

A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza: Euro-konform térképsorozat és magyarázó

HORVÁTH FERENC (témavezető)¹, BADA GÁBOR¹, WINDHOFFER GÁBOR¹,
CSONTOS LÁSZLÓ², DOMBRÁDI ENDRE¹, DÖVÉNYI PÉTER¹, FODOR LÁSZLÓ³,
GRENERCZY GYULA⁴, SÍKHEGYI FERENC³, SZAFIÁN PÉTER¹, SZÉKELY BALÁZS¹,
TIMÁR GÁBOR¹, TÓTH LÁSZLÓ⁵, TÓTH TAMÁS⁶

OTKA nyilvántartási szám: T 034928 (2001–2004)

A projekt fő célkitűzése a Pannon-medencéből és tektonikai környezetéből származó neotektonikai vonatkozású geo-információk (földtani, geofizikai, morfológiai és geodéziai) összegyűjtése, integrációja, adatrendszerbe szervezése, valamint az adatok egységes szemléletű kiértékelése volt. Az adatrendszereket egy 10 térképlapból álló tematikus térképsorozatban jelenítettük meg, az egyes térképlapokhoz pedig térképmagyarázókat készítettünk. A projekt fő eredményének az így létrehozott geodinamikai atlaszt és a mögötte álló adatbázist tekintjük, amely tartalmazza és ábrázolja a Pannon-medence jelenkori geodinamikájának megítélése szempontjából legfontosabbnak ítélt földtudományi információkat.

F. HORVÁTH, G. BADA, G. WINDHOFFER, L. CSONTOS, E. DOMBRÁDI, P. DÖVÉNYI, L. FODOR, GY. GRENERCZY, F. SÍKHEGYI, P. SZAFIÁN, B. SZÉKELY, G. TIMÁR, L. TÓTH, T. TÓTH: Atlas of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: Euroconform maps with explanatory text

The project aimed at the acquisition, integration and integrated interpretation of the available data related to neotectonic activity in the Pannonian basin. A GIS database comprising geological, geophysical, morphological and geodetic information has been built. The elements of this complex neotectonic database, and the main inferences and conclusions obtained during the project have been presented in a thematic map series complemented with corresponding explanatory text. The geodynamic atlas and the established database consisting the most relevant geo-information on the present-day geodynamics of the Pannonian basin are considered as the primary result of the project.

Bevezetés

A kutatómunka első fázisában a Pannon-medencében és tágabb környezetében az elmúlt évek során megszerzett neotektonikai vonatkozású geológiai és geofizikai információk összegyűjtését, adatrendszerbe szervezését és az adatbázisok kibővítését végeztük el. Az adatok részben publikált monográfiákból, cikkekből és térképekből, részben kéziratok jelentésekből, részben pedig a projektben résztvevők nemzetközi kapcsolatait felhasználva kerültek beszerzésre. A földtani és geofizikai információk megjelenítéséhez szükséges volt egy egységes térképi alap létrehozása is, melyhez több alaptérképet, ill. domborzati adatbázist használtunk fel. Kiindulásképpen valamennyi térképlap alapját nagy felbontású digitális domborzati modell alapján készített, a Pannon-térség domborzatát és vízrajzát megjelenítő, domborzati térkép biztosította. A projekt egyik legfontosabb eleme a térinformatikai (GIS) alapú megközelítés volt: a különböző adatok azonos koordináta-rendszerbe kerültek és minden

egy-egy földtani adatrendszer egy közös, lekérdezhető adatbázisba épült be. Ezzel lehetőség nyílt a felhasznált adatok tetszőleges kombinációjú megjelenítésére, összehasonlítására és együttes elemzésére. Ez a platform tehát ideális lehetőséget teremtett arra, hogy a projekt második fázisában az adatok egységes szemléletű, integrált értelmezését elvégezzük. Ezzel a fokozatos megközelítéssel az adatok kiértékelése és a jelenkori geodinamikai folyamatokra vonatkozó következtetések levonása interaktív módon, az elképzeléseket folyamatosan ütköztetve, ill. egyeztetve történt meg. A projekt végtermékeként így létrehozott geodinamikai atlasz a következő 11 tematikus térképlapot, valamint az azokhoz tartozó térképmagyarázókat tartalmazza:

- nagy felbontású digitális terepmodell, indextérkép,
- kéregvastagság,
- litosféra-vastagság,
- hőáram,
- gravitáció,
- szeizmicitás,
- recens feszültségtér és reológia,
- morfológiák elemek,
- neotektonikai (aktív) szerkezetek,
- horizontális és vertikális kéregmozgás,
- jelenkori geodinamika: szintézis.

