

Bádeni utáni vízszintes mozgások a Kárpát-medencében, komplex paleomágneses és mikrotektonikai tanulmány

MÁRTONNÉ SZALAY EMŐKE¹, FODOR LÁSZLÓ², MAGYAR IMRE³

OTKA nyilvántartási szám: T 034364

A projekt célja az volt, hogy fiatal (bádeni utáni) mozgásokat mutassunk ki a Kárpát-medencében, és ezeket geodinamikai szempontból értelmezzük. A vizsgálat legszélesebb körben alkalmazott módszere a paleomágnesség volt, lehetőleg szerkezeti elemzéssel kombinálva. Mivel a mozgások kora szempontjából fontos volt a vizsgált kőzetek rétegtani besorolása, új biosztratigráfiai vizsgálatokat is végeztünk néhány olyan helyen, ahol a pannóniai üledékek korát nem ismertük pontosan.

Az eredményeket a következőképpen foglalhatjuk össze. A Kárpát-medence több helyén kb. 30°-os, az óramutató járásával ellentétes forgásra utaló paleomágneses deklinációkat mértünk. A forgások korát 5,6–3,6 millió évre becsülhetjük a Kárpát-medence déli részén (a Pohorjétól a Fruška Goráig) és ugyanebben a fázisban mozoghatott a Dunántúli-középhegység és a Soproni-hegység–Bécsi-medence. Egy idősebb, de ugyancsak bádeni utáni (kb. 12 millió év) fázis ismerhető fel a Tokaji-hegységben és a Transzkárpáti-medencében (Szlovákiában éppúgy, mint Romániában).

A geodinamikai kapcsolatokat tekintve, a 12 millió év környékén történt forgások kárpáti szubdukcióhoz köthetők, míg a fiatalabb (5,6–3,6 millió év) mozgásokat az észak felé mozgó és óramutató járásával ellentétesen rotáló Adriai-mikrolemez okozhatta.

E. MÁRTON, L. FODOR, I. MAGYAR: Post Badenian horizontal movements in the Pannonian Basin: a complex paleomagnetic-microtectonic study

The aim of the project was to document young (post-Badenian) movements in the Pannonian basin and interpret them geodynamically. The principal method applied was paleomagnetism, when possible, in combination with structural analysis. As the age of the studied rocks was critical, new biostratigraphical studies were also carried out on some earlier loosely dated Pannonian sediments.

The results can be summarized as follows. Counter clockwise rotations of about 30° was found at several parts of the Pannonian basin. They can be dated as of about 5.6–3.6 Ma in the South Pannonian Basin (from the Pohorje down to the Fruška Gora) and the same event is likely to have involved the Transdanubian Central Range and the Sopron Hills–Vienna basin. An older post-Badenian rotation phase (around 12 Ma) characterizes the Tokaj Hills and the Transcarpathian depression (both in Slovakia and in Romania).

Geodynamically, the rotation taking place around 12 Ma can be connected to subduction in the Carpathians, while the younger one (5.6–3.6 Ma) must have been caused by the northward travelling and counter clockwise rotating Adriatic microplate.

Bevezetés

A pályázat célja a Kárpát-medence fiatal mozgásainak dokumentálása és geodinamikai értelmezése volt. Ezt paleomágneses és mikrotektonikai mérésekkel kívántuk elérni. Az értelmezés szempontjából fontos kérdés volt a jeleket hordozó kőzetek korának lehető legpontosabb ismerete. A korra vonatkozó információ általában publikációkban rendelkezésre állt, de a hazai pannon korú feltárások közül néhánynak a jelen projekt keretében történt meg a korbesorolása. A paleomágneses kutatás kiterjedt az egész Kárpát-medencére, így külföldi kutatók is hozzájárultak az alább ismertetendő eredmények eléréséhez, vagy tudományos akadémiák közötti kutatócsere vagy kormányközi tudományos és technológiai együttműködés keretében. Utóbbi kategóriába sorolhatók azok a munkáink, amelyek a

Mura-medence és a Pohorje területén nemcsak paleomágneses, hanem mikrotektonikai vizsgálatokat is magukba foglaltak. Határainkon belül a két módszer együttes alkalmazására a Dunántúlon került sor.

