

VÁLASZ M. TÓTH TIVADAR AZ MTA DOKTORA BÍRÁLATÁRA

Mindenekelőtt köszönetet szeretnék mondani M. Tóth Tivadarnak, hogy elvállalta terjedelmes dolgozatom részletes és alapos áttanulmányozását, annak ellenére, hogy a disszertációmban összefoglalt vizsgálati eredményeim nem kapcsolatosak a Bírálóm kutatási területeivel. Az ebből fakadó nehézségeikért külön elnézést kérek, bár eredeti szándékom szerint könnyen olvasható és jól követhető olvasmányt szerettem volna megalkotni, illetve szerkeszteni.

A dolgozatomra és a tézispontokra vonatkozó észrevételekre és kérdésekre adott válaszaimat az alábbiakban foglalom össze:

I. TÉMAVÁLASZTÁS, AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

A válaszaim megfogalmazása előtt, az értekezésem célkitűzésével kapcsolatosan indokoltnak tartom még néhány szempontnak a megemlítését.

Mit tekintetem elsődleges feladatommak a kutatómunkám során?

Minden esetben egy komplex földtani problémának részét képező geokronológiai kutatásban a feladatom a mintagyűjtéstől kezdődően, az analitikai munka elvégzését követő mérési adatok kiértékeléséig, majd a koradatok értelmezéséig – és lehetőség szerint minél több esetben – azok publikálásáig terjed. Eredményes munka esetén, ennek a folyamatnak hasznos következménye lehet a módszer és műszerfejlesztés is, ami növeli a mérések pontosságát és a koradatok megbízhatóságát. Ismételten hangsúlyozni szeretném, hogy kutatási témám jellegéből adódóan, a kormeghatározás csak kizárólag jól szervezett „csapatmunkában” végezhető, amelyen belül az egyéni feladatok viszont mindenkor egyértelműen meghatározhatók.

Elnézést kérek az ismétlésnek tűnő mondatokért – hiszen ezek a gondolatok megtalálhatók a Bírálóm megállapításai között (4-5. oldalon), és a dolgozatom bevezető részében is – de azért kell válaszomban is kiemelnem ezt a tényt, mert ez határozza meg a disszertációm tartalmi és formai részét.

„Bár a kormeghatározás minden esetben az egyes komplex kutatási feladatnak csak kisebb hányadát jelentette, a szerző meghatározó szerepe a projektben minden esetben egyértelműen igazolható.”

Ezzel a megállapítással szembe vitába szállnék, mivel pályafutásom alatt számos olyan alkalom adódott, amikor egy projekten belül éppen a geokronológiai vizsgálatoknak jutott meghatározó szerep (hazai és nemzetközi tudományos együttműködéseim/pályázataim témakörei).

– Jelen dolgozat esetében valóban nem került bemutatásra olyan mérési adat, amely közvetlenül szénhidrogén, vízföldtani vagy érckutatással lenne kapcsolatos. A kutatómunkám során több mint

egy évtizeden keresztül az OKGT/MOL megbízásának köszönhetően folyamatosan dolgozhattam a szénhidrogénkutató melyfúrások által feltárt harmadidőszaki magmás kőzeteken. Az egyetemi doktori dolgozatomban (1985) ennek a munkámnak a tudományos eredményeit foglaltam össze. Ezen személyes tapasztalatok birtokában említettem meg jelen értekezésemben ezeket a kutatási területeket is, mint a K-Ar módszer alkalmazási lehetőségeit és gazdasági jelentőségét.

Összegezvén a fenti megjegyzéseimet, ismét arra szeretnék hivatkozni, hogy a disszertációm a saját publikációimra épül, amelyekből következetesen „kiszerveztettem” a saját eredményeimrel kapcsolatos kronológiai részeket, jelentősen lerövidítvén, vagy több esetben elhagyván a társszerzőim által készített, vagy a szakirodalomból felhasznált földtani, kőzettani, geofizikai stb. adatokat. Elismerem, hogy ez a tárgyalásmód sok esetben a megértés rovására megy, de a szigorú terjedelmi megszorítások, ill. előírások nem kínálnak más választást, amennyiben elfogadjuk, hogy a disszertációval szembeni elsődleges és jogos elvárás; a saját eredmények ismertetése.