Eredmények

A projekt keretében elvégeztük a Pannon-medence és földtani környezetének neotektonikai, ill. jelenkori

¹ ELTE Geofizikai Tanszék,
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

² ELTE Általános és Történelmi Földtani Tanszék,
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

³ Magyar Állami Földtani Intézet,
H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

⁴ FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatórium,
H-1592 Budapest, Pf. 585

⁵ MTA GGKI Szeizmológiai Observatórium,
H-1112 Budapest, Meredek u. 18.

⁶ Geomega Kft., H-1095 Budapest, Mester u. 4.

geodinamikai szintézisét. A térképlapok részletes bemutatása helyett inkább azokat az eredményeket emelnénk ki, ahol jelentős előrelépés történt korábbi ismereteinkhez képest.

A Pannon térség kéreg- és litoszféra-vastagsága

A Pannon-medence és környezetének kéreg- és litoszféra-vastagságát ábrázoló térkép számos ponton javult. A kéreg vastagsága tekintetében felhasználtuk a Pannon-medence magyarországi részén mért regionális kéregkutató szelvényeket, amelyeket kiegészítettünk gravitációs modellszámításokkal a Moho felület hitelesebb meghatározása érdekében. A Moho-térkép ugyanakkor pontosabb lett a Déli-Kárpátok területén és szintén jelentős mértékben bővült az ismeretünk a Keleti-Alpok kéregszerkezetének megismerése területén is. A litoszféra-vastagság térkép két területen javult számottevően, mégpedig ott, ahol a folyamatban lévő kontinens/kontinens kollízió eredményeképpen jelentős mértékű alátolódott litoszféranyúlványok vannak. Ilyen a Keleti-Alpok területe, valamint a Vrancea-zóna. A Pannon-medence területén az új magnetotellurikus értelmezés, valamint lokális szeizmikus tomográfia javította a litoszféra-vastagság térképét. A térképlapok hitelessége továbbra sem megnyugtató az adathiányos területeken. Ilyenek az Erdélyi-medence és az Erdélyi-középhegység, valamint a Pannon-medence délkeleti (bácskai-bánáti) elvégződése. A hiányosságok ellenére biztosan állíthatjuk, hogy mindkét térkép a Pannon-medence és orogén környezetének fő jellegzetességét hitelesen ábrázolja. A medence-rendszer az orogén íven belül elhelyezkedő extenziós terület, ahol a kéreg változó mértékben kivékonyodott a köpenylitoszférával együtt. Az orogének kéreg- és litoszféra-vastagságai jelentősen eltérnek egymástól annak megfelelően, hogy a Keleti-Alpokban és a Keleti-Kárpátokban kontinentális kollízió zajlik (zajlott), míg a Nyugati-Kárpátok és a Dinaridák területén a neogén kinematikát a litoszféablokkok egymás melletti (transzkurrens, ill. transzpressziós) elmozdulása jellemezte.

A Pannon térség földi hőáramsűrűsége

A földi hőáramsűrűség vonatkozásában új adatrendszert készítettünk Magyarországra, a Pannon-medence középső részére vonatkozóan is. Az eredetileg 28 hőáram-meghatározást tartalmazó adatbázist mintegy 1500 becsült hőáram értékkel egészítettük ki, alapvetően megnövelve hőáram-térképünk pontosságát. A hőáramot fúrólukokban végzett megbízható hőmérsékletmérések és számított hővezetőképességek segítségével becsültük. A hővezető-képességeket a fűrási rétegsorok mentén, a neogén törmelékes üledékek hővezető-képességének mélységfüggését, más kőzetek esetén pedig mélységfüggetlen átlagos hővezető-képességeket figyelembe véve határoztuk meg. Az adatok megfelelő mértékben fedik le a vizsgált területet a Keleti-Alpok és az Erdélyi-szigethegység kivételével, ahonnan csak igen kevés hőáramérték ismert. Új földi hőáramsűrűség-térképünk nagy része megfelelően alátámasztott megbízható fúróluk-hőmérséklet és hővezetőképesség-meghatározásokon alapuló hőáramadatokkal, de a Keleti-Alpokban és a Pannon-medence legdélebbi részén a nagy kiterjedésű pozitív anomáliák megerősítésére további mérések szükségesek. A Pannon-medence jól ismert neogén

geodinamikai fejlődéstörténete és a jelenlegi kéregszerkezet megalapozott magyarázatot ad a regionális hőáram képre, azonban néhány helyi anomália eredete kérdéses. Részletes vizsgálatok, pl. regionális és lokális léptékű numerikus modellezések segíthetnek a feltételezhetően konvekciós eredetű kisebb anomáliák magyarázatában.

