



Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Új eredmények a Bükkalja miocén
tűzhányótevékenységéről – fizikai vulkanológiai és
geokémiai megközelítés**

Biró Tamás

Témavezető

Dr. Karátson Dávid tanszékvezető, egyetemi tanár
ELTE TTK, Természetföldrajzi Tsz.

Konzulensek

Dr. Kovács István János tudományos munkatárs
MTA, CSFK, Geodéziai és Geofizikai Intézet

Dr. Márton Péterné Dr. Szalay Emőke
laboratórium vezető
MBFSz, Paleomágneses Laboratórium

Földtudományi Doktori Iskola

Vezetője: Dr. Nemes-Nagy József – egyetemi tanár

Földrajz-Meteorológia Program

Vezetője: Dr. Szabó Mária – egyetemi tanár

ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék
Budapest, 2017

Bevezetés, a munka célkitűzései

A Bükkalja vulkáni terület a Kárpát-Pannon térség medencebelseji területein lerakódott miocén korú, szilíciumgazdag piroklasztitok legnagyobb és legjobban feltárt felszíni előfordulása. A teljes piroklasztit-sorozat vastagsága a Bükkaljától délre húzódó Vatta-Maklári árokban helyenként meghaladja a 750 métert (SZAKÁCS, A. et al. 1998). A területen kibukkanó rétegsor ~8 millió évet fog át. A legidősebb kitöréstermék 21 millió év körüli, míg a legfiatalabbnak gondolt ún. Harsányi ignimbrit $15,66 \pm 0,66$ és $13,35 \pm 1,01$ millió éves K/Ar kort és $14,0 \pm 0,3$ millió éves U/Pb kort adott (MÁRTON, E.–PÉCSKAY, Z. 1998; LUKÁCS, R. et al. 2007, 2015). A Bükkalján fizikai vulkanológiai megjelenés, petrográfiai jellemzők, radiometrikus kor, valamint paleomágneses deklináció alapján három, a medencebelseji piroklasztitok rétegtanának (NOSZKY J. 1926), nevezetesen az „alsó”, „középső” és „felső riolittufának” megfeleltethető fő egység különíthető el (SZAKÁCS, A. et al. 1998). A radiometrikus kor és paleomágneses rotáció (MÁRTON, E.–PÉCSKAY, Z. 1998) alapján jól elkülöníthető három piroklasztit komplexum vélhetően több kitörési központból származó (LUKÁCS, R. et al. 2007; LUKÁCS R. et al. 2015) egységekből áll. Az egyes piroklasztit komplexumokon belül különböző genetikájú rétegek települtek. Dominálnak a piroklasztit sűrűség-ár üledékek, főként nagy vastagságú ignimbritek, melyek között ugyanakkor elvétve magmás és freatomagmás kitörésekből származó hullott piroklasztitok és epiklasztitok is megtalálhatók.

Ebből fakadóan a Bükkalja nemcsak a miocén korú, medencebelseji, szilíciumgazdag robbanásos vulkanizmus tektonikai és petrogenetikai vizsgálata szempontjából kiemelkedő, hanem lehetőséget nyújt a kalderavulkanizmushoz kötődő robbanásos kitöréstermékek teljes körű vulkanológiai vizsgálatára is. Doktori kutatómunkámban a Bükkalja piroklasztitjainak két fő jellemzőjére fókuszáltam: 1) a Bükkalja ignimbritjeiben található kvarc fenokristálytöredékek szerkezeti hidroxil tartalmának (I. résztema), valamint, 2) a területen feltáruló freatomagmás, hullott piroklasztitok fizikai vulkanológiai jellemzőinek vizsgálatára (II. résztema).

Szilíciumgazdag lávaközetekből, valamint metamorf és üledékes formációkból származó kvarckristályokon egyaránt történtek már szerkezeti hidroxil mérések (MÜLLER, A.–KOCH-MÜLLER, M. 2009; STALDER, R.–NEUSER, R.D. 2013; STALDER, R. 2014). Gránit + H₂O, illetve kvarc + albit + H₂O rendszerekben létrehozott kvarc fenokristályok szerkezeti hidroxil tartalmáról szintén rendelkezésre állnak adatok (STALDER, R.–KONZETT, J. 2012; FRIGO, C. et al. 2016). Ezidáig azonban nem született olyan tanulmány, ami a kvarctartalmú piroklasztitok kvarc fenokristály töredékeinek szerkezeti hidroxil tartalmának meghatározását célozta volna.