A projekt keretében két téglagyári feltárás (Mályi és Balatonszentgyörgy) és két nagyobb terület (a Bükkaljai Formáció a Mátra és a Bükk előterében, és a Tihanyi Formáció az M7-es autópálya új szakaszainak bevágásaiban) biosztratigráfiai vizsgálatára került sor. Az életrétegtani besorolás a Pannon-tó csökkentsósvízi puhatestűi alapján készült, az ezekre a fossziliákra korábban kidolgozott rendszer használatával [MAGYAR, GEARY, MÜLLER 1999]. Az egyes biozónák határainak numerikus korát részben radiometrikus korhatározási eredmények alapján, részben az Európában használt emlős-zonációval (MN-zónák) való párhuzamosítás útján állapítottuk meg.

A mikrotektonika területén Magyarországon egyrészt új szerkezetföldtani méréseket végeztünk, amelyek alapján feszültségtér-számítás, illetve több esetben csak feszültségtér-becslést végeztünk a Soproni-hegységben, a Gerecse nyugati előterében és a Vértes délkeleti előterében nagyobb területen, míg a Balaton déli előterében, a Balatonfelvidéken és a Zalai-dombságban szórvány adataink van-

¹ Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet,
H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23. E-mail: paleo@elgi.hu

² Magyar Állami Földtani Intézet,
H-1143 Budapest, Stefánia út 14. E-mail: fodor@mafi.hu

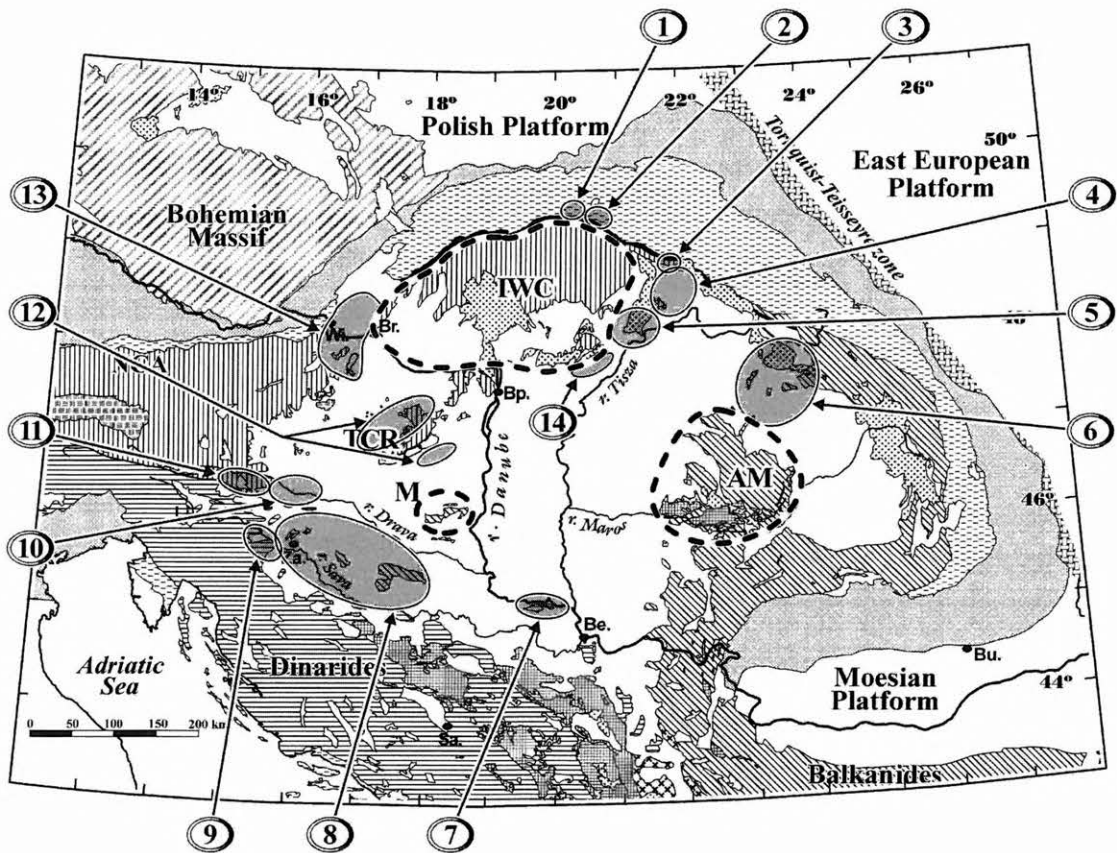
³ MOL Nyrt. Hazai Kutatási-Termelési Divízió,
H-1039 Budapest. Batthyány u. 45. E-mail: immagyar@mol.hu

