

## TURMALIN KÖTŐANYAGÚ HIDROTERMÁS BRECCSA MISKOLC-BÜKKSZENTLÁSZLÓRÓL

Fehér Béla

Herman Ottó Múzeum, Miskolc

**Absztrakt:** Miskolc-Bükkszentlászló határában a középső-felső triász korú, alacsony fokozatú metamorfózison átesett, préselt riolittufát kvarc-földpát-telérek szelik át. Ezek a telérek bizonyos helyeken hidrotermás oldatok repesztő hatására összetöredeztek, breccsásodtak. A hirtelen nyomáscsökkenés következtében a meleg vizes oldatokból fekete, finomszemcsés turmalin vált ki, mely a breccsa kötőanyagául szolgál. A tanulmány ennek a turmalinnak a komplex ásványtani vizsgálatát mutatja be, mely az optikai jellemzőkön túlmenően részletes kristálykémiái (elektron-mikroszkopos) és szerkezeti (röntgen-pordiffrakció) vizsgálatokat is tartalmaz. Ezek alapján megállapítható, hogy a breccsa kötőanyagát a turmalin-csoporton belül a sörl ásványfaj képviseli, hasonlóan a már korábban innen leírt, fészkekben és erekben megjelenő, apró, oszlopos kristályokat alkotó turmalinhoz.

**Kulcsszavak:** turmalin, sörl, hidrotermás breccsa, Bagolyhegyi Metariolit Formáció, Miskolc-Bükkszentlászló

### BEVEZETÉS

A Miskolc-Bükkszentlászló és Bükkszentkereszt között elhelyezkedő terület több alkalommal került a nyersanyagkutatások fókuszába. Először 1955-ben folytattak légi gamma-méréseket a terület fölött egy sugárzóanyag-kutatási projekt során, majd az anomália földi ellenőrzését 1956-ban végezték el. Megállapították, hogy az anomália triász savanyú vulkáni tufákba települt kvarcporfírok magas K-tartalmából származik. Az 1967–1969 között megismételt légi-spektrometriai mérések ugyancsak jelezték a korábbi anomáliákat, melyet gyenge urános karaktere miatt további kutatásra érdemesnek tartottak. Ekkor fedezték fel a Hősok-forrása völgyének elején a foszfátos, mangán-oxidos, urántartalmú kőzetanyagot, maximálisan 0,08% urán-tartalommal (SZABÓ 2002). Ezeket a kutatásokat a pécsi székhelyű Mecseki Ércbányászati Vállalat végezte.

1965 és 1970 között a Magyar Állami Földtani Intézet által koordinált Ritkafémek Kutatási Program keretében, illetve 1984 és 1987 között az ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszéke által vezetett OTKA kutatási projekt keretében került sor az előzőekben említett foszfátos kőzet továbbkutatására, de most már berilliumra. Ennek eredményeként a metamorfizált riolittufában lévő fluorapatitos testekben átlagosan 421 ppm berillium-tartalmat mutattak ki (KUBOVICS et al. 1989; SZABÓ–VINCZE 2013).

Az elmúlt években a Miskolci Egyetem által vezetett CriticEl (Kritikus Elemek) alapvetési program keretében került sor a berillium-dúsulás újrvizsgálatára, illetve ennek eredményeként felfedezett ritkaföldfém-anomália megkutatására (ZAJZON et al. 2014; NÉMETH et al. 2015).

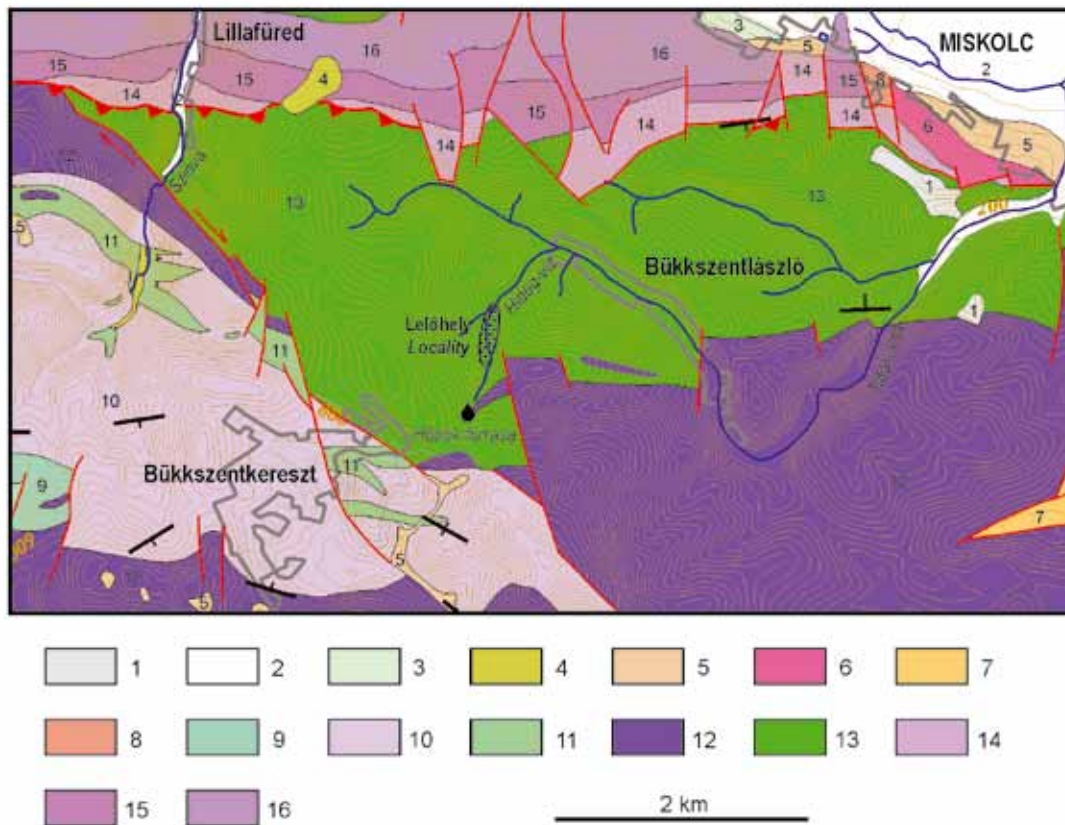
Bár ezekben a képződményekben a turmalin jelenléte már régóta ismert (SZENTPÉTERY 1931), ásványtani vizsgálatokat a fenti nyersanyag-kutatások során nem végeztek rajta. Korábban egyedül a kvarc-földpát-telérekben fészkeket és ereket alkotó turmalinról közölt vizsgálati eredményeket FEHÉR (1998–99). Jelen tanulmány a turmalin egy másik típusának, a breccsásodott kvarc-földpát-telérekben kötőanyagként megjelenő kifejlődésnek az ásványtani vizsgálatáról szól.

### VIZSGÁLATI MÓDSZEREK,

#### A VIZSGÁLT MINTÁK

Az ásványtani vizsgálatokat a Miskolci Egyetem Ásványtani–Földtani Intézetében végeztük. Az optikai vizsgálatok Zeiss AxioImager A2 típusú polarizációs mikroszkóppal készültek.

Az ásványok kémiai összetételét JEOL JXA-8600 típusú elektron-mikroszkopos határozottuk meg. A műszert hullámhossz-diszperzív üzemmódban működtettük, 15 kV gyorsítófeszültség és 20 nA mintaáram mellett. Felhasznált standardok: cirkon (Si), korund



1. kép. A Miskolc-Bükkszentlászló és Bükkszentkereszt közötti terület földtani térképe (RÓNAI–LESS 2005 alapján, módosítva). Jelmagyarázat: 1 = meddőhányó; 2 = holocén folyóvízi üledék; 3 = felső pleisztocén-óholocén folyóvízi üledék; 4 = felső pleisztocén-holocén proluviális-deluviális üledék; 5 = felső pleisztocén-holocén deluviális üledék; 6 = miocén (badeni-szarmata) Felnémeti Riolituffa Formáció; 7 = miocén (kárpáti) Egyházasgergei Formáció; 8 = felső oligocén Csókási Formáció; 9 = középső-felső jura Bányahegy Radiolarit Formáció; 10 = felső triász Felsőtárkányi Mészke Formáció; 11 = felső triász Szinvai Metabazalt Formáció; 12 = felső triász Bükkfennsík Mészke Formáció; 13 = középső-felső triász Bagolyhegyi Metariolit Formáció; 14 = középső triász Hegyestetői Formáció; 15 = középső-felső (?) triász Vesszősi Formáció; 16 = középső-felső triász Fehérkői Mészke Formáció.