A Pannon térség jelenkori feszültségtér és reológiai

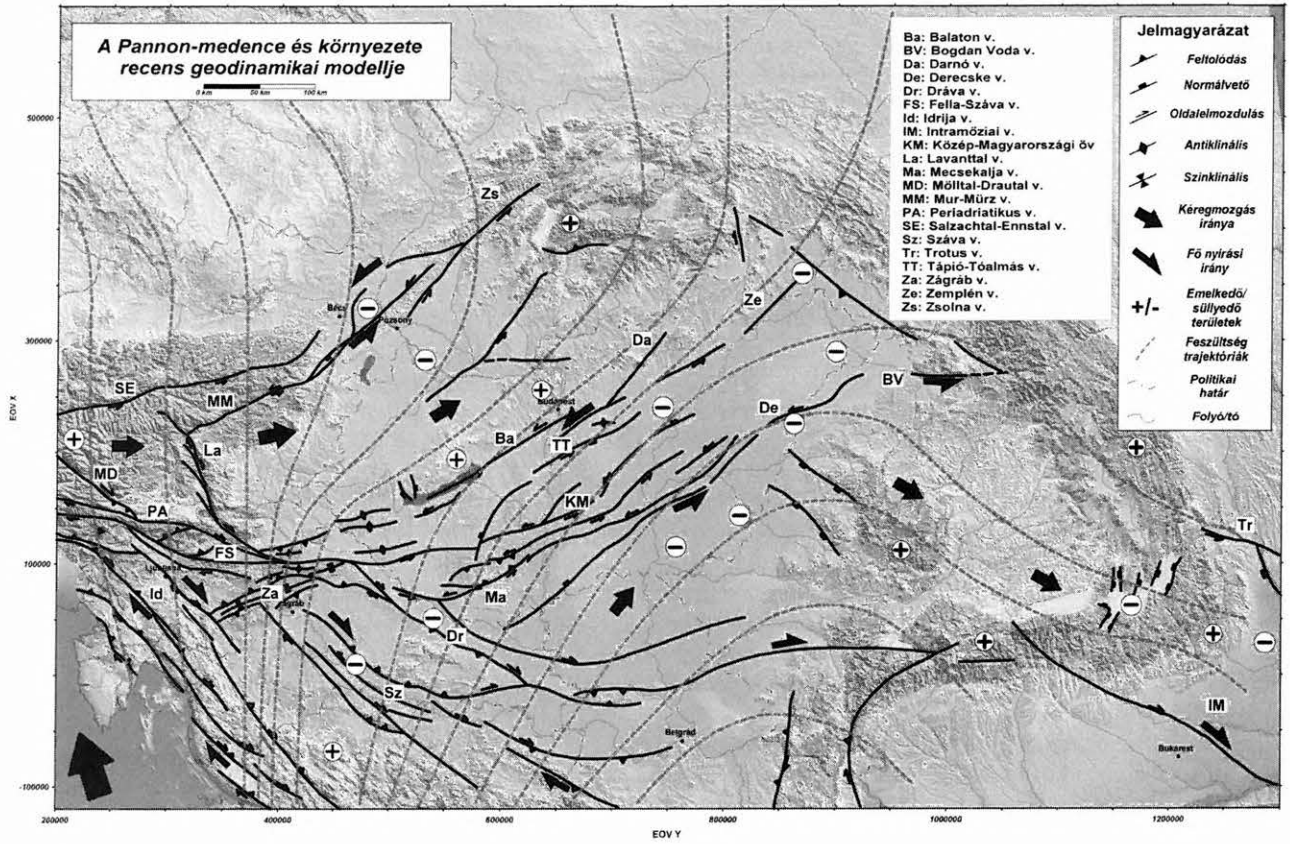
A jelenkori deformációs kép kialakításában a kőzet-feszültségek — az alakváltozást előidéző erőhatásként — és a deformálódó litoszféra mechanikai szilárdsága (erőssége vagy éppen gyengesége) döntő szerepet játszanak. Emiatt ezen adatrendszerek igen nagy jelentőséggel bírtak az adatbázisok integrációjánál és a jelenkori geodinamikai kép szintézisének kidolgozása során. A Pannon térségben folyó ipari és szeizmológiai kutatások, valamint nemzetközi tudományos programok eredményeként jelentős számú (több száz) feszültségmeghatározás történt, melyek ugyan változó sűrűséggel, de csaknem az egész vizsgált területet lefedik. A projekt során a rendelkezésre álló és időközben begyűjtött adatok egy konzisztens adatrendszerbe kerültek, amely összesen több mint 700 feszültségi adatot tartalmaz. Ezek között meg kell említeni a földrengések fészekmechanizmusából származó, igen fontos feszültségi adatokat is, melyeket az utóbbi időben éves rendszerességgel publikálnak.