nak. Másrészt újraértékelünk „archív” (~1988 óta készült) mérési adatokat a Soproni-hegység és a Kismartoni-medence hazai és osztrák oldaláról [eredeti mérések: FODOR et al. 1989; FODOR 1991; 1995]. A Gerecse és annak délkeleti előteréből BADA et al. [1996] valamint FODOR, PALOTÁS nem publikált adatainak újraértékelésére került sor. A Bakonyban FODOR [1997] és kisebb részben a Balaton-felvidéken [DUDKO 1991; DUDKO, FODOR nem publikált adatai] történt méréseket szintén újraértelmeztük. A Vértes területén a mérések az utóbbi években történtek, így az újraértelmezésre nem volt szükség. A Gerecse nyugati peremén, a Vértesben és délkeleti előterében kapcsolat kerestünk a terepi mérési adatok és a feszültségtér-számítások eredményei, valamint a térképezhető szerkezetek között. Ehhez felhasználtuk a Magyar Állami Földtani Intézetben az utóbbi időben elkészült, jórészt kéziratossá tett térképeket és a leírások alapján újraértékelt fúrási adatbázist. A Vértes délkeleti előterében szelvényeket szerkesztettünk, amelyek segítségével a késő-miocén („pannon”)

előtti, alatti, és annál fiatalabb deformációk nagyságára kerestünk választ.

Határainkon túl a Mura-medencében és a Pohorjében végeztünk mikrotektonikai méréseket.

Bádeni utáni vízszintes mozgásokra (ezek forgási komponense mérhető paleomágneses módszerrel) a Kárpát-medencében a jelen projektet megelőzően csak néhány paleomágneses jelzést ismertünk. E projekt keretében készültek azok a paleomágneses vizsgálatok, a terepi mintavételtől kezdve a laboratóriumi méréseken keresztül a statisztikus kiértékelésig, amelyek az 1. ábrán látható területeken, bádeni utáni rotációkról adnak információt. (A laboratóriumi mérések a remanens mágneszettség mérését, mintánként sok lépcsőben elvégzett lemágnesezést, a remanens mágneszettség újramérését minden lemágnesezési lépés után, termolemágnesezés folyamán a mágneses szuszceptibilitás monitorozását, mágneses szuszceptibilitás anizotrópia méréseket és a mágneses ásvány azonosítását szolgáló mágneses méréseket jelentették.)



1. ábra. Bádeni utáni, óramutató járásával ellentétes rotációk a Kárpát-medence területén (és peremén). 1. Árva-medence [BAUMGART-KOTARBA, MARCAK, MÁRTON 2004], 2. Pieniny andezitek [MÁRTON, TOKARSKI, HALÁSZ 2004], 3. Vihorlát [TÚNYI et al. 2005], 4. Kelet-Szlovákiai medence [MÁRTON, VASS, TÚNYI 2000], 5. Tokaji-hegység, 6. Máramaros [MÁRTON et al. 2007], 7. Fruška Gora [LESIĆ, MÁRTON, CVETKOV 2007], 8. Medvednica–Papuk harmadkori üledékes környezete [MÁRTON et al. 2002a], 9. Krško–Karlovac medence [MÁRTON et al. 2006a], 10. Mura-medence [MÁRTON et al. 2002b], 11. Pohorje [MÁRTON et al. 2006b], 12. Dunántúli-középhegység [MÁRTON, FODOR 2003] és a Balaton déli partja, 13. Soproni-hegység és környezete, 14. Bükk előtere (Bükkábrány és Mályi)

