

A Dél-Dunántúl kréta szubvulkáni testeinek koráról paleomágneses mérések alapján

BALLA Zoltán¹, MÁRTONNÉ SZALAY Emő², GULÁCSI Zoltán¹

¹ Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14., balla@mafi.hu, gulacsi@mafi.hu

² Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Kolombusz u. 17–23., paleo@elgi.hu

The Age of the Cretaceous Subvolcanic Bodies from South Transdanubia (Hungary), Based on Palaeomagnetic Measurements

Abstract

The palaeomagnetic results obtained from a collection of new samples taken from South Transdanubia partly confirmed earlier interpretations, but also presented the opportunity for further development of the earlier picture. In this process new support was given to the following statements:

—Palaeomagnetic directions for the “Lower Cretaceous” subvolcanic bodies are much more consistent with no tilt correction than with it. Hence, they are obviously younger than the mid-Cretaceous folding. The Mórágdykes cut crystalline rocks and their directions are ab ovo without any correction. These directions are consistent and fit well the declination trend of the Mecsek rocks.

—On the basis of geological observations from the Villány Hills the folding took place after the Albian. Therefore, the subvolcanic activity could not have taken place in the Early Cretaceous. Regional considerations fix this magmatism at the beginning of the Late Cretaceous. Palaeomagnetic directions from the Lower Cretaceous effusives, after tilt correction, correspond to those from the sediments; thus they are older than the folding. Since the effusive and subvolcanic activities are separated by the mid-Cretaceous folding, they cannot be the products of the same magmatism.

—Palaeomagnetic directions of the Mecsek and Mórágdykes imply two significant rotations. The older of these moved in an anti-clockwise direction and started after the Albian. The younger rotation was clockwise and commenced after the intrusion of the Miocene Komló Andesite. The declinations which are observable in the present-day position are resultants of the two opposite rotations.

In the earlier interpretation, the older rotation was conceived as a simple, significant, $\approx 90^\circ$ rotation. The increased number of data made it possible to further develop this concept, given that the available data set points to a gradual change from $\approx 0^\circ$ till $\approx 90^\circ$. In other words, most of the subvolcanic bodies were intruded during the rotation towards the west, not after it. This is because their present-day declination is less than the maximum eastern declination ($\approx 90^\circ$), which is displayed by the Komló Andesite. The smeared distribution of the declinations makes it possible to determine the succession of the intrusive bodies: the oldest of these are the ones with the minimum declination; the youngest are represented by those with the maximum eastern declination.

The newly-obtained palaeomagnetic direction from the Máriagyűd (Villány Hills) dyke does not show any evidence of rotation. This direction is clearly younger than the folding. This circumstance constrains the relation between the Máriagyűd dyke and the Mecsek and Mórágdykes — i.e. the former is either older than the Mecsek and Mórágdykes or synchronous with the oldest of them.

From the above results the following palaeotectonic conclusions can be drawn:

—After the mid-Cretaceous folding, South Transdanubia (and probably of the whole of the Tisza Unit) rotated towards the west relative to Europe (supposedly in Late Cretaceous). This rotation took place during the subvolcanic activity in the Mecsek–Mórágdykes area.

—The magmatism which fixed the rotation should be incorporated into the palaeotectonic syntheses. In the last two decades the rotation has been accepted in the framework of these syntheses but without taking into account the Late Cretaceous alkali rift magmatism which actually dates this rotation.

—The post-subduction origin of the lamprophyric magmatism of the Villány Hills should be integrated into one extensional palaeotectonic model. An explanation should be found for the existence of two different types of the upper mantle in two magmatic areas. These areas are situated at a distance (30 km) from each other; this is several times smaller than the supposed depth of the magma generation.

Keywords: Cretaceous, interpretation, intrusive rocks, Mecsek, palaeomagnetic declinations, rotations, tectonics, Villány

Összefoglalás

A Dél-Dunántúlon vett újabb minták paleomágneses vizsgálata részben megerősítette, részben tovább fejlesztette a korábbi eredményeket. Megerősítette a következőket:

— A mecseki „alsó-kréta” szubvulkáni testek paleomágneses irányai dőléskorrekció nélkül jóval konzisztensebbek, mint dőléskorrekcióval, tehát minden bizonnyal fiatalabbak a kréta közepi gyűrődésnél. Ezzel összhangban van az, hogy a kristályos kőzetekben települő mórági telérek eleve dőléskorrekció nélküli irányai — egymás között kiválóan egyezve — jól illeszkednek a mecsekiek trendjébe.

— A gyűrődés a villányi-hegységi adatok alapján az albai után történt, vagyis a szubvulkáni tevékenység nem történhetett a kora-krétában. Regionális megfontolások alapján ezt a magmatizmust a késő-kréta elejére tehetjük. A biztosan alsó-kréta effuzívumokból kapott paleomágneses irányok viszont dőléskorrekció után egyeznek az üledékekből kapottakkal, tehát idősebbek a gyűrődésnél. Az effuzív és a szubvulkáni tevékenységet tehát időben elválasztja egymástól a kréta közepi gyűrődés, a kettő nem lehet egyazon magmatizmus terméke.

— A mecseki és mórági szubvulkáni kőzetek paleomágneses irányai két jelentős elfordulást rögzítenek. Közülük az idősebb, óramutató járásával ellentétes irányú, az albai után, a fiatalabb, óramutató járásával megegyező irányú, a miocén Komlói Andezit benyomulása után kezdődött. A mai helyzetben észlelhető deklinációk a két, ellentétes irányú elfordulás eredői.

Korábban úgy véltük, hogy az idősebb elfordulás $\approx 90^\circ$ -os, egyszeri, jelentős esemény volt. A nagyobb adatszám lehetővé tette, hogy tovább fejlesszük ezt a megállapításunkat. Eszerint a paleomágneses irányok nem egyszeri, jelentős, elfordulást rögzítenek, hanem fokozatos irányváltást $\approx 0^\circ$ -tól $\approx 90^\circ$ -ig. Más szóval a szubvulkáni kőzetek nagy része nem az elfordulást követően, hanem a nyugati elfordulás idején nyomult be, mert a jelenlegi helyzetében mért deklinációja kisebb, mint az a maximális keleti deklináció (kb. 90°), amelyet a Komlói Andezit mutat. Lehetőséggé válik tehát, hogy e képződmények sorrendjét meghatározzuk: legidősebbek a legkisebb, és legfiatalabbak a legnagyobb keleti deklinációt mutató kőzetestek.

Új eredmény a máriagyúdi (Villányi-hegység) telér paleomágneses iránya. Ez az irány jól kimutathatóan gyűrődés utáni, ami ezt a telért a mecseki és mórági szubvulkáni képződményekkel rokonítja. A máriagyúdi paleomágneses irány azonban nem mutat elfordulást, ebből következően ez a telér a mecseki-mórági kőzeteknél vagy korábban (de még a késő-krétán belül), vagy azok legidősebbjeivel egy időben keletkezett.

Eredményeinkből az alábbi paleotektonikai következtetések adódnak:

— A Dél-Dunántúl (és valószínűleg az egész Tiszai-egység) a kréta közepi gyűrődést követően (feltehetően a késő-krétában) nyugatra fordult el Európához képest, s ez az elfordulás a mecseki-mórági szubvulkáni tevékenység alatt játszódott le.

— Az elfordulást rögzítő magmatizmust be kellene építeni a paleotektonikai szintézisekbe, amelyek az utóbbi két évtizedben az elfordulást elfogadják, de az azt rögzítő késő-kréta rift jellegű alkáli vulkanizmustól eltekintenek,

— A villányi — lamprofíros — magmatizmus poszt-szubdukciós eredetét egyazon paleotektonikai modellbe kellene integrálni a felnyílással. Magyarázatot kellene találni arra, hogyan lehetséges közel ugyanabban az időben különböző felső köpeny létezése két olyan magmás területen, amelynek távolsága ma a magmaképződés mélységének töredékét — mindössze 30 km-t — kitevő távolságban van.

Tárgyszavak: értelmzés, intruzívumok, kréta, Mecsek, paleomágneses deklinációk, rotációk, tektonika, Villány

Bevezetés

A Dél-Dunántúl alábbi körzeteiben ismeretesek szubvulkáni telérek: a Keleti-Mecsekben, a Nyugati-Mecsekben és a Villányi-hegységben. E felosztásban a Mórági-rög telérekörzeteit (a korábbi kutatókhoz hasonlóan) együtt tárgyaljuk a Keleti-Mecsekben lévőkkel.

A Keleti-Mecsekben széleskörűen elterjedtek a „pikrites bazaltmagmából származó, az alkálilbazalttól trachibazaltokon és tefriteken át a fonolitig terjedő differenciációs sorozatot alkotó vulkáni és szubvulkáni megjelenésű” kőzetek, amelyeket BILIK (1996) Mecsekjánosi Bazalt Formáció néven különített el, és amelyekről úgy vélte, hogy „a késő-jurától a kora-krétáig terjedő időintervallumban keletkeztek”. Az összevonást az anyagi összetétel jellegzetességei alapján annyira magától értetődőnek vette, hogy — elődeire (pl. PANTÓ 1961) támaszkodva — külön nem is indokolta.

A rétegsorban alulról fölfelé az alábbi négy egységet különítette el:

- Singödöri Bazalt Tagozat,
- Balázsormai Tefrit Tagozat,
- Szamárhelyi Fonolit Tagozat,
- Kisbattyáni Bazalt Tagozat.

A Singödöri Bazalt Tagozat helyzete világos: fekvésében a középső-titon–alsó-valangini (NAGY 1996) Márévári Mészke Formáció, fedőjében a felső-valangini–barrémi (CSÁSZÁR 1996b, c) Magyaregregyi Konglomerátum és Apátvarasdi Mészke Formáció, illetve az alsó-valangini–hauterivi (BILIK & CSÁSZÁR 1996) Hidasivölgyi Marga Formáció települ. Felső korhatára tehát valahol a kora-valangini és a barrémi közé tehető. Ha figyelembe vesszük az „ujjas összefogódásokat” a „Mecsekjánosi Bazalt különböző tagozataival” (CSÁSZÁR 1996b), s e tagozatok közé a Singödöri Bazalt Tagozatot is odaértjük, a felső korhatárt inkább az említett intervallum felső részébe helyezhetjük.

A Balázsormai Tefrit Tagozatot BILIK (1996) lényegileg a Singödöri Bazalt Tagozat felső részével korrelálta, és fedőjeként ugyanazokat a képződményeket nevezte meg, megjegyezve, hogy a két tagozat terepi elhatárolásához „kőzettani vizsgálat és kémiai elemzés szükséges”. Más szóval a terepi elhatárolás nehézségekre ütközik.

A Kisbattyáni Bazalt Tagozat részben a Magyaregregyi Konglomerátum Formáción belül, részben afölött települ. A közbetelepülő része akár azonos korú is lehet a Singödöri Bazalt Tagozatnak a Magyaregregyi Konglomerátum Formációval „ujjasan összefogódó” részeivel.

A három bazalttagozat tehát a rétegsorban legalább részben átfedi egymást, s együttes felső korhatáruk tisztázatlan (mivel a Kisbattyáni Bazalt Tagozat Magyaregregyi Konglomerátum Formáció fölött települő részének fedőjére nincs információ). A legalább részleges rétegtani átfedés arra mutat, hogy a három tagozat valóban egyazon formációba sorolható, s egyazon differenciáció termékének tekinthető.

Valószínűnek látszik, hogy a három tagozat effuzív képződményeinek szubvulkáni analógjai is vannak (erre mutathatnak HARANGI & ÁRVÁNY SÓS 1993 adatai is), az azonban erősen kérdéses, hogy a régió minden szubvulkáni kőzete a Mecsekjános Bazalt Formációba sorolható-e.

BARABÁS (1956), IMREH (1956) és KARDOSSNÉ DANZVITH (1956) bosztonitörmeléket írt le perm, felső-triász és alsó-liász üledékekből. Ezen adatok alapján VADÁSZ (1960) úgy nyilatkozott, hogy „a bosztonit perm előtti kora kétségtelen”. A „bosztonit” az a Mórággyi Gránitban települő alkáli telérkőzet (MAURITZ & CSAJÁGHY 1952), amelyet HARANGI (2006) — közettani hasonlóság alapján — a Mecsekjános Bazalt Formáció szubvulkáni kőzeteivel azonosított. Ez pedig azt jelenti, hogy a Mecsekjános Bazalt Formáció szubvulkáni kőzeteihez legalábbis rendkívül hasonló kőzetek keletkeztek már jóval korábban is, vagyis a Mecsekben nem egyetlen alkális-bazalt-sorozattal kell számolnunk.

A tisztán szubvulkáni kőzetekből álló Szamárhegyí Fonolit Tagozatot BILIK (1996) a Balázsormai és a Kis-

battyáni Bazalt Tagozat közé helyezte, azonban ezt semmi-vel sem indokolta. Ezek a kőzetek BILIK (1996) szerint különféle jura formációkat törnek át, tehát jura előtti korukat kizárhatjuk. Ugyanakkor földtani térképen (1. ábra) és földtani szelvényben (2. ábra) a kövestetői fonolit már meggyűrt szerkezetbe nyomul be. VICZIÁN (1971) úgy vélte, hogy a kövestetői antiklinális a fonolit benyomulásának eredményeképpen, magmás felboltozódásként jött létre, ennek azonban ellentmond, hogy az antiklinális távolról sem emlékeztet izometrikus boltozatra, hanem KÉK felé a regionális csapás mentén legalább 3,5 km-en át, maximum 1 km szélességben követhető (l. HETÉNYI et al. 1982 térképén).