II. A DOLGOZATOM FORMAI ÉRTÉKELÉSE

- Elfogadom Bírálóm megállapítását, amely szerint a disszertációmban szereplő ábrák és térképek minőségi színvonala, megjelenítése jelentősen eltér egymástól. Nyilván ez elsősorban attól függ, hogy az adott témakör feldolgozásakor, milyen technikai háttérrel alkalmaztunk. Ez például vonatkozik a vizsgált kőzetminták származási helyeinek megadására is. A korábbi években a terepi munkánk során a rendelkezésünkre álló földtani térképek alapján, az utóbbi években viszont már a korszerű GPS-ek használatával, a koordináták pontos meghatározásával rögzítettük a kőzetminták származási helyeit.

Tekintettel arra, hogy szakmai ismereteim nem elegendőek a földtani térképek elkészítéséhez, ezért a munkám során mindig a velem dolgozó geológus kolléga által szerkesztett, vagy – ennek hiányában – a szakirodalomban elérhető térképekre hagytam, hivatkozván a felhasznált térkép eredeti szerzőjére.

- Külön elnézést kell kérnem a figyelmetlenségből és a kapkodásból származó dühítő elütésekért és nyomdai hibákért, amelyek kétségtelenül megnehezítik az Olvasó dolgát. Sajnos örökös problémát jelent, hogy utólag már nehezen javíthatók a dolgozatban észrevett hibák.
- Jelen válaszomhoz mellékelve a terepi munkámon készített felvételekkel szeretném utólag pótolni a dolgozatomban jogosan említett hiányosságot.
- A fentiekől eltérő magyarázatot igényel a dolgozat szerkesztésével és az egyes fejezetekben behivatkozott időskálák kérdése.

A dolgozatom összeállítása során számomra is lényeges kérdésként szerepelt a számos táblázat végleges elhelyezése, illetve a szövegbe való beszerkesztése. A felhozható érvek mérlegelése után a döntés meghozatalát az a tapasztalati tény segítette elő, hogy az utóbbi években a doktori védéseken több esetben kifogásolták a bírálók a táblázatok külön kötetben történő megjelenítését (közvetlen munkatársam esetében is határozattan kifogásolták a táblázatok kiemelését a szöveggörnyezetből).

- Egy kronológiai témával foglalkozó cikk megírásánál mindig a vizsgált területre vonatkozó, nemzetközileg elfogadott időskálát kell figyelembe venni. Ennek az elvárásnak azonban nem minden esetben tesznek eleget a szerzők. Különösen tapasztalható ez a probléma a rétegtani adatok ismertetésénél, amikor esetenként keverednek a lokális és regionális terminológiai fogalmak, ami megnehezíti a szöveg megértését.

Értekezésemben kénytelen voltam azt a terminológiát követni, amely megfelel az adott leírásban behivatkozott publikációban használt rétegtani besorolásnak (lásd Erdélyi-Szigethegység).

További problémát jelent az újabb és pontosabb biosztratigráfiai, paleomágnese és radiometrikus koradatok alapján módosított időskálák megjelenése (*Vass és Balogh, 1989*).

Ezért is szükségzerű időnként a korábbi kronológiai adatok rétegtani besorolásának revideálása. Ugyanakkor megemlíteném, hogy az „abszolút korok” időtállóak, az elfogadott koradatok hűen tükrözik a vizsgált terület fejlődéstörténetének időbeliségét.

III. AZ ÉRTEKEZÉS LEGFONTOSABB TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEIRŐL

Köszönöm a tudományos eredményeimmel kapcsolatos elismerő megjegyzéseket, azok elfogadását, és a kutató munkám pozitív értékelését.

Csupán annyit szeretnék megjegyezni, hogy tudományos pályafutásom során nemcsak pontosítottam a vizsgált vulkáni képződmények korviszonyait, hanem számos esetben alapadatokat határoztam meg a bizonytalan vagy ismeretlen rétegtani helyzetben levő magmás testeken, amely adatok aztán alapját képezték az új geodinamikai modellek megalkotásának.