Fig 1. Post Badenian counter-clockwise rotations in the Pannonian basin (and surroundings). 1. Orava-basin [BAUMGART-KOTARBA, MARCAK, MÁRTON 2004], 2. Pieniny andesites [MÁRTON, TOKARSKI, HALÁSZ 2004], 3. Vihorlat Mts. [TÚNYI et al. 2005], 4. East Slovakian Basin [MÁRTON, VASS, TÚNYI 2000], 5. Tokaj hills, 6. Maramures area [MÁRTON et al. 2007], 7. Fruška Gora [LESIĆ, MÁRTON, CVETKOV 2007], 8. Tertiary sediments around Medvednica–Papuk [MÁRTON et al. 2002a], 9. Krško–Karlovac basin [MÁRTON et al. 2006a], 10. Mura basin [MÁRTON et al. 2002b], 11. Pohorje Mts. [MÁRTON et al. 2006b], 12. Transdanubian Range [MÁRTON, FODOR 2003] and outcrops south of lake Balaton, 13. Sopron hills, 14. Bükk foreland (Bükkábrány and Mályi)

Az eredmények összefoglalása

Korábban ismeretlen vagy bizonytalan korú pannóniai feltárások biosztratigráfiai korbesorolása

A Visonta és Bükkábrány térségében fejtett lignites rétegsor 7,5–5,3 millió év közé helyezhető. A felső határ azonban lehet 6,5–7 millió év is, mert a miocén és pliocén között üledékhiány van. A Mályi téglagyári feltárás faunája a Sopron, Balfi úti téglagyári fejtők faunájához hasonló, kora 9,5–10 millió év lehet. A Balatonszentgyörgy téglagyári fejtőben a legfiatalabb ismert forma alapján a kor 8 millió év körülire becsülhető. Az M7 autópálya építése során a 140. kilométerszelvényben feltárt anyag kora 8,5–9 millió évre becsülhető.

Bádeni utáni feszültségtér a Dunántúlon

Minden vizsgált területen kimutatható volt a szarmata (késő-bádeni) előtti feszültségtér (feszültségterek) hatása késő-bádeninél idősebb kőzetekben. Ezek a Pannon-medence pre-rift (~30–18 Ma) és szin-rift (~18–14 Ma) fázisaival korrelálhatók. Kiemelendő, hogy a kutatás során a Vértes előterében (Orondpusztán) sikerült késő-oligocén szinszediment szerkezetet igazolnunk, ami egyedi a Középhegységben.

A szarmata üledékképződést szinszediment törés deformáció befolyásolta a Vértes–Gerecse keleti előterében. A számítható (becsülhető) tágulások feszültségtér K–Ny és KDK–NyDNY között változott kis mértékben. Ez a feszültségtér és deformáció már korábbi munkákban is kimutatásra került [FODOR et al. 1994; BADA et al. 1996; CSILLAG et al. 2002].

A Vértesben igazolható a pannon alatti törés deformáció hatása. Ez mind feltárás méretű üledékes telérekben, mind térképezhető szerkezetekben testet ölt. A feszültségtér az előző fázishoz képest nem változott jelentősen. A miocén végén és a pliocénben a pannon üledékeket is érintette egy további deformációs fázis (a tenzió iránya ÉNy–DK). Ennek hatását a Vértes délkeleti előterének szelvényei és földtani térképek egyaránt rögzítik.

A Soproni-hegységben szinszediment szarmata és pannon törések nincsenek, de a megfelelő feszültségtér jelentkezik, csakúgy, mint a legfiatalabb deformációs fázis hatása.

A Mura-medence déli szegélyén (Halozse) mért feszültségtér adataink gyűrődést és pikkelyeződést mutatnak ÉÉNy–DDK-i kompressziós-eltolódásos térben. A deformáció a miocén legvégén vagy a pliocén elején történhetett.