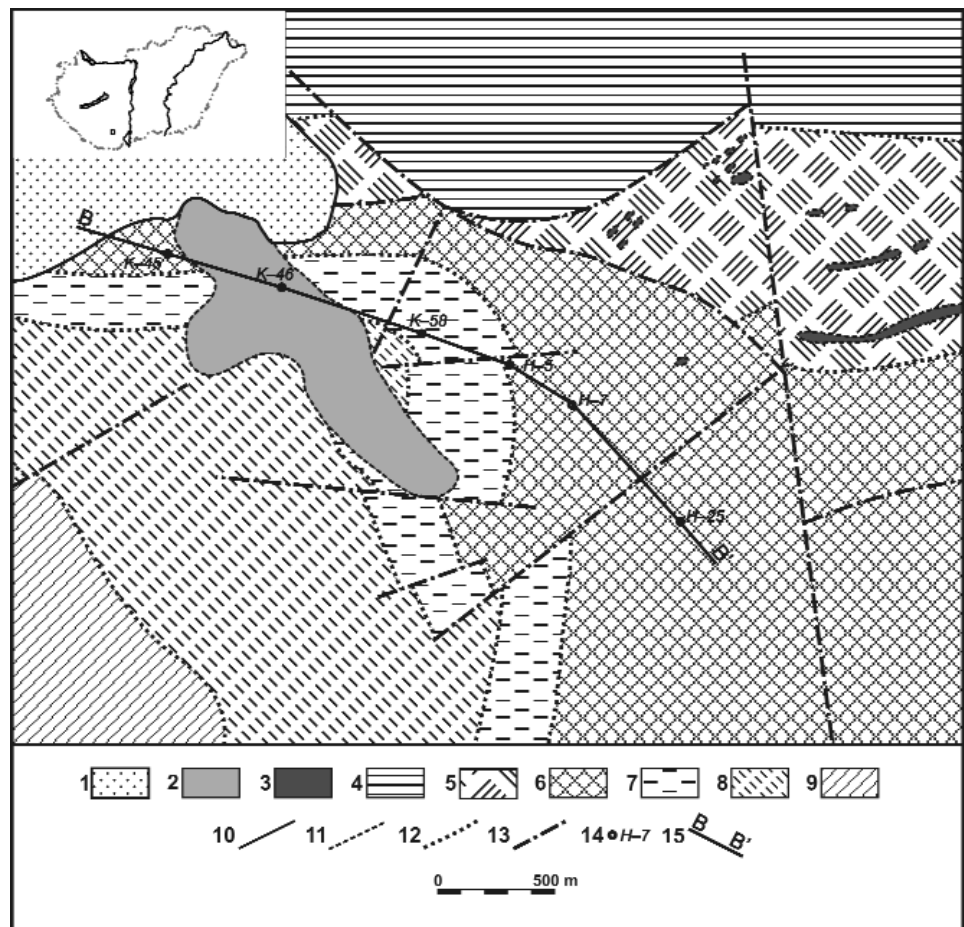
A korviszonyokat illetően fontos információt adnak a paleomágnese vizsgálatok. Ezek már régen (MÁRTON & SZALAY-MÁRTON 1969) eltérést jeleztek a formáción belül az effuzív és szubvulkáni kőzetek paleomágnese irányai között a Mecsek hegységben, ami bizonyos időkülönbségre utalt a kétféle kőzetegyüttes képződése közt. BALLA (1987) a paleomágnese adatok közül a vulkanitokra jellemző pólusirányok legfiatalabb előfordulását az őslénytanilag MÉHES K. által (szóbeli közlés, 1987) bizonyított apti korú beremendi mészkőre tette (a kort megerősítették GÖRÖG 1996 vizsgálatai is). A szubvulkáni testek — a hosszú-hetényi „diabáz, dolerit” és a Máza-völgyfői „teschenit, fonolit” — ettől közel 90°-kal eltérő mágneszettségi irányt mutattak, amit BALLA (1987) késő-aptinál fiatalabb kor

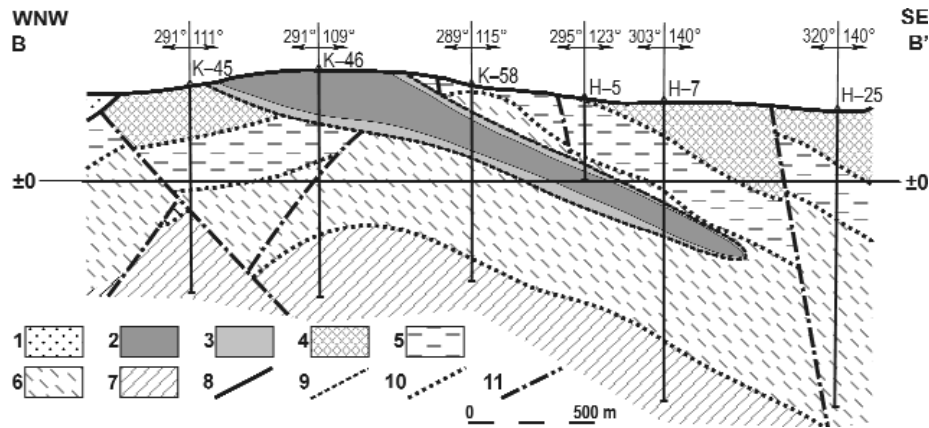
1. ábra. A köves-tetői fonolitterület földtani térképvázlata (NÉMEDI VARGA 1963: 1. ábra nyomán)

1 – középső-miocén üledékek, 2 – kréta fonolit, 3 – kréta trachidolerit, 4 – középső-liász, felső tagozat, 5 – középső-liász, alsó tagozat (foltos mészmárga), 6 – alsó-liász, lotharingiai emelet, felső tagozat (fedőmárga), 7 – alsó-liász, lotharingiai emelet, alsó tagozat (fedőhomokkő), 8 – alsó-liász, hettangi-sinemuri emelet (kőszéntelepesség-összet), 9 – rhaeti emelet, 10 – eróziós diszkordancia, 11 – intruzív kontaktus, 12 – rátelepülési határ, 13 – törés, 14 – fúrás és jele, 15 – szelvényvonal és jele

Figure 1. Geological sketch of the Köves-tető phololite area (after NÉMEDI VARGA 1963: Figure 1)

1—Middle Miocene sediments, 2—Cretaceous phonolite, 3—Cretaceous trachydolerite, 4—Middle Liassic, upper member, 5—Middle Liassic, lower member (spotty calcareous marl), 6—Lower Liassic, Lotharingian Stage, upper member (overburden marl), 7—Lower Liassic, Lotharingian Stage, lower member (overburden sandstone), 8—Lower Liassic, Hettangian-Sinemurian Stages (coal measure), 9—Rhaetian Stage, 10—erosional disconformity, 11—intrusive contact, 12—stratigraphic contact, 13—fault, 14—borehole and its code, 15—cross-section and its code





2. ábra. Földtani szelvény a köves-tetői fonolitterületen keresztül (NÉMEDI VARGA 1963: 3. ábra, alsó rész, B-B' szelvény)

1 – középső-miocén üledékek, 2 – kréta fonolit, 3 – kréta fonolit endokontakt öve, 4 – alsó-liász, lotharingiai emelet, felső tagozat (fedőmárga), 5 – alsó-liász, lotharingiai emelet, alsó tagozat (fedőhomokkő), 6 – alsó-liász, hettangi-sinemuri emelet (kőszéntelepes összlet), 7 – rhaeti emelet, 8 – eróziós diszkordancia, 9 – intruzív kontaktus, 10 – rátelepülés határ, 11 – törés. Feltüntetve a fúrások jele és talpa

Figure 2. Geological cross-section across the Köves-tető phonolite area (after NÉMEDI VARGA 1963: Figure 3, lower part, section B-B')

1–Middle Miocene sediments, 2–Cretaceous phonolite, 3–endocontact zone of the Cretaceous phonolite, 4–Lower Liassic, Lotharingian Stage, upper member (overburden marl), 5–Lower Liassic, Lotharingian Stage, lower member (overburden sandstone), 6–Lower Liassic, Hettangian–Sinemurian Stages (coal measure), 7–Rhaetian Stage, 8–erosional disconformity, 9–intrusive contact, 10–stratigraphic contact, 11–fault. Boreholes and their codes displayed

jeleként értelmezett. A beremendi mészkő kora azonban csak a két csoport közti időhatárra ad információt, maguknak a csoportoknak az elkülönülése ettől teljesen független.

Elvileg fontos információ várható a radiometrikus kormeghatározástól. Az eddigi K–Ar radiometrikus korok (I. táblázat) jellemzésében HARANGI & ÁRVÁNE SÓS (1993) az elemzett kőzetek településéről azt írja, hogy a Nabazanitok, fonotefritek, tefrifonolitok és fonolitok „mind teleres kifejlődésűek” (azaz a szubvulkáni fáciesbe tartoznak), míg az ankaramitok, alkálilbazaltok és trachi-

bazaltok „uralkodóan lávakőzetek” (azaz nagy részük az effuzív fáciesbe tartozik). A táblázatot ezen információ alapján egészítettük ki a „Vulkáni fácies” oszloppal.

A táblázat adataiból kitűnik, hogy a szubvulkáni és az effuzív(?) kőzetek kora közötti 4 M éves különbség még az átlagos elemzési hibánál is kisebb, az átlagok szórásánál pedig még inkább. Más szóval a koradatokban nincs értékelhető különbség a két kőzetcsoport között. Akármilyen fáciesbe tartoznak is a harmadik csoport kőzetei, koruk szintén nem különbözik a másik két csoporttól.

I. táblázat. A Mecsek hegység késő-mezozoos vulkáni kőzeteinek K–Ar-koradatai (HARANGI, ÁRVÁNE SÓS 1993: 1. táblázat nyomán, a környező területek adatai nélkül) vulkáni fáciesenként csoportosítva

Table I. K–Ar age data on the late Mesozoic volcanic rocks of the Mecsek Mountains (from Table I in HARANGI, ÁRVÁNE SÓS 1993, omitting a data for the surrounding areas) grouped by volcanic facies

Lelőhely	Kőzettípus	Vulkáni fácies	Vizsgált anyag	K–Ar-kor	Hiba	Szórás
				millió év		
Síngödör	bazanit	effuzív?	teljes kőzet	122,5	5,5	
Jánosi-völgy	bazanit	effuzív?	teljes kőzet	125,8	4,9	
Márvári-völgy	bazanit	effuzív?	teljes kőzet	124,6	5,0	
Márvári-völgy	alkálilbazalt	effuzív?	teljes kőzet	114,7	5,7	
Márvári-völgy	plagioklászbazalt	effuzív?	teljes kőzet	134,6	5,1	
Átlag és szórás				124,4	5,2	7,1
Cigány-hegy, Pásztor-forrás	Na-bazanit	szubvulkáni	teljes kőzet	132,3	5,2	
Mázai-völgy	Na-bazanit	szubvulkáni	teljes kőzet	108,0	4,1	
Mázai-völgy	tefrifonolit	szubvulkáni	biotit*	120,4	4,6	
Sás-völgy	tefrifonolit	szubvulkáni	amfibol	121,4	7,3	
Átlag és szórás				120,5	5,3	9,9
Balázs-orma	K-trachit	?	teljes kőzet	120,8	4,6	
Hidasi-völgy	K-trachit	?	teljes kőzet	114,2	4,3	
Lantos-völgy	essexit	?	teljes kőzet	128,3	5,0	
Átlag és szórás				121,1	4,6	7,1

* A mállás vagy bontás miatt túl kis értéket adó teljes kőzet és földpát elhagyva. Hiba = elemzési hiba, Szórás = az átlag szórása.

* Whole-rock and feldspar data which are too low due to the weathering or alteration omitted. Hiba (error) = analytical error, Szórás (dispersion) = dispersion of the mean.

Az ellentmondás a paleomágneses adatokkal tehát nem oldható fel oly módon, hogy a szubvulkáni kőzeteket a korakrétán belül kissé fiatalabbnak tekintjük, mint azt HARANGI & ÁRVÁNE SÓS (1993) tette.

A kelet-mecseki szubvulkáni kőzetekre vonatkozóan rendelkezésre álló adatok tehát ellentmondóak. A kőzettani-geokémiai jellemzők és a radiometrikus koradatok korakréta, míg egyes földtani szelvények és a paleomágneses adatok későbbi korra mutatnak.

Anélkül, hogy a kérdést véglegesen megoldani szándékoznánk, úgy gondoltuk, hogy célszerű a paleomágneses méréseket lefolytatni az Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. (RHK Kft.) által finanszírozott, kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló üveghutai kutatás keretében mélyült fúrások magján és a térképezés során tanulmányozott feltárásokon, valamint kiterjeszteni néhány további kelet-mecseki és — az OTKA 62468 (A Mecseki- és a Villány-Bihari-zóna ősföldrajzi viszonyainak feltárása a felső-triász–középső-kréta képződmények sokoldalú elemzése alapján) keretében — két villányi feltárássra.

Megjegyezzük, hogy e kutatás eredményeképpen a szubvulkáni kőzetek rétegtani helyzetével kapcsolatos problémák megoldatlansága miatt a Mórággyi-rög teléreit nem soroltuk be a Mecsekjános Formációba (mint tette azt GYALOG et al. 2006), hanem újabb vizsgálatokig önálló képződménynek — a Rozsdás-serpenyői Alkálibazalt Formációnak — tekintettük (felosztatlan kréta, BALLA et al. 2008, BALLA & GYALOG 2009). Úgy gondoltuk, hogy mindez vonatkozik a Szamárhégyi Fonolit Tagozatra is, amelyet így — szintén rétegtani helyzetének és korának bizonytalanságát hangsúlyozandó — nem a Mecsekjános Bazalt Formációba, hanem a Rozsdás-serpenyői Alkálibazalt Formációba soroltunk (BALLA et al. 2008, BALLA & GYALOG 2009).

