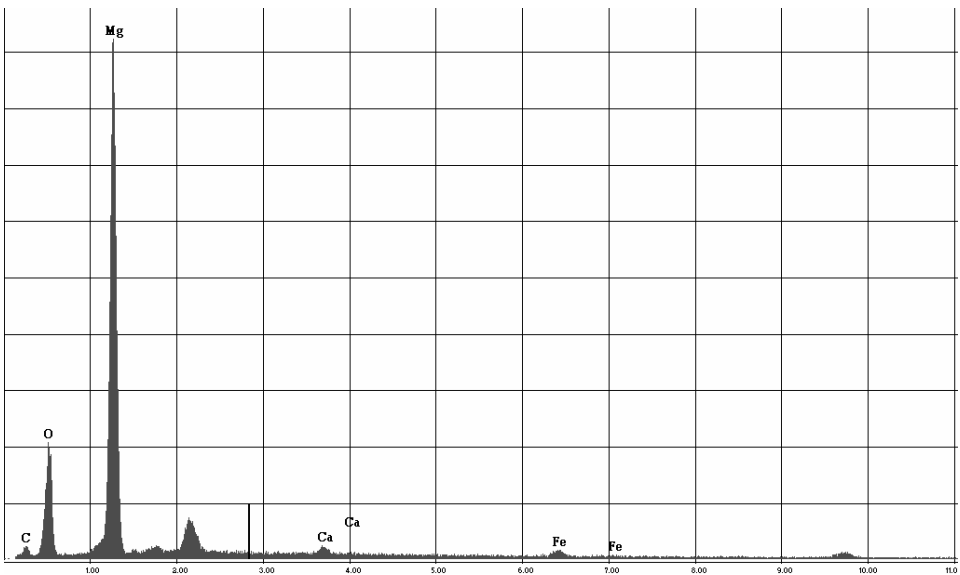
Képszélesség: a: 0,8 mm; b: 0,25 mm. Fotó: Kovács Árpád.

Rövidítések: Brc = brucit, Cal = kalcit, Srp = szerpentin.

Fig. 3: Back-scattered electron images of a polished section from a brucite-bearing calcite veinlet.

Photo: Árpád Kovács. Width of the picture: a: 0.8 mm; b: 0.25 mm.

Abbreviations: Brc = brucite, Cal = calcite, Srp = serpentine.



4. ábra: A brucit EDX-spektruma.

Fig. 4: EDX spectrum of brucite.

A minőségi kémiai elemzés mellé a sötétszürke kalciterekrol készített röntgenpordiffrakciós felvételből nyertük a kristálytani adatokat (I. táblázat). Az intenzitásértékekből látszik a kalcit dominanciája, de azért az egyértelmű azonosításhoz elegendő brucitesűcs is megjelent a felvételen.

I. táblázat: A sötétszürke, brucittartalmú kalciterek röntgen-pordiffrakciós adatai. Elemző: Margiticsné Sipőtz Éva. Rövidítések: I_{rel} = relatív csúcshintenzitás, Htc = hidrotalkit, Qtz = kvarc, Srp = szerpentin. Összehasonlító adatok: kalcit: ICDD 81-2027, brucit: JCPDS 7-239

Table I: X-ray powder diffraction data of the dark grey, brucite-bearing calcite veinlets. Analyst: Éva Margitics-Sipőtz. Abbreviations: I_{rel} = relative peak intensity, Dol = dolomite, Htc = hydrotalcite, Qtz = quartz, Srp = serpentine. Reference data: calcite: ICDD 81-2027, brucite: JCPDS 7-239