A Pohorje területén számos képlékeny és törés deformációs tartományban keletkezett szerkezetet azonosítottunk. Komplex paleomágneses, képlékeny és törés szerkezeti megfigyelésekkel igazolni tudtuk, hogy a deformáció folyamatosan tágulások volt a kőzetek hűlése (kiemelkedése) alatt. A vetőkből számítható feszültségtér jórészt tenziós, ÉK–DNY és K–Ny közötti tágulási iránnyal. A törés deformáció a kárpáti-bádeni alatt biztosan zajlott, a fiatalabb események kora kérdéses. A deformáció során a tágulás tengelyirányai egyes helyeken nem változtak, míg máshol kis mértékben óramutató járásával egyezően forogtak. Egyelőre nem tudjuk igazolni, hogy ez a változás a területen egyidőben és szisztematikusan történt-e. Jelentkezik még egy kb. É–D-i kompressziós-eltolódásos tér hatása is, amely a tágulás utának tűnik és talán a negyedidőszakban lépett fel.

Bádeni utáni vízszintes elmozdulásokat bizonyító (valószínűsítő) paleomágneses eredmények

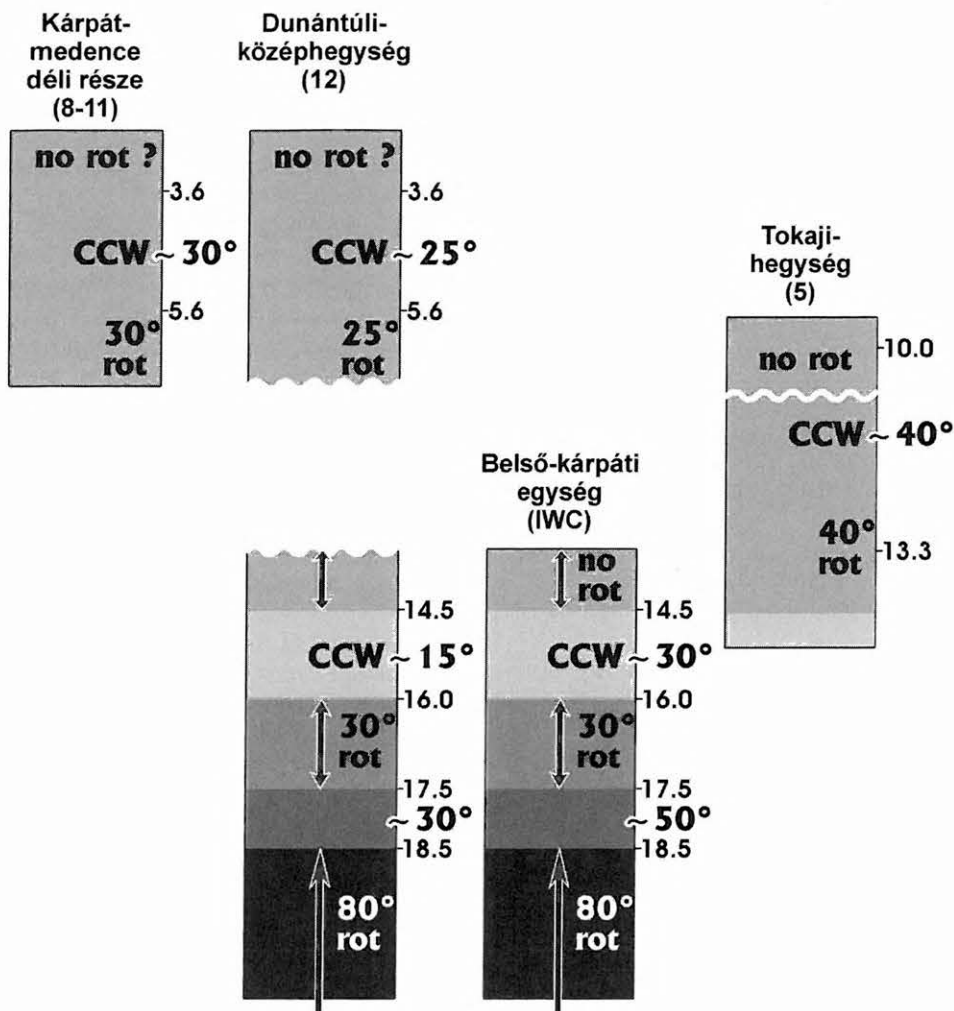
Az 1. ábrán megjelölt területeken bádeni korú vagy annál fiatalabb kőzeteken általában 320–340° deklinációkat határoztunk meg, ami meglepően egységes, mérsékelt nyugati forgásra utal. Az adatok száma minták szintjén több ezerre tehető, míg mintavételi helyek szintjén több százat jelent (mivel egy-egy mintavételi helyről minimum hat mintát vizsgálunk). Kérdés, hogy a különböző területeken megfigyelt rotációk egykorúak-e.