A *Nyugati-Mecsekben* alsó-kréta sorolt, trachidoleritnek nevezett szubvulkáni teleptelések ismeretese 46 felszíni feltárásban és 56 fúrásos harántolásban (RÓZSÁS & TÉGLÁSSY 1977). Ezek nagy része az alsó-triász evaporitos összletre (ma: Hetvehelyi Dolomit Formáció, Magyarürögi Anhidrit Tagozat) koncentrálnak, más részük a „fedővörös” homokkőben (ma: Kővágószőlősi Homokkő Formáció, Cserkúti Homokkő Tagozat) települ. Ezekről a képződményekről MAURITZ (1913) közölt észlelési adatokat, kőzettani leírást és vegyelemzéseket, majd RÓZSÁS & TÉGLÁSSY (1977) ismertette elterjedésüket és rétegtani helyzetüket, végül LANTAI (1987) ismertetett mikroszkópos kiméréseket, elektron-mikroszkopos, vegyelemzési és RFF-adatokat, zömmel fúrásos magmintákon, kisebb mennyiségben felszíni kőzeteken. VÁRSZEGI (1970), majd CHIKÁN et al. (1984) részletes térképen ábrázolta ezeket a kőzeteket, de csak igen vázlatos leírás (VÁRSZEGI 1972) kíséretében.

Az „alsó-kréta” besorolás alapja mai is MAURITZ (1913) munkája, amely a kőzettani hasonlóságot támasztja alá a kelet-mecseki kőzetekkel. Bár MAURITZ javarészt pontosan rögzítette, melyik kőzet hogyan települ, így azt is, hogy a nyugat-mecsekiek mind szubvulkáni testeket alkotnak, nem

látott sem kőzettani, sem vegyi különbséget a kelet-mecseki effuzívumoktól.

Paleomágneses mérései nyomán MÁRTON (1986) megállapította, hogy a nyugat-mecseki szubvulkáni kőzetek ugyanazt a rotációs trendet mutatják, mint a kelet-mecsekiek.

A *Villányi-hegységben* az első magmatit-előfordulásról (Babarc-szőlős) STRAUSZ (1942) számolt be. A második előfordulást (Máriagyűd) a magyar szakirodalomban elsőként ÁRVÁNE SÓS et al. (1991), majd (hivatkozás nélkül) HARANGI & ÁRVÁNE SÓS (1993) említette. A harmadik előfordulásról (Beremend) elsőként MANGULT (1995) adott információt, majd rá hivatkozva MOLNÁR & SZEDERKÉNYI (1996) közölt néhány adatot. A babarc-szőlősi település triász, a másik két település albai mészkőben települ.

FÜLÖP (1966) a babarc-szőlősi településről kelet-mecseki típusúnak vélte. MOLNÁR & SZEDERKÉNYI (1996) a beremendi telepért inkább miocén vulkanitokhoz hasonlított. NÉDLI & M. TÓTH (1999, 2002, 2003) a máriagyűdi (Szabolcsi-völgyi-bánya) és a beremendi telepért a szlavóniai felső-kréta vulkanitokkal rokonította, NÉDLI (2004) lamprofirnak nevezte. Ezeket a minősítéseket fogadják el ma is (NÉDLI & M. TÓTH 2007, NÉDLI et al. 2006, 2010).

A máriagyűdi telep K–Ar-kora (teljes kőzet) HARANGI & ÁRVÁNE SÓS (1993) szerint $64,0 \pm 2,9$ M év, a beremendi telepért MOLNÁR & SZEDERKÉNYI (1996) szerint 76 ± 3 M év. Az adatokat bizonytalannak tartják, de nemritkán felhasználják arra, hogy a villányi teléreknek a mecsekieknél fiatalabb korát tételezzék fel.

Paleomágneses mérés e kőzetekből korábban nem történt.

Paleomágneses mintavétel és laboratóriumi mérések

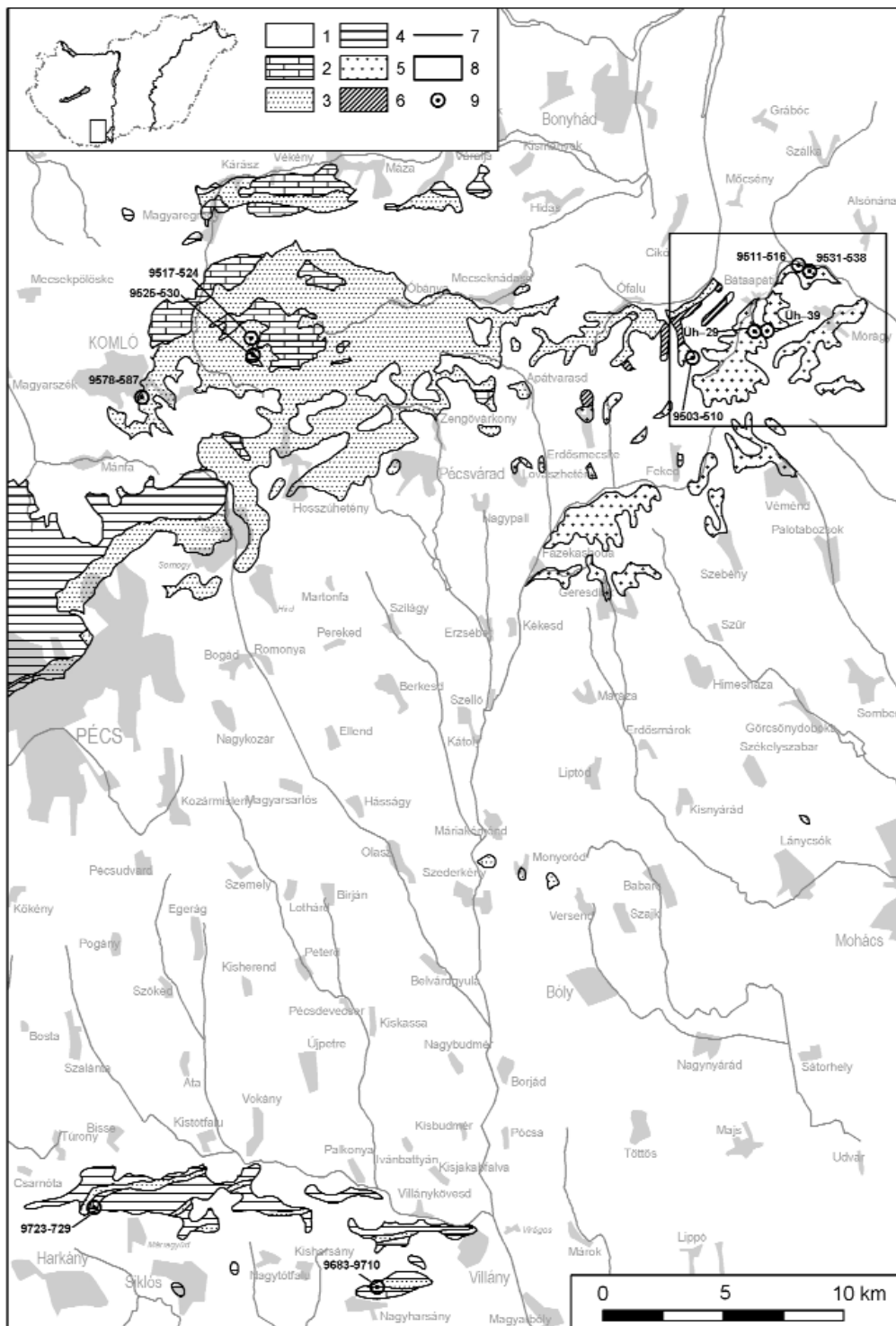
Azimuthálisan tájolt fúrómagokból (Üh–29 és Üh–39 fúrás; a magok oldalán az északi irányjal ismert szöveget bezáró azimuthális tájolás referenciaegyenesére és a felfelé irány meg volt jelölve) laboratóriumban fűrtünk ki 3-3 magszakaszból szakaszonként két-két, a mérőműszerek mintatartóiba illeszkedő mintát. Terepen nyolc feltárásból hordozható fúróval vettünk mintákat, amelyeket helyben tájoltunk. A laboratóriumi vizsgálatokat összesen 102 irányított mintán végeztük. Ezek közül 63 minta kréta magmás kőzetből, három exokontaktusból (Szabolcsi-völgyi-bánya) és 36 alsó-kréta mészkőből (Harsány-hegy) származik.

A vizsgálatok alapvető célja a következő volt: a vizsgált képződmények mintacsoportra jellemző paleomágneses irányainak meghatározása, természetesen a statisztikus pontosság jellemzését szolgáló paraméterekkel együtt.

A nyolc mintacsoport (3. ábra) minden mintáján természetes állapotban megmértük a természetes remanens mágnesezettség (NRM) irányát és intenzitását, amely több komponenset jellemezhet. Ezt követte a szuszceptibilitás

anizotrópiájának (AMS) mérése. Ezután minden mintacsoportból egy vagy több mintán (az NRM-irányok csoportosulásának mértékétől függően: ahol jó volt a csoportosulás, egy mintát, ahol nagy irányszórást figyeltünk meg, több mintát választottunk) kísérleti jelleggel váltóáramú, illetve termolemágnesezést végeztünk, amelynek célja az optimális laboratóriumi eljárás kidolgozása volt. Azt tapasztaltuk, hogy a váltóáramú lemágnesezés gyakran

csak a minta részleges lemágnesezéséhez vezet, ezért a sokkal munkaigényesebb termolemágnesezést kellett alkalmaznunk, vagy önállóan, vagy váltóáramú lemágnesezéssel kombinálva. A mérések munkaigényességét tovább fokozta a remanens mágnesezettség mérésekor gyakran jelentkező viszkózus komponens, amelynek eltávolítása gyakran sikerrel járt, de nemritkán egy mérés idejét fél óránál is hosszabbra növelte.



3. ábra. A paleomágneses mintavételi pontok

1 – kainozoikum, 2 – kréta, 3 – jura, 4 – triász, 5 – gránit, 6 – paleozoikum, 7 – földtani határ, 8 – a kutatási terület, 9 – mintavételi pont

Figure 3. Palaeomagnetic sampling points

1–Cenozoic, 2–Cretaceous, 3–Jurassic, 4–Triassic, 5–granite, 6–Palaeozoic, 7–geological boundary, 8–study area, 9–sampling point

Paleomágneses mérési eredmények

Az egyes mintacsoportokon belül a remanens mágnesezettség kezdeti intenzitása éppúgy, mint a mágneses szuszceptibilitás értékei, hasonlóak, míg a mintacsoportok között nagy eltérések figyelhetők meg. Kiemelkedően nagy a Hidas-völgyben mintázott telérek, a komlói fonolit és a máriagyúdi (Szabolcsi-völgyi bánya, MÁRTON E. 2010) lamprofir NRM-intenzitása éppúgy, mint mágneses szuszceptibilitása, míg a Mórógyi Gránit teléreközeteire (Üh-29, Üh-39, Mórógy vasútállomás, Kismórógy) mindkét para-

méter kicsi. A harsányipusztai riolitot a kis szuszceptibilitáshoz viszonyítva erős remanens mágnesezettség jellemzi (II. táblázat).

A vizsgált képződmények mágneses szövete, amelyet a mágneses szuszceptibilitás anizotrópiájának (AMS) mérésevel ismertünk meg, nagyon változatos. Mintacsoport szinten orientálatlan szövete van a hidas-völgyi és a komlói fonolitnak valamint a máriagyúdi (Szabolcsi-völgyi-bánya) lamprofirnak. A komlói mintavételi helyen három, egymással nem összefüggő tömbből vettünk mintákat, amelyek közül kettőben jól, de egymástól eltérően (III. táblázat), a

II. táblázat. A mágneses szuszceptibilitás és az NRM-intenzitás átlagértékei mecseki és villányi kréta telérekben

Table II. Mean values of the magnetic susceptibility and NRM intensity in Mecsek and Villány dykes

Mintavételi hely	Kőzet	Szuszeptibilitás [10 ⁻⁶ SI]	NRM-intenzitás [10 ⁻³ A/m]	
Komló	9578-587	fonolit	49 351	624,33
Hidas-völgy	9517-524	fonolit	51 440	462,10
	9525-530	trachit	90 796	574,28
Harsányipuszt	9503-510	alkáliriolit	189	19,10
Mórógy vasútállomás	9511-516	alkálibazalt	444	0,68
Kismórógy	9531-538	alkálibazalt	328	0,66
Üh-29 fúrás	260,95–263,33 m	alkálibazalt	682	2,53
Üh-39 fúrás	200,92–202,77 m	tefrifonolit	576	1,63
Máriagyúd (Szabolcsi-völgyi-bánya)	9723-729	lamprofir	42421	6967

III. táblázat. A szuszceptibilitás-főirányok és a mágneses anizotrópia-paramétereinek mintacsoportokra jellemző értékei

Table III. Mean values of the principal susceptibility directions and parameters of the magnetic anisotropy characteristic for the sample groups

Mintavételi hely	Kőzet	n/n ₀	Szuszceptibilitásfőirány-értékek				Anizotrópiaparaméterek (%)*		
			irány	max	inter	min	fok	lin	fol
Komló	fonolit	9/10	D	-	-	-	1,93	0,47	1,45
			I	-	-	-			
Komló 1. tömb	fonolit	3/3	D	301	33	162	1,35	1,06	0,29
			I	10	9	76			
Komló 2. tömb	fonolit	3/4	D	-	-	-	1,84	1,49	0,34
			I	-	-	-			
Komló 3. tömb	fonolit	3/3	D	40	136	246	3,90	0,65	3,23
			I	28	11	59			
Hidas-völgy	fonolit	8/8	D	-	-	-	2,47	1,10	1,36
			I	-	-	-			
	trachit	6/6	D	8	98	273	11,57	1,09	10,36
			I	1	12	78			
Harsányipuszt	alkáliriolit	8/8	D	118	28	298	3,29	1,52	1,75
			I	50	0	40			
Mórógy vasútállomás	alkáli bazalt	6/6	D	79	167	349	0,89	0,25	0,63
			I	0	82	8			
Kismórógy	alkáli bazalt	8/8	D	-	-	44	0,60	0,04	0,56
			I	-	-	38			
Üh-29	alkálibazalt	4/6	D	-	-	181	3,62	0,94	2,65
			I	-	-	13			
Üh-39	tefrifonolit	6/6	D	-	-	194	4,83	0,96	3,83
			I	-	-	16			
Máriagyúd (Szabolcsi-völgyi-bánya)	lamprofir+ „kontakt” mészkő	5/5	D	-	-	-	1,68	0,55	1,12
			I	-	-	-			

n = kiértékelt minták száma, n₀ = vizsgált minták száma, max = maximum, inter = intermediar, min = minimum, D = deklináció, I = inklináció; * szuszceptibilitásfőirány-értékek hányadosa: fok = max/min = anizotrópiafok, lin = max/inter = lineáció, fol = inter/min = foliáció.