Csúcs Peak	d [Å]	I_{rel} [%]	Kalcit Calcite	I_{rel} [%]	Brucit Brucite	I_{rel} [%]	Egyéb Other
1.	7,652	1					Htc?
2.	7,092	1					Srp?
3.	4,706	19			4,770	90	
4.	3,808	5	3,856	10			
5.	3,321	1					Qtz
6.	3,004	100	3,037	100			
7.	2,877	2					Dol?
8.	2,813	2	2,845	2			
9.	2,711	1			2,725	6	
10.	2,474	7	2,496	14			
11.	2,352	20			2,365	100	
12.	2,268	11	2,285	17			
13.	2,081	10	2,095	14			
			1,928	6			
14.	1,898	13	1,913	18			
15.	1,862	11	1,876	19			
16.	1,787	8			1,794	54	
17.	1,619	2	1,626	3			
18.	1,596	4	1,605	8			
			1,588	1			
19.	1,568	5			1,573	34	
20.	1,518	3	1,526 1,518	5 3			
21.	1,490	2	1,510	2	1,494	18	
22.	1,464	1	1,474	2			
23.	1,435	2	1,441	6			
24.	1,414	2	1,423	3			
25.	1,369	2			1,373	16	

A brucit mellett előforduló szerpentinásvány(ok) faj szintű besorolását nem könnyű elvégezni (vö. Papp & Szakáll, 1999). Különösen nem az a jelen esetben, hiszen szerpentin mindössze néhányszor 10 µm-es aggregátumok formájában fordul elő nagyon elszórtan a kőzetmátrixban. Az azonosítás az I. táblázat adatai alapján nem oldható meg, mivel a kalcitér röntgen-pordiffrakciós felvételén csak egy kis csúcs tulajdonítható a szerpentinásvány(ok)nak. Említésre méltó, hogy ugyancsak egy gyenge reflexió a hidrotalkitcsoportba tartozó ásvány jelenlétét sugallja. Ilyen ásvány(oka)t a hazai vulkáni

kőzetekben talált szerpentines zárványok ásványtársulásából úgyszólván valamennyi, részletesebben vizsgált lelőhelyen kimutattak (Dunabogdány, Uzsabánya, Zalahaláp; Papp & Szakáll, 1999).

II. táblázat: Szerpentindús kalciterek röntgen-pordiffrakciós adatai. Elemző: Margiticsné Sipőtz Éva. Rövidítések: b = széles reflexió, I_{rel} = relatív csúcsintenzitás, Összehasonlító adatok: lizardit: Mumpton & Thompson (1975), $I_{rel} \geq 1$; kalcit: ICDD 81-2027.

Table II: X-ray powder diffraction data of serpentine-rich calcite veinlets. Analyst: Éva Margitics-Sipőtz. Abbreviations: b = broad reflection, I_{rel} = relative peak intensity. Reference data: lizardite: Mumpton & Thompson (1975), $I_{rel} \geq 1$; calcite: ICDD 81-2027.

Csúcs Peak	d [Å]	I_{rel} [%]	Lizardit Lizardite	I_{rel}	Kalcit Calcite	I_{rel} [%]
1.	7,144	47	7,34	10		
2.	4,504	12	4,59	5		
3.	3,803	9	3,88	3	3,856	10
4.	3,609	32	3,63	6		
5.	3,000	100			3,037	100
6.	2,815	2			2,845	2
7.	2,624	3	2,64	1		
8.	2,475	25	2,49	10	2,496	14
9.	2,266	16			2,285	17
10.	2,138	4	2,15	6		
11.	2,080	13			2,095	14
					1,928	6
12.	1,898	20			1,913	18
13.	1,863	15			1,876	19
14.	1,785	2	1,792	2		
15.	1,726	2	1,735	1		
			1,691	1b		
16.	1,617	3			1,626	3
17.	1,597	7			1,605	8
18.	1,529	12	1,531	7		
19.	1,519	12			1,526 1,518	5 3
20.	1,496	6	1,500	6	1,510	2
21.	1,467	2			1,474	2
22.	1,435	4			1,441	6
23.	1,416	3	1,414	1	1,423	3

A szerpentinásvány(ok) azonosításának második lépéseként újabb pordiffrakciós felvételt készítettünk a brucitos ereket többnyire átszelő, zöldre festett kalciterekéről. E kalciterekben a brucit nem jelenik meg, s csak feltételezni tudjuk, hogy a benne lévő szerpentin is a brucit átalakulásával jött létre, és ásványtani összetétele megegyezik a brucitos erekben lévő apró szerpentinhalmozokéval.