IV. KRITIKAI ÉSZREVÉTELEK, KÉRDÉSEK

- Tekintettel arra, hogy az első négy kérdés ugyanazzal a problémakörrel kapcsolatos (az analitikai- és földtani hibák forrásai, felismerési lehetőségei és értelmezési szempontjai), ezért az ezekre a kérdésekre vonatkozó válaszaimat egy közös fejezetben foglalom össze. Nyilvánvalóan az 5. és 6. kérdésre külön fogalmazom meg a válaszomat.

1-4.

- A debreceni K-Ar laboratóriumban végzett több ezer kormeghatározásból azt az általános tapasztalatot szűrtük le, hogy a K-Ar koradatok („analitikai korok”) nagyobb része „földtani kornak” tekinthető. Ez a megállapítás tökéletes összhangban van a nemzetközi szakirodalomban ezzel a témával kapcsolatosan megjelent szakmai véleménnyel. Meg kell jegyezni, hogy ennek egyik, és talán legfontosabb előfeltétele a kormeghatározásra alkalmas minta kiválasztása, és annak a kőzettani és ásványtani jegyek figyelembevételével a mérésre való szakszerű előkészítése. Nem gondolom, hogy a K-Ar módszer alkalmazása esetében „szisztematikus hibát” kellene feltételeznünk, mivel ilyen súlyos módszertani probléma létezése nem tette volna lehetővé a konvencionális K-Ar kormeghatározás széleskörű alkalmazását és világszerte való elterjedését. Természetesen, mint minden analitikai módszernek az általunk alkalmazott K-Ar kormeghatározásnak is megvannak az ún. „gyenge pontjai”, nevezzük ezeket bizonytalansági tényezőkné. Ennek tudatában a fő kérdés tehát az, hogy milyen földtani probléma megoldására, és hogyan alkalmazzuk ezt a kormeghatározási módszert? Továbbá kardinális kérdés annak megválaszolása, hogy mi okozhatja az analitikai- és földtani korok egymástól való eltérését, valamint hogyan ismerhetők fel az eltérő korokat okozó effektusok? (Az értekezés 14. és 15. oldalán rövid összefoglalás található!)

Kétségtelen, hogy a leggyakoribb hibaforrás, amely a „zárt rendszer” feltételének teljesülését lerombolja;

- az utólagos argonvesztés, amely a kőzetminta fiatalodását okozza, és/vagy
- többlet argon beépülése a kristályrácsba, amely a valódi földtani kornál idősebb kort eredményez.
- Ezeknek a zavaró tényezőkné a felismerésére és értelmezésére vonatkozóan számtalan konkrét tanulmány található a szakirodalomban (könyvekben pl.: *Dalrymple & Lanphere (1969)*, *McDougall & Harrison (1988)*, *D. Vance et al., (2003)*, *W. Reiners & Todd A. Ehlers (2005)* és szakfolyóiratokban pl.: *McDowell, F. W. (1983)*, *Onstott, T. C. & Peacock, M. W. (1987)*, *Harrison, T. M. et al., (1985)*, *Dodson, M. H.. (1973)*, *Balogh, K. et al. (1994)*).

Milyen földtani folyamatok okozhatják a földtani kornál idősebb K-Ar kor megjelenését, valamint analitikai szempontból milyen lehetőségek vannak ennek a problémának a felismerésére?

Mikor fiatalabb a K-Ar kor a földtani kornál?

A teljesség igénye nélkül néhány tipikus földtani hibaforrást ismertetnék, amelyek fontos szerepet játszanak a diszkordáns korok megjelenésében.

- Gyakran előfordul, hogy utólagos hőhatás következtében (pl. nagyobb méretű dyke utólagos benyomulása riolittufa összletbe) a megszilárdult vulkáni kőzetből a kristályrácsba kötött argon kidiffundál.
- Ugyanabból a kőzetből szeparált ásványfrakción végzett kormeghatározással igazolható ez az effektus, mivel az ásványok argonmegtartó képessége eltér egymástól. Lépcsőzetes kigázosítással végzett ^{40}Ar - ^{39}Ar kormeghatározás jellegzetes korszpektruma szintén bizonyítékot ad a hőhatás eredményeként bekövetkező argonvesztésről („fiatalosodás”). Ritkábban, de előfordulhat, hogy a kálium utólagos beépülése szintén a kőzet fiatalosodását időzi elő (pl. hidrotermális rendszer esetén). Hidrotermás folyamatokban általában olyan másodlagos ásványok képződnek, amelyek alkalmasak kormeghatározásra (adulár, illit, alunit stb.). Ezeken az ásványokon meghatározott K-Ar korok megadják a kőzet átalakulásának a korát.