A Bükkalja az ilyen irányú vizsgálatokra kiváló lehetőséget biztosít, hiszen a területen több, különböző kitörésből származó és eltérő fizikai vulkanológiai tulajdonságokkal bíró kvarctartalmú piroklasztit bukkan a felszínre. Az I. résztema esetében céltom egyrészt az ignimbritekben található kvarc fenokristály töredékek szerkezeti hidroxil tartalmának meghatározása volt >300 egyedi szemcse vizsgálatára támaszkodva, másrészt a szerkezeti hidroxil koncentrációt befolyásoló legfontosabb folyamatok feltárása négy különböző ignimbrit kvarckristályainak vizsgálata alapján.

A Bükkalja rétegsorában a freatomagmás vulkánkitörésekből származó piroklasztitok régóta ismertek (CAPACCIONI, B. et al. 1995; SZAKÁCS, A. et al. 1998). A hidrovulkáni eredetre ezen esetekben a rétegzett kifejlődés és a nagy akkréciós lapilli-tartalom utal. E freatomagmás képződményeknek a részletes vulkanosedimentológiai dokumentáción és granulometriai adatokon nyugvó fizikai vulkanológiai értelmezése azonban ezidáig nem történt meg. A II. résztema esetében céltom a Bogács és Tibolddaróc települések szomszédságában feltáruló – részben freatomagmás – piroklasztit-rétegsor részletes terepi vulkanológiai és granulometriai jellemzőinek dokumentálása volt, ami alapján a rétegeket létrehozó kitörések lefolyását is rekonstruálni tudtam.

Alkalmazott módszerek

• I. résztema

Négy mintavételi helyen (Eger – Bolyki pincészet, Noszvaj, Tibolddaróc, Harsány) >20 méter vastagságú ignimbritek belsejéből, Bogácson és az egeri „Tufakőbányában” pedig az ignimbritek alsó kontaktusa feletti különböző magasságokból (Eger: 0,05; 0,5; 1,2; 10,0 m; Bogács: 0,05; 0,5; 1,0; 6,5 m) vettem mintákat. Az ignimbritekben található horzsakövekből és a mátrixból kvarc fenokristályokat szeparáltam. A kvarc fenokristály-töredékekből 50-300 µm vastagságú, két oldalon polírozott szeletet készítettem, amelyeken pontszerű és vonalmenti nempoláros mikro-FTIR (Fourier Transformation Infra Red) méréseket végeztem. Adott mintavételi pontból 20-35, összesen 325, random orientációjú fenokristály töredéken végeztem mérést SAMBRIDGE et al. (2008) és KOVÁCS et al. (2008) nempoláros infravörös módszertana alapján. A szerkezeti hidroxil tartalom intra- és intergranuláris homogenitását a mért és – a kvarc AlOH defektusainak abszorbancia indiktrixa alapján – számított elméleti abszorbancia-eloszlások összevetésével értékeltem. A kvarc fenokristályok nyomelemtartalmának meghatározása LA-ICP-MS eljárással történt a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálatban (volt MFGI).