Fig. 1. Geological map of the area between Miskolc-Bükkszentlászló and Bükkszentkereszt (modified after RÓNAI–LESS 2005). Legend: 1 = dump; 2 = Holocene fluvial sediment; 3 = Upper Pleistocene-Holocene fluvial sediment; 4 = Upper Pleistocene-Holocene proluvial-deluvial sediment; 5 = Upper Pleistocene-Holocene deluvial sediment; 6 = Miocene (Badenian-Sarmatian) Felnémet Rhyolite Tuff Formation; 7 = Miocene (Carpathian) Egyházasgerge Formation; 8 = Upper Oligocene Csókás Formation; 9 = Middle-Upper Jurassic Bányahegy Radiolarite Formation; 10 = Upper Triassic Felsőtárkány Limestone Formation; 11 = Upper Triassic Szinva Metabasalt Formation; 12 = Upper Triassic Bükkfennsík Limestone Formation; 13 = Middle-Upper Triassic Bagolyhegy Metarhyolite Formation; 14 = Middle Triassic Hegyestető Formation; 15 = Middle-Upper (?) Triassic Vesszős Formation; 16 = Middle-Upper Triassic Fehérkői Limestone Formation.

(Al), ilmenit (Ti, Fe), Cr-augit (Ca), olivin (Mg),  $MnS_2$  (Mn), anortoklász (Na), mikroklin (K) és fluorit (F). Detektálási idő a csúcsokon 10 s, a háttéren 5 s, míg a nyalábátmérő 1  $\mu m$  volt. A nyers intenzitás-adatokat PAP mátrixkorrekcióval (POUCHOU–PICOIR 1984) korrigáltuk.

A röntgen-pordiffrakciós felvétel Bruker D8 Advance diffraktométerrel készült, Göbel-tükörrel előállított párhuzamos nyaláb geometriában, Vánte-1 helyzetérzékelő detektorral,  $2\theta = 2-70^\circ$  mérési tartományban,  $0,007^\circ$  lépésközzel, lépésenként 0,4 sec detektálási idővel. Egyéb mérési paraméterek:  $CuK\alpha$ -sugárzás, 40 kV gyorsítófeszültség és 40 mA csőáram.

A vizsgált mintákat a szerző gyűjtötte 1998 nyarán. Jelenleg a miskolci Herman Ottó Múzeum ásványgyűjteményben található 2016.1 leltári szám alatt.

### A VIZSGÁLT KŐZETTEST JELLEMZÉSE

A Bükkszentlászló és Bükkszentkereszt közötti területet a Bagolyhegyi Metariolit Formációba sorolt, késő-ladin-kora-karni korú (középső és felső triász határa), zöld, fakó szürkészöld színű, lemezesre préselt, palásodott metariolit és riolituffa építi fel (LESS et al. 2005), mely kistökű, pumpellyit-prehnit-kvarc fáciesű regionális metamorfózison esett át (ÁRKAI 1973). Ez a kőzettest zöld színnel (13. képződmény) van jelölve az 1. képen.

Meg kell jegyeznünk, hogy a formáció litosztratigráfiai besorolása időnként változott, korábban az Óhutai Diabáz Formációba (BALOGH 1980), majd feltételelesen a Szentistvánhegyi Metaandezit Formációba is sorolták (SZOLDÁN 1993). A teljes kőzeten mért K/Ar radiometrikus koradatok 95 és 104 millió év között szórnak, melyek azonban nem a tufaszórás, hanem az alpi regionális metamorfózis idejét adják meg (ÁRVÁNÉ SÓS et al. 1987). Így valószínűleg ez az esemény a késő-kréta ausztriai orogenezissel lehetett kapcsolatban (SZOLDÁN 1990). Az újabb radiometrikus koradatok kicsit későbbre, 77–82 millió évre datálják a metamorfózis korát (ÁRKAI et al. 1995).

Bár a talajtakaróval és növényzettel való fedettség jelentős, a kőzettestet a Hősök-forrásától induló Hidegvíz patak medrében, azaz természetes feltárásokban jól tanulmányozhatjuk.

A regionális metamorfózis hatására a kőzetben kvarcból és alkáli földpátokból álló repedéskitöltések (telérek) jöttek létre (KUBOVICS et al. 1989). Ezek a telérek bizonyos helyeken breccsásodtak, a szögletes fragmentumokat pedig finomszemcsés turmalin cementálta (2. kép). Ezeket a turmalin kötőanyagú breccsákat ez ideig csak törmelékben sikerült megfigyelni, így laterális kiterjedésükről nincsenek adataink. Az eddig talált mintákban a breccsásodott zóna vastagsága legfeljebb 5 cm volt. A breccsát alkotó törmelékek mérete nagyon változatos. A legnagyobb klasztok meghaladhatják az 1 cm-t, míg a legkisebbek mikroszkopikus (tized mm alatti) méretűek.

A breccsásodott kvarc-földpát-telérek fő alkotói a kvarc és a K-földpát (ortoklász), a Na-földpát (albit) mennyisége kevésbé számottevő. Járulékos komponensként még fluorapatit fordul elő, illetve a káliföldpát szericitesedése útján muszkovit is létrejött. A turmalin-kötőanyag képződési idejéhez képest a K-földpátoknak három generációja különíthető el (3. kép): 1.) pregenetikus, vagyis a turmalinnál idősebb K-földpátok: ezek az eredeti kvarc-földpát-telérek alkotói (káliföldpát-I); 2.) szingenetikus, vagyis a turmalinnal egyidős K-földpátok: ezek a turmalinnal együtt váltak ki a breccsában és így a cementanyag felépítésében vesznek részt (káliföldpát-II); 3.) posztgenetikus, vagyis a turmalinnál fiatalabb K-földpátok: ezek a breccsát utólag átszelő, kvarcos-földpátos erek káliföldpátjai (káliföldpát-III).

Meg kell jegyezzük, hogy a II. káliföldpát-generációt két részre oszthatjuk: a.) a breccsásodott zónák szegélyén megjelenő, metasomatikus jellegű K-földpát (káliföldpát-IIa); b.) a kötőanyagban a turmalinnal keveredve megjelenő K-földpát (káliföldpát-IIb). A káliföldpátok mindhárom generációjáról készültek ké-



2. kép. Turmalin kötőanyagú hidrotermás breccsa Miskolc-Bükkszentlászlóról. A példány 5,5 cm hosszú.

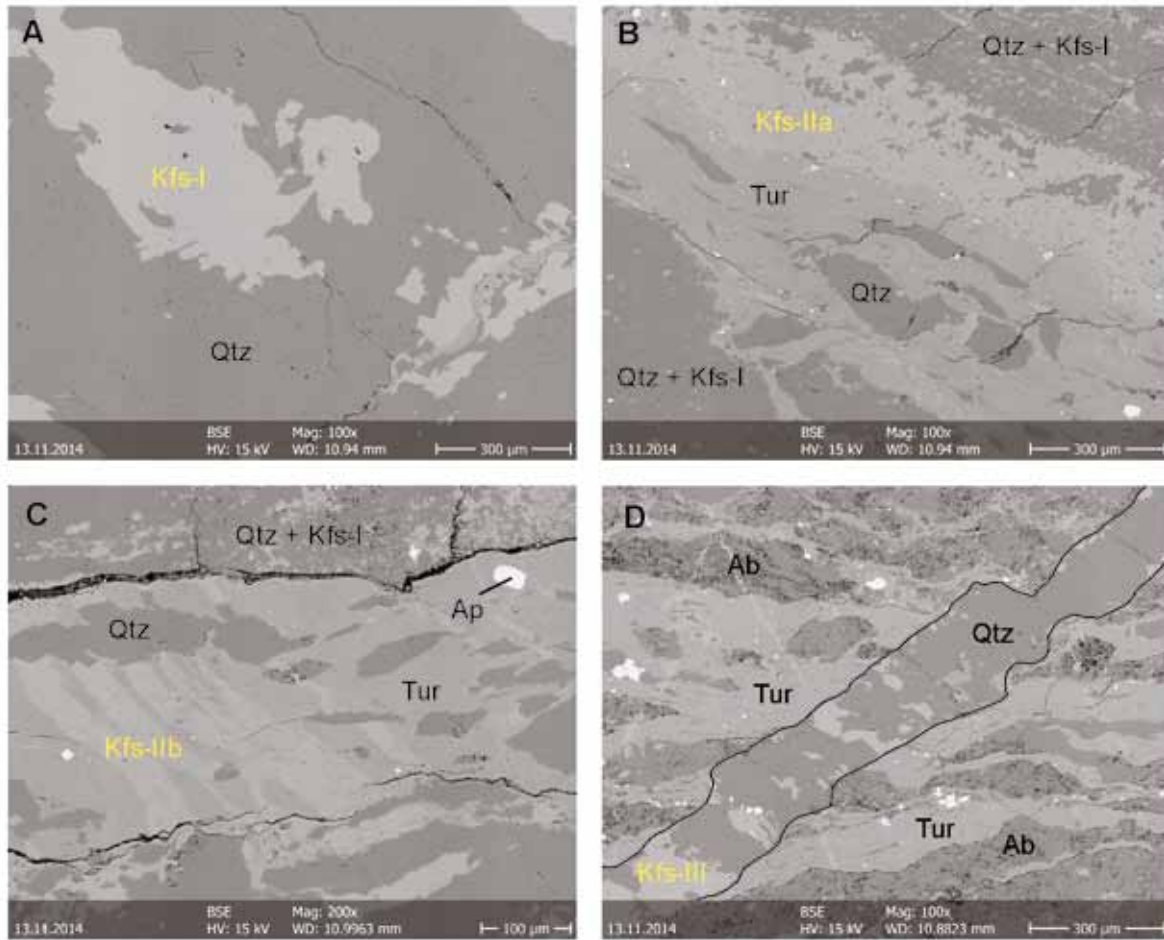
Fig. 2. Tourmaline-cemented hydrothermal breccia from Miskolc-Bükkszentlászló. Length of the sample: 5.5 cm.

miai elemzések, melyek az I. táblázatban láthatók. Mint az alacsony hőmérsékleten képződött káliföldpátok esetében várható volt, az összetételük nagyon közel esik az ortoklász ideális képletéhez, az Or-komponens részaránya 95,5–98,9% között változik. Így az egyes generációk összetételében különbségek nem mutathatók ki. Ugyanígy a Na-földpát is lényegében tiszta albitnak minősíthető (4. kép).