A Pannon térségben a jelenkori feszültségtér laterálisan változó képet mutat. A legmarkánsabb változás a feszültségtérben a vizsgált terület délnyugati részein jelentkezik. SH iránya a Déli-Alpokról a Dinári-hegységen keresztül annak délkeleti szegélyéig (Szerbia–Montenegró) az óramutató járásával megegyező módon elfordulni látszik: míg az utóbbi területen ÉK–DNY, a Déli-Alpokban közel ÉÉNY–DDK a kompresszió iránya. A Pannon-medence központi és keleti vidékein — erősen generalizálva — ugyanez nagyjából ÉK–DNY-i csapású, amely fokozatosan közel ÉNY–DK-ivé válik az Erdélyi-középhegység, az Erdélyi-medence majd a Keleti-Kárpátok területén (Vrancea-zóna). A Nyugati-Kárpátokban és különösen annak északi előterében a nyomás iránya közel merőleges a hegylanc ívére: nyugatabbra ÉNY–DK-i, ami keletebbre fokozatosan megint ÉK–DNY-ivá válik. A fenti nagyléptékű változás alapján tehát elmondhatjuk, hogy SH uralkodó iránya az Adriai partvidéktől északraleti irányban — előbb a Pannon-medence belsejében, majd tovább a Kárpátok ívének irányában — legyezőszerűen szétseprűződik, azaz elfordul, létrehozva a Pannon térség recens feszültségtérnek jellegzetes képét.

A Pannon térség reológiai szilárdsága — hasonlóan a feszültségtérhez — jelentős laterális inhomogenitást mutat. A kivékonyodott kérgű, átfűtött medenceterületek szilárdsága igen alacsony, a kontraszt különösen a Kelet-európai platformmal és az Adriai-lemezzel összehasonlítva szembe-tűnő. Mivel a reológiai paramétereket elsősorban a litoszféra hőmérséklete határozza meg (hideg területek: erős litoszféra, meleg területek: „puha”, képlékeny litoszféra), ezért nem meglepő, hogy a magas hőárammal jellemezhető Keleti-Alpok szilárdsága is igen alacsony. A Pannon-medence és az alpi orogén litoszférája tehát a lemezen belüli feszültségek hatására viszonylag könnyen, javarészt képlékenyen deformálódik. Kőzetmechanikai megfontolások alapján —

valamint figyelembe véve a térség geodinamikai pozícióját az alpi kollíziós övben — ezeket a területeket jelenleg is aktívan deformálódónak kell tekintenünk. A feszültségek egy jelentős része azonban nem földrengések, hanem kép-

lényen deformáció, a litoszféra meghajlása, gyűrődése útján oldódik ki. Ez fontos következményekkel bír a térség horizontális és vertikális deformációs képére egyaránt.