- **II. résztema**

Elsőként a Bogács és Tibolddaróc települések közelében kibukkanó piroklasztitok vulkanosedimentológiai jellemzőit (vastagság, szín, rétegzettség, osztályozottság, komponensek) dokumentáltam. Ezt követően a rétegsor legjobb állapotban megőrződött II. egységéből granulometriai vizsgálatokat végeztem. Granulometriai vizsgálatra azokon a rétegeken került sor, amelyek nagyon gyengén cementáltak, kézzel könnyen morzsolhatóak voltak. Bogácsról az A és a B alegységből is 11, illetve 7, a C alegységből pedig 4, összesen tehát 22 mintán végeztem granulometriai mérést. Tibolddarócon összesen 11, az A alegységből 8, a B alegységből 1, a C alegységből pedig 2 minta részletes granulometriai vizsgálatát végeztem el. A granulometriai elemzések két lépcsőben történtek. A 63 mikrométernél (μm) nagyobb átmérőjű frakció szemcsenagyság eloszlását szitálással határoztam meg, az annál kisebb átmérőjű lézer diffraktometriával lett meghatározva az MTA CSFK Földrajztudományi Intézetében. A szitálás és a lézerdiffrakciós vizsgálat eredményeként előállt eloszlásdiagramok statisztikai jellemzését INMAN, D.L. (1952) átlagos átmérő ($Md\phi$) és szórás ($\sigma\phi$), valamint az F1/F2 arány (WALKER, G.P.L. 1983) paraméterének kiszámításával végeztem el. Az egyes piroklasztit-rétegek lerakódásakor fellépő nyírás nagyságának vizsgálata hét mintavételi pontból mágneses szuszeptibilitás anizotrópia vizsgálatokkal történt az MBFSz Paleomágneses Laboratóriumában, annak érdekében, hogy azok szórt, vagy ár-piroklasztit eredete meghatározható legyen.

Tézisek

RÉSZTÉMA I. – KVARC FENOKRISTÁLYOK SZERKEZETI HIDROXIL TARTALMA IGNIMBRITEKBEN

➤ **Ignimbritekben található kvarc fenokristályok szerkezeti hidroxil tartalmára és az azt befolyásoló tényezőkre vonatkozó eredményeim:**

- ***Tézis 1: Az ignimbritekben található kvarc fenokristályok szerkezeti hidroxil tartalmát elsősorban a lerakódás utáni lassú hűlés okozta dehidratáció határozza meg, de a végső szerkezeti hidroxil tartalom egy adott szintben függ a magmakamra pre-eruptív zonációjától, a lerakódás előtti hőtörténetétől, az ár mozgása során történő xenokristály-bekebelezéstől, valamint a kristályok zárvány- és repedés-sűrűségétől is.*** (II.6.3. fejezet)
 - Az ignimbritekben lévő kvarc fenokristályok szerkezeti hidroxil tartalma $2,8\pm 0,7$ és $12,8\pm 3,2$ ppm között változik és szisztematikus csökkenést mutat az alsó kontaktus feletti magassággal.

