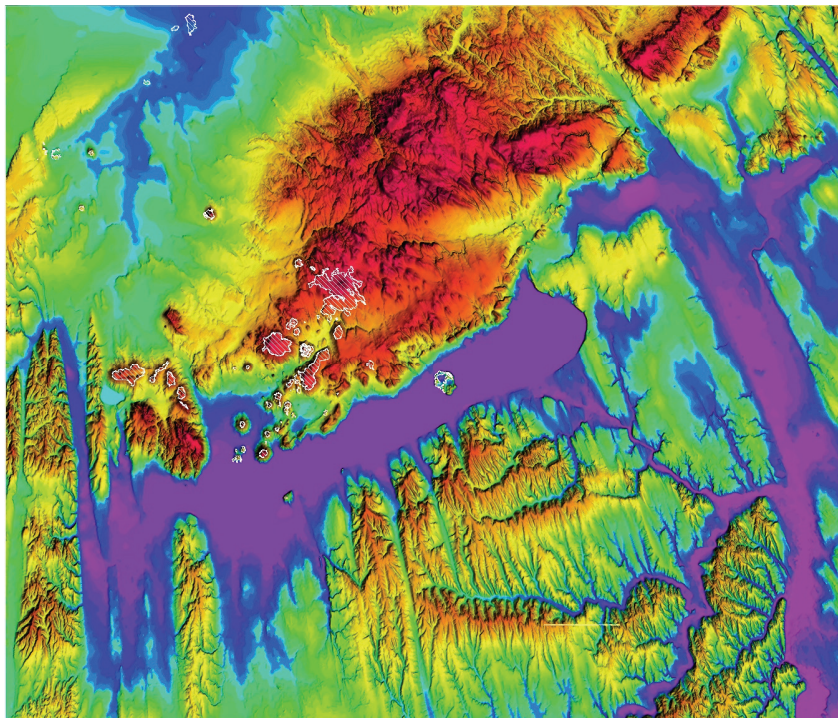


Zárójelentés

a T47104 sz. OTKA pályázatról
(2004-2008)

*A kvarter felszínfejlődés vizsgálata numerikus felszínfejlődési
modellek (SPM), távérzékelte adatok és terepi vizsgálatok
segítségével a Dunántúl középső régiójában*



Összeállította:

Dr. Székely Balázs
tudományos főmunkatárs, témavezető



ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék
Budapest
2009

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. A projektben bekövetkezett változások.....	3
2.1 Változások a projekt időbeli ütemezésében.....	4
2.2 Az adatprodukció módosulása a jogi helyzet következtében.....	5
2.3 Változások a kutatók személyében	5
2.4 A kutatási terület földrajzi kiterjesztése	6
2.5 A projekt költségeinek átcsoportosítása és maradványkeret.....	6
3. Tudományos eredmények	7
3.1 A távérzékelési és térinformatikai kutatások eredményei	9
3.2 A felszínfejlődési modellezés eredményei	9
3.3 Terepi vizsgálatok eredményei	11
A balatoni üledékek és a Balaton keleti medencéjének felszínfejlődése	11
Az Enyingi-hát aszimmetriája	12
Lefolyástalan mélyedések vizsgálata	12
A Piliscsaba-Bernecebaráti vonal neotektonikai aktivitása.....	13
Anomális világos foltok vizsgálata	13
3.4 Dendrokronológiai eredmények.....	13
Sárrét és környéke	13
Bátaapáti környéke	13
3.5 Termokronológiai eredmények	14
Fission track eredmények	14
(U,Th)/He-korok.....	16
3.6 A differenciális vertikális kéregmozgások és a bazaltvulkánok.....	17
4. A projekt közvetett eredményei.....	19
4.1 A projekt egyéb tudományos eredményei	19
4.2 A projekt kihatása az oktatásra	19
4.3 A projekt kihatása a tudományos utánpótlás képzésére	20
4.4 A projekttevékenység hatása az érintett helyi lakosságra	20
5. Összefoglalás	20
6. Publikációk és irodalmi hivatkozások	21
6.1 Megjelent publikációk.....	21
Könyvfejezetek, könyvrészletek	21
Folyóiratcikkek.....	22
Konferenciakiadványban megjelent absztraktok és bővített absztraktok	22
Egyéb absztraktok.....	24
6.2 Készülő és tervezett publikációk.....	24
Benyújtott cikkek	24
Előkészületben lévő kéziratok	24
6.3 A szövegben hivatkozott irodalom	24

1. Bevezetés

A Dunántúl kvarter felszínfejlődése sok megoldatlan kérdést rejt. A korábban dominánsan észak-déli orientáltságú vízhálózat felszabdalódása, völgyi vízvásztók kifejlődése, a Balaton kialakulásával kapcsolatos kérdések, a Balaton-felvidék felszínmintázatának kialakulása, a klasszikus kvázimeridionális völgyrendszerrel kapcsolatos kérdések olyan, a kutatók számára érdekes területté teszi e vidéket már mintegy évszázada, amely még mindig tartogat megoldandó problémákat.

Kutatási projektünkben néhány ilyen kérdésre kerestünk választ. Mint az oly gyakori a kutatásban, a válaszok keresése közben meglepetésekre és újabb kérdésekre leltünk. Az alábbiakban – figyelembe véve a terjedelmi korlátokat – igyekszünk a tevékenységet és annak eredményeit bemutatni.

A jelentés elején néhány szervezési kérdést érintünk. Ez természetesen nem része a tudományos eredményeknek, viszont ez az egyetlen hely, ahol e kérdéseket érdemes és kell érintenünk, hiszen a projektet illetően érdemi módosulások következtek be.