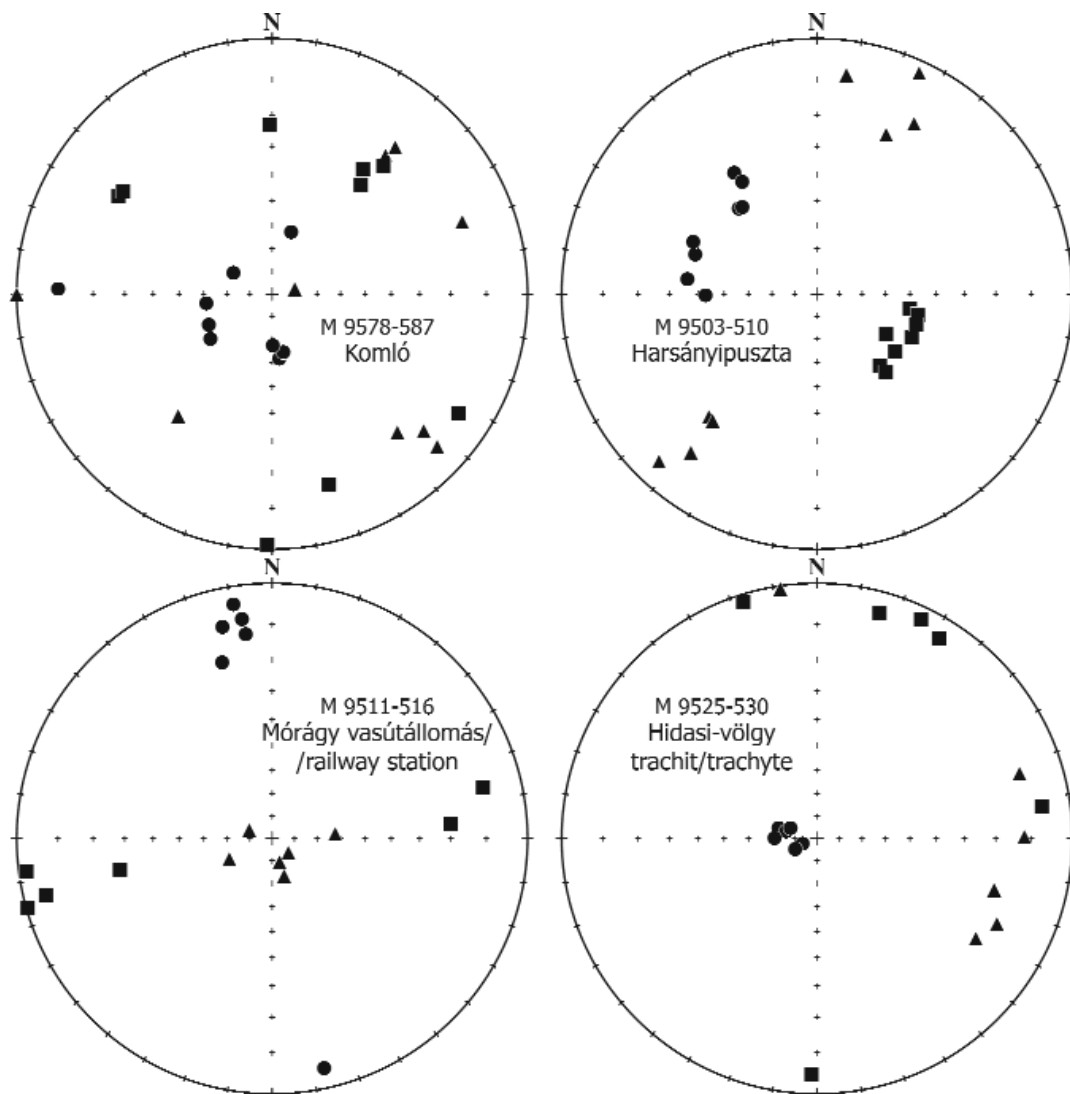
n = number of interpreted samples, n₀ = number of measured samples, max = maximum, inter = intermediate, min = minimum, lin = max/inter = lineation, fol = inter/min = foliation.

harmadikban egyáltalán nem csoportosulnak a szuszceptibilitás-főirányok. A többi mintacsoportra vagy mindhárom szuszceptibilitás-főirány csoportosulása (Hidasi-völgy trachit, Harsányipuszta, Mórág vasútállomás) vagy a minimum-irányok csoportosulása jellemző, bár a szövet mindkét esetben uralkodóan foliált. Lényeges eltérések vannak azonban a foliációs síkok orientációját illetően. Ez közel függőleges Mórág vasútállomás és az Űh-29, Űh-39 fúrás teléreiben, közel vízszintes a Hidasi-völgy trachitjában és köztes helyzetű Harsányipusztán és Kismórágynon (III. táblázat). A szövettípusok közül néhányat a 4. ábra mutat be.

A mintacsoportok nemcsak a szövet irányítottságának fokában és a foliáció síkjának helyzetében, hanem az anizotropia fokában is különböznek, olyannyira, hogy nagyságrendi különbség van a legkisebb (Kismórág, alkáli-bazalt) és a legnagyobb (Hidasi-völgy, trachit) anizotropiájú

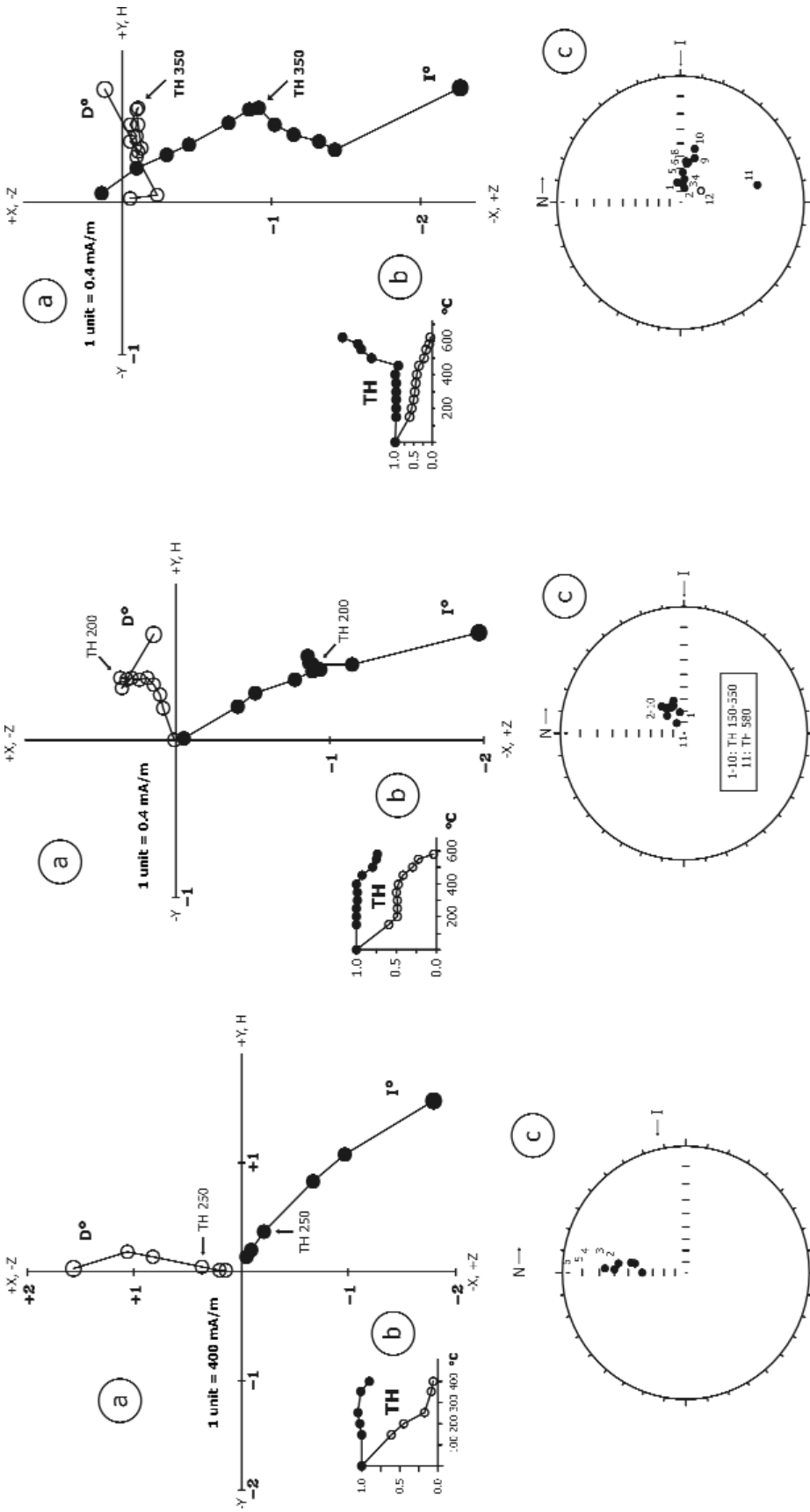
mintacsoportok között. Az utóbbi mintacsoport olyan nagy anizotrópiát mutat, amilyen a magmás kőzetek között inkább a gránitos-granodioritos intrúziókra jellemző, mint a bázisosabb összetételű kisebb telérekre.

Az AMS mérést követően lemágneseztük a mintákat. Voltak olyan mintacsoportok, amelyekben a minták váltótérben, több lépésben teljesen lemágnesezhetőek voltak. A komlói fonolitot, a Mórág vasútállomásnál és Kismórágynon mintázott két telér anyagát azonban termolemágnesezéssel kezeltük, mert váltótérben az NRM nem volt lemágnesezéssel előállítható. Ezekben az esetekben a magnetit Curie-pontjánál kisebb, de 250, illetve 350 °C-nál nagyobb hőmérsékleten a Zijderveld-diagramokon (5. ábra, a) jól látható és az origóba tartó egyenes szakaszok által jellemzett irányokat tekintettük a kőzetre jellemző remanens mágnesezettség irányának.



4. ábra. A mágneses szövetet jellemző szuszceptibilitás-főirányok eloszlása négy mintacsoportra. Sztereografikus vetületek (alsó félgömb). ◻ = maximális, ▲ = intermedier, ● = minimális szuszceptibilitás iránya

Figure 4. Distribution of the principal susceptibility directions, which characterize the magnetic fabric for four sample groups. Stereographic plots (lower hemisphere projection). ◻ = maximum, ▲ = intermediate, ● = minimum susceptibility directions