- Az Eger – Tufakőbánya nem összesült ignimbitjében a szerkezeti hidroxil tartalom csökkenése az alsó kontaktus feletti magassággal fokozatosabb (0,05 m: $12,1 \pm 3,0$; 0,5 m: $11,4 \pm 2,85$; 1,2 m: $6,1 \pm 1,53$; 10,0 m: $3,3 \pm 0,83$ ppm), a felfelé enyhe összesülést mutató bogácsi ignimbitben pedig hirtelenebb (0,1 m: $12,8 \pm 3,3$; 0,5 m: $9,6 \pm 2,4$; 1,0 m: $2,8 \pm 0,7$; 10,0 m: $2,8 \pm 0,7$ ppm).
 - Az Eger – Bolyki pincészet, Noszvaj, Harsány mintavételi helyekről, nagy vastagságú ignimbritek belsejéből származó kvarc fenokristályok szerkezeti hidroxil tartalma $< 3 \pm 0,8$ ppm. A Tibolddaróc mintavételi helyről, az ignimbit alsó kontaktusától ~6 m-rel feljebbi szintből származó minta szerkezeti hidroxil tartalma $4,0 \pm 1,0$ ppm.
 - Az ignimbritek kvarc fenokristályainak alsó kontaktus feletti magassággal csökkenő szerkezeti hidroxil tartalmát tehát elsősorban a nagy hőmérsékletű lerakódás utáni lassú hűlés következtében végbemenő diffúziós dehidratáció okozza.
 - A fizikai paraméterek (az ignimbit hővezető képessége, kezdeti hőmérséklete, vastagsága és a kvarc fenokristályok átlagos szemcsemérete, illetve a hidrogén diffúziós együtthatójának hőmérséklet függése kvarcban) ismeretében modellezhető a kvarcok kitörést követő, a lehűlés során bekövetkező hidrogén vesztese az eredeti koncentráció relatív arányában egy adott magasságban az alsó kontaktus felett.
 - Az egri E-1 (0,05 m-rel a bázis felett) és E-2 (1,2 m b. f.), valamint a bogácsi BG-1 (0,05 m b. f.) és BG-2 (1,0 m b. f.) szintek közötti mért és modellezett szerkezeti hidroxil koncentráció tartományban szisztematikus eltérés jelentkezett valamennyi lerakódási hőmérsékletet (Eger: $T_0 = 300, 400, 500, 600^\circ\text{C}$; Bogács: $T_0 = 400, 500, 600, 700^\circ\text{C}$) és rétegvastagságot (Eger: $z_1 = 30, 40, 50$ m; Bogács: $z_1 = 20, 30, 40$ m) figyelembe vevő modell esetén.
 - A szerkezeti hidroxil koncentráció csökkenésének megfigyelt lefutása tehát alapvetően, de nem kizárólag a szintenként eltérő hűlési ráta és a különböző átlagos kristályátmérő következménye. A modellezésben használt leegyszerűsített sémától eltérően mind a kezdeti szerkezeti hidroxil koncentráció, mind pedig a H effektív diffúziós sebessége különböző lehet az egyes alsó kontaktus feletti szintekben. E különbségek kialakulása a magmakamrában jelen lévő P, T, X zonációra, eltérő lerakódás előtti hő-történetre és a kvarc fenokristályok eltérő repedés-, valamint szilikátolvadék-zárvány sűrűségére vezethetők vissza.
 - Az eredeti magmás szerkezeti hidroxil tartalomhoz közeli koncentráció csak az ignimbritek alsó kontaktusa fölött maradhat meg, ahol a lerakódás utáni gyors hűlés meggátolta a hatékony diffúziós dehidratációt.
- **Tézis 2: A SAMBRIDGE, M. et al. (2008) és KOVÁCS, I. et al. (2008) által kidolgozott nempoláros infravörös módszertannal már $n > 20$ egyedi fenokristály töredék vizsgálatával kimutatható a szerkezeti hidroxil koncentráció homogenitása – vagy esetleges inhomogenitása – még olyan anizotróp ásvány esetén is, mint a kvarc.** (II.6.2.1.; II.6.3. fejezet)
 - Az alsó kontaktus feletti szintből származó mintacsoportok véletlenszerű indikatrix metszeteken mért nempoláros integrált abszorbanciája nem a kvarc AlOH helyettesítéseinek nempoláros abszorbancia indikatrixa szerint alakul. Ezzel szemben a néhány méterrel az alsó kontaktus feletti szintekben (= az ignimbritek belsejében) mért értékek eloszlása megegyezik a nempoláros indikatrixból származtatott elméleti eloszlással.
 - Ez abból adódik, hogy közvetlenül az ignimbritek alsó kontaktusa felett – a kogenetikus kvarc populáció mellett – attól eltérő szerkezeti hidroxil tartalmú, a kitörés és a pi-

roklaszt-sűrűségár mozgása során felszakított xenokristályok is jelen vannak. A gyors lehűlés következtében megőrződtek az eltérő szerkezeti hidroxil koncentrációk. Az ignimbritek belsejében a lassú lehűlés az esetleges kezdeti heterogenitásokat eltüntette, itt a szemcsék között nincs koncentrációbeli különbség.

➤ **A kvarc mint névlegesen vízmentes ásvány nempoláros infravörös abszorbanáciájára vonatkozó eredményeim:**

• ***Tézis 3: Nempoláros FTIR transzmissziós spektroszkópiával hatékonyan meghatározható a minta effektív vastagsága független vastagságmérés nélkül*** (II.4.4.1. fejezet)

- 306 random orientációjú kvarc fenokristály-töredék vizsgálata alapján megállapítható, hogy a $400\text{-}2100\text{ cm}^{-1}$ között jelentkező nempoláros abszorbanancia-csúcsok integrált területe (A_{SiO}) és a mintavastagság között az alábbi erős összefüggés ($R^2 = 0,86$) áll fenn:

$$A_{SiO} = 3,282^x \text{ Vastagság}$$

- Ebből fakadóan nempoláros IR spektroszkópiával gyorsan és költséghatékony módon határozható meg bármilyen orientációjú és alakú kvarc szemcse vagy szemcsetöredék látszólagos vastagsága.
- ***Tézis 4: A 3200 cm^{-1} -nél megjelenő elnyelési sáv a felszínen tapadó víz következménye és nem Si-O vázrezgés felharmonikusa*** (II.6.1. fejezet)