Ezt követően a tudományos eredményekre koncentrálnunk, beépítve a már megjelent publikációk eredményeit, bővebben részletezve azon eredményeket, amelyeket tudományos cikk formájában még nem, vagy csak absztrakt formájában publikáltunk.

Végül bemutatjuk azokat az eredményeket, amelyek a jelen projekt folyamán mintegy melléktermékként keletkeztek: az adatok feldolgozása során felismert, de a projekt közvetlen témájához nem illeszkedő eredményeket foglaljuk itt össze. Itt említjük meg a projekt kihatását az oktatásra, illetve a fiatal kutatók tudományos munkásságának azon részére, amelyet e projekt keretén belül műhelymunkaként végeztek. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy a jelen projekt számára rendelkezésre bocsátott anyagi erőforrások ebben a formában is hatékonyan hasznosultak, ami a projekt szinergikus jellegét erősítette.

A jelentés legvégén egy listát adunk mindazokról a különféle terjedelmű és jellegű publikációkról, amelyek a jelen OTKA pályázattal kapcsolatba hozhatók. Ezt azért tartjuk fontosnak, mert a projekt on-line publikációs jegyzékében a vonatkozó szabályok szerint olyan munkákat nem szabad feltüntetni, amelyek már más formában megjelentek, továbbá egyes publikációtípusok nem is illeszkednek ebbe jellegük miatt, viszont mi lényegesnek tartjuk, hogy egy helyen eredményként egyszer mindezek fel legyenek sorolva. Emellett egy listában felsoroljuk a készülő, illetve tervezett publikációkat is.

2. A projektben bekövetkezett változások

A projektünket az eltelt öt év alatt nemcsak a tudományos tevékenységünk, eredményeink, de a társadalmi környezet érdemi változása is befolyásolta. E szakaszban azt mutatjuk be, hogy a projekt időkerete és a résztvevő kutatók állománya hogyan változott a projekt futamideje alatt. A fenti változásokkal együtt valamelyest változott a célkitűzéseink rendszere is: erre is utalunk e helyen, de a koncepció módosulásait részleteiben a tudományos részben fejtjük ki. Ugyanakkor a kutatási szerződésben rögzített munkatervi pontok számbavételét itt végezzük el.

Az OTKA Iroda a pályázatunk eredeti jelzetét (T47104) időközben K47104-re változtatta. Ezt a módosított jelzetet sem a jelen szövegben, sem másutt nem alkalmazzuk. A publikációinkban (melyek átfutási ideje sokszor az egy évet is meghaladja) nincs mód az ilyen változtatások átvezetésére, továbbá így a kutatás keretében létrejövő publikációk követése sem oldható meg jól, hiszen a változó kódszám alapján nem lehet beazonosítani a tevékenységet. Ennek megfelelően itt is és a publikációkban is következetesen a T47104 jelölést használjuk.

Az alábbiakban a grafikailag kiemelt szöveg a kutatás munkatervéből (kutatási szerződés 2. sz. melléklete) származik.

1. projektév: SPM labor kialakítása, légifelvételbeszerzése és rektifikáltatásának megkezdése (az elfogadott ütemezés a tervhez képest eltérést mutat, ezért ez áthúzódik a következő projektévre, ld. 5.sz. mellékletet), kezdeti modellvizsgálatok, áttekintő terepbejárás, műholdas adatok beszerzése a pénzügyi keret megsabta mértékben. Műhelymunka a kutatási tematika széleskörű szakmai megalapozására, a sikeres mintavétel előkészítésére. Az SPM-technika oktatásba integrálása.

Maradékétalanul megvalósult.

2. projektév: A légifelvételbeszerzése rektifikáltatásának befejezése (digitális adatbázis!); a terepi felvételezés fő fázisának megkezdése, műholdas adatok beszerzése a pénzügyi keret megsabta mértékben. Az SPM modellezés érdemi megindítása a nulladrendű modellek kidolgozásával.

A műholdas adatok beszerzésére nem volt szükség, mert jórészt más forrásból közben beszerezhetővé vált.

3. projektév: Terepi felvételezés; a mintavételezési fázis beindítása; a fő SPM fázis publikáció előkészítése az előzetes eredményekről. Diplomamunka/doktori téma kiírása. A terepi felvételezés jórészt kész.

A mintavételezés elhúzódott, így a terepi felvételezés nem fejeződött be.

4. projektév: Laboratóriumi mérések kiviteleztetése, az eredmények kiértékelése, SPM modellek véglegesítése a terepi szakasz eredményeivel való összevetés alapján; szintézis-szintű publikáció(k) előkészítése

A mintavételezés elhúzódása miatt a labormérések a következő (hosszabbításként engedélyezett) évre csúsztak. A szintézis-publikációkon jelenleg dolgozunk (ld. később).

Megjegyzés: a pályázat Kockázati tényezők c. részében összefoglalt okokból a laboratóriumi mérések eredményességére (a mintavétel sajátosságaiból adódóan) garancia nem adható. A labormérések kiviteleztetésénél a tudományos és pénzügyi hatékonysági szempontokra optimalizálva a közbülső eredmények alapján határozzuk meg, hogy mely mérési típusból mennyi minta mérése szükséges, figyelembe véve, hogy a csökkentett és átütemezett keret alapján egyáltalán mennyi lehetséges.

E megjegyzés jogosságát sajnos az élet igazolta. Mivel a legtöbb mérés nem hozta meg a várt eredményeket, illetve (pl. a termokronológiai mérések) igazolták, hogy a jelenlegi technika mellett egyelőre több mérés kivitelezése értelmetlen lenne