A devitrifikált vulkáni üveg könnyen elereszti az argont. Következésképpen az üveges alapanyagú magmás kőzetek hajlamosak a „fiatalodásra”. A vékonycsiszolati leírás alapján, például ezt a kőzettani sajátosságot figyelembe kell venni a minta előkészítésénél, illetve az analitikai kor értelmezésekor.

A riolittufák/ignimbritek esetében a leggyakoribb hibaforrás az idősebb összletből történő áthalmozódás által okozott szennyeződés. Ennek köszönhetően ezek a kőzetek nem alkalmasak kormeghatározásra „teljes kőzetmintaként”, csak a belőlük elválasztott elsődleges/kőzetalkotó ásványok (biotit, amfibol, szanidin) mérhetők.

A többlet argon által okozott hibalehetőségnek lehetnek „látható”, de bonyolultabb esetben „láthatatlan” forrásai is. Az egyszerűbb eset, amely optikailag is felismerhető, amikor a kőzetmintában xenolitok és/vagy xenokristályok találhatók. Általában ezek a kristályok elválaszthatók a mintából valamelyik szeparálási módszer alkalmazásával.

Sokkal összetettebb feladat a nagy mélységből származó magma tökéletlen kigázosodásából, vagy speciális fluidális kölcsönhatásból származó, utólagosan beépülő többlet argonnak a felismerése és értelmezése.

Ezzel a problémával kapcsolatosan különösen figyelmet kell szentelni a fiatal bazaltok esetében. A többlet argon jelenléte azt igazolja, hogy a bazalt magma megszilárdulásakor nem adta le teljes egészében az előtörténete folyamán felhalmozódott radiogén Ar tartalmát. Ez a földtani hiba általában igazolható az ún. izokron módszerek alkalmazásával.

Az izokron módszerek azonos korú és eredetű képződményből vett különböző mintákra, vagy egyetlen minta más-más kémiai és ásványos összetételű frakcióira alkalmazhatók.

Az előző részben említett ^{40}Ar - ^{39}Ar módszer segítségével szintén felismerhető a többlet argon jelenléte.

Tapasztalat szerint a szubvulkáni testek és telérek esetében is valószínű a többlet argon jelenléte.

Általánosan megjegyezhető, hogy a többlet argon igazolására a legalkalmasabbak az adott kőzetből elválasztott alacsony káliumtartalmú ásványok (piroxén, kvarc) lehetnek.

Összegzés; minden K-Ar koradat csak az analitikai- és a földtani hibával kiegészített formában tekinthető földtani jelentéssel bíró adatnak.

Az analitikai hiba minden esetben „számszerűsíthető”; a nemzetközi standardok birtokában és a mérőberendezések alapos ismeretében, a hibaszámításra elfogadott egyenlet segítségével a mért adatok figyelembevételével az analitikai hiba értéke meghatározható.

Ezzel szemben a „földtani hiba” nem mindig „számszerűsíthető”, vagyis nem egyszerűsíthető le ennek megadása egy matematikai műveletre. Tulajdonképpen ez a fogalom a K-Ar kor kronológiai értelmezését jelenti, tehát megadja a választ arra kérdésre, hogy a mintán meghatározott koradat pontosan milyen földtani eseményhez köthető (képződési kor, kiemelkedési kor, vulkáni utóműködés, tektonikai mozgás, átkristályosodás kora, stb.).

Minden földtani eseménynek nyoma van a vizsgált kőzetmintán. Ebből következik, hogy radiometrikus korok értelmezése lehetetlen a kőzettani, ásványtani, geokémiai és a terepi adatok ismerete nélkül. Ugyan ez a megállapítás vonatkozik a kormeghatározásra legalkalmasabb minták kiválasztása, és a megfelelő előkészítése esetében is.