A Pannon-medence és környezetének geodinamikai modelljét bemutató szintézistérkép, mely ábrázolja a horizontális és vertikális kéregmozgásokat, a jelenkori feszültségtér simított irányait, valamint a főbb szerkezeti vonalakat

Geodynamic model of the Pannonian basin and its surroundings. The synthesis map illustrates horizontal and vertical crustal motion, the smoothed present-day stress field and the main structural elements

A Pannon térség neotektonikus (aktív) szerkezetei

A neotektonikus szerkezeteket bemutató térképünk szerkesztése során, tekintettel arra, hogy a terület nagy részén a pannóniai üledékek kisebb-nagyobb vastagságban, de csaknem mindenütt megtalálhatók, neotektonikus szerkezetnek tekintettünk minden olyan törést és redőt, amely pannon s.l. (pannóniai s.str. és pontusi), pliocén és negyedidőszaki képződményeket deformál. Ezek között természetesen számos aktív és inaktív szerkezet is megtalálható, a korrekt térképszerkesztés miatt azonban — mivel elkülönítésük gyakran nem lehetséges — ezeket együtt kellett feltüntetnünk. A fentiek fényében megállapíthatjuk, hogy a Pannon térség neotektonikai térképe a biztosan a miocén utáni, azaz a 6 millió évnél fiatalabb szerkezeteket mutatja be.

A szerkesztésnél a különböző részterületekre átvett neotektonikai térképeket egységesen EOV rendszerben digitalizáltuk. Ahol szükségesnek éreztük, a szerkezeti elemeket újraértelmeztük és módosítottuk, valamint az egyes szerkezeti zónákat laterálisan egymással korreláltuk. Így az egész területre egységes térképet sikerült létrehozni, amely az első ilyen típusú, szintézis jellegű munkának tekinthető a Pannon térségben. Mivel a szerkezetek jelentős része

idősebb törések ismételt felújulásához köthető, ezért a pre-neogén aljzat tektonikai térképét is felhasználtuk a fedett és fedetlen területeken egyaránt. A szerkesztésnél ezenkívül segítségünkre volt a pre-neogén aljzattmélység térképe, a gravitációs (Bouguer-) anomália-, ill. annak gradienstérképe, a terület morfostrukturális vázlata és természetesen a szeizmiticitás térkép is a földrengések epicentrumainak eloszlásával.

A Pannon térség horizontális és vertikális kéregmozgása

A horizontális kéregmozgások sebességének meghatározása GPS mérések kiértékelésével történt. A rendelkezésre álló GPS sebességadatok alapján egy simított, szabályos rácshálóba interpolált GPS kéregmozgás-sebességmező is készült. A térképen kiderül, hogy a horizontális sebességi viszonyok a Pannon térségben meglehetősen heterogén képet mutatnak, mind a mozgási irányok, mind pedig a mozgás gyorsaságának tekintetében. A leggyorsabban az adriai térség (Adriai-mikrolemez) mozog, a stabil európai térséghez képest ÉÉK-i irányban, mintegy 3–4,5 mm/év sebességgel. Az Adriai-Alpok kollíziós öv meglehetősen keskeny, itt az É–D-i térrövidülés üteme átlagosan

2,3 mm/év. Ez az északi konvergencia az alpi orogén belsejében nem vagy csak alig észlelhető. Ezzel szemben az ALCAPA egység kb. 1–1,5 mm/év sebességgel préselődik keleteti irányba a Pannon-medence belseje felé. Ez a mozgás a Kárpátok felé fokozatosan lecsökken, majd az észlelhetőségi küszöb alá kerül. Adria és a Dinaridák közötti kontrakció üteme 4,5 mm/év, ami egy meglehetősen széles sávban, gyakorlatilag a teljes Dinaridák területén oszlik el. A térrövidülésből a Pannon-medence belsejébe is jócskán jut: a mérések tanúbizonysága szerint a Pannon-medencében észlelt kontrakció (medenceinverzió) üteme kb. 1–2 mm/év.