A kötőanyagot alkotó turmalin fekete színű, rendkívül finomszemcsés anyag. Az egyes kristallitok még optikai mikroszkóp alatt sem különíthetők el, így méretében nagyon különbözik erről a lelőhelyről korábban leírt (FEHÉR 1998–99), fészkekben, illetve repedésekben megjelenő, oszlopos, akár 2 mm-es hosszúságot is elérő turmalinkristályoktól. Polarizációs mikroszkópban zöld színű (5. kép), a zöld különböző árnyalataiban megfigyelhető pleokroizmust mutat. Keresztezett nikolállásnál a kis szemcseméret miatt előálló halmazpolarizáció következtében foltos megjelenésű. Kémiai és szerkezeti tulajdonságait a következő fejezetekben mutatjuk be.

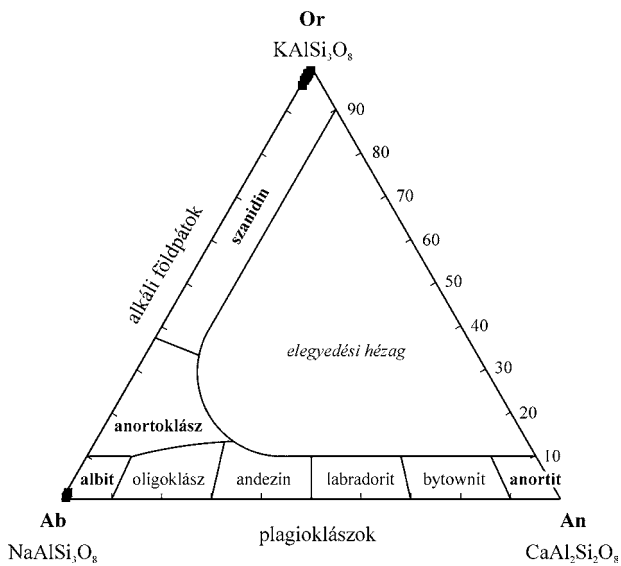
## A TURMALIN KRISTÁLYKÉMIAJA

A turmalin névvel egy ásványcsoportot jelölünk, melyek tagjai a boroszilikátok közé tartoznak és viszonylag összetett kristályszerkezettel rendelkeznek. Ezt a szerkezeti komplexitást az általános kémiai képletük is kifejezi:  $XY_3Z_6(T_6O_{18})(BO_3)_3V_3W$ , ahol  $X = \square$  (üres hely, vagyis betöltetlen kristályszerkezeti pozíció), Na, K, Ca;  $Y = Li, Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Al, V^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}, Mn^{3+}, Ti^{4+}$ ;  $Z = Mg, Fe^{2+}, Al, V^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}$ ;  $T = Si, B, Al$ ;  $B = B$ ;  $V = OH, O$  és  $W = OH, F, O$ . A turmalin-csoporton belül az ásványfajokat az X-, Y-, Z- és W-pozíciókban



3. kép. A káliföldpátok három generációja (visszaszórt-elektronképek): A) pregenetikus káliföldpát-I; B) szingenetikus káliföldpát-IIa; C) szingenetikus káliföldpát-IIb; D) posztgenetikus káliföldpát-III. Rövidítések: Ab = albit; Ap = apatit; Kfs = káliföldpát, Qtz = kvarc, Tur = turmalin.

Fig. 3. Three generations of K-feldspars (BSE images): A) pregenetic K-feldspar-I; B) syngenetic K-feldspar-IIa; C) syngenetic K-feldspar-IIb; D) postgenetic K-feldspar-III. Abbreviations: Ab = albite; Ap = apatite; Kfs = K-feldspar, Qtz = quartz, Tur = tourmaline.



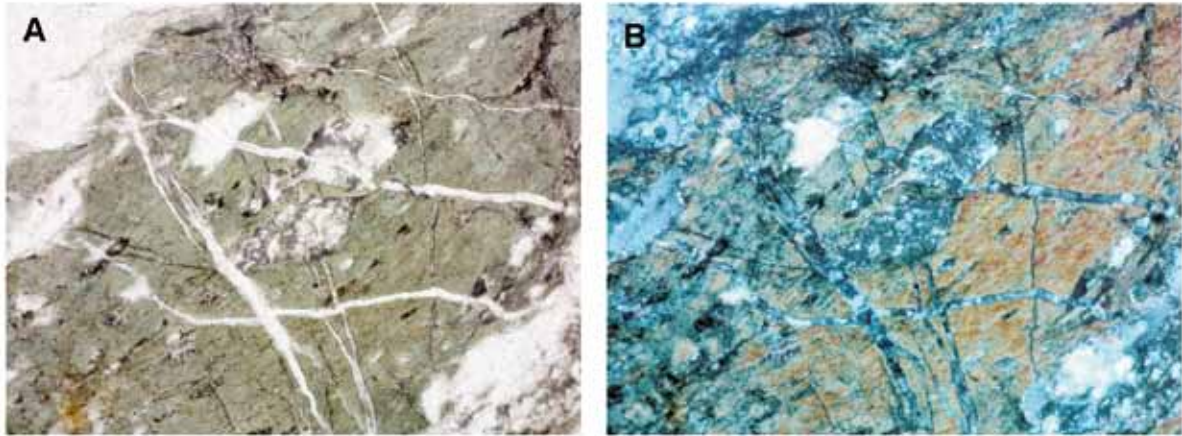
4. kép. A földpátok összetételének ábrázolása az Or-Ab-An (ortoklász-albit-anortit) háromszög-diagramban.

Fig. 4. Feldspar compositions plotted in the Or-Ab-An (orthoclase-albite-anorthite) ternary diagram.

I. táblázat: A turmalinos breccsák földpájainak elektron-mikroszkopos elemzési tömegszázalékban. (1–3) káliföldpát-I, (4–6) káliföldpát-IIa, (7–9) káliföldpát-IIb, (10–12) káliföldpát-III, (13–15) albit. Rövidítések: Or = ortoklász, Ab = albit, An = anortit.

Table I. Electron-microprobe analyses of feldspars from the tourmaline-cemented breccia (in wt%). (1–3) K-feldspar-I, (4–6) K-feldspar-IIa, (7–9) K-feldspar-IIb, (10–12) K-feldspar-III, (13–15) albite. Abbreviations: Or = orthoclase, Ab = albite, An = anorthite.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO <sub>2</sub>	64,42	64,11	64,07	64,71	64,23	63,99	64,71	64,74	65,36	64,45	64,40	64,41	69,08	69,29	69,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,84	18,42	18,63	18,87	18,84	18,48	19,24	19,02	18,99	18,60	18,82	18,74	20,15	20,33	20,36
FeO	0,00	0,00	0,03	0,21	0,44	0,33	0,00	0,29	0,14	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,13
MgO	0,00	0,00	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaO	0,11	0,06	0,07	0,09	0,08	0,09	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,14	0,13	0,15
Na <sub>2</sub> O	0,44	0,20	0,19	0,07	0,33	0,23	0,17	0,26	0,33	0,16	0,33	0,14	10,01	10,62	10,55
K <sub>2</sub> O	15,96	16,48	16,07	15,94	16,23	16,43	15,86	15,73	16,08	15,95	15,80	15,79	0,13	0,26	0,07
<b>Σ</b>	<b>99,76</b>	<b>99,27</b>	<b>99,10</b>	<b>99,89</b>	<b>100,17</b>	<b>99,54</b>	<b>100,02</b>	<b>100,11</b>	<b>100,96</b>	<b>99,25</b>	<b>99,42</b>	<b>99,16</b>	<b>99,53</b>	<b>100,63</b>	<b>100,72</b>
Kationszámok 8 oxigénre számolva / Cation numbers based on 8 oxygens															
Si	2,981	2,990	2,985	2,987	2,972	2,981	2,979	2,982	2,987	2,994	2,986	2,992	3,008	2,994	2,996
Al	1,028	1,012	1,023	1,027	1,027	1,015	1,044	1,032	1,023	1,018	1,028	1,026	1,034	1,036	1,035
Fe	0,000	0,000	0,001	0,008	0,017	0,013	0,000	0,011	0,005	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,005
Mg	0,000	0,000	0,003	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ca	0,005	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,007	0,006	0,007
Na	0,039	0,018	0,017	0,006	0,030	0,021	0,015	0,023	0,029	0,014	0,030	0,013	0,845	0,890	0,882
K	0,942	0,980	0,955	0,939	0,958	0,976	0,931	0,924	0,937	0,945	0,934	0,935	0,007	0,014	0,004
<b>Σkation</b>	<b>4,996</b>	<b>5,003</b>	<b>4,989</b>	<b>4,972</b>	<b>5,008</b>	<b>5,010</b>	<b>4,972</b>	<b>4,976</b>	<b>4,985</b>	<b>4,977</b>	<b>4,982</b>	<b>4,969</b>	<b>4,901</b>	<b>4,940</b>	<b>4,929</b>
A földpát szélsőtág-komponensek részaránya (%) / Ratio of the feldspar end-member components															
Or	95,5	97,9	97,9	98,9	96,6	97,5	98,2	97,2	96,6	98,1	96,6	98,3	0,8	1,6	0,4
Ab	4,0	1,8	1,8	0,6	3,0	2,1	1,6	2,4	3,0	1,5	3,1	1,3	98,4	97,8	98,8
An	0,5	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,8	0,6	0,8