Komló
fonolittelér / phonolite dike

Mórág vasútállomás / Railway Station
alkálbasalt / alkaline basalt

Kismórágy
alkálbasalt / alkaline basalt

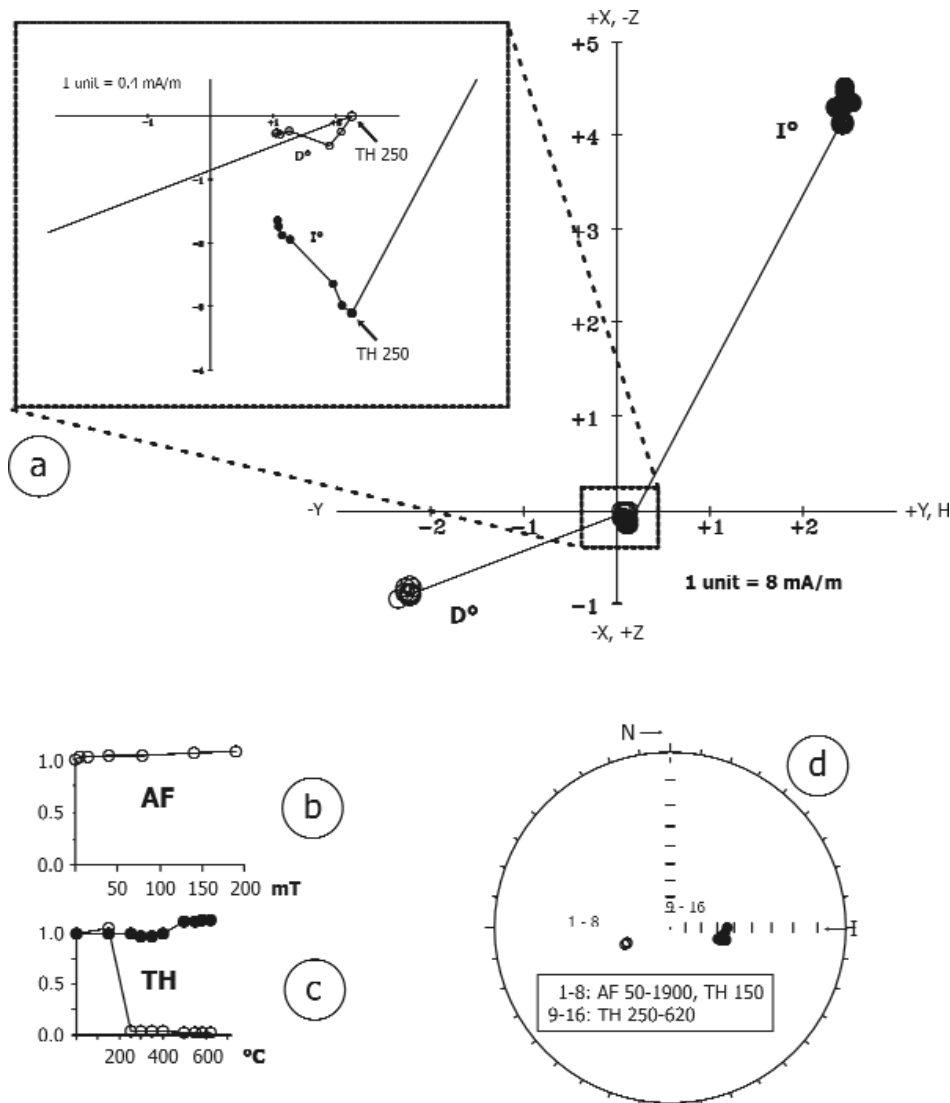
5. ábra. A természetes remanens mágnesesség irányának és intenzitásának változása lemágnesezés folyamán
 a) Zijderveld-diagram, b) az NRM és a szuszceptibilitás változása a hőmérséklet függvényében, c) minták szögirtó vetületen (alsó félgömb). o = a mágneszettség vektor végpontja a vektort tartalmazó függőleges síkban; D = deklináció, I = inklináció, X = észak, Y = kelet, Z = lefelé, a Föld belseje felé mutató irány, H = a mágneszettség vektor horizontális vetületének iránya; y tengely = a kezdeti intenzitásra (R_0), illetve kezdeti szuszceptibilitásra (k_0) normált értékek
Figure 5. Path of the directions and intensities of the natural remanent magnetisation during the demagnetisation process
 a) Zijderveld diagram, b) change of the NRM and the susceptibility as a function of temperature, c) samples in a stereographic plot (lower hemisphere projection), o = projection of the endpoint of the magnetisation vector onto a horizontal plane, ● = endpoint of the magnetisation vector in the vertical plane, which contains the vector; D = declination, I = inclination, X = north, Y = east, Z = down towards the interiors of the Earth, H = direction of the horizontal projection of the magnetisation vector; axis y = values normalised to the initial intensity (R_0) and/or to the initial susceptibility (k_0)

A Zijderveld-diagramokon (5. ábra, a és 6. ábra, a) a mágnesszettség irányának és intenzitásának változása látszik a lépésenkénti lemágnesezés során. Fontos információt hordoz a 5. ábra b és 6. ábra b, c része is, amely az intenzitás és a szuszceptibilitás változását mutatja a lépésenkénti lemágnesezés során. Ilyen például a részleges maghemitesedés a Mórággy vasútállomás alkálilbazaltjában (a szuszceptibilitás csökkenése 500 °C felett) vagy a minták teljes lemágneseződése a magnetit 575 °C-os Curie-pontja feletti hőmérsékleten, ami arra utal, hogy a magnetit kismértékű oxidációt szenvedett.

Az 5. ábra c és a 6. ábra d részén szögtartó vetületen láthatjuk a paleomágneses vektor irányának mozgását lemágnesezés folyamán. Ezek a pontok a vetület síkja alá, a körök a sík fölé mutató vektorokat jelentenek. Az előbbi pozitív, az utóbbi negatív inklinációjú paleomágneses

irányokat jelent. Az inklináció zérus a kör kerületén és 90° a középpontban. A szögtartó vetületeken jól látszik az NRM irányának stabilitása pl. Mórággy vasútállomás alkálilbazalt-telérében, míg a Kismórággy alkálilbazalt-teléréről ez csak addig állapítható meg, amíg a szuszceptibilitás a hőkezelés hatására meg nem nő drámai módon (új mágneses fázis keletkezése).

Harsányipuszta riolitja egészen speciális eset. Váltoáramú lemágnesezéssel a kezdeti NRM-intenzitást egyáltalán nem tudtuk csökkenteni (6. ábra, a és b), azonban az ezt követő termolemágnesezés 150 °C-on nem, viszont 250 °C-on drámai intenzitáscsökkenést idézett elő. A kezdeti NRM-irányok egy része normál, más része reverz polaritású volt. A helyzet 250 °C-on történt lemágnesezésre úgy változott, hogy minden minta polaritása normál lett.



6. ábra. Harsányipuszta, riolit. A természetes remanens mágnesszettség irányának és intenzitásának változása lemágnesezés folyamán

a) Zijderveld-diagram, **b)** intenzitás/lemágnesező térdiagram, **c)** intenzitás (○) és szuszceptibilitás (●) / lemágnesező térdiagram, **d)** vektorvégpontok helyzetének változása szögtartó vetületen; teli jel = alsó félgömb-, üres jel = felsőfélgömb-vetület

Figure 6. Harsányipuszta, rhyolite. Path of the directions and intensities of the natural remanent magnetisation during the demagnetisation process

a) Zijderveld diagram, **b)** intensity versus demagnetisation field diagram (results of AF demagnetisation) **c)** intensity (○) / susceptibility (●) versus demagnetisation field, diagram, **d)** path of the endpoints of the vectors in a stereographic plot; solid symbols = lower hemisphere, hollow symbols = upper hemisphere projection

Statisztikus kiértékelés

A korszerű statisztikus kiértékelés a lemágnesezési görbék elemzésén alapszik oly módon, hogy azokon egyenes szakaszokat keresünk (KIRSCHVINK 1980), és ezek irányai (amennyiben statisztikus szempontból kielégítően meghatározottak) képezik a csoportszintű kiértékelés bemenő adatait. Amennyiben több egyenes szakasz található a lemágnesezési görbén (minden szakaszt legalább három lemágnesezési lépés határoz meg), a megfelelő szakaszokból egy-egy mintacsoportra esetleg több irány is meghatározható. Ezek közül általában az origóban végződött tekintik az NRM legidősebb (eredeti) komponensének. A Hidasi-völgy trachitjára az első lemágnesezési lépés utáni összes lemágnesezési-mérési adatot felhasználhattuk az eredeti mágnesezettség irányának meghatározására, míg az Üh-29 és az Üh-39 fúrás anyagára a 150 °C-on és az azt követő termolemágnesezési lépések eredményeiből tudtunk jellemző remanens mágnesezettségi irányt számítani. Kismórágy és a Mórág vasútállomás alkálbazalt-teléreire a lemágnesezési görbék tárgyalásakor említett szakaszok alapján számítottunk középirányt. A komlói fonolit III. táblázatban feltüntetett középiránya azonban részben a lemágnesezési görbék origóba tartó szakaszaira, részben egy-egy lemágnesezési lépésben meghatározott irányokra alapozódik. Az utóbbinak az az oka, hogy a minták egy része a termolemágnesező kemencében 250 °C-on felrobant, ezért a teljes lemágnesezés lehetetlen volt. A harsányipusztai riolit paleomágneses irányát a 250 °C-os lemágnesezési lépés után mért NRM-irányokból számítottuk. Az eredményeket a IV. táblázat foglalja össze, amelyben a mintavételi helyekre jellemző paleomágneses középirányok (D, I) mellett a Fisher-statisztika (FISHER 1953) paraméterei: α_{95} a konfidenciaszög és k a pontossági paraméter.

α_{95} : A megfigyelt középirány körüli konfidenciakúp félnyílásszöge, amely a valódi irányt 95%-os valószínűséggel

tartalmazza; a paleomágneses gyakorlatban $\alpha_{95} < 16^\circ$ elfogadható érték.

k : A párhuzamosság mértéke, azt jellemzi, hogy az irányvektorok milyen mértékben mutatnak azonos irányba, vagyis teljesen párhuzamos egységvektorok esetén a k a végtelenbe tart; a $k > 10$ elfogadható pontosság, a $k > 100$ már nagyfokú párhuzamosságot jelöl.

A „Megjegyzés” oszlopban egyebek mellett a polaritás is fel van tüntetve, amennyiben a táblázatban feltüntetett normál polaritástól eltér. A mintacsoportra jellemző mágnesezettség normál polaritású Harsányipusztai riolitjára, Kismórágy és Mórág vasútállomás alkálbazaltjára, továbbá a komlói fonolitra és a máriagyúdi lamprofirra, reverz polaritása van az Üh-29 és Üh-39 fúrással harántolt teléreknek, míg vegyes a polaritása a Hidasi-völgy trachitjának.

A máriagyúdi (Szabolcsi-völgyi-bánya) max. 1 m vastagságú lamprofirtelér közel függőlegesen szeli át a szinte fehér titon mészkövet (dőlése DDK-i irányban 35°), amely az exokontaktuson kb. 20 cm vastagságban szürke lett. A telér és a „kontakt” mészkő tökéletesen megegyező paleomágneses iránya pozitív kontakttesztet jelent és egyben kombinált irány számítását indokolja.

A paleomágneses és AMS-adatok értelmezése

A IV. táblázat földrajzi rendszerben (tektonikai korrekció nélkül) adja meg a mintavételi helyekre jellemző paleomágneses irányokat. Az Üh-29 fúrásban a jellemző zónák tekinthető irányszögek alatt feltüntetettük annak a két magszakasznak az irányát is, amelyek egymás között egyező, de az ugyancsak az Üh-29 fúrásból származó többi négytől és a Hidasi-völgy, valamint az Üh-39 fúrás mintáin meghatározottaktól jelentősen eltérő irányt mutattak. Ez a két minta a mágneses szövet irányítottságát illetően is jelentősen eltér a csoport többi négy mintájától, illetve az

IV. táblázat. A paleomágneses eredmények összefoglaló táblázata

Table IV. Summary of the palaeomagnetic results

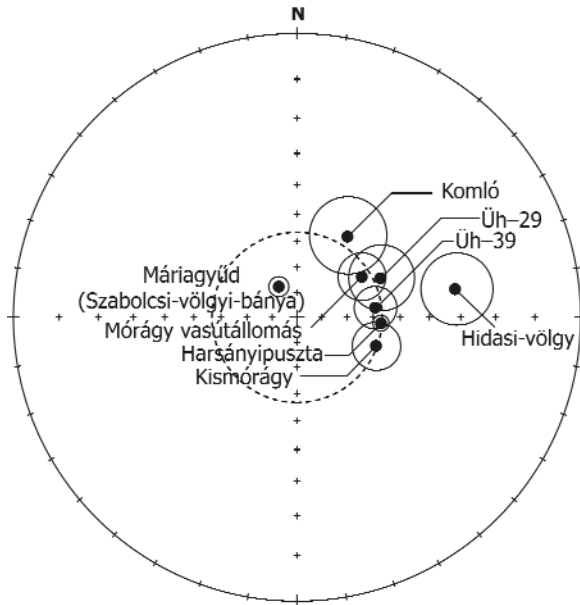
Mintavételi hely	n/n ₀	D (°)	I (°)	k	α_{95} (°)	Megjegyzés	
Komló	fonolit	9/10	21	43	25	10	
		4/10	32	53	46	14	
Hidasi-völgy	trachit	6/6	80	+31	41	11	3 normál, 3 reverz, kissé instabil, TH 350 °C-ig él a jel
Harsányipusztai	alkáliriolit	8/8	94	+57	298	3	Curie-pont polaritásfordulás TH 250 °C-nál
Mórág vasútállomás	alkálivulkanit	6/6	58	+60	55	9	erősen felülírt
Kismórágy	alkálivulkanit	7/8	110	+57	45	9	-
Üh-29 fúrás	alkálbazalt	4/6	83	+59	152	8	mindegyik reverz,
		2/6	55	-54	-	-	TH 250 °C-ig stabil jel
Üh-39 fúrás	tefrifonolit	6/6	65	+54	31	12	mindegyik reverz
Máriagyúd (Szabolcsi-völgyi-bánya)	lamprofir+”kontakt” mészkő	8/8	329	+76	226	4	kombinált irány

n = kiértékelt minta / n_0 vizsgált minta; D = deklináció, I = inklináció, k = pontosság, α_{95} = konfidenciaszög.

n = number of interpreted samples, n_0 = number of measured samples; D = declination, I = inclination; k = precision parameter; α_{95} = confidence limit (FISHER 1953).

Üh-39 fúrás mintáitól. Így ezeket a további értelmezésből (mint nagy valószínűséggel bizonytalan azimutális orientációjúakat) kizárjuk.

A 7. ábra szögtartó vetületén a sikeres mintacsoportok paleomágneses középírányait és a hozzájuk tartozó konfidenciaköröket tüntettük fel (a megfelelő normál polaritású vektorral). Ezek jól érzékeltetik, hogy a Keleti-Mecsekből



7. ábra. A IV. táblázat középírányai szögtartó vetületen Alsófélgömb-vetület. Kör — α_{95}

Figure 7. Mean directions from Table IV in a stereographic plot Lower hemisphere projection. Circle = α_{95}

és a Mórógyi-rögéből származó telérek egyaránt óramutató járásával egyirányú rotációt jeleznek. Négy mintacsoport (Üh-29, Üh-39, Mórógy vasútállomás, Harsányipuszta) középírányai mind deklinációban, mind inklinációban jól egyeznek, míg a Hidasi-völgy trachitjának jelentősen kisebb az inklinációja, mint a többi mintacsoporté, Komló, Kismórógy és Móriagyúd (Szabolcsi-völgyi-bánya) most vizsgált képződményei viszont deklináció szempontjából mutatnak eltérést a többi mintacsoporttól.