5. ábra: Szerpentes kalcitér porított mintájának transzmissziós elektronmikroszkópos felvétele. Középen fent egy poligonális szerpentinként azonosítható, szabálytalan rúd alakú szemcse (legnagyobb átmérője kb. 400 nm), tőle ÉK-i irányban néhány max. 50 nm-es átmérőjű, rövid krizotiltöredékekkel. A nagyobb pikkelyek lizarditszemcsék.

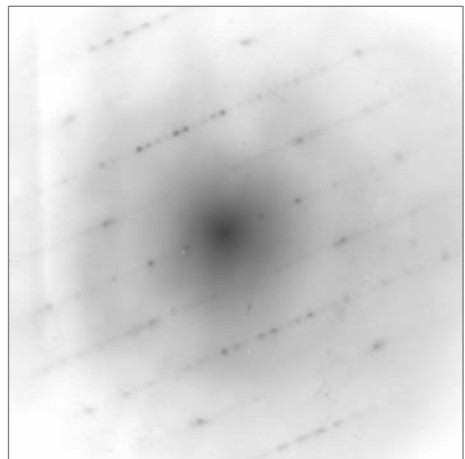
Képszélesség: 2,8 μm .

Fig. 5: TEM micrograph of a crushed sample from a serpentine-bearing calcite veinlet with an irregular rod-like polygonal serpentine grain (max. diameter ~ 400 nm, top centre). NE from this rod a few short chrysotile fragments (max. diameter ~ 50 nm) can be seen. Larger flakes are lizardite. Width of picture: 2.8 μm .



6. ábra: Poligonális szerpentin „rúd” elektron-diffrakciós képe. Jellegzetesek az aránylag jól elkülönülő $h0l^*$ reflexiók.

Fig. 6: SAED pattern of a polygonal serpentine “rod”. Note the distinct spots on the $h0l^*$ rows.



A szerpentinűs kalcitéről készült röntgen-pordiffrakciós felvétel adataiból (II. táblázat) látható, hogy ebben is a kalcit a fő fázis, de itt már megjelent annyi szerpentin-csúcs, hogy azok alapján megkísérelhetjük az azonosítást, mégpedig Whittaker & Zussman (1956) tanulmánya alapján [az ott közöltek érvényességét később Wicks & O’Hanley (1988) is megerősítette].

Az antigorit jelenléte a 2,52 Å és az 1,56 Å körüli jellegzetes csúcsok hiányában egyértelműen kizárható. Az egyező bázisreflexiókon kívüli, határozó értékű reflexiókat (l. Papp & Szakáll, 1999, Függelék) elemezve a legjobb egyezést a lizardit adataival találjuk. A röntgendiffraktogram egésze (II. táblázat) is kielégítően értelmezhető kalcit és lizardit keverékeként.

A szerpentin-összetevő vizsgálatának befejezéseként rutin transzmissziós elektronmikroszkópos (TEM) megfigyeléseket végeztünk annak eldöntésére, hogy a röntgendiffrakciósan lizarditnak határozható síkréteges szerpentinásvány kizárólag a szorosabb értelemben vett, szubmikroszkopikus pikkelyeket formázó lizardit-e, vagy a (Dunabogdányban is megtalált) rúd alakú poligonális szerpentin is jelen van az ásvány-

társulásban. A TEM-vizsgálatoktól remélhettük az esetleg a röntgendiffrakciós kimutatósi határ alatti mennyiségben jelenlévő szerpentinásványok észlelését is.