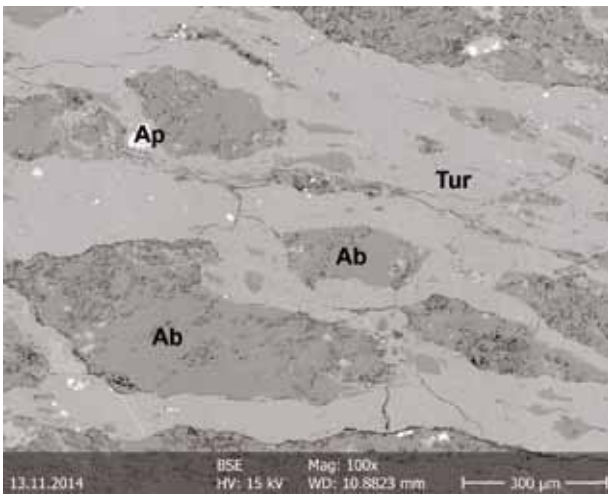
5. kép. A turmalin kötőanyagú breccsa vékonycsiszolati képe. A) 1 nikol; B) keresztezett nikolok. Képszélesség: 1,4 mm.  
Fig. 5. Thin section microphotographs of the tourmaline-cemented breccia. A) 1 nicol; B) crossed nicols. Width of the picture: 1.4 mm.

domináns ion alapján határozhatjuk meg. Ehhez az szükséges, hogy a turmalinunkról kémiai elemzéseket készítsünk, majd az azokból számolt ionszámokat elosszuk az egyes szerkezeti pozíciók között. A bükkisztászlói turmalinról kapott elemzési eredményeket valamint a szerkezeti pozíciók között szétosztott ionok számát a II. táblázat mutatja. Az elemzésekből és a visszazórt-elektronképekből (6. kép) is látható, hogy a turmalin kémiailag homogén, zónásságot nem mutat.

Sajnos elektron-mikroszondával a turmalinok több fontos komponense nem mérhető. Ilyen a hidrogén, a lítium és a bór. Ezek mennyiségét azonban kristálykémiai megfontolások alapján számítani tudjuk. A számítások módjára az adott pozíciók tárgyalásakor

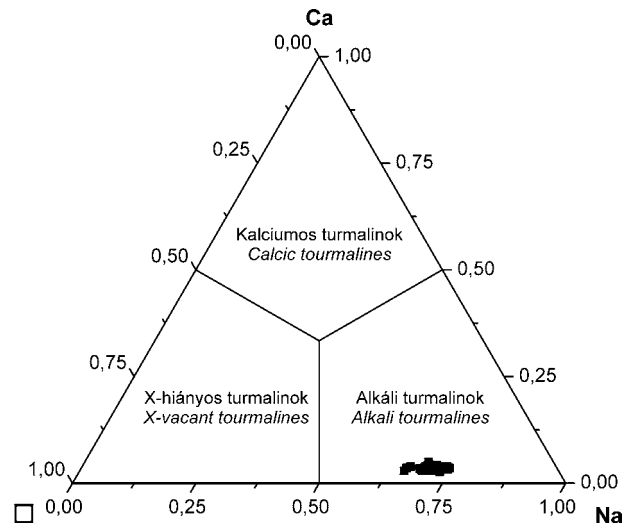
térünk ki. Egyébként az alkalmazott normalizációs eljárások HENRY–DUTROW (1996) tanulmányában olvashatók.

A turmalin-csoporton belüli alcsoportokat az X-pozíció betöltöttsége alapján állapítják meg (HENRY et al. 2011). Ez alapján vannak alkáli, kalciumos és X-hiányos turmalinok. A bükkisztászlói turmalin esetében az X-pozícióban a nátrium a domináns kation, mennyisége 0,66–0,75 apfu (apfu = atoms per formula unit = atom per képletegység) közötti. Jelentős a betöltetlen pozíciók (vakanciák) száma is, mely 0,22–0,31 apfu értéket mutat, elenyésző (0,03–0,05 apfu) Ca-tartalom mellett. Ez alapján a bükkisztászlói turmalin az alkáli alcsoportba tartozik (7. kép).



6. kép. Kémiailag homogén turmalin (Tur) cementanyag, mely albitos (Ab) klasztokat övez, kis mennyiségű apatittal (Ap).  
Visszazórt-elektronkép.

Fig. 6. Chemically homogeneous tourmaline (Tur) cement with albite (Ab) clasts and minor amount of apatite (Ap). BSE image.



7. kép. A bükkisztászlói breccsa-cementáló turmalin kation-betöltöttsége az X-pozícióban, az elsődleges turmalincsoportok terner rendszerében ábrázolva.

Fig. 7. Cation occupancy of the X site in the breccia-cementing tourmaline of Bükkisztászló plotted in the ternary system for the primary tourmaline groups.

II. táblázat. A turmalin elektron-mikroszkopos elemzési adatai tömegszázalékban.  
Table II. *Electron-microprobe analyses of tourmaline in wt%.*