A vizsgált kőzetek kora természetesen csak a bennük „befagyott” remanens mágnesezettség lehetséges alsó korhatára és az a forgás, amelyet a paleomágneses irányok jeleznek, még a mágneseződés koránál is fiatalabb. Ahhoz, hogy az egyes területeken végbement bádeni utáni rotációk korát meghatározzuk, minden esetben mérlegelni kellett, hogy a mágnesezettség az illető kőzet keletkezése utáni tektonikai fázisokhoz viszonyítva elsődleges vagy utólagos. Ezt egzakt módon a paleomágnesességben használatos gyűrődési (billenési) teszttel végeztük el a projekt keretében vizsgált területek mindegyikére, kivéve a 2, 3, 5 és 14 (1. ábra) számúakat, ahol csak (vagy dominánsan) vulkáni kőzeteket tudunk mérni, vagy ahol a rétegek vízszintesek voltak. Ilyenkor azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a mágnesezettség elsődleges (így a rotáció alsó korhatára a kőzet korához kötött). Megállapíthattuk, hogy egy-egy területen akár idősebb, akár fiatalabb volt a mágnesezettség a deformációnál, a rotáció iránya és szöge ugyanaz volt, így mindenütt egyetlen bádeni utáni rotációval kell számolnunk. A rotáció azonban a Kárpát-medence nem minden részén azonos korú, hiszen néhány millió év különbség biztosan van az északkeleti és a délnyugati területek között (utóbbiak fiatalabbak, 2. ábra).

A feszültségtér fejlődése és paleomágneses adatok összevetése a Dunántúlon és a Mura-medence–Pohorje területén

Amennyiben elfogadjuk, hogy a kb. 30°-os nyugati deklinációval jellemzett paleomágneses adatok forgásként értelmezhetők, akkor ennek tükröződnie kell a feszültségtér adatokban. Erre van is lehetőség mind a Dunántúli-középhegységben, mind a Soproni-hegységben, mivel a miocén végén vagy a pliocén elején felismerhető vagy inkább sejthető egy óramutató járásával egyező változás a tenzió irányában (KDK-ről DK-re). Ez értelmezhető a kőzetek forgásával. Megjegyzendő azonban, hogy a rossz feltártsági viszonyok miatt a feszültségtér változásának egyidejűsége az egész Dunántúlon nem teljesen igazolt (részben a pannon üledékek meglévő korolási bizonytalansága miatt); az idősebb és fiatalabb fázisok tengelyirányai közötti különbség elég kicsi, és tengelyirányok gyakran csak becsülhetők.

A Mura-medence mikrotektonikai elemzése miocén végi–pliocén deformációt mutatott ki, amelynél a terület nyugati rotációja fiatalabb. A Pohorjeiben nem tudunk határozottan állást foglalni a forgás és feszültségtér viszonyát illetően, habár vannak indikációk arra nézve, hogy a feszültségtengelyek változása óramutatóval egy irányban történt, ami megfelelne egy ellenkező irányú kőzetet ért forgásnak.



2. ábra. A paleomágneses módszerrel kimutatott rotációk kora a Kárpát-medence különböző területein. A számok és a rövidítés az oszlopok felett az első ábrára vonatkoznak. Az oszlopok mellett a kisebb számok a kort jelentik millió évben, a nagyobb számok a rotáció szögét. Az oszlopok belsejében használt rövidítések a következők: CCW: óramutató járásával ellentétes; rot: forgás; no rot: a forgás befejeződése. A 12. és 13. számú területek a Pannon-medence déli részéhez csatlakoztathatók, azon az alapon, hogy a legfiatalabb kőzet, amelyen forgást mértünk, pannóniai korú, míg a 6. terület Dézs tufája (amely a paleomágneses eredmények forrása) megfeleltethető a kelet-szlovákiai-medence bádeni korú tufáinak, és mindkét medence a Transzkárpáti-depresszióhoz tartozik. Az 1, 2 és 14 helyeken megfigyelt rotációk csak úgy illeszthetők a jelentésben leírt geodinamikai fejlődéstörténetbe, ha feltételezzük, hogy ezek nem regionális jellegűek, hanem vízszintes eltolódási vonalakkhoz kapcsolódnak