A porított mintában a kalcitszemcsék és a rosszul kristályos szerpentes fázisok mellett megtaláltuk a lizardit apró pikkelyeit, de a poligonális szerpentin jellegzetes, 100 nm-nél is vastagabb, az elektronsugár számára úgyszólván átlátszatlan, sötét, rúdszerűen nyúlt szemcséit (5. ábra) és a vékonyabb (kb. 50 nm átmérőjű), a tömeges (nem azbeszt-szerű) mintákra jellemzően aránylag rövid krizotilcsövecskéket is. A szerpentinásványokat elektrondiffrakciós (SAED) vizsgálattal azonosítottuk (6. ábra). Összességében tehát az ásványtársulás megegyezik a dunabogdányi (tisza) szerpentes zárványokban tapasztalhatóval (Papp & Szakáll, 1999).

4. Genetikai következtetések

A brucit képződését eredményező folyamatok meglehetősen változatosak, mint arra Ionescu (1998) összefoglaló jellegű cikkében rámutatott. A különböző genetikai típusok közül a brucit a legnagyobb gyakorisággal kontaktmetamorf dolomitokban és mészkövekben fordul elő, sokszor a periklász átalakulási termékeként.

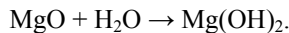
Mint a korábbi vizsgálatokból tudjuk, a polgárdi mészkő helyenként meglehetősen magnéziumdús (lásd a III. táblázatot), összetétele a meszes dolomittól a mészkőig terjed (Lelkesné Felvári, 1978). Erre utal Fehér *et al.* (2003) megfigyelése is, amely szerint a wollastonitos szkarnban diopszid- és wollastonitsávköb felépülő kőzet található, s ezek a sávok a mészkő és a dolomit (vagy Mg-dús mészkő) eredeti rétegződésének feleltethetők meg.

Az általunk vizsgált brucitos erek a kis hőmérsékletű hidrotermás genetikai típust képviselik, s mint ahogy a bevezetésben említettük, ez a kalcit-brucit-szerpentin ásványtársulás genetikailag különbözik attól, amelyet Horváth & Ódor (1989) írt le a Kh-11. sz. fűrásból. Ez utóbbiban mind a brucit, mind pedig a szerpentin másodlagos eredetű, mivel az előbbi periklász, míg az utóbbi forsterit átalakulásából jött létre.

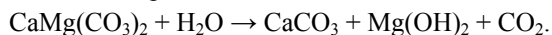
Ez a különbség azonban – feltételezésünk szerint – csak a kontaktmetamorfózis alatti fluidumfázis jelenlétében nyilvánul meg. A Kh-11. sz. fűrásból leírt brucitmárvány esetében tehát a brucitképződés két lépcsőben zajlott le. Első lépésben a dolomitos kőzet kontaktmetamorfózisa alatt a dolomitból (Mg-dús mészkőből?) a magnézium mobilizálódott, majd oxidos formában (periklászként) kivált a karbonátszemcsék között, míg magából a dolomit ásványból kalcit lett. Ez a következők szerint ment végbe:



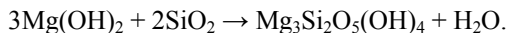
Később víztartalmú fluidumok hatására a periklász hidratálódott és brucit-pseudomorfózákká alakult át:



Mivel az általunk vizsgált brucitos erek a wollastonitos szkarn szomszédságában helyezkednek el, kialakulásukat a szkarnos kőzeteket létrehozó andezittelérek kontaktmetamorf hatásának tulajdonítjuk. Ebben az esetben viszont a dolomitos kőzet kontaktmetamorfóziskor fluidumfázisnak is jelen kellett lennie, mivel a dolomitból felszabaduló magnézium nem vált ki, hanem oldatba került és elszállítódott, s ebből a hidrotermás oldatból a mészkő repedéseiben a brucit közvetlenül vált ki a kalcittal együtt:



Végezetül későbbi, retrográd folyamatok során, kovasavtartalmú oldatok hatására a brucit a következő reakcióegyenlet szerint szerpentinesedésnek indult:



Valószínűleg a brucittartalmú kalciterek átzelő, brucitmentes szerpentines kalciterek is ez utóbbi folyamat termékei.

III. táblázat: A polgárdi mészkőösszetétel vegyi összetételének szélsőértékei és átlaga 12 elemzés alapján. Elemző: OFKVV Komlói Laboratóriuma (Lelkesné Felvári, 1978 után). Rövidítés: izz. v.: izzítási veszteség.