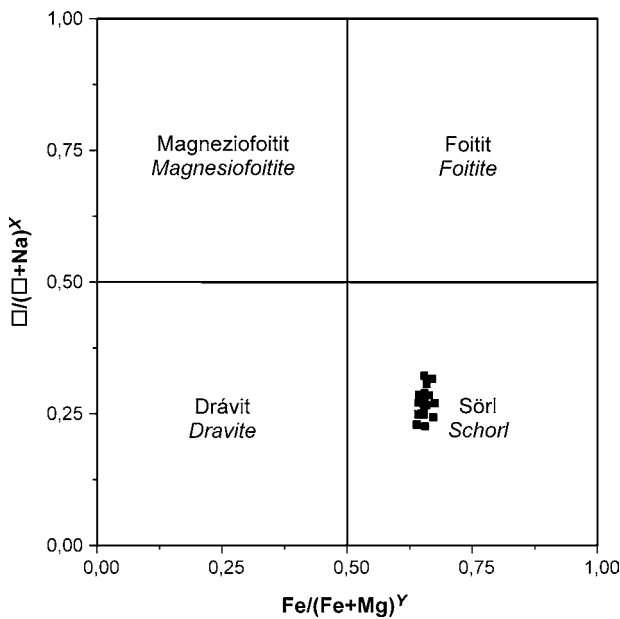
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO <sub>2</sub>	35,96	36,45	36,50	36,48	36,23	36,29	36,51	36,38	36,17	36,14	36,42	36,53	36,37	36,66	36,65	36,31	36,40	36,16	36,75	36,20
TiO <sub>2</sub>	0,24	0,32	0,24	0,37	0,28	0,26	0,31	0,28	0,28	0,32	0,32	0,16	0,28	0,40	0,24	0,26	0,24	0,27	0,24	0,29
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92	9,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,92	30,70	31,10	31,45	31,51	31,46	31,15	31,24	31,31	31,18	31,10	31,15	31,16	31,59	31,21	30,85	31,23	31,49	30,86	31,16
MgO	3,75	3,83	3,82	3,70	3,90	3,88	3,68	3,77	3,74	3,78	3,75	3,60	3,92	3,90	3,70	3,95	3,83	3,60	3,74	3,96
CaO	0,16	0,24	0,21	0,17	0,19	0,17	0,22	0,17	0,20	0,18	0,22	0,20	0,28	0,20	0,22	0,22	0,18	0,23	0,18	0,15
MnO	b.d.l.	0,03	b.d.l.	0,07	0,10	0,23	0,07	0,14	0,26	0,23	b.d.l.	0,06	0,10	b.d.l.	0,19	b.d.l.	0,07	b.d.l.	0,15	0,03
FeO**	12,61	12,61	12,87	13,05	13,22	13,04	13,42	12,70	12,69	12,12	12,92	13,04	13,45	13,15	12,53	12,44	12,11	13,34	12,07	12,66
Na <sub>2</sub> O	2,01	2,21	2,24	2,16	2,14	2,21	2,26	2,24	2,31	2,17	2,06	2,04	2,17	2,27	2,16	2,28	2,30	2,17	2,13	2,26
K <sub>2</sub> O	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.
F	b.d.l.	0,01	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,01	0,03	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	b.d.l.	0,06	b.d.l.	b.d.l.	0,06	b.d.l.	b.d.l.	0,04	0,01
H <sub>2</sub> O***	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
<b>Összesen</b>	<b>98,97</b>	<b>99,71</b>	<b>100,29</b>	<b>100,77</b>	<b>100,88</b>	<b>100,86</b>	<b>100,95</b>	<b>100,25</b>	<b>100,28</b>	<b>99,44</b>	<b>100,11</b>	<b>100,09</b>	<b>101,10</b>	<b>101,49</b>	<b>100,21</b>	<b>99,70</b>	<b>99,68</b>	<b>100,57</b>	<b>99,49</b>	<b>100,03</b>
Ionszámok 31 oxigénre számolva / Ion numbers calculated on 31 oxygens																				
Si	6,068	6,103	6,075	6,044	6,005	6,016	6,054	6,058	6,029	6,059	6,073	6,093	6,028	6,028	6,095	6,081	6,079	6,016	6,147	6,042
<b>ΣT</b>	<b>6,068</b>	<b>6,103</b>	<b>6,075</b>	<b>6,044</b>	<b>6,005</b>	<b>6,016</b>	<b>6,054</b>	<b>6,058</b>	<b>6,029</b>	<b>6,059</b>	<b>6,073</b>	<b>6,093</b>	<b>6,028</b>	<b>6,028</b>	<b>6,095</b>	<b>6,081</b>	<b>6,079</b>	<b>6,016</b>	<b>6,147</b>	<b>6,042</b>
<b>B</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>
Al	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
<b>ΣZ</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>	<b>6,000</b>
Ti	0,030	0,040	0,030	0,046	0,035	0,032	0,039	0,035	0,035	0,040	0,040	0,020	0,035	0,049	0,030	0,033	0,030	0,034	0,030	0,036
Al	0,149	0,058	0,101	0,141	0,155	0,146	0,088	0,131	0,151	0,160	0,112	0,124	0,086	0,122	0,117	0,089	0,147	0,174	0,084	0,129
Mg	0,943	0,956	0,948	0,914	0,964	0,959	0,910	0,936	0,929	0,945	0,932	0,895	0,969	0,956	0,917	0,986	0,954	0,893	0,933	0,985
Mn	0,000	0,004	0,000	0,010	0,014	0,032	0,010	0,020	0,037	0,033	0,000	0,008	0,014	0,000	0,027	0,000	0,010	0,000	0,021	0,004
Fe <sup>2+</sup>	1,779	1,766	1,791	1,808	1,832	1,808	1,861	1,769	1,769	1,699	1,802	1,819	1,864	1,808	1,743	1,742	1,691	1,856	1,688	1,767
<b>ΣY</b>	<b>2,902</b>	<b>2,824</b>	<b>2,870</b>	<b>2,919</b>	<b>3,000</b>	<b>2,978</b>	<b>2,907</b>	<b>2,891</b>	<b>2,922</b>	<b>2,877</b>	<b>2,886</b>	<b>2,866</b>	<b>2,968</b>	<b>2,936</b>	<b>2,834</b>	<b>2,851</b>	<b>2,833</b>	<b>2,957</b>	<b>2,756</b>	<b>2,922</b>
Ca	0,029	0,043	0,037	0,030	0,034	0,030	0,039	0,030	0,036	0,032	0,039	0,036	0,050	0,035	0,039	0,039	0,032	0,041	0,032	0,027
Na	0,658	0,717	0,723	0,694	0,688	0,710	0,727	0,723	0,747	0,705	0,666	0,660	0,697	0,724	0,696	0,740	0,745	0,700	0,691	0,731
K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,313	0,240	0,240	0,276	0,279	0,260	0,234	0,246	0,218	0,262	0,295	0,305	0,253	0,241	0,264	0,220	0,223	0,259	0,277	0,242
<b>ΣX</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
OH	4,000	3,995	4,000	4,000	4,000	3,995	3,984	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	3,969	4,000	4,000	3,968	4,000	4,000	3,979	3,995
F	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,005	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,000	0,000	0,032	0,000	0,021	0,005	0,005
<b>ΣV+W</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>	<b>4,000</b>

\* B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a sztöchiometrikus összetételből számolva: B = 3 apfu. / B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> calculated from stoichiometry: B = 3 apfu.

\*\* Az összes vasat FeO-ként vettük figyelembe. / Total iron was regarded as FeO.

\*\*\* H<sub>2</sub>O a sztöchiometrikus összetételből számolva: OH + F = 4 apfu. / H<sub>2</sub>O calculated from stoichiometry: OH + F = 4 apfu.

Rövidítés: b.d.l. = a kimutatási határ alatt. / Abbreviation: b.d.l. = below detection limit.



8. kép. A bükkszentlászlói breccsa-cementáló turmalin összetételének ábrázolása a  $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})^Y - \square/(\square+\text{Na})^X$  diagramban.

Fig. 8. Composition of the breccia-cementing tourmaline of Bükkszentlászló plotted in the  $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})^Y - \square/(\square+\text{Na})^X$  diagram.

A turmalinokban a legváltozatosabb kationhelyettesítések az Y-pozícióban találhatóak. A bükkszentlászlói mintákban itt a domináns kation a  $\text{Fe}^{2+}$ , melynek mennyisége 1,69–1,86 apfu között változik. Az összes vasat két vegyértékkal vettük figyelembe, amit alátámaszt a turmalin vékonycsiszolatban látható zöld színe is. Nagyobb részarányban még Mg (0,89–0,99 apfu), kisebb mennyiségben pedig Al (0,06–0,17 apfu) épült be erre a szerkezeti helyre. A Ti (0,02–0,05 apfu) és az Mn (0–0,04 apfu) mennyisége nem számottevő. Az Y-pozíció betöltöttsége az ideális 3-nál legtöbbször kisebb, 2,76 és 3,00 apfu között változik. Kérdés, hogy az így előálló, legfeljebb 0,24 apfu kationhiány valóságos-e, vagy pedig az elektron-mikroszondával nem látható elem, nevezetesen lítium tölti-e ki. Geokémiailag a lítium előfordulása nem lenne idegen ettől a földtani környezettől, mint ahogy Li-turmalin (elbait) előfordulásáról – bár mindenféle vizsgálati alapot nélkülözve – SZABÓ–VINCZE (2013) már beszámolt erről a területről. Ugyanakkor a turmalinokban a magnézium és a lítium nem összeillő természete közismert. Ez azt jelenti, hogy a 0,2 apfu-nál több Mg-ot tartalmazó turmalinokban a Li legfeljebb csak nyomokban lehet jelen (HENRY–DUTROW 1996), emiatt a bükkszentlászlói turmalinban, ahol az  $\text{Mg} = 0,89\text{--}0,99$  apfu, számottevő lítium-tartalomra nem számíthatunk. Emiatt a II. táblázatban Li jelenlétével nem kalkuláltunk. Ugyanakkor BOSI (2010) számításai alapján (mely a vegyértékkötés-elméleten

alapul) bizonyítást nyert, hogy az Y-pozícióban üres rácshelyek előfordulhatnak.

A bükkszentlászlói turmalinban a Z-, T- és B-pozíciókat rendre alumínium, szilícium és bór tölti be, kationhelyettesítések nélkül. Ezek közül a B-pozíció érdemel figyelmet, melyet a mikroszondával nem mérhető bór tölt be. A kristálykémiai vizsgálatok szerint ebben a pozícióban betöltetlen helyek és kationhelyettesítések nem jellemzőek (HENRY–DUTROW 1996), így a turmalin  $\text{B}_2\text{O}_3$ -tartalmát a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a  $B = 3,00$  apfu feltételezés alapján számítottuk (lásd a II. táblázatot). Mivel némi bór még a tetraédes (T) pozícióban lehet jelen a szilícium helyettesítőjeként (lásd pl. ERTL et al. 2006), a fenti számítás a minimális bór-tartalmat adja meg. Azonban mivel a bükkszentlászlói turmalinban a Si a T-pozíciót teljesen betölti, ezért itt bór-helyettesítéssel nem számolhatunk, vagyis az általunk számított  $\text{B}_2\text{O}_3$ -tartalom nagy valószínűséggel jól közelíti a valós értéket.

A V és W anionpozíciókat együtt vesszük figyelembe. Itt lényegében a fluor mérése történik, mely elenyésző mennyiségben (0–0,03 apfu), a detektálási határ küszöbén lett kimutatva a bükkszentlászlói turmalinban. A turmalin víztartalmát az  $\text{OH} + \text{F} = 4,00$  apfu egyenlet alapján, a fluor-tartalom ismeretében számítottuk ki.