A Hidasi-völgy trachitjának kis inklinációja az inklináció „sekélyesedésének” tulajdonítható. Ez a közel vízszintes elhelyezkedő és erősen fejlett mágneses foliáció következménye, amely az egykori mágneses tér inklinációját a vízszintes felé torzítja. A máriagyúdi (Szabolcsi-völgyi-bánya) telér és „kontakt” mészkő paleomágneses deklinációja nyugati. A komlói trachit deklinációja a mai deklináció irányában tér el a többiekétől. Az első esetben a mágnesezettség biztosan eredeti (pozitív kontakteszt). A második esetben elképzelhető hogy a minták vagy egy részük a mai térben felvett utólagos mágnesezettséget is hordoz, mivel az anyag a többihez viszonyítva mállott volt. Ilyen esetben előfordul, hogy az elsődleges és utólagos komponens ugyanahhoz az ásványhoz kapcsolódik, így sem a váltóáramú, sem a termolemágnesezés nem tudja teljesen eltávolítani az utólagos komponenszt. Kismórógy alkáli-

bazaltjának deklinációja valamivel nagyobb, mint a többié. Ez az eltérés valószínűleg a mágneses tér évszázados változásának következménye, így a Keleti-Mecsek és a Mórógyi-rög együttes rotációjának jellemzésére számított paleomágneses irány számításához felhasználható.

Végezetül érdemes felhívni a figyelmet arra, hogy a deklinációknak a maitól való jelentős eltérését semmiképpen nem magyarázhatjuk mágneses refrakcióval, mert a mágneses foliáció síkjainak (azokban az esetekben, amikor a mágneses szövet egyáltalán irányított) orientációjában semmilyen szabályszerűség nem figyelhető meg, miközben a paleomágneses deklinációk eloszlása a terület óramutató járásával egyirányú elfordulását sugallja.

Az új és korábban publikált paleomágneses eredmények együttes értelmezése

Az új paleomágneses eredmények közül öt a Mórógyi-rögöt képviseli. Ezek kivétel nélkül kitűnő vagy jó statisztikus paraméterekkel jellemzett irányok, amelyek a paleomágneses jel teljes spektrumának laboratóriumi elemzése és modern statisztikus kiértékelés eredményeként jöttek létre, a paleomágneses mérések szempontjából gondosan kiválasztott, szinte ideális anyagon. Az öt mintavételi helyre és a korábbi vizsgálatok eredményeként a Mórógyi-rög, a paleozoikumnál fiatalabb mágnesezettségű magmás testekre számított paleomágneses középírányokat (V. táblázat) hibahatáron belül azonosnak találjuk. Ez indokolja az új és a korábban publikált irányok kombinációját, annak ellenére, hogy egy-egy mintavételi pontot tekintve az új meghatározások lényegesen pontosabbak a korábbiaknál. A Mórógyi-rögre így 15 mintavételi hely alapján számíthatunk jellemző paleomágneses irányt (V. táblázat). Ezt a középírányt tekintjük referenciának a Mecsek és a Villányi-hegység paleomágneses irányainak elemzésében.

A Keleti-Mecsekből korábban négy, újabban két önálló szubvulkáni testből származó minta jellemző mágnesezettségéből kaptunk paleomágneses irányokat (MÁRTON 1986). Ezek közül egy (Óbánya) mindössze két függetlenül tájolt mintára alapszik, ezért statisztikus pontossága nem határozható meg. Óbánya paleomágneses irányának a többiekénél lényegesen rosszabb minősége miatt célszerű a Keleti-Mecsekre Óbánya kihagyásával öt mintavételi pont alapján paleomágneses középírányt számítani. A testeket bezáró üledékes kőzetek dőlését tektonikai korrekcióként alkalmazva szignifikánsan rosszabb statisztikus paramétereket kapunk, mint korrekció előtt (8. ábra). Ez azt jelenti, hogy a vizsgált szubvulkáni testeknek a kréta deformációt követően kellett benyomulniuk.

Korábban a Nyugati-Mecsekből MÁRTON (1986) három telérről publikált paleomágneses irányt, amelyek szintén az üledékes rétegsor deformációját követően nyomultak be. Legújabbban pedig egy villányi lamprofirt vizsgáltunk (Máriagyúd), amelynek paleomágneses iránya tektonikai korrekció előtt illeszkedik a bezáró mészkő tektonikai

V. táblázat. Új és korábban publikált paleomágneses eredmények összefoglaló táblázata a Mórógyi-rög és Keleti-Mecsek szubvulkáni teléreiből
 Table V. Summary of the new and formerly published palaeomagnetic results from the subvolcanic dykes of the Mórógy Block and Eastern Mecsek

Mintavételi helyek		Mérési adatok								
		N	tektonikai korrekció nélkül				tektonikai korrekcióval			
			D (°)	I (°)	k	α_{95} (°)	D (°)	I (°)	k	α_{95} (°)
Mórógyi-rög	új	5	82	+59	50	11				
	korábban publikált	10	94	+57	28	9				
	összes	15	90	+58	33	7				
Keleti-Mecsek	összes új és korábban publikált, Óbánya nélkül	5	73	+50	9	26	57	+34	5	39
	1. Hidasi völgy, trachit, 3. Hosszúhetény, alkálilbazalt-telér, 6. Máza, alkálilbazalt-telér	3	93	+40	19	29	85	+45	7	49
Vh	Máriagyúd, lamprofirtelér	1	329	+76	226	4	184	+70	226	4

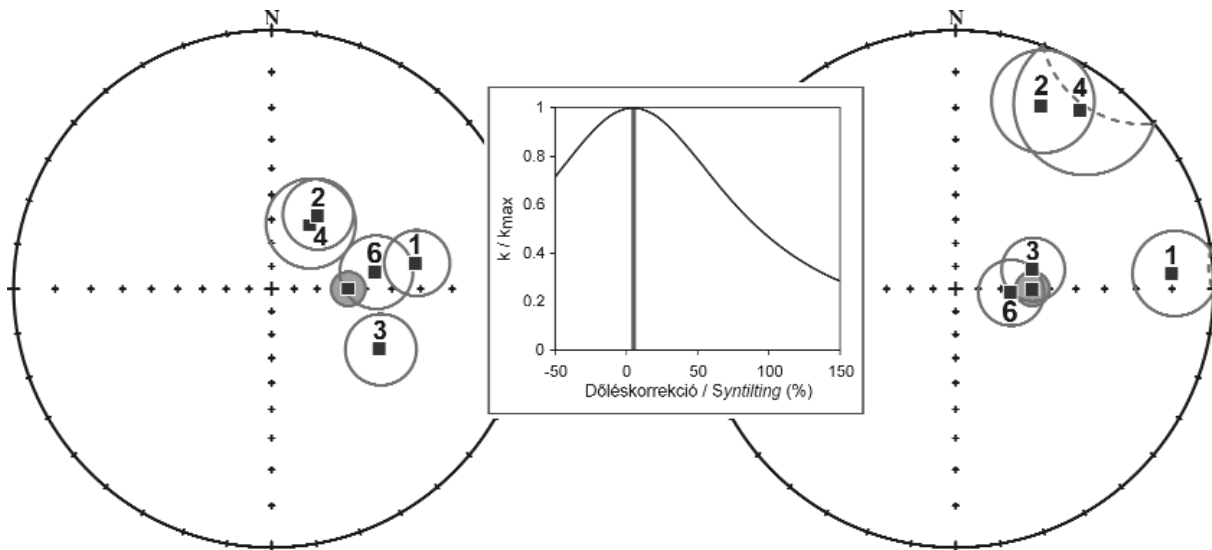
N = mintavételi helyek száma; D = deklináció, I = inklináció; k = pontosság; α_{95} = konfidenciaszög (FISHER 1953), Vh = Villányi-hegység. A Keleti-Mecsekből korábban vett minták (2, 4) nincsenek feltüntetve.

N = number of sampling sites; D = declination, I = inclination; k = precision parameter; α_{95} = confidence limit (FISHER 1953), Vh = Villány Hills. Samples (2, 4) formerly taken from the Eastern Mecsek not presented.

korrekció utáni paleomágneses irányához ($D=40^\circ$, $I=68^\circ$), míg tektonikai korrekció után magában véve is teljesen abszurd (l. V. táblázat), mert azt kb. 180° -os rotációként kellene értelmeznünk. A mészkő paleomágneses irányának deformációt megelőző korát nemcsak a korábban publikált adatok (MÁRTON E. 2000), hanem a legújabb paleomágneses vizsgálatok is bizonyítják (a Harsány-hegy Nagy-

harsányi Mészkövet képviselő 18 mintán $D = 28^\circ$, $I = 51^\circ$, $k = 29$, $\alpha_{95} = 4^\circ$), mert ezek a korábban publikált iránnyal hibahatáron belül megegyező eredményre vezettek

A Mecsek és Villányi-hegység kréta szubvulkáni kőzetek paleomágneses irányait a fenti bizonyítékok alapján ott is tektonikai korrekció nélkül elemezzük, ahol a bezáró kőzet települése vízszintestől különbözik. Ezeket az



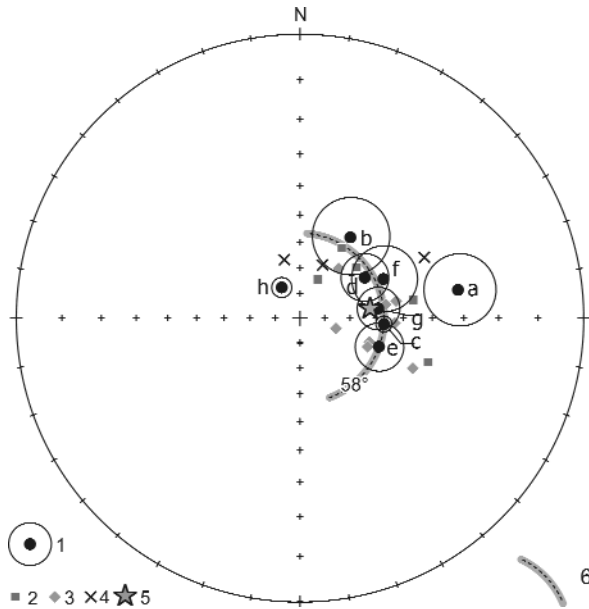
8. ábra. A Keleti-Mecsek szubvulkáni kőzeteiből (Óbánya nélkül, öt mintavételi helyre) kapott paleomágneses irányok és a Mórógyi-rög fiatal kőzetteléinek középiránya

Szélső ábrák = a mintavételi helyekre meghatározott paleomágneses középirányok (1-4, 6) és a Mórógyi rög középiránya (V. táblázat, szürke kör = 15 helyből számolva). Kör = α_{95} . Bal oldalt = tektonikai korrekció előtt, jobb oldalt = korrekció után. Alsófélgömb-vetület. Középen = az irányok párhuzamosságát jellemző k értékek változása fokozatos dőléskorrekcióra. A k 0% dőléskorrekció körül éri el a maximumát, tehát a mágnesezettség gyűrődés utáni (ha gyűrődés előtti lenne, a k legnagyobb értékét a teljes, 100%-os dőléskorrekcióra érné el). 1 – Hidasi-völgy, trachit; 2 – Komló, alkálilbazalt-intrúzió; 3 – Hosszúhetény, alkálilbazalt-dyke; 4 – Köves-tető, fonolit (5 – Óbánya, alkálilbazalt-telér, az ábráról elhagyva), 6 – Máza, alkálilbazalt-dyke

Figure 8. Palaeomagnetic directions for the subvolcanic rocks of the Eastern Mecsek Mts (without Óbánya, five sampling points) and the mean direction of the young dykes of the Mórógy Block

Figures left and right = mean palaeomagnetic directions (1-4, 6) and the mean direction of the Mórógy Block (Table V, grey circle = calculated from 15 sampling sites). Circle = α_{95} . Left = before tilt correction, right = after tilt correction. Lower hemisphere projection. Figure in the centre = change of the k value, which characterise the parallelism of the directions, during the gradual tilt correction. Value of k reaches its maximum around 0% of tilt correction, thus, the magnetisation is younger than folding (if it were older than folding the maximum value of k would be seen at 100% tilt correction). 1 – Hidasi-völgy, trachyte; 2 – Komló, alkali basalt intrusion; 3 – Hosszúhetény, alkali basalt dyke; 4 – Köves-tető, phonolite (5 – Óbánya, alkali basalt dyke, not displayed), 6 – Máza, alkali basalt dyke

irányokat szög tartó vetületen ábrázolva (9. ábra) azt látjuk, hogy néhány, inklináció szempontjából kiűtött adattól eltekintve az irányok egy 58° -os (a maihoz közeli értékű) inklinációt jelentő kiskör mentén helyezkednek el, szinte egyenesen elosztva, kis nyugati deklinációval jellemzett irányoktól egészen a 90° -nál nagyobb keleti deklinációt mutató irányokig. Az utóbbiak a miocénnek tekintett Komlói Andezit paleomágneses irányához (MÁRTON E. 1986) hasonlóak.



9. ábra. Az új és régi irányok eloszlása szög tartó vetületen

Alsófélgömb-vetület. 1 – új irányok: a = Hidasi-völgy, b = Komló, c = Harsányipuszta, d = Mórágó vasútállomás, e = Kismórágó, f = Űh-29 fúrás, g = Űh-39 fúrás, h = Szabolcsi-völgyi kőfejtő (telér + „kontakt” mészkő); 2–5 – régi irányok: 2 – Keleti-Mecsek, 3 – Mórágó-rög, 4 – Nyugati-Mecsek (2–4 – kréta szubvulkáni testek), 5 – Komló (alsó-miocén andezit); 6 – kiskör

Figure 9. Distribution of new and old directions in a stereographic plot Lower hemisphere projection. 1–new directions: a = Hidasi-völgy; b = Komló, c = Harsányipuszta, d = Mórágó Railway Station, e = Kismórágó, f = Borehole Űh-29, g = Borehole Űh-39, h = Szabolcsi-völgy Quarry (dyke + “contact” limestone); 2–5–old directions: 2–Eastern Mecsek, 3–Mórágó Block, 4–Western Mecsek (2–4–Cretaceous subvolcanic bodies), 5–Komló (Lower Miocene andesite); 6–small circle

Következtetések

Az új paleomágneses mérések megerősítették a korábban ugyanezzel a módszerrel, ugyanezen képződmények más feltárásaira kapott eredményeinket. Nevezetesen azt, hogy a szubvulkáni kőzetek az alsó-kréta effuzívumoktól lényegesen eltérő paleomágneses irányokat mutatnak.