A vertikális kéregmozgásokat ábrázoló térképen kijelöltük a negyedidőszak folyamán süllyedt és emelkedett, valamint a köztes, nagyjából stabilnak tekinthető területeket. Az első kísérletek eredményeit nagymértékben pontosítottuk részben a pleisztocén és holocén üledékek fációs vizsgálatával, részben szeizmikus szelvények sztratigráfiai elemzésével, részben pedig izotópos vizsgálatok eredményeinek felhasználásával. A vertikális kéregmozgások sebességének meghatározása azonban csak néhány helyen volt lehetséges, a regionális léptékben vett vertikális sebességtér meghatározása még számos vizsgálatot igényel. Összefoglalásként elmondható, hogy — leszámítva a Kis- és Nagyalföld, valamint a Bécsi-, a Dráva- és Száva-medence süllyedő részeit — a Pannon-medence és a környező hegyláncok nagy része a negyedkorban és napjainkban is emelkednek. A hagyományos geodéziai szintézis eredményei szerint mind az emelkedés, mind pedig a süllyedés üteme évenként kb. 1–2 mm-re tehető. A vertikális mozgások sebessége középhegységeink bizonyos területein a legújabb izotópos elemzések alapján jól becsülhető. A Dunakanyar sziklateraszainak kitettségi korvizsgálata azt mutatja, hogy a Duna völgye a Visegrádi-szorosban az utóbbi 150–250 ezer évben alakult ki. A folyóteraszok kora ennek megfelelően kb. 1,6–2,6 mm/év bevágódást és ezzel lépést tartó kiemelkedési ütemet valószínűsít. A süllyedő területeken — leszámítva az antropogén hatásokat (vízkivétel, szénhidrogén-bányászat) — a differenciális kéregmozgás mértéke ennél lassabb: a Tisza teraszainak vizsgálata az Alföld nagyléptékű, 0,1–0,2 mm/év ütemű, tektonikus eredetű, nyugati irányú billenését valószínűsíti.

A Pannon térség jelenkori geodinamikája: szintézis

A geodinamikai atlasz további, tektonikai szempontból fontos jellegzetességeket mutató térképei és a kapcsolódó kvantitatív értelmezések alapján felvázolható egy egyszerűsített modell, amely a vizsgált terület recens fejlődéstörténetét geodinamikai szempontból magyarázni képes.

Röviden összefoglalva megállapítható, hogy a húzásos eredetű Pannon-medence és a környező orogén hegyláncok jelenleg döntően kompressziós erőhatások alatt állnak. A medencerendszerre ez idő szerint több irányból is aktív nyomófeszültség, kompresszió hat. Ezek közül a régiótól délre elhelyezkedő Adriai-mikrolemezzel északi mozgásából és óramutató járásával ellentétes irányú forgásából fakadó, a Dinári-hegység peremére ható aktív nyomás (Adria-nyomás) tekinthető felelősnek a Pannon térség recens, főképp eltolódásos, ill. kompressziós jellegű feszültségterének létrejöttéért. Az Adriai-mikrolemez mozgásának irányát űrgeodéziai mérések és szeizmotektonikai

vizsgálatok eredményei is alátámasztják. Ezen a vidéken intenzív deformáció és erős földrengés tevékenység tapasztalható, az aktív törésvonalak — többnyire fel- és eltolódások — viszonylag pontosan kijelölhetők. Az Adria-nyomás hatása a Pannon-medence belsejéig jól nyomon követhető. A feszültségi rezsim szisztematikusan laterális megváltozása azonban azt mutatja, hogy Adriától távolodva ez a hatás egyre kevésbé hangsúlyos. A terület délnyugati peremvidékeitől a medence belseje felé haladva a feszültségi rezsim fokozatosan változik előbb feltolódásosból (Friuli) transzpressziós jellegűvé (Dinaridák), majd a medence belsejében eltolódásos (Dunántúl nagy része), néhol transztenziós (Derecske) karakterűvé. A terület recens geodinamikáját magyarázó másik fundamentális kinematikai hatás az ALCAPA egység folytatódó, közel keleti irányú extrúziója. A Pannon-medence extenziójának megszűnte után egy új, alapvetően kompressziós feszültségtér kezdett el kialakulni nagyjából a pliocén végétől, a negyedidőszak kezdetétől. Ennek jellegét alapvetően az afrikai eredetű Adriai-mikrolemez és Európa konvergenciája, ezen belül pedig az ALCAPA egység folytatódó, de keleti irányban fokozatosan lassuló kiszökése határozza meg. Megállapíthatjuk tehát, hogy egymástól teljesen független (kőzetfeszültség, űrgeodéziai, szerkezetföldtani) adatrendszerek egyaránt a Pannon-medencében zajló aktív térrövidülést, a medence szerkezeti inverzióját bizonyítják.