A kémiai elemzésekből látható, hogy a bükkszentlászlói turmalin a sörl-drávit-foitit-magneziofoitit komponensek által determinált összetételi tartományban helyezkedik el és a sörl fajt képviseli (8. kép). A II. táblázatban megadott elemzési adatok átlagából a következő szerkezeti képlet írható fel rá:  $(\text{Na}_{0,70}\square_{0,26}\text{Ca}_{0,04})_{\Sigma=1,00}(\text{Fe}^{2+}_{1,78}\text{Mg}_{0,94}\text{Al}_{0,12}\text{Ti}_{0,04}\text{Mn}_{0,01})_{\Sigma=2,89}\text{Al}_{6,00}(\text{Si}_{6,06}\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3[(\text{OH})_{3,99}\text{F}_{0,01}]_{\Sigma=4,00}$ . Kémiaileg nagyon hasonló a területről korábban leírt, fészkekben és repedéskitöltésekben megjelenő oszlopos turmalinokhoz (FEHÉR 1998–99), mely arra is utalhat, hogy képződésük ugyanahhoz a hidrotermás fluidumhoz köthető.

## RÖNTGEN-PORDIFFRAKCIÓS VIZSGÁLAT

Szerettünk volna a turmalinról röntgen-pordiffrakciós felvételt készíteni, azonban ez az ásvány olyan finoman hálózza be a breccsát, hogy tiszta fázist nem tudtunk belőle szeparálni. Magáról a kőzetről azonban készült röntgen-felvétel, melyet a 9. képen láthatunk. A felvétel érdekessége, hogy a breccsa olyan részéből sikerült mintát preparálnunk, melyben az egyébként gyakori földpát nem volt kimutatható mennyiségben jelen, viszont az átalakulásából képződött szericit (finomszemcsés muszkovit) már igen. Így a röntgen-felvétele három fázis jelenlétét dokumentáltuk, ezek: kvarc, sörl és muszkovit (III. táblázat). Mivel a mintában a domináns



III. táblázat. A bükkszentlászlói turmalin kötőanyagú breccsáról készült röntgen-pordiffrakciós felvétel adatai, összehasonlítva az ICDD 00-046-1045 (kvarc), 00-043-1464 (sörl) és 00-007-0042 (muszkovit) kártyák megfelelő reflexióival.

Table III. X-ray powder-diffraction data of the tourmaline-cemented breccia from Miskolc-Bükkszentlászló in comparison with the corresponding reflections of the ICDD 00-046-1045 (quartz), 00-043-1464 (schorl) and 00-007-0042 (muscovite) cards.

Vizsgált minta Sample tested		Kvarc / Quartz ICDD 00-046-1045			Sörl / Schorl ICDD 00-043-1464			Muszkovit / Muscovite ICDD 00-007-0042		
$d$ (Å)	$I_{rel}$ (%)	$d$ (Å)	$I_{rel}$ (%)	$hkl$	$d$ (Å)	$I_{rel}$ (%)	$hkl$	$d$ (Å)	$I_{rel}$ (%)	$hkl$
9,95	5							9,97	100	003
6,39	5				6,369	49	101			
4,99	2				4,982	19	021	4,99	55	006
4,62	2				4,616	17	030			
4,25	22	4,25499	16	100	4,228	54	211			
3,994	8				3,998	70	220			
3,475	4				3,472	50	012			
3,343	100	3,34347	100	101				3,331	100	009
3,004	2				3,022	9	140			
2,954	2				2,959	52	122			
2,906	1				2,905	8	321	2,884	16	108
2,584	11				2,584	100	051	2,589	16	111
2,565	2							2,564	25	112
2,457	7	2,45687	9	110	2,459	4	241	2,457	8	114
2,281	4	2,28149	8	102						
2,236	2	2,23613	4	111				2,222	4	117
2,130	5							2,136	12	118
2,128	5	2,12771	6	200	2,123	8	033			
2,052	2				2,052	14	223	2,056	4	206
2,043	2				2,044	37	152			
1,980	3	1,97986	4	201						
1,921	2				1,922	20	342			
1,819	10	1,81796	13	112	1,820	2	612			
1,672	3	1,67173	4	202						
1,660	2	1,65919	2	103	1,661	15	063	1,654	10	1.1.14
1,599	2				1,599	12	550			
1,597	1				1,592	5	404			
1,543	7	1,54153	9	211	1,539	3	090			
1,453	2	1,45289	2	113	1,455	16	173			
1,383	4	1,38210	6	212	1,380	1	381			
1,375	5	1,37496	7	203						

fázis a kvarc volt, ezért a relatív intenzitások értékei a kvarcnál mutatnak jó egyezést az ICDD referencia-adatokkal, a sörl és a muszkovit esetében azonban jóval kisebbek, mert ezek csúcsintenzitásai a kvarc 100-as csúcsához vannak viszonyítva.

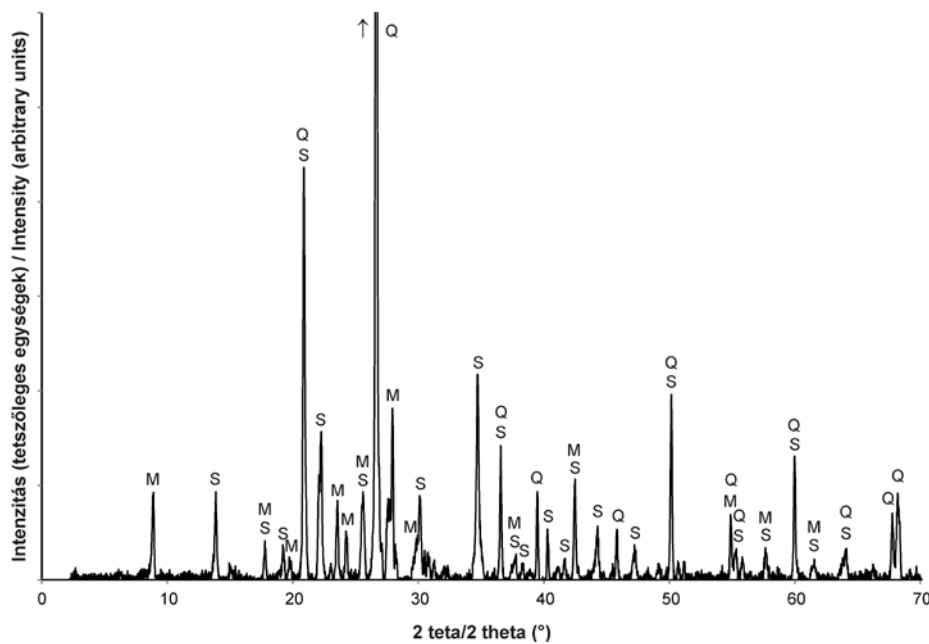
A kapott röntgen-adatokból a UnitCell programmal (HOLLAND-REDFERN 1997) kiszámoltuk a bükkszentlászlói turmalin rácsállandóit. Mivel a röntgen-diffraktogramon a kvarcnak és a muszkovitnak vannak átfedő csúcsai a sörllel, ezért a rácsállandó számításához 19 reflexiót használtunk fel. Nem vettük számításba a kvarccal átfedésben lévő 4,25 és 1,543 és

1,383 Å-ös reflexiókat. A sörl így kapott rácsállandói:  $a = 15,98(1)$  Å,  $c = 7,194(6)$  Å; az elemi cella térfogata:  $V = 1590(2)$  Å<sup>3</sup>.

Az előző fejezetben megadott átlagos szerkezeti képletéből és az elemi cella térfogatából számolva a turmalin sűrűsége: 3,165 g/cm<sup>3</sup>.

## DISZKUSSZIÓ

KUBOVICS et al. (1989) a lelőhely metamorfizált riolituffjának milonitos zónájában megjelenő foszfátos kitöltések vizsgálatakor e breccsásodott kőzet kialakulásának három szakaszát különböztették meg. Az első a



9. kép. A turmalin-kötőanyagú breccsa röntgen-pordiffrakciós felvétele. Rövidítések: M = muszkovit, Q = kvarc, S = sörli.  
 Fig. 9. X-ray powder-diffraction pattern of the tourmaline-cemented breccia. Abbreviations: M = muscovite, Q = quartz, S = sörli.