A „részletesebb analitikai munka” jelentése a földtani probléma komplexitásával kapcsolatos, amikor egy mérés nem elegendő a kérdés megválaszolására, hanem több reprezentatív minta begyűjtése után, például különböző ásvány frakción – esetleg különböző módszerek alkalmazásával – kell méréseket végezni.

5. A TOROJÁGA FÖLDTANI SAJÁTOSSÁGAI A SZUBVULKÁNI ÖVEZETEN BELÜL

A Torojága masszívumban végzett térképezési és terepi munkák alapján *Berza és munkatársai (1982)* elsősorban a litosztatigráfiai adatokra szorítkozván, öt magmás fázist különítettek el; dioritok, kvarcdioritok, mikrogranodioritok, mikrodioritok és andezitek. A területre jellemző intenzív kőzetátalakulást (hidrotermális tevékenység) a második és harmadik magmás fázissal hozták kapcsolatba. Képződési korukat tekintve – a diszkordáns települési viszonyok miatt – általában a valódi földtani koruknál jóval fiatalabb korokat feltételeztek. Az intrúzív magmás testek benyomulását és térbeli elterjedésüket a Bogdan Voda-Dragos Voda oldal eltolódásos vetőrendszer létrejöttével magyarázták (*Sandulescu et al., 1981*).

Az 1990-es évek elején a nagybányai IPEG/Quartz Co. geológus munkatársaival elkezdett szisztematikus terepi munka tette lehetővé a Szubvulkáni övezet – ezen belül a Torojága – intrúzív

magmás tevékenységének a komplex földtani kutatását. Ezen adatok alapján megállapítható, hogy a Torojága sajátos földtani jegyekkel rendelkezik, összehasonlítván a környező vulkáni területek geológiai viszonyaival.

Ki kell emelni, hogy a Torojága tektonikailag ÉK felé elmozdult helyzetben van, vagyis nem követi a vulkáni vonulat tengelyét, valamint a K-Ny irányú fő tektonikai vonalat. Ebből az következik, hogy ellentétben a Szubvulkáni övezet Ny-i részén, valamint a Borgói Havasokban és a Kelemen Havasok É-i részén feltárt szubvulkáni testektől – amelyek paleogén – alsómiocén üledékbe nyomultak bele – addig a Torojága, a Radnai Havasokhoz hasonlóan a metamorf összleten áttörve jutott a felszínre. Ezeknek az intrúzióknak a fő települési iránya, már egy ÉNY- DK-i irányú vetőrendszerhez köthető. Hasonlóan a Radnai Havasokhoz, itt is az erózió által mélyebb intrúziós szintek vannak feltárva a felszínen. Ebből az következik, hogy morfológiailag komplex szerkezetű, gyakran nagyobb méretű és egységesebb intrúziókkal állunk szemben, ellentétben a Borgói Havasokkal, ahol pl. Henye körül az erózió az intrúziós összlet sekélyesebb részéit tárta fel.

A Torojága fiatalabb és kissé rövidebb magmás tevékenysége is magyarázható az eltérő geotektonikai környezet létezésével (*Tischler et al., 2006*). A K-Ar korok alapján a feltételezett 5 vulkáni fázis nem különíthető el, mivel feltehetően szubszekvens eseményekről beszélhetünk, amelyek rövid vulkáni csend után követték egymást. Viszont tér-időbeli eloszlás alapján nem zárható ki a magmás tevékenység ÉNy-ról DK felé történő migrációja (*Pécskay et al., 2009*). A geokémiai adatok szerint a Torojága magmás kőzetei a Moráviai intrúziókkal mutat hasonlóságot. Magasabb B és K-tartalom jellemző ezekre a kőzetekre, amiből a kőzetképződés során, a kéregtől származó metasomatikus hatásra lehet következtetni (*Gméling et al., 2007*).

6. NAGYÁG ÉS KÖRNYÉKÉN LEJÁTSZÓDÓ VULKÁNI TEVÉKENYSÉG KORELOZSLÁSA

A neogén mészkáliai magmás tevékenység az Erdélyi-Szigethegységben 15 millió év és 7 millió év között játszódott le, amely mintegy 6 millió év vulkáni csend után reaktiválódott, létre hozván a Déva térségben 1,6 millió évvel ezelőtti felszínre törő shoshonitos vulkáni képződményt.