Table III: Compositional range and average composition of the Polgárdi limestone beds based on 12 chemical analyses (after Lelkes-Felvári, 1978).

Abbreviation: LOI: loss of ignition.

Összetevő	Min.	Max.	Átlag
Component	Min.	Max.	Average
SiO ₂	0,61	9,03	3,06
TiO ₂	–	0,25	0,02
Al ₂ O ₃	–	1,02	0,38
Fe ₂ O ₃	0,16	18,60	6,37
FeO	–	4,73	0,47
MnO	0,02	2,60	1,19
MgO	0,70	16,86	5,53
CaO	33,11	53,63	41,94
Na ₂ O	0,06	0,12	0,09
K ₂ O	–	0,25	0,03
izz. v./LOI	–	0,90	0,24
CO ₂	32,06	44,24	38,93
P ₂ O ₅	–	0,04	0,02

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Margiticsné Sipótz Évának (MOL Rt., Budapest) a röntgenpordiffrakciós felvételek elkészítéséért, Kovács Árpádnak (Miskolci Egyetem [ME], Fémteni Tanszék) a brucit EDX-spektrumának felvételéért és a visszaszórt elektronképekért, Kovácsné Kis Viktóriának (ELTE Ásványtani Tanszék) a TEM-vizsgálatokhoz nyújtott segítségért, Márai Ferencnek (ME, Ásvány- és Kőzettani Tanszék) a vékonycsiszolatról készített fotóért és Kulcsár Gézának (Herman Ottó Múzeum, Miskolc) a kézipéldány lefényképezéséért.

Irodalom

- Fehér B. & Sajó I. (2003): Kalcium-szilikátok a polgárdi Szár-hegy wollastonitos szkarnjából. In: Szakáll S. & Fehér B. (szerk.): *A polgárdi Szár-hegy ásványai /Topogr. Mineral. Hung., 8/*, Miskolc: HOM, 87–113. (in Hung. with English abstract)
- Horváth I. & Ódor L. (1989): A Polgárdi Mészkő Formáció kontakt metamorf és metasomatikus jelenségei (Contact metamorphic and metasomatic phenomena in the Polgárdi Limestone Formation, Transdanubia, Hungary). *M. Áll. Földt. Int. Évi Jel. 1987-ről*, 137–143. (in Hung. with English abstract)

- Ionescu, C. (1998): The genesis of brucite – $Mg(OH)_2$. A general review. *Studia Univ. Babeş-Bolyai, Geol.*, **43/1**, 97–102.
- Lelkesné Felvári Gy. (1978): A Balaton-vonal néhány permnél idősebb képződményének közettani vizsgálata (Petrographische Untersuchung einiger präpermischen Bildungen der Balaton-Linie). *Geol. Hung. Ser. Geol.*, **18**, 193–295. (in Hung. with German abstract)
- Mumpton, F. A. & Thompson, C. S. (1975): Mineralogy and origin of the Coalinga asbestos deposit. *Clays Clay Miner.*, **23**, 131–143.
- Papp G. & Szakáll S. (1999): A csódi-hegyi szerpentinés közetzárványok ásványai (Minerals of serpentine-bearing xenoliths from Csódi Hill, Dunabogdány, Visegrád Mts., Hungary). In: Papp G. (szerk.): *A dunabogdányi Csódi-hegy ásványai /Topogr. Mineral. Hung.*, **6/**, Miskolc: HOM, 103–125. (in Hung. with English abstract)
- Whittaker, E. J. W. & Zussman, J. (1956): The characterization of serpentine minerals by X-ray diffraction. *Mineral. Mag.*, **31**, 107–126.
- Wicks, F. J. & O'Hanley, D. S. (1988): Serpentine minerals: structures and petrology. In: Bailey, S. W. (ed.): *Hydrous phyllosilicates (exclusive of micas)*. *Rev. Mineral.*, **19**, 91–167.