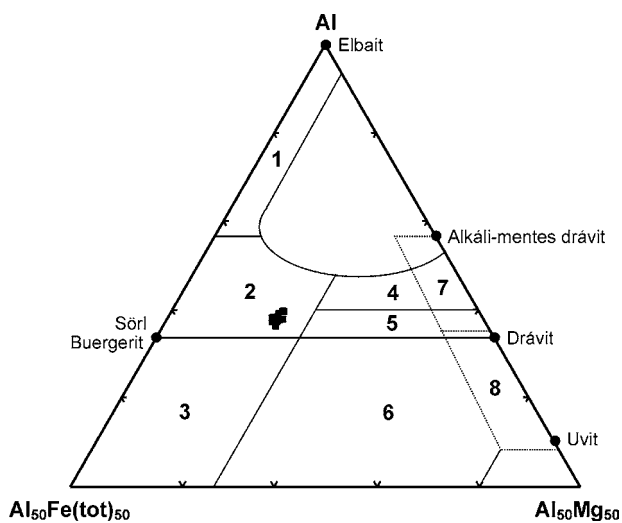
metamorf szakasz, amikor a riolittufát gyenge regionális metamorfózis érte, melyhez kvarcból és alkáli földpátból álló repedéskitöltések képződése párosult. A második szakasz a kataklázis, amikor deformációs metamorfózis hatására ezek a kvarcos-földpátos repedéskitöltések erősen deformálódtak, gyűrődtek és elnyíródtak. Ezt a harmadik szakaszban hidrotermás-metaszomatikus átalakulás követte, mely a kataklázitokban lévő, véletlenszerűen elhelyezkedő törérendszerekben kivált, kolloform fluorapatit képződésével is járt.

A turmalin kötőanyagú breccsák képződésére is elfogadható magyarázatnak tűnik a fenti folyamat-sor. Ugyanakkor azt érdemes megvizsgálni, hogy a breccsásodás tényleg tektonikai hatásra következett be, vagy a hidrotermás oldatok benyomulása váltotta ki? Más szavakkal kifejezve, tektonikus vagy hidrotermás breccsáról van szó?

A fenti kérdés megválaszolásához a turmalin cementanyag rendkívül kicsi szemcsemérete adhatja meg a kulcsot. Bár a tektonika által preformált, zárt törések minden bizonnyal már a breccsásodás előtt jelen voltak a kvarc-földpát-telésekben, a breccsásodás fő okozója az lehetett, hogy a hidrotermás fluidum belső nyomása meghaladta a litosztatikus nyomást, s az ún. hidrorepesztés (az angol nyelvű szakirodalomban hydrofracturing a folyamat neve) hatására a telérsanyag összeroppedett. A fluidumnyomás emelkedésének számos oka lehet, de leginkább a kőzet alacsony permeabilitása okozza (JÉBRAK 1997). Nem véletlen, hogy ilyen hidraulikus

breccsák kialakulása az olyan alacsony permeabilitású kőzetekre jellemző, mint pl. a kvarcos-földpátos telérek. A hidrorepesztés hatására a repedésrendszerben nyomásesés következett be, így a bór-gazdag, meleg vizes oldat turmalinra hirtelen túltelítetté vált, ami a turmalin nagyon gyors kristályosodását idézte elő. Erre utal a turmalin rendkívül finom szemcsemérete. Ha azonban a breccsásodás tektonikai hatásokra már korábban lezajlott volna, és a bór-gazdag hidrotermás fluidum az ily módon preformált repedésrendszerbe érkezik meg, akkor a turmalin kristályosodásának sebessége sokkal lassabb lett volna és itt is olyan tűsoszlopos sörliöket figyelhetnénk meg, mint ugyanezen a lelőhelyen és valószínűleg egyazon hidrotermás oldatból származó, erekben, fészkekben megjelenő turmalin esetében (FEHÉR 1998–99). Emiatt a bukkszentlászlói turmalin kötőanyagú breccsát hidrotermás breccsának tekinthetjük, hangsúlyozva, hogy a tektonika által még a breccsásodás előtt létrehozott, zárt törérendszerek jelenléte is erősen valószínűsíthető ezekben a kvarcos-földpátos kőzetekben. Egyébként ilyen turmalin kötőanyagú hidrotermás breccsák világviszonylatban nem ritkák, számos előfordulását ismerjük pl. az Elbaszigeten (Toszkána, Olaszország; DINI et al. 2008) vagy a Tátrában (Szlovákia és Lengyelország; GAWĘDA et al. 2013).

A sörli-drávit-foitit-magneziofoitit fajok által meghatározott összetételi mezőben a turmalin felépítésében a földkéregben leggyakoribb elemek vesznek részt,



10. kép. A bükkszentlászlói turmalin összetételének ábrázolása az Al–Fe(tot)–Mg (AFM) diagramban (HENRY–GUIDOTTI 1985 alapján). 1 = Li-gazdag granitoid pegmatitok és aplitok; 2 = Li-szegény granitoidok és a hozzájuk kapcsolódó pegmatitok és aplitok; 3 = Fe<sup>3+</sup>-gazdag kvarc-turmalin kőzetek (hidrotermásan átalakult gránitok); 4 = egy Al-ban telített fázissal koegzisztens metapelitek és metapszammitok; 5 = Al-ban telített fázissal nem koegzisztens metapelitek és metapszammitok; 6 = Fe<sup>3+</sup>-gazdag kvarc-turmalin kőzetek, Ca-szilikát kőzetek és metapelitek; 7 = alacsony Ca-tartalmú metaultramafitok és Cr-V-gazdag metaszedimentek; 8 = metakarbonátok és metapiroxenitok.

Fig. 10. Composition of the Bükkszentlászlói tourmaline plotted in the Al–Fe(tot)–Mg (AFM) diagram (after HENRY–GUIDOTTI 1985).

1 = Li-rich granitoid pegmatites and aplites; 2 = Li-poor granitoids and their associated pegmatites and aplites; 3 = Fe<sup>3+</sup>-rich quartz-tourmaline rocks (hydrothermally altered granites); 4 = metapelites and metapsammities coexisting with an Al-saturating phase; 5 = metapelites and metapsammities not coexisting with an Al-saturating phase; 6 = Fe<sup>3+</sup>-rich quartz-tourmaline rocks, Ca-silicate rocks, and metapelites; 7 = low-Ca metaultramafics and Cr-V-rich metasediments; 8 = metacarbonates and metapiroxenites.

mely alól csak a bór képez kivételt. Így a hidrotermás fluidum eredetének megállapítása a bór eredetének felderítésével oldható meg. FEHÉR (1998–99) a riolitos anyakőzetből származtatta a bórt, ami kézenfekvő megoldásnak tűnik. Ez annál is inkább valószínű, mivel a riolittufa finomszemcsés, aleuritós komponenst is tartalmaz, jelezve, hogy az eredeti kőzet legalább részben tufit volt (KUBOVICS et al. 1989; SZABÓ–VINCZE 2013). Mivel a bór legnagyobb mennyiségben üledékekben dúsul (lásd pl. LONDON et al. 1996), így a kevert savanyú vulkáni törmelékes, illetve szediment protolit megfelelő forrása lehetett a bórtartamú hidrotermáknak. Ezt az eredetet erősíti, ha a turmalin összetételét a HENRY–GUIDOTTI (1985) által szerkesztett AFM-diagramban ábrázoljuk (10. kép). Itt az összetételei pontok a 2-es mezőbe esnek, amely

a Li-szegény granitoidokra (riolitokra) jellemző. A bükkszentlászlói riolittufák B-tartalmára KUBOVICS et al. (1989) 64–160 ppm közötti értékeket adtak meg. Ez a mennyiség elég jelentős, ugyanakkor a protolit B-tartalma a metamorfózis előtt még nagyobb lehetett, hiszen a bór mobilis elem lévén könnyen elkülönül a vizes oldatba, ha olyan ásványfázisok tartalmazzák (pl. agyagásványok, fehér csillámok), melyekben a bór csak adszorbeálódva és nem a kristályrácsba, erős kötésekkel beépülve van jelen.

A turmalin kiválásának csak egyik előfeltétele a megfelelő mennyiségű bór jelenléte. Gránitos (riolitos) összetételű protolit esetében külön gondot jelent a mafikus (ferromagnéziumos) ásványok kis mennyisége, melyek a turmalin képződéséhez szükséges vasat és magnéziumot szolgáltatják. Erre utalnak a LESS et al. (2005) által a Bagolyhegyi Metariolit Formációba tartozó, lemezésre préselt, kovásodott metariolit kőzetkémiai adatai, ahol Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,50; FeO = 0,32 és MgO = 0,19 t%. Ugyanígy a BALOGH (1964) által közölt kőzetkémiai elemzési adatokban is a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a FeO és az MgO mennyisége ebben a kőzettípusban rendre 1 t% alatt marad, vagy csak kis mértékben haladja azt meg. Egyes kloritosodott vagy pirittartalmú kőzettípusok bírhatnak ennél nagyobb értékekkel. Mindezek tükrében a területen nagymérvű, jelentősebb volumenű turmalinosodással nem számolhatunk.

A turmalin kötőanyagú breccsát a későbbiekben is érték még tektonikai hatások, melyet a turmalinos cementanyag némi irányítotttsága (lásd az 5. ábrát), valamint a breccsát keresztüljelző repedések jeleznek. Ez utóbbiakat kvarc és kálföldpát-III tölti ki.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző köszönetét fejezi ki Zajzon Norbertnek és Németh Norbertnek (Miskolci Egyetem), akik hasznos tanácsaikkal és javaslataikkal segítettek a kézirat jobbá tételét.