A hegység bonyolult szerkezetének kialakulása és a vulkáni kőzetek tér-időbeli elterjedése az alábbi okokkal magyarázható:

- 15,0-13,5 millió év időintervallumot gyors rotáció és az extenzió kezdete jellemezi (NyÉNy-KDK irányú árkok, medencék felnyílása), ami lehetővé teszi a magma felszínre jutását.
- 13,5-12,5 millió év között csökken a forgás sebessége, az extenzió folytatódik. Normál mészkáliai kőzetek képződnek és esetenként gránátos andezitek is előfordulnak.
- 12,5-10,0 millió év; az extenzió fő időszaka, de megszűnik a rotáció. A lemezdarab lassuló forgása által elősegített magmaképződés eredményeként a vulkáni tevékenység eléri

paroxizmusát, amit szubszekvensen követ a hidrotermális rendszerek „beindulása” (legfontosabb érctelepek kialakulása).

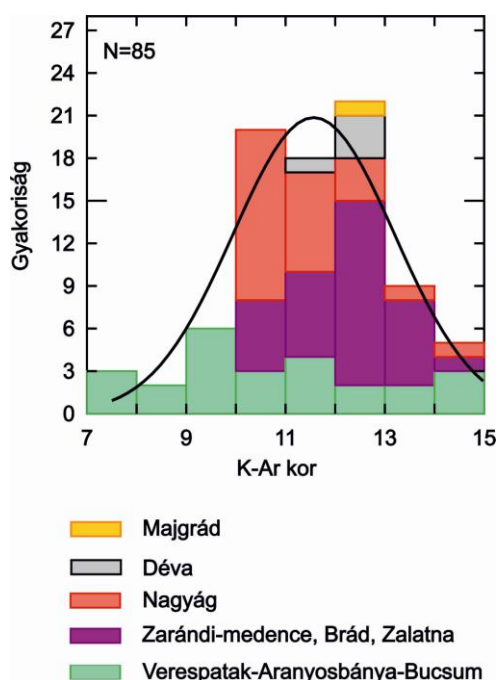
A magmaképződés során a fluidumokkal való kölcsönhatás eredményeként a normál mészkáli kőzetek mellett megjelennek az adakitos mészkáli kőzetek, egy fiatalabb vulkáni „vonulatot” képezve a hegység keleti szárnyán (lásd a dolgozatban szereplő 3.24 térképet, amely bemutatja a normál- és adakitos mészkáli kőzetek elterjedését!).

- 10,0-7,0 millió év között a magmás tevékenység már csak a hegység ÉK-i részére korlátozódik. Fokozatosan csökken a felszínközelségbe jutó magma térfogata és a vulkáni tevékenység intenzitása – kisebb méretű intrúzív testeket hozván létre – de továbbra is az adakitos típusú mészkáli összetételű magmából származtathatók a megjelenő különböző vulkáni formák (kőzet telérek, lakkolitok, sekély szubvulkáni testek stb.).

A hegység neogén mészkáli vulkanizmusának befejezését (7 millió év) a Detunata bazaltjának megjelenése jelzi (Rosu et al., 2004, Seghedi et al., 2007).

A fentiekben összefoglalt fejlődéstörténetben, a Nagyág térségére vonatkozó időszakban lejátszódó magmatizmus jellegét és időbeli lefolyását meghatározza a terület, hegységen belüli speciális térbeli elhelyezkedése. Ennek a térségnek a vulkáni formái a két „mágmas vonulat” DK-i metszéspontjában keletkeztek, ezáltal magukon viselven az eltérő és hasonló jegyeket (képződési korok, kőzettani sajátosságok).

Amikor az egész hegységre vonatkozó hisztogramokat tanulmányozzuk (dolgozat 3.15. ábra), akkor egyértelműen kitűnik, hogy csak a hegység ÉK-i részén található 10 millió évnél fiatalabb vulkáni képződmény, vagyis fő tömegére vonatkoztatva megállapítható, hogy 10 millió év körül befejeződött a vulkáni tevékenység.