A földtani értelmezés szempontjából az a legfontosabb következtetés, hogy a szubvulkáni testek a gyűrődés és esetleges takaróképződés után nyomultak be. Más szóval az effuzív és a szubvulkáni fáciesbe tartozó képződményeket elválasztja egymástól a kréta közepén lejátszódott orogenezis.

Az effuzív magmatizmust a Mecseki-egységnek az Európai-lemezről való leválásával egyidősnek véljük (HAAS et al. 1990, HARANGI et al. 1996, MÁRTON 2000), ami jól illeszkedik a régió fejlődésmenetéről alkotott képbe.

A szubvulkáni képződményekben rögzült jelentős elfordulást — bár különböző szögekkel, de — az utóbbi két

évtized gyakorlatilag minden paleotektonikai, ősföldrajzi és geodinamikai összesítésében elfogadják (pl. HAAS et al. 1990, KOVÁČ et al. 1994, FODOR et al. 1999, CSONTOS et al. 2002, CSONTOS & VÖRÖS 2004), azonban többnyire homályban hagyják mind viszonyát a mecseki kora-kréta magmatizmushoz, mind azoknak a szubvulkáni képződményeknek a helyzetét és eredetét (a vázolt képen belül), amelyek ezt az elfordulást rögzítik. HARANGI et al. (1996) az elfordulást összekapcsolja a Mecseki-egységnek az Európai-lemezről történt leválásával és a szubvulkáni képződményeket az effuzívumokkal rokonítja.

Világosan kell azonban látnunk, hogy a paleomágneses irányok csak úgy jeleznek elfordulást, ha a kızettesteket mai helyzetükben vesszük, s nem vagyunk tekintettel a mellékközetek különböző dőlésére és a Mórágó-rög esetleges utólagos kibillenésére. Abban az esetben, ha a befogadó üledékes kőzetek dőlt települése alapján visszaállítjuk a paleomágneses irányokat a felhalmozódáskori helyzetükbe (tektonikai korrekciót végzünk), az irányok szórtabbá válnak, egy részük pedig értelmezhetetlenné lesz. Más szóval az elfordulás bizonyíték nélkül marad, s az egyébként jó minőségű, konzisztens paleomágneses adatok használhatósága kétségessé válik.

Nem lehet tehát a jelentős elfordulást úgy elfogadni, hogy azt a gyűrődésnél idősebbnek gondoljuk. Ha viszont elfogadjuk, a késő-jurában és kora-krétában csak kismérvű elfordulással számolhatunk, s az elfordulás zömét a gyűrődés utánra kell tennünk.

Felvetődik a kérdés, milyen eredetűnek gondoljuk azt a szubvulkáni tevékenységet, amely a kréta közepi gyűrődést követő elfordulást kísérte. Az anyagi jellemzők alapján ugyanolyan rift jellegűnek véljük, mint a kora-kréta effuzív vulkanizmust (HARANGI 1994, HARANGI et al. 1996). A riftesedés felnyílást jelentene, s ennek természetes kísérője lehetne az elfordulás. Figyelembe véve a Szolnoki-flisöv üledéktörténetét, ezt a felnyílást nem sokkal a gyűrődés utánra, a késő-kréta korai szakaszára kellene tennünk.

Itt lépnek be a képbe a villányi lamproffirok. Ezeket a mecseki magmatitoktól genetikailag elválasztják, s paleotektonikai szintézisre támaszkodva azoknál fiatalabbnak gondolják (NÉDLI & M. TÓTH 2002, 2007; NÉDLI et al. 2006, 2010). A máriagyúdi telérből kapott paleomágneses közép-irány azonban a mecsekiek alapján kimutatott elfordulás elé vagy annak korai szakaszára esik. A lamproffirok tehát nem lehetnek fiatalabbak a mecseki szubvulkáni testeknél, hanem azok közül éppen a legidősebbekkel vélhetően egykorúnak (l. a 9. ábrát) vagy még azoknál is korábbiaknak. A villányi lamproffirok xenolitjaiból szubdukciós eredetű felső köpenyre következtettek, a mecseki szubvulkáni kőzeteket pedig rift eredetűnek gondolják. A paleomágneses adatokból feltételezhető sorrend ezekkel a minősítésekkel összhangban áll: a mecseki egységben szubdukciót követő felnyílással lehet dolgunk.

Nem hagyhatjuk azonban figyelmen kívül azt a körülményt, hogy a máriagyúdi telér gyűrődés után nyomult be, vagyis képződése inkább poszt-szubdukciós, mint szubdukciós lehet. Meglehetősen furcsa az a helyzet, amelyben

két, egymástól alig 30 km-re eső, közel egykorú magmás övezet anyagát eltérő felsőköpenyből származtatják, amelyek mélysége a vízszintes távolságnak legalább két-háromszorosa.

A *mecseki effuzív és szubvulkáni kőzetek szétválasztását* illetően kételyek támadhatnak amiatt, hogy hosszú időn át feltételezték: ugyanazon magma termékeinek tekinthetők. HARANGI (1994) azonban arra a következtetésre jutott, hogy a két sorozat nem köthető ugyanazon anyamagma frakcionált kristályosodásához, hanem inkább hasonló köpeny eltérő fokú parciális olvadásával kapcsolatos. A „hasonló köpeny” értelemszerűen nem jelent *azonos* köpenyt, vagyis az összetétel nem bizonyítja az egykorúságot.

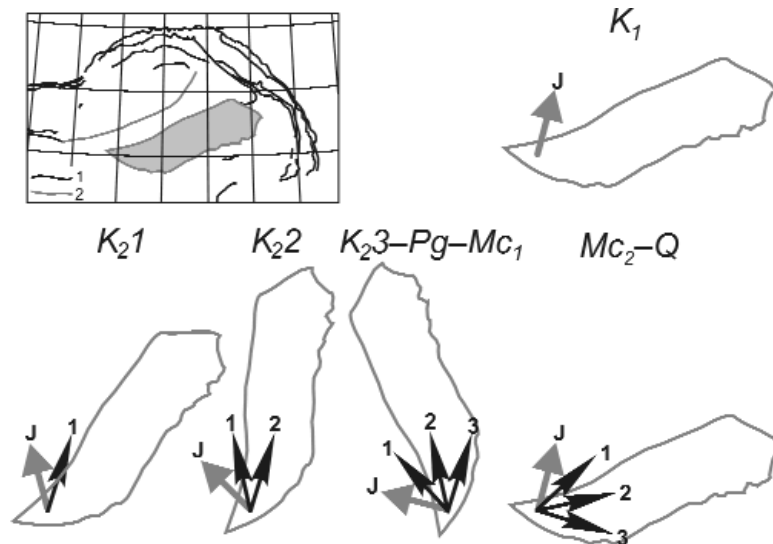
Az *elfordulás iránya* első pillantásra az óramutató járásával egyezőnek tűnik. Figyelembe kell azonban vennünk, hogy a mecseki alsó-kréta effuzívumok és valamennyi idősebb üledék, akár csak a Villányi-hegység minden jura-alsó-kréta üledéke *mai* helyzetében mutat európai rokonságot igazoló irányt. Ennek magyarázatára két rotációt tételezünk fel: egy korábbi, óramutató járásával ellentétes és egy későbbi, azzal egyező irányút (BALLA 1986, 1987). Az első rotáció folyamán mágneseződnek a szubvulkáni testek. E rotáció idején valamennyi albai és annál idősebb képződmény paleomágneses deklinációja nyugatra fordul. A második, az óramutató járásával egyező irányú rotáció a Komlói Andezit mágneseződése után kezdődik. Ekkor az albainál idősebb képződmények visszafordulnak kb. az eredeti helyzetükbe. (Ez az utóbbi két évtized szintéziseibe beépült). A szubvulkáni testek közül a legidősebbeknek a jura-alsó-kréta üledékekéhez hasonló a deklinációja. A

fiatalabbaknak, amelyek az óramutató járásával ellentétes rotáció közben mágneseződtek, változó nagyságú, de mindig óramutató járásával megegyező irányú a deklinációja (10. ábra).

Az óramutató járásával megegyezőnek tűnő, de valójában azzal ellentétes irányú *elfordulás teljes szögét* illetően a legmegbízhatóbb adatot a Mórággyi-rög (9. ábra, c) és a Komlói Andezit (9. ábra, 5) szinte azonos, kb. 90°-os deklinációval jellemzett paleomágneses iránya adja. Az első nagy pontossága és a második jóval fiatalabb kora nem teszi lehetővé, hogy kisebb szöggel számoljunk. Ezt a körülményt a szintézisek eléggé szabadon kezelik.

A *Mórággyi-rög kibillenését* a későbbi tektonikai mozgások során elvileg nem zárhatjuk ki. A szerkezeti elemek (közethatárok, zárványok, aplittelérek, palásság, milonitok) településének elemzése nyomán azonban BALLA (2010) azt a következtetést vonta le, hogy a Mórággyi Gránit-test ma is eredeti helyzetében van, nem billent ki a későbbi tektonikai mozgások során. A Mórággyi-rög telérközeteiből kapott paleomágneses irányok ezzel a megállapítással jó egyezésben vannak. A kétféle konklúzió megerősíti egymást.

Azt látjuk tehát, hogy a paleomágneses adatokból vázolt kép összhangban van a földtani ismereteinkkel, csak az azokból alkotott szintézisek pontosítását/módosítását igényli. A legfontosabb módosítás azt jelenti, hogy számolunk egy, a kréta közepi gyűrődésnél fiatalabb felnyílással a Dél-Dunántúl és a stabil Európa között, s ezzel a felnyílással kapcsoljuk össze a Dél-Dunántúl — és az egész Tiszai-egység — nagymérvű elfordulását az óramutató járásával ellentétes irányban.



10. ábra. A Tiszai-egység forgástörténete

A Tiszai-egység körvonala és helyzete — BALLA (1986, 1987) nyomán. 1–2 — fő tektonikai határok: 1 — felszínen, 2 — medencealjzatban. Feliratok: K_1 — kora-kréta; K_2 — késő-kréta; $K_2,1$ — az elfordulás első 30°-a utáni időpont, $K_2,2$ — az elfordulás második 30°-a (összesen 60°) utáni időpont, $K_2,3$ — az elfordulás harmadik 30°-a (összesen 90°) utáni időpont; Pg — paleogén; Mc_1 — kora-miocén; Mc_2 — középső-miocén; Q — negyedidőszak. Nyílak = paleomágneses irányok: J — jura, 1 — $K_2,1$, 2 — $K_2,2$, 3 — $K_2,3$

Figure 10. The rotation history of the Tisza Unit

Contour and position of the Tisza Unit — after BALLA (1986, 1987). 1–2 — principal tectonic boundaries: 1 — on the ground surface, 2 — in basin basement. Subtitles: K_1 — Early Cretaceous; K_2 — Late Cretaceous; $K_2,1$ — the moment after the first 30° of the rotation, $K_2,2$ — the moment after the second 30° of the rotation (total 60°), $K_2,3$ — the moment after the third 30° of the rotation (total 90°); Pg — Palaeogene; Mc_1 — Early Miocene; Mc_2 — Middle Miocene; Q — Quaternary. Arrows = paleomagnetic directions: J — Jurassic, 1 — $K_2,1$, 2 — $K_2,2$, 3 — $K_2,3$

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. (RHK Kft.) és az OTKA 62468 (A Mecseki- és a Villány–Bihari-zóna ősföldrajzi viszo-

nyainak feltárása a felső-triász–középső-kréta képződmények sokoldalú elemzése alapján) projekt vezetésének a vizsgálatok finanszírozásáért, külön személyesen CSÁSZÁR Géának a cikkünk megírása érdekében tett erőfeszítéseiért.