Fig 2. Age of the paleomagnetically indicated rotations in the Pannonian basin

Az eredmények geodinamikai jelentősége

Bádeninél fiatalabb, óramutató járásával ellentétes irányú rotációk a Kárpát-medence több pontján jelentkeznek, de vannak olyan területek is (1. ábra, IWC), ahol nagyszámú paleomágneses adat (K/Ar korokkal alátámasztva) igazolja, hogy az utolsó forgás a bádeniben történt. A szarmata előtti rotációkat az alpi területéről való kiszökéssel és a Nyugati-Kárpátokban végbement szubdukcióval lehet összefüggésbe hozni. Az észak-magyarországi paleogén medence területén ezek a folyamatok nagyobb, a szubdukciós fronttól távolabb, a Dunántúli-középhegységben kisebb nyugati rotációval jártak (2. ábra, 3. és 2. oszlop). A későbbiekben az észak-magyarországi paleogén medence (és valószínűleg az egész Belső-nyugati Kárpáti terület) északhoz képest nem fordult el. Ugyanakkor az 1. ábrán látható 3, 4, 5, 6 területek nyugati rotációját a szarmata-

pannon határ környékén nagyszámú paleomágneses adat mutatja. Ezt a rotációt is szubdukciós hatásnak tulajdoníthatjuk, hiszen a szubdukció a Kárpátok északkeleti szegmensében még aktív volt, amikor a nyugati szegmensben már befejeződött.

A Kárpát-medence déli és nyugati részén megfigyelt, legfiatalabb forgások az Adriai-mikrolemez északra irányuló mozgásával és nyugati rotációjával lehetnek kapcsolatosak. Itt megjegyzendő, hogy éppen a Kárpát-medencében megfigyelt legfiatalabb forgások geodinamikai értelmezése szempontjából volt döntő jelentőségű az a vizsgálat, amelyet részben a jelen projekt keretében (részben az Alpok-Adria program finanszírozásában) stabil Isztriáról az adriai terület eocén utáni nyugati rotációját bizonyító adatokat szolgáltatott [MÁRTON et al. 2003, MÁRTON 2006].

HIVATKOZÁSOK (a pályázat eredményein kívül)