- Minden vizsgált kvarc fenokristály-töredék nempoláros IR spektrumán megfigyelhető egy nagy félértékszélességű, alacsony abszorbanancia-csúcs 3200 cm^{-1} -nél.
- KATS, A. (1962) az abszorbananciát nem szerkezeti hidroxil kötéshez rendelte, hanem az 1680 cm^{-1} -nél jelentkező Si-O vázrezgés felharmonikusaként értelmezte. BAYLY, J.G. et al. (1963) és YE, S. et al. (2000) ezzel szemben az abszorbanancia csúcsot felszínen tapadó O-H kötések szimmetrikus nyúlási normálrezgéséhez kötik.
- A $\sim 3200\text{ cm}^{-1}$ -nél, illetve az AlOH szerkezeti hidroxil helyettesítésekhez köthető, 3378 cm^{-1} -nél jelentkező abszorbananciák vastagságfüggését összevetve megállapítható, hogy míg az utóbbi erős vastagságfüggést mutat, az előbbi független a minta vastagságától.
- 100 , illetve 150°C -on kihevített, majd közvetlenül a mérés előtt parafilmmel lezárt mintatartóban tárolt fenokristály-töredékeknél a 3200 cm^{-1} -nél megfigyelhető sáv már az első méréseknél is jelentkezett, és az abszorbanancia intenzitása 15 és 30 perc elteltével sem változott. Ezek alapján valószínű, hogy az elnyelési jelenséget a kristályok felszínéhez nagyon erősen kötődő hidroxil gyökök okozzák.

**RÉSZTÉMA II. – FREATOMAGMÁS PIROKLASZTITOK A BOGÁCSI IGNIMBRIT EGYSÉGRE
TELEPÜLŐ SOROZATBAN**

- ***Tézis 5: A bogácsi és tibolddaróci pincesor egymással jól korrelálható rétegsora alapján megállapítható, hogy a Bogácsi Ignimbrít Egység lerakódása után négy fő szakaszban***

robbanásos vulkáni működés zajlott, amely több tíz réteget, elsősorban hullott piroklasztitot hozott létre. A vulkanizmus szüneteiben jól fejlett paleotalajok alakultak ki. (III.4.3. fejezet)

- A tibolddaróci és a bogácsi pincesorban a Bogácsi Ignimbrit Egységre települő, ~20 m vastagságú rétegzett piroklasztit-sorozat tárul fel. A két kibukkanás rétegei egymással korrelálhatók, a sorozat azonban teljes vastagságában csak Tibolddarócon tanulmányozható, Bogácson az alsó ~ 3 m hiányzik. A sorozatot négy, 1-2 méter vastagságú, jól fejlett paleotalaj négy fő egységre (I-IV) osztja.
- A paleotalajok jelenléte arra utal, hogy a sorozat három fő periódusban képződött, amelyek között az előrehaladott talajképződéshez elegendő idő – legalább néhány ezer év – telt el. A sorozat legjobb állapotban megőrződött része a 8,5 méter vastagságú, több mint harminc, 1-80 cm vastagságú réteget tartalmazó, A, B és C alegységekre osztható II. egység.
- A rétegek általános konstans vastagsága, jó osztályozottsága, valamint a II. egység C alegységének és a III. egységnek a rendkívül gyenge mágneses szuszceptibilitás anizotrópiája arra utal, hogy a rétegsorban a hullott piroklasztitok dominálnak, az árpiroklasztitok pedig alárendeltek.
- Piroklaszt-sűrűségárból való lerakódás tételezhető fel a II. egység B alegységének rétegei esetében azok gyenge mágneses szuszceptibilitás anizotrópiája, valamint a 26 500 éves új-zélandi Oruanui sorozat A fázisában lerakódott vékony ignimbritekkel mutatott hasonlósága alapján: utóbbiak híg, turbulens, kis energiájú, vízgazdag piroklaszt-sűrűségárból rakódtak le (WILSON, C.J.N. 2001).
- **Tézis 6: A II. egységben felfelé haladva erősödik a víz/magma kölcsönhatás mértéke. A sorozat II. egységében kezdetben száraz magmás kitörésekből (A alegység), majd pedig – a kitörési központnál nagy mennyiségű víz jelenlétére utaló – freatomagmás kitörésekből (B, C alegység) történt lerakódás.** (III.4.1.; III.4.2. fejezet)
 - A legjobb állapotban megőrződött II. egység >30 db 1-80 cm vastagságú rétegből áll és három alegységre (A, B, C) osztható a különböző litofáciesek (LF) gyakoriságának változása alapján.
 - Az A alegységben 1-25 cm vastagságú, jól osztályozott ($\sigma\phi = 1-2$), konstans vastagságú, >90%-ben horzsaköböl álló pliniusi szórt tufák és durvatufák ($Md\phi < 1$) települnek. Ezzel szemben a B és C alegységekben 10-80 cm vastagságú, nagy mennyiségű akkréciós lapillit tartalmazó, rosszul osztályozott ($\sigma\phi > 2$) finomtufák ($Md\phi > 3$; $F2 > 40\%$) figyelhetők meg, amelyek freatomagmás hullott és kis energiájú, híg, nedves piroklaszt-sűrűségárból lerakódott piroklasztitként értelmezhetők.
 - Mivel a II. egység száraz magmás robbanásokból származó pliniusi (sensu lato) és nagy mértékben fragmentált freatomagmás piroklasztitokból áll, hasonló képződeményként értelmezhető, mint az Oruanui formáció (WILSON, C.J.N. 2001).
 - Feltételezhető, hogy a II. egység olyan kalderából származik, amelynek területén az A alegység lerakódásakor még nem volt víz, majd a kaldera részleges összeomlása (beszakadása), nagy mértékű víz (pl. tengervíz)/magma keveredés következtében a B és C alegységek erőteljes fragmentációjára került sor.