FONTOSABB PUBLIKÁCIÓK

- BADA G. (Ed.) 2001: Quantitative neotectonics and seismic hazard assessment: New integrated approaches for environmental management. 3rd St. Mueller Topical Conference of the European Geophysical Society, Abstract Book, 75 p. (Balatonfüred)
- BADA G., HORVÁTH F., TÓTH L., FODOR L., TIMÁR G., CLOETINGH S. 2006: Societal aspects of ongoing deformation in the Pannonian region. In: PINTER N., GRENERCZY GY., WEBER J., STEIN S., MEDAK D. (Eds), The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards. NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, Springer Verlag 61, 385–402
- CLOETINGH S., BADA G., MATENCO L., LANKREIJER A., HORVÁTH F., DINU C. 2006: Neotectonics of the Pannonian-Carpathian system: Inferences from thermo-mechanical modelling. In: GEE D. G., STEPHENSON R. A. (Eds) European Lithosphere Dynamics, Geological Society, London, Memoirs, 32, 207–221
- CLOETINGH S., HORVÁTH F., DINU C., STEPHENSON R. A., BERTOTTI G., BADA G., MATENCO L., GARCIA-CASTELLANOS D., the TECTOP Working Group 2003: Probing tectonic topography in the aftermath of continental convergence in Central Europe. EOS, Transactions, AGU 84, 10, 89–93
- CLOETINGH S., MATENCO L., BADA G., DINU C., MOCANU V. 2005: The evolution of the Carpathians–Pannonian system: Interaction between neotectonics, deep structure, polyphase orogeny and sedimentary basins in a source to sink natural laboratory. Tectonophysics 410, 1–14
- CLOETINGH S., ZIEGLER P., BEEKMAN F., ANDRIESEN P., MATENCO L., BADA G., GARCIA-CASTELLANOS D., HARDEBOL N., DEZES P., SOKOUTIS D. 2005. Lithospheric memory, state of stress and rheology: Neotectonic controls on Europe's intraplate continental topography. Quaternary Science Reviews 24, 3–4, 241–304
- FODOR L., BADA G., CSILLAG G., HORVÁTH E., RUSZKICZAY-RÜDIGER ZS., SÍKHEGYI F. 2005: New data on neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian

- Basin. Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary 204, 35–44
- FODOR L., BADA G., CSILLAG G., HORVÁTH E., RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs., HORVÁTH F., CLOETINGH S., PALOTÁS K., SÍKHEGYI F., TIMÁR G. 2005: An outline of neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian basin. *Tectonophysics* **410**, 15–41
- GRENERCZY G., FEJES I., KENYERES A. 2002: Present crustal deformation pattern in the Pancardi region: Constraints from space geodesy. *EGU Stephan Mueller Spec. Publ. Ser. 3*, p. 65–78
- HORVÁTH F., BADA G., SZAFIÁN P., TARI G., ÁDÁM A., CLOETINGH S. 2006: Formation and deformation of the Pannonian basin: Constraints from observational data. *In: GEE D. G., STEPHENSON R. A. (Eds.), European Lithosphere Dynamics*, Geological Society, London, *Memoirs*, **32**, 191–206
- RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs., DUNAI T., BADA G., FODOR L., HORVÁTH E. 2005: Middle to late Pleistocene uplift rate of the Hungarian Mountain Range at the Danube Bend (Pannonian Basin), using in situ produced ^3He . *Tectonophysics* **410**, 173–187
- RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs., DUNAI T. J., FODOR L., BADA G., LEÉL-ÖSSY Sz., HORVÁTH E. 2005: A negyedidőszaki függőleges kéregmozgások számszerűsítése a Duna völgyében a korábbi kronológiai adatok és új, kozmogén ^3He kitértési kor mérések alapján. *Földtani Közlemény* **135**, 3, 373–403
- RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs., FODOR L., BADA G., LEÉL-ÖSSY Sz., HORVÁTH E., DUNAI T. 2005: Quantification of Quaternary vertical movements in the central Pannonian Basin: review of chronologic data along the Danube river, Hungary. *Tectonophysics* **410**, 157–172
- WINDHOFFER G., BADA G. 2005: Analogue modelling of the formation and deformation of the Derecske trough. *Acta Geologica Hungarica* **48**, 4, 351–369
- WINDHOFFER G., BADA G., NIEUWLAND D., WÓRUM G., HORVÁTH F., CLOETINGH S. 2005: On the mechanics of basin formation in the Pannonian basin: Inferences from analogue and numerical modelling. *Tectonophysics* **410**, 389–415



LENKEY László



POSGAY Károly és FANCSIK Tamás