Ezért ha a két „résztérület” hisztogramját (Nagyág és Zaránd-Brád-Zalatna) egymásra illesztjük, akkor azok tökéletesen lefedik egymást, teljes összhangban a területekre vonatkozó rétegtani adatokkal. Figyelemre méltó viszont a normál- és adakitos jellegű mészkalkáli kőzetek tér-időbeli eloszlásának korrelációja (lásd melléklet fig. 2.).

Az eltérő összetételű magma kamrából és kitörési centrumból származó adakitos jellegű kőzetek, csak a rotáció megszűnte után, az ÉÉK-DDNy irányú „vonulat” mentés jutottak a felszínre, D-ről (Déva) É-ra (Aranyosbánya) migrálva. Ebben a „fiatalodási” folyamatban a 10 millió év körüli kornak, „határérték” szerepe van, ezeknek a kőzeteknek a térbeli eloszlásában (dolgozat 3.24. térkép).

V. TÉZISEKKEL KAPCSOLATOS MEGJEGYZÉS

Köszönetemet fejezem ki, hogy a Bírálóm a téziszüzetem tartalmi és formai részével kapcsolatosan elismerően nyilatkozott, elfogadván új tudományos eredménynek valamennyi tézisemet.

Végezetül Tisztelt Bírálómnak szeretném megköszönni, hogy az értekezésem érdemeit, tudományos eredményeimet és a fentiekben elemzett hiányosságokat és nyilvánvaló hibákat mérlegelve, a Bírálóm doktori disszertációm nyilvános vitára bocsátását javasolta, és az MTA doktora cím odaítélésével kapcsolatosan meghatározott követelményeknek megfelelőnek minősítette.

Debrecen, 2013. szeptember 23.

Pécskay Zoltán

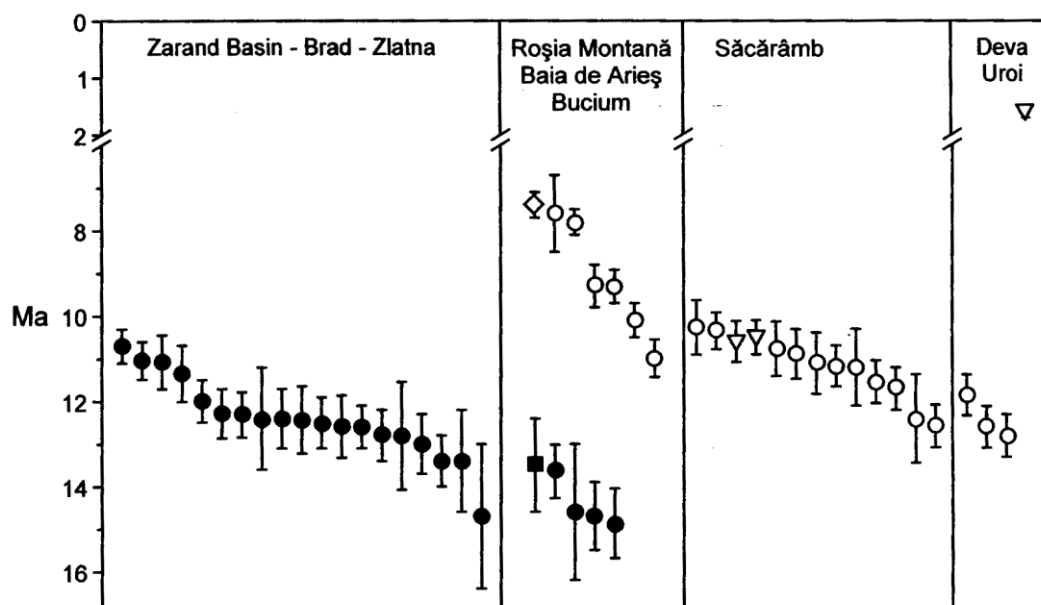


Fig. 2 Time evolution of volcanic activity in the Southern Apuseni Mountains. Symbols for rock types (black symbols are normal calc-alkaline rocks, open symbols are adakite-like calc-alkaline rocks): squares—dacites; circles—andesites; diamond—basalts andesites; triangle—alkaline rocks. (see Fig. 1 for area locations). K-Ar ages from Pécskay et al. (1995), Roșu et al. (1997) and this study.