Következtetések

Az ignimbritekben található kvarc fenokristály töredékek szerkezeti hidroxil tartalma elsősorban a lerakódás utáni hűlés sebességétől, így a felszíni körülmények között (kis P, kezdetben nagy T) végbemenő diffúziós dehidratáció hatékonyságától függ. Ez a megfigyelés felhívja a figyelmet arra, hogy a névlegesen vízmentes ásványok vizsgálata jó lehetőséget kínál a vulkáni anyag kitörése, szállítódása során jellemző hőmérsékleti viszonyok és időtartamok vizsgálatához. Ugyanakkor, amennyiben a cél a magmakamrában beépült szerkezeti hidroxil tartalom meghatározása, elsősorban a gyorsan lehűlt, így kevésbé dehidratálódott hullott piroklasztitok fenokristályai, vagy a piroklaszt-sűrűségár üledékek, illetve lávatestek kontaktusáról származó kristályok használhatók sikeresen.

A Bogácsi és a Harsányi Ignimbrit Egység lerakódása között eltelt időszakban több tíz robbanásos vulkánkitörés zajlott le, amelyekből főként szórt piroklasztitok jutottak el a Bükkalja területére. A disztális szórt piroklasztitokat produkáló kitörések, ha a kitörési események számát tekintjük, sokkal jelentősebbek a Bükkalja vulkáni eseménysorozatában, mint a nagy vastagságú ignimbriteket produkálók. A Tibolddarócon és Bogácson kibukkanó rétegzett piroklasztit összlet II. egységében szélsőséges mértékben változik a vízhatás: száraz magmás kitörésekből származó hullott és erősen freatomagmás kitörésekből származó hullott, illetve ár-piroklasztitok egyaránt települnek, így a vizsgált sorozat a Kárpát-Pannon térségben ezidáig nem dokumentált, az új-zélandi Oruanui sorozathoz hasonló piroklasztit-összletként értelmezhető.