Irodalom — References

- ÁRVÁNE SÓS E., BALOGH K. & PÉCSKAY Z. 1991: Balatonfelvidéki és villányi vulkanitokon végzett K-Ar módszeres kormeghatározások (in Hungarian, translated title: Dating of volcanites from the Balaton Highland and Villány Hills by K-Ar method). — *Kézirat*, (manuscript), Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- BALLA Z. 1986: Analysis of the anti-clockwise rotation of the Mecsek Mountains (Southwest Hungary) in the Cretaceous: Interpretation of palaeomagnetic data in the light of geology. — *Geophysical Transactions* **32/2**, 147–181.
- BALLA Z. 1987: A Mecsek óramutatójárással ellentétes elfordulása a krétában: paleomágneses adatok értelmezése a földtani ismeretek fényében (in Hungarian, with English abstract: Analysis of the anti-clockwise rotation of the Mecsek Mountains (Southwest Hungary) in the Cretaceous: Interpretation of palaeomagnetic data in the light of geology). — *Általános Földtani Szemle* **22**, 55–98.
- BALLA, Z. 2010: The monzonite centre and folds in the Mórággy Granite Pluton (SW Hungary) (Monzonitos centrum és redők a Mórággyi Gránit-testben). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **2009**, 65–90.
- BALLA Z. & GYALOG L. 2009: A Mórággyi-rög északkeleti részének földtana. Magyarázó a Mórággyi-rög északkeleti részének földtani térképsorozatához (1:10 000) (Geology of the North-eastern part of the Mórággy Block. Explanatory notes to the Geological map series of the north-eastern part of the Mórággy Block [1:10,000]). — Magyarország tájegységi térképsorozata, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 283 p. (216 p.)
- BALLA Z., CSÁSZÁR G., FÖLDVÁRI M., GULÁCSI Z., GYALOG L., HORVÁTH I., KAISER M., KIRÁLY E., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., MAGYARI Á., MAROS GY., MARSI I., MUSITZ B., RÁLISCH E., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZÓCS T., TÓTH GY. (MÁFI); BERTA J., CSAPÓ Á., CSURGÓ G., GORJÁNÁCS Z., HÁMOS G., HOGYOR Z., JAKAB A., MOLNOS I., MOSKÓ K., ORSZÁG J., SIMONCSICS G., SZAMOS I., SZEBÉNYI G., SZÚCS I., TURGER Z., VÁRHEGYI A. (Mecsekérc); BENEDEK K., MOLNÁR P., SZEGŐ I., TUNGLI GY. (Golder); MADARASI A., MÁRTONNÉ SZALAY E., PRÓRAY ZS., TILDY P. (ELGI); SZONGOTH G. (Geo-Log); GACSÁLYI M. (MBFH); KOVÁCS L. (Kútfej Bt.); MÓNUS P. (GeoRisk) & VÁSÁRHELYI B. (Vásárhelyi és Tsa Bt.) 2008: A felszín alatti földtani kutatás zárójelentése (in Hungarian, translated title: Final report of the underground exploration). — *Kézirat* (manuscript), Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, Tekt. 1419.
- BARABÁS A. 1956: A mecseki perm időségi képződmények. Kandidátusi értekezés (in Hungarian, translated title: Permian sequences of the Mecsek. Candidate dissertation). — *Kézirat* (manuscript), Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- BILIK I. 1996: Mecsekjánosi Bazalt Formáció (in Hungarian, translated title: Mecsekjános Basalt Formation). — In: CSÁSZÁR (1996a), 102–106.
- BILIK I., CSÁSZÁR G. 1996: Hidasivölgyi Márga Formáció (in Hungarian, translated title: Hidasivölgy Marl Formation). — In: CSÁSZÁR (1996a), 107–109.
- CHIKÁN G., CHIKÁN G.-né & KÓKAI A. 1984: A Nyugati-Mecsek földtani térképe, 1:25 000 (in Hungarian, translated title: Geological map of the Western Mecsek, 1:25,000). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 1996a: *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Kréta* (in Hungarian, translated title: Lithostratigraphic units of Hungary. Cretaceous). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 163 p.
- CSÁSZÁR G. 1996b: Magyaregregyi Konglomerátum Formáció (in Hungarian, translated title: Magyaregregy Conglomerate Formation). — In: CSÁSZÁR (1996a), 110–112.
- CSÁSZÁR G. 1996c: Apátvarasdi Mészke Formáció (in Hungarian, translated title: Apátvarasd Limestone Formation). — In: CSÁSZÁR (1996a), 113–114.
- CSONTOS, L. & VÖRÖS, A. 2004: Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **210/1**, 1–56.
- CSONTOS, L., MÁRTON, E., WÖRUM, G. & BENKOVICS, L. 2002: Geodynamics of SW Pannonian inselbergs (Mecsek and Villány Mts., SW Hungary). — *EGU [European Geosciences Union] Stephan Mueller Special Publication Series* **3**, 227–245.
- FISHER R. 1953: Dispersion on a sphere. — *Proceedings of the Royal Society, A, Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **217/1130**, 295–305.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÓRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of palaeostress data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society Special Publication* **156**, 295–334.
- FÜLÖP J. 1966: A Villányi-hegység krétaidőségi képződményei (Les formations crétacées de la montagne de Villány). — *Geologica Hungarica, Series Geologica* **15**, 3–52 (53–87).
- GÖRÖG Á. 1996: A magyarországi kréta Orbitolina-félék vizsgálata. Sztratigráfiai és ökológiai értékelés. Doktori értekezés (in Hungarian, translated title: Investigation of the Cretaceous Orbitolina of Hungary. Doctoral thesis). — *Kézirat* (manuscript), Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 329 p.

- GYALOG L., BALLA Z., CSÁSZÁR G., GULÁCSI Z., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., LANTOS Z., MAGYARI Á., MAROS GY., MARSII I., & PEREGI ZS. 2006: Bataapáti hulladéktároló felszín alatti létesítményeinek előkészítési munkái 2006–2007. Földtani és geomorfológiai térképezés jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Tekt. 1339; Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht., Paks, RHK–K–131/06.
- HAAS, J., KOVÁCS, S., VÖRÖS, A. & CSÁSZÁR, G. 1990: Evolution of Tethys as reflected by the geological formations of Hungary. — *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica Hungarica* **25/3–4**, 325–344.
- HARANGI, SZ. 1994: Geochemistry and petrogenesis of the Early Cretaceous continental rift-type volcanic rocks of the Mecsek Mountains, South Hungary. — *Lithos* **33/4**, 303–321.
- HARANGI SZ. 2006: Mecseki (üveghutai) „trachyandezit” kőzetminták petrográfiai és geokémiai értékelése (in Hungarian, translated title: Petrographic and geochemical interpretation of the „trachyandezit” specimens from Mecsek [Üveghuta]). — *Kézirat* (manuscript), Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, Tekt. 1311.
- HARANGI SZ. & ÁRVÁNE SÓS E. 1993: A Mecsek hegység alsókréta vulkáni kőzetei I. Ásvány- és kőzetan (in Hungarian, with English abstract: Early Cretaceous volcanic rocks of the Mecsek Mountains [South Hungary]. I. Mineralogy and petrography). — *Földtani Közlöny* **123/2**, 129–165.
- HARANGI, SZ., SZABÓ, CS., JÓZSA, S., SZOLDÁN, ZS., ÁRVA-SÓS, E., BALLA, M. & KUBOVICS, I., 1996: Mesozoic igneous suites in Hungary: implications for genesis and tectonic setting in the northwestern part of Tethys. — *International Geology Review* **38/4**, 336–360.
- HETÉNYI R., HÁMOR G., FÖLDI M., NAGY I., NAGY E. & BILIK I. 1982: A Keleti-Mecsek földtani térképe, 1:25 000 (in Hungarian, translated title: Geological map of the Eastern Mecsek, 1:25,000). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- IMREH L. 1956: A mecseki felső-triász homokkőösszetel felső részének kőzettani vizsgálata (in Hungarian, with German abstract: Petrographische Untersuchung des oberen Teiles des obertriassischen Sandsteins des Mecsek-Gebirges. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **45/1**, 53–72.
- KARDOSSNÉ DANZVITH A. 1956: A komlói alsó-liász kőszénösszetel meddőinek mikroszkópos vizsgálata (in Hungarian, with German abstract: Mikroskopische Untersuchung der tauben Gesteine des unterliassischen Steinkohlenkomplexes von Komló). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **45/1**, 73–93.
- KIRSCHVINK J. L. 1980: The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. — *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* **62/3**, 699–718.
- KOVÁČ, M., KRÁĽ, J., MÁRTON, E., PLAŠIENKA, D. & UHER, P. 1994: Alpine uplift history of the Central West Carpathians: geochronological, paleomagnetic, sedimentary and structural data. — *Geologica Carpathica* **45/2**, 83–96.
- LANTAI, C. 1987: Petrology and geochemistry of Lower Cretaceous mafics from the western Mecsek Mountains (South Hungary). — *Acta Geologica Hungarica* **30/3–4**, 339–356.
- MANGULT I. 1995: Terepi jelentés a beremendi vulkanitról. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Pécsi Bányakapitányság, TD 2387.
- MAURITZ B. 1913: A Mecsek hegység eruptívus kőzetei (in Hungarian, translated title: Igneous rocks of the Mecsek Mountains). — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **21/6**, 151–190.
- MAURITZ B. & CSAJÁGHY, G. 1952: Alkáli telérkőzetek Mórágó környékéről (in Hungarian, translated title: Alkali dykes in the surroundings of Mórágó). — *Földtani Közlöny* **82/4–6**, 137–142.
- MÁRTON, E. 1986: Paleomagnetism of igneous rocks from the Velence Hills and Mecsek Mountains. — *Geophysical Transactions* **32/2**, 83–145.
- MÁRTON, E. 2000: The Tisza Megatectonic Unit in the light of paleomagnetic data. — *Acta Geologica Hungarica* **43/3**, 329–343.
- MÁRTON E. 2010: Jelentés a máriagyúdi Szabolcsi-völgyi kőfejtőben feltárt bazalttelér paleomágneses vizsgálatáról (in Hungarian, translated title: Report on the palaeomagnetic investigation of the basalt dyke exposed in the Szabolcsi-völgy Quarry at Máriagyúd). — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- MÁRTON, P. & SZALAY-MÁRTON, E. 1969: Paleomagnetic investigation of magmatic rocks from the Mecsek Mountains, Southern Hungary. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica* **12**, 67–80.
- MOLNÁR, S. & SZEDERKÉNYI, T. 1996: Subvolcanic basaltic dyke from Beremend, Southeast Transdanubia, Hungary. — *Acta Mineralogica-Petrographica* **37**, 181–187.
- NAGY I. 1996. Márévári Mész-kő Formáció (in Hungarian, translated title: Márévár Limestone Formation). — In: CSÁSZÁR G. (szerk.) 1996a: *Magyarország litosztratiográfiai alapegységei. Kréta* (in Hungarian, translated title: Lithostratigraphic units of Hungary. Cretaceous). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 99–101.
- NÉDLI ZS. 2004: A Villányi-hegység bázisos teléreinek petrográfiaja, geokémiája és petrogenetikája. — *Kézirat*, PhD értekezés. Tézisek. Szegedi Egyetem, Szeged, 10 p.
- NÉDLI ZS. & M. TÓTH, T. 1999: Igneous records of the Meso-Alpine (Late Cretaceous) subduction in the Villány Mts. (Tisza Block, SW Hungary). — SZÉKELY, B., FRISCH, W., KUHLEMANN, J., DUNKL, I. (eds): 4th Workshop on Alpine geological studies, 21–24 September 1999, Tübingen (Germany). — *Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe A: Geologie, Paläontologie, Stratigraphie* **52**, 188–189.
- NÉDLI, ZS. & M. TÓTH, T. 2002: Subduction-related volcanism in the SW Tisia and its geodynamic consequences. — *Geologica Carpathica* **53** (Special Issue), 213–214.
- NÉDLI ZS. & TÓTH T. 2003: Késő-kréta alkáli bazalt vulkanizmus a Villányi-hegységben (in Hungarian, with English abstract: Late Cretaceous alkali basalt volcanism in the Villány Mts [SW Hungary]). — *Földtani Közlöny* **133/1**, 49–68.
- NÉDLI, ZS. & M. TÓTH, T. 2007: Origin and geotectonic significance of Upper Cretaceous lamprophyres from the Villány Mts (S Hungary). — *Mineralogy and Petrology* **90/1–2**, 73–107.
- NÉDLI, ZS., M. TÓTH, T. & SZABÓ, CS. 2006: Geodynamic significance of Late Cretaceous lamprophyres from the Carpathian–Pannonian Region. — *GeoLines 20* (Proceedings of the 4th Meeting of the Central European Tectonic Studies Group / 11th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group / 7th Carpathian Tectonic Workshop, Zakopane, Poland, April 2006), 99–100.

- NÉDLI, Zs. & M. TÓTH, T., DOWNES, H., CSÁSZÁR, G., BEARD, A., SZABÓ, Cs. 2010: Petrology and geodynamical interpretation of mantle xenoliths from Late Cretaceous lamprophyres, Villány Mts (S Hungary). — *Tectonophysics* **489/1–4**, 43–54.
- NÉMEDI VARGA Z. 1963: Hegység szerkezeti vizsgálatok a kövestetői fonoliterületen (in Hungarian, with English abstract: Structural history of the Mecsek Mountains in the phonolite area of Kövestető [Mecsek Mountains]). — *Földtani Közlemény* **93/1**, 37–53.
- PANTÓ G. 1961: Mezozoos magmatizmus Magyarországon (Le magatisme mésozoïque en Hongrie). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **49/3**, 785–799 (979–997).
- RÓZSÁS F. & TÉGLÁSSY L. 1977: Adatok a Ny-mecseki bázisos-alkáli- („trachidolerit”) vulkanizmus elterjedéséről (in Hungarian, with German abstract: Über die Verbreitung des basischen-alkalischen [„Trachydolerit-”] Vulkanismus des westlichen Mecsek-Gebirges). — *Földtani Közlemény* **107/2**, 229–232.
- STRAUSZ L. 1942: Adatok Baranya geológiájához (in Hungarian, with German abstract: Angaben zur Geologie des Baranyaer Komitátes). — *Földtani Közlemény* **72/4–12**, 181–191 (119–121).
- VADÁSZ E. 1960: *Magyarország földtana*. Második, átdolgozott és bővített kiadás (in Hungarian, translated title: Geology of Hungary. Second, revised and extended edition). — Akadémiai Kiadó, Budapest, 646 p.
- VÁRSZEGI K. 1970: A Mecsek hegység földtani térképe, 10 000-es sorozat, Pécs–ÉNy, Földtani térkép (in Hungarian, translated title: Geological map of the Mecsek Mountains, 10,000 series, Pécs–NW, Geological map). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- VÁRSZEGI K. 1972: *Magyarázó a Mecsekhegység földtani térképéhez. 10 000-es sorozat. Pécs–ÉNy* (in Hungarian, translated title: Explanatory notes to the geological map of the Mecsek Mountains, 10,000 series, Pécs–NW). — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 42 p.
- VICZIÁN I. 1971: A mecseki fonolit kőzettani vizsgálata (in Hungarian, with English abstract: Petrology of the Mecsek Mts phonolites). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **1969-ről**, 327–344.
- Kézirat beérkezett: 2010. 11. 17.