A dolgozatban nem szereplő hivatkozások

Balogh, K., Vass, D., Ravasz-Baranyai, L. (1994): K/Ar ages in the case of correlated K and excess Ar concentrations: A case study for the alkaline olivine basalt of Somoska, Slovak-Hungarian frontier. Geol. Carp. 45/2 p. 97-102.

Berza T., Borcoş M., Ianc R. & Bratosin I. 1982: La succession des intrusions Neogenes de la region Toroiaga-Țiganul (Monts Maramureş). D.S. Inst. Geol. Geofiz. 67, 11-24.

W. Brian Harland, Richard L. Armstrong, Allan V. Cox, Lorraine E. Craig, Alan G. Smith, David G. Smith: A geologic time scale 1989, Cambridge University Press

G. Brent Dalrymple and Marvin A. Lanphere (1969): Potassium – Argon Dating, Principles, Techniques and Applications to Geochronology, W. H. Freeman and Company, San Fransisco

Dodson, M. H. (1973): Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. Contrib. Mineral. Petrol. 40, 259-274.

F. M. Gradstein et al., 2004, Episodes, Vol. 27, no.2

F. M. Gradstein, Ogg J. G and Hilgen F. J. (2012): On the Geologic Time Scale. Newsletters on Stratigraphy, 45/2: 171-188

Harrison, T. M., Duncan, I. and McDougall, I. (1985): Diffusion of ^{40}Ar in biotite: Temperature, pressure and compositional effects. Geochimica et Cosmochimica Acta, 49, 2461-2468.

Mathias Harzhauser , Werner E. Piller: Benchmark data of a changing sea — Palaeogeography, Palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 253 (2007) 8– 31

Ian McDougall and T. Mark Harrison (1988): Geochronology and Thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Method, Oxford University Press, New York, Clarendon Press, Oxford

McDowell, F. W., Lehman, D. H., Gucwa, P. R., Fritz, D., and Maxwell, J. C. (1984): Glaucophane schist and ophiolites of the northern California Coast Ranges: Isotopic ages and their tectonic implications. Geol. Soc. Am. Bull. 95, 1373-1382.

Onstott , T. C. , and Peacock, M. W. (1987): Argon retentivity of hornblendes: A field experiment in a slowly cooled metamorphic terrane. Geochim. Cosmochim. Acta 51. 2891-2903.

Peter W. Reiners and Todd A. Ehlers (2005): Low-Temperature Thermochronology: Techniques, Interpretations, and Applications, Reviews in Mineralogy and Geochemistry 58

Rögl: Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr. 41, 1996, 65-73.

M. Tischler, H. R. Gröger, B. Fügenschuh, S. M. Schmid (2006): Miocene tectonics of the Maramures area (Northern Romania): implications for the Mid-Hungarian fault zone, Int. J. Earth. Sci. (Geol. Rdsch.). DOI 10.1007/s00531-006-0110-x.

D. Vance, M. Müller and I. M. Villa (2003): Geochronology: Linking the Isotopic Record with Petrology and Textures, The Geological Society, London

D. Vass (1978): World Neogene radiometric time-scale (estate to the beginning of 1976) Geologické práce, Spávy 70, 197-236.

D.Vass, K. Balogh (1989): The period of Main and Late Alpine Molasses in the Carpathians, Z. Geol. Wiss., Berlin 17 p. 849-858.



Detunata bazalt, Erdélyi-Szigethegység
 Oszlopos elválású tömbök a bazalt necknél
 K-Ar kor: 7,8 millió év



Amfibolandezit kőzet telér, amely miocén üledékbe nyomult bele
 Beszterce-völgy, Borgói-Havasok
 K-Ar kor: 10,2 millió év



Nagy Arsita kőbánya, andezit telér, amely oligocén üledékbe nyomult bele deformálva azt
Radnai-Havasok
K-Ar kor: 9,8 millió év



Bazaltos andezit kőzet telér feltárása Bram Stocker' Dracula út, Borgói-Havasok
K-Ar kor: 9,3 millió év