Hivatkozások

- BAYLY, J. G., KARTHA, W. B., STEVENS, W. H. 1963: The absorption spectra of liquid phase H₂O, HDO and D₂O from 0.7 mm to 0.10 87 mm. – *Infrared Phys.* 3. pp. 211–223.
- CAPACCIONI, B., CORODANNOSI, N., HARANGI R., HARANGI SZ., KARÁTSON D., SAROCCHI, D., VALENTINI, L. 1995: Early Miocene pyroclastic rocks of the Bükkalja Ignimbrite Field (North Hungary) - A preliminary stratigraphic report. – *Acta Vulcanol.* 7. pp. 119–124.
- FRIGO, C., STALDER, R., HAUZENBERGER, C.A. 2016: OH defects in quartz in granitic systems doped with spodumene, tourmaline and/or apatite: experimental investigations at 5–20 kbar. – *Phys. Chem. Minerals* 43. pp. 717–729.
- INMAN, D.L. 1952: Measures for Describing the Size Distribution of Sediments. – *J. Sedim. Petrol.* 22, pp. 125–145.
- KOVÁCS I., HERMANN, J., O'NEILL, H.ST.C., FITZGERALD, J., SAMBRIDGE, M., HORVÁTH G. 2008: Quantitative IR spectroscopy with unpolarized light Part II: Empirical evidence and practical application. – *Am. Mineral.* 93. pp. 765–778.

- LUKÁCS R., HARANGI S., NTAFLÓS, T., KOLLER, F., PÉCSKAY Z. 2007: A Bükkalján megjelenő felső riolituffaszint vizsgálati eredményei: a harsányi ignimbrít egység. – *Földt. Közl.* 137. pp. 487–514.
- LUKÁCS R., HARANGI S., BACHMANN, O., GUILLONG, M., DANISIK, M., BURET, Y., VON QUADT, A., DUNKL I., FODOR L., SLIWINSKI, J., SOÓS I., SZEPESI J. 2015: Zircon geochronology and geochemistry to constrain the youngest eruption events and magma evolution of the Mid-Miocene ignimbrite flare-up in the Pannonian Basin, eastern-central Europe. – *Contrib. Mineral. Petr.* 170. pp. 1-26.
- MÁRTON E., PÉCSKAY Z. 1998: Complex evaluation of paleomagnetic and K/Ar isotope data of the Miocene ignimbritic volcanics in the Bükk Foreland, Hungary. – *Acta Geol. Hungar.* 41. pp. 467–476.
- NOSZKY J. 1926: A Magyar Középhegység ÉK-i részének oligocén-miocén rétegei II. – *Ann. Mus. Nat. Ung.* 27. pp.150-235.
- MÜLLER, A., KOCH-MÜLLER, A. 2009: Hydrogen speciation and trace element concentrations of igneous, hydrothermal and metamorphic quartz from Norway. – *Mineral. Mag.* 73. pp. 569–583.
- SAMBRIDGE, M., FITZGERALD, J., KOVÁCS I., O'NEILL, H.ST.C., HERMANN, J. 2008: Quantitative IR spectroscopy with unpolarized light, Part I: Mathematical development. – *Am. Mineral.* 93. pp. 751–764.
- STALDER, R. 2014: OH-defect content in detrital quartz grains as an archive for crystallisation conditions. – *Sediment. Geol.* 307, pp. 1–6.
- STALDER, R., KONZETT, J. 2012: OH defects in quartz in the system quartz–albite–water and granite–water between 5 and 25 kbar. – *Phys. Chem. Miner.* 39. pp. 817–827. doi: 10.1007/s00269-012-0537-5
- STALDER, R., NEUSER, D.R. 2013: OH-defects in detrital quartz grains: Potential for application as tool for provenance analysis and overview over crustal average. – *Sediment. Geol.* 294. pp. 118–126.
- SZAKÁCS, A., MÁRTON E., PÓKA T., ZELENKA T., PÉCSKAY Z., SEGHEDI, I. 1998: Miocene acidic explosive volcanism in the Bükk Foreland, Hungary: Identifying eruptive sequences and searching for source locations. – *Acta Geol. Hung.* 41. pp. 413–435.
- WALKER, G.P.L. 1983: Ignimbrite types and ignimbrite problems. – *J. Volcanol. Geoth. Res.* 17, pp. 65-88.
- WILSON, C.J.N. 2001: The 26.5 ka Oruanui eruption, New Zealand: an introduction and overview. – *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 112, pp. 133–174.
- YE, S., NIHONYANAGI, S., UOSAKI, K. 2000: pH-Dependent water structure at a quartz surface modified with an amino-terminated monolayer studied by sum frequency generation (SFG). – *Chem. Lett.* 29. pp. 734–735.

Az értekezés tárgykörében megjelent publikációk

- **Közlemények**

Biró T., Kovács I.J., Karátson D., Stalder, R., Király E., Falus Gy., Fancsik T., Sándorné K.J. 2017: Evidence for post-depositional diffusional loss of hydrogen in quartz phenocryst fragments within ignimbrites. – *American Mineralogist*, 102, pp 1187-1201.

Biró T., Kovács I.J., Király E., Falus Gy., Karátson D., Bendő Zs., Fancsik T., Sándorné K.J. 2016: 'Water' content of quartz from various rhyolitic ignimbrite horizons: results from unpolarized micro-FTIR analyses on unoriented grains. – *European Journal of Mineralogy*, 28, pp. 313-327.

• *Konferencia absztraktok*

- Biró T., Hencz M., Karátson D., Márton E., Szalai Z., Bradák B:** 2017: Middle Miocene silicic phreatomagmatism at the Bükk Foreland Volcanic Area. – *Romanian Journal of Earth Sciences* 91, pp. 60-61.; 4th International Volcano Geology Workshop, IAVCEI
- Karátson D., Biró T., Kovács I. J., Hencz M., Szalai Z.** 2017: Az egri „Tufakőbánya” és a bogácsi pincesor piroklasztit összelete. – VIII. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Szihalom, 2017. szeptember 07-09.
- Biró T., Kovács I. J., Karátson D., Stalder R., Király E., Falus Gy., Fancsik T., Sándorné K. J.** 2017: „Szárász” kvarc feonokristályok ignimbritekben – a kitörési folyamatok, a nagy hőmérsékletű lerakódás és a kristályok jellemzőinek hatása a névlegesen vízmentes ásványok dehidratációjára. – VIII. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Szihalom, 2017. szeptember 07-09.
- Biró T., Hencz M., Karátson D., Márton E., Bradák-Hayashi B., Szalai Z.** 2017: First physical volcanological description of a Miocene, silicic, phreatomagmatic fall complex in the Carpatho-Pannonian Region (CPR). – EGU General Assembly, Wien (Austria), 2017. április 23-27.
- Biró T., Kovács I.J., Karátson D., Stalder R., Edit, K., Falus Gy., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2016: Kvarc fenokristályok szerkezeti hidroxil-tartalmának szisztematikus változása ignimbritekben. – VII. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Debrecen, 2016. szeptember 22-24.
- Biró T., Kovács I.J., Karátson D., Stalder R., Király E., Falus Gy., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2016: Systematic decrease of hydroxyl defect concentration in quartz phenocryst fragments within ignimbrites: implications for post-depositional diffusional loss of hydrogen. – 2nd European Mineralogical Congress, Rimini (Italy), 2016. szeptember 11-15.
- Biró T., Kovács I.J., Karátson D., Stalder R., Edit, K., Falus Gy., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2016: A bükkaljai ignimbritekben található kvarc fenokristály-töredékek szerkezeti hidroxil-tartalma: eredmények és jövőbeni lehetőségek. – VIII. Magyar Földrajzi Konferencia, Eger, 2016. augusztus 25-26.
- Biró T., Kovács I.J., Király E., Falus Gy., Karátson D., Bendő Zs., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2016: Szerkezeti hidroxil lerakódás utáni diffúziója ignimbritekben található kvarc fenokristályokban – 11. Téli Ásványtudományi Konferencia, Balatonfüred, 2016. január 22-23.
- Biró T., Kovács I.J., Király E., Falus Gy., Karátson D., Bendő Zs., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2015: Víz riolitos piroklasztitok kvarcaiban. – VI. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés, Ópálos, 2015. szeptember 10-12.
- Biró T., Kovács I.J., Király E., Falus Gy., Karátson D., Bendő Zs., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2015: 'Water' in quartz from various rhyolitic pyroclastic horizons: a new correlation tool? – 25th Goldschmidt Conference, Prága, 2015.08.16-21.
- Biró T., Kovács I.J., Király E., Falus Gy., Karátson D., Bendő Zs., Fancsik T., Sándorné K.J.** 2015: "Víz" (különböző) riolitos piroklasztitok kvarcaiban – egy új korrelációs eszköz? – 10. Téli Ásványtudományi Konferencia, Balatonfüred, 2015. január 23-24.