## IRODALOM

ÁRKAI, Péter

1973 Pumpellyite-prehnite-quartz facies Alpine metamorphism in the Middle Triassic volcanogenic-sedimentary sequence of the Bükk Mountains, Northeast Hungary. *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 17. 67–83.

ÁRKAI, Péter–BALOGH, Kadosa–DUNKL, István

1995 Timing of low-temperature metamorphism and cooling of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, innermost Western Carpathians, Hungary. *Geologische Rundschau* 84. 334–344.

- ÁRVÁNÉ SÓS Erzsébet–BALOGH Kadosa–RAVASZNÉ BARANYAI Livia–RAVASZ Csaba  
1987 Mezozoos magmás kőzetek K/Ar kora Magyarországon egyes területein. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1985. évről (1987)*. 295–307.
- BALOGH Kálmán  
1964 A Bükkhegység földtani képződményei. *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 48/2. 243–719.  
1980 A magyarországi triász korrelációja. *Általános Földtani Szemle* 15. 5–67.
- BOSI, F.  
2010 Octahedrally coordinated vacancies in tourmaline: a theoretical approach. *Mineralogical Magazine* 74. 1037–1044.
- DINI, A.–MAZZARINI, F.–MUSUMECI, G.–ROCCHI, S.  
2008 Multiple hydro-fracturing by boron-rich fluids in the Late Miocene contact aureole of eastern Elba Island (Tuscany, Italy). *Terra Nova* 20. 318–326.
- ERTL, Andreas–HUGHES, John M.–PROWATKE, Stefan–LUDWIG, Thomas–PRASAD, Pinnelli S. R.–BRANDSTÄTTER, Franz–KÖRNER, Wilfried–SCHUSTER, Ralf–PERTLIK, Franz–MARSCHALL, Horst  
2006 Tetrahedrally coordinated boron in tourmalines from the liddicoatite-elbaite series from Madagascar: Structure, chemistry, and infrared spectroscopic studies. *American Mineralogist* 91. 1847–1856.
- FEHÉR Béla  
1998–1999 Hidrotermás turmalin Bükk-szentlászlóról. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 23. 5–15.
- GAWĘDA, Aleksandra–MÜLLER, Axel–STEIN, Holly–KAŹDZIOLKO-GAWĘŁ, Mariola–MIKULSKI, Stanislaw  
2013 Age and origin of the tourmaline-rich hydraulic breccias in the Tatra Granite, Western Carpathians. *Journal of Geosciences* 58. 133–148.
- HENRY, Darrell J.–DUTROW, Barbara L.  
1996 Metamorphic tourmaline and its petrologic applications. *Reviews in Mineralogy* 33. 503–557.
- HENRY, Darrell J.–GUIDOTTI, Charles V.  
1985 Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine. *American Mineralogist* 70. 1–15.
- HENRY, Darrell J.–NOVÁK, Milan–HAWTHORNE, Frank C.–ERTL, Andreas–DUTROW, Barbara L.–UHER, Pavel–PEZZOTTA, Federico  
2011 Nomenclature of the tourmaline-super-group minerals. *American Mineralogist* 96. 895–913.
- HOLLAND, T. J. B.–REDFERN, S. A. T.  
1997 Unit cell refinement from powder diffraction data: the use of regression diagnostics. *Mineralogical Magazine* 61. 65–77.
- JÉBRAK, M.  
1997 Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore Geology Reviews* 12. 111–134.
- KUBOVICS, I.–NAGY, B.–NAGY-BALOGH, J.–PUSKÁS, Z.  
1989 Beryllium and some other rare element contents of acid volcanics (tuffs) and metamorphites in Hungary. *Acta Geologica Hungarica* 21. 219–231.
- LESS György–KOVÁCS Sándor–PELIKÁN Pál–PENTELENYI László–SÁSDI László  
2005 A Bükk-hegység földtana. *Magyarúzó a Bükk-hegység földtani térképéhez* (1:50 000). Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- LONDON, David–MORGAN, George B.–WOLF, Michael B.  
1996 Boron in granitic rocks and their contact aureoles. *Reviews in Mineralogy* 33. 299–330.
- NÉMETH, Norbert–PETHŐ, Gábor–ZAJZON, Norbert  
2015 In situ gamma ray survey for geological mapping of K-metasomatized metavolcanics at Bükk-szentkereszt, Bükk Mts, Hungary. *Open Geosciences* 7. 318–331.
- POUCHOU, J. L.–PICHOIR, F.  
1984 A new model for quantitative X-ray microanalysis. Part I: Application to the analysis of homogeneous samples. *Recherche Aerospatiale* 3. 13–38.
- RÓNAI András–LESS György  
2005 *Magyarország földtani térképe* (1:100 000). M-34-138, Miskolc. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- SZABÓ Imre  
2002 Az Upponyi- és a Bükk-hegységi sugárzóanyag-kutatások története. In: SZAKÁLL Sándor–MORVAI Gusztáv (szerk.): *Érvekutatások Magyarországon a 20. században*. Miskolci Egyetem, Herman Ottó Múzeum, Érc- és Ásványbányászati Múzeum, MTA Miskolci Akadémiai Bizottság, Miskolc-Rudabánya. 217–234. (Közlemények a magyarországi ásványi nyersanyagok történetéből XIII.)
- SZABÓ Imre–VINCZE János  
2013 A bükk-szentkereszt-riolit (kvarcporfir)-tufa Mn-ércesedéssel társult U-Be tartalmú foszfátásványosodása. *Földtani Közöny* 143/1. 3–28.
- SZENTPÉTERY Zsigmond  
1931 A Bagolyhegy kvarzporphyrtja, Lillafürednél. *Acta Chemica, Mineralogica et Physica* 2. 81–108.
- SZOLDÁN, Zs.  
1990 Middle Triassic magmatic sequences from different tectonic settings in the Bükk Mts. NE Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica* 31. 25–42.
- SZOLDÁN Zsolt  
1993 Szentistván-hegyi Metaandezit („Szentistván-hegyi Porfir”) Formáció. In: HAAS János (szerk.): *Magyarország litosztratiográfiai alapegységei. Triász*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 115–117.
- ZAJZON Norbert–NÉMETH Norbert–SZAKÁLL Sándor–GÁL Péter–KRISTÁLY Ferenc–MÓRICZ Ferenc–FEHÉR Béla  
2014 Ritkaföldfémek a bükk-szentkereszt-riolit Mn-U-Be geokémiai anomáliában. In: SZAKÁLL Sándor (szerk.): *Ritkaföldfémek magyarországi földtani képződményekben*. Milagrossa Kft., Miskolc, 91–108. (CriticEl Monográfia sorozat 5.)

**TOURMALINE-CEMENTED HYDROTHERMAL BRECCIA FROM  
MISKOLC-BÜKKSZENTLÁSZLÓ, BÜKK MTS., HUNGARY**

**Keywords:** tourmaline, schorl, hydrothermal breccia, Bagolyhegy Metarhyolite Formation, Miskolc-Bükkszentlászló

The area around Miskolc-Bükkszentlászló is built of Triassic (Upper Ladinian-Lower Carnian), green or pale greyish green, foliated rhyolite tuff (Bagolyhegy Metarhyolite Formation), which was undergone low-grade regional metamorphism belonging to the prehnite-pumpellyite-quartz facies. According to the radiometric K/Ar age (95–104 Ma), the metamorphism took place in the Upper Cretaceous. This rock can be studied in natural outcrops, *e.g.* along the Hideg-víz Stream. As a result of the Alpine metamorphism, fissure fillings developed along the faults within the rhyolite tuff. The fillings consist of quartz and alkali feldspars (orthoclase and albite). In some places the quartz-feldspar veins were brecciated through hydrofracturing, and the rock fragments were cemented by black, cryptocrystalline tourmaline. The lateral dimension of the brecciated zone is unknown, because this rock type has been collected solely from the debris so far, while the maximum thickness of that is about 5 cm. According to the electron-microprobe analyses the tourmaline can be classified as schorl with rather restricted chemical variability at the *X* and *Y* sites and uniform chemistry at the *Z*, *T*, *V* and *W* sites. From the average chemical composition, the structural formula of the tourmaline can be written as  $(\text{Na}_{0.70}\text{Ca}_{0.04})_{\Sigma=1.00}(\text{Fe}^{2+}_{1.78}\text{Mg}_{0.94}\text{Al}_{0.12}\text{Ti}_{0.04}\text{Mn}_{0.01})_{\Sigma=2.89}\text{Al}_{6.00}(\text{Si}_{6.06}\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3[(\text{OH})_{3.99}\text{F}_{0.01}]_{\Sigma=4.00}$ . The components, necessary to the formation of tourmaline, originated from the rhyolite tuff during a metamorphic event, which was confirmed by the AFM diagram. In the cement material K-feldspar can also be found beside tourmaline. Finally, the brecciated rock with tourmaline matrix was cross-cut by subsequently formed quartz-orthoclase veinlets. [Translated by the author]

*Febér, Béla*