- BADA G., FODOR L., SZÉKELY B., TIMÁR G. 1996: Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mts. N. Hungary. *Tectonophysics* **255**, 269–290
- CSILLAG G., FODOR L., PEREGI Zs., ROTH L., SELMECI I. 2002: Pliocene–Quaternary landscape evolution and deformation in the Eastern Vértes hills (Hungary): The heritage and reactivation of Miocene fault pattern. *Geologica Carpathica* **53**, special issue, 206–208
- DUDKO A. 1991: A Balaton-felvidék szerkezeti elemei. Kirándulásvezető, MÁFI, 60 o.
- FODOR L. 1991: Evolution tectonique et paléo-champs de contrainte oligocène et quaternaire dans la zone de transition des Alpes Orientales–Carpathes Occidentales: Formation et développement des bassins de Vienne et Nord-Pannoniens. Thèse de Doctorat (Ph.D. thesis), Université P. et M. Curie, Paris, 215 p.
- FODOR L. 1995: From transpression to transtension: Oligocene–Miocene structural evolution of the Vienna basin and the Eastern Alpine–Western Carpathian junction. *Tectonophysics* **242**, 151–182
- FODOR L. 1997: Szerkezetföldtani vizsgálatok a bakonyi szeizmikus szelvény mentén. Kézirat, MOL Rt., 113 p., 26 melléklet
- FODOR L., BENKOVICS L., GERNER P., MAGYARI A., PALOTÁS K., ROSTA É. 1989: A Sopron–Kismartoni medence neogén szerkezetföldtana. Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlése, Absztrakt kötet, p. 43. Sopron
- FODOR L., MAGYARI A., FOGARASI A., PALOTÁS K. 1994: Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. *Földtani Közlöny* **124**, 129–305
- MAGYAR I., GEARY D. H., MÜLLER P. 1999: Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **147**, 151–167
- LESIC V., MÁRTON E., CVETKOV V. 2007: Tertiary rotations detected in the Fruška Gora (South Pannonian Basin) by paleomagnetic measurement. *Geologica Carpathica* **58**, 2
- MÁRTON E. 2006: Paleomagnetic evidence for Tertiary counter clockwise rotation of Adria with respect to Africa. In: Pinter N., Grenerczy Gy., Weber J., Stein S., Medak D. (Eds): *The Adria microplate: GSP Geodesy, Tectonics and Hazards*. NATO Science Series IV–61, 71–80
- MÁRTON E., DROBNE K., ČOSOVIĆ V., MORO A. 2003: Palaeomagnetic evidence for Tertiary counter clockwise rotation of Adria. *Tectonophysics* **377**, 1–2, 143–156
- MÁRTON E., FODOR L. 2003: Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary): sign for rotational disintegration of the Alcapa unit. *Tectonophysics* **363**, 3–4, 201–224
- MÁRTON E., JELEN B., TOMLJENOVIC B., PAVELIC D., POLJAK M., MÁRTON P., AVANIC R., PAMIC J. 2006a: Late Neogene counterclockwise rotation in the SW part of the Pannonian Basin. *Geologica Carpathica* **57**, 41–46.
- MÁRTON E., FODOR L., JELEN B., MÁRTON P., RIFELJ H., KEVRIC R. 2002b: Miocene to Quaternary deformation in NE Slovenia: complex paleomagnetic and structural study. *Journal of Geodynamics* **34**, 627–651
- MÁRTON E., PAVELIC D., TOMLJENOVIC B., AVANIC R., PAMIC J., MÁRTON P. 2002a: In the wake of a counter clockwise rotating Adriatic microplate: Neogene paleomagnetic results from Northern Croatia. *International Journal of Earth Sciences* **91**, 514–523
- MÁRTON E., PAVELIC D., TOMLJENOVIC B., MÁRTON P., AVANIC R. 2005: Paleomagnetic investigations in the Croatian part of the Pannonian basin: a review. *Acta Geologica Hungarica* **48**, 2, 225–233
- MÁRTON E., TISCHLER M., CSONTOS L., FÜGENSCHUH B., SCHMID S. M. 2007: The contact zone between ALCAPA and Tisza–Dacia megatectonic units of Northern Romania in the light of new paleomagnetic data. *Eclogae Geologicae Helveticae* **100**
- MÁRTON E., TOKARSKI A. K., HALÁSZ D. 2004: Late Miocene counter clockwise rotation of the Pieniny andesites at the contact of the Inner and Outer West Carpathians. *Geologica Carpathica* **55**, 5, 411–419
- MÁRTON E., TRAJANOVA M., ZUPANČIČ N., JELEN B. 2006b: Formation, uplift and tectonic integration of a Periadriatic intrusive complex (Pohorje, Slovenia) as reflected in magnetic parameters and palaeomagnetic directions. *Geophysical Journal International* **167**, 1148–1159
- MÁRTON E., VASS D., TÚNYI I. 2000: Counter clockwise rotations of the Neogene rocks in the East Slovak Basin. *Geologica Carpathica* **51**, 3, 159–168
- TÚNYI I., MÁRTON E., ŽEC B., VASS D. 2005: Paleomagnetism of Neovolcanics of the Vihorlatské vrchy Mts. *Mineralia Slovaca* **37**, 268–271

A PÁLYÁZAT EREDMÉNYEI

- BAUMGART-KOTARBA M., MARCAK H., MÁRTON E. 2004: Rotation along the transverse transforming Orava strike-slip fault: based on geomorphological, geophysical and paleomagnetic data (Western Carpathians). *Geologica Carpathica* **55**, 3, 219–226
- FODOR L., JELEN B., MÁRTON E., RIFELJ H., KRALJIC M., KEVRIC R., MÁRTON P., KOROKNAI B., BÁLDI-BEKE M. 2002: Miocene to Quaternary deformation, stratigraphy and paleogeography in Northeastern Slovenia and Southwestern Hungary. *Geologija* **45**, 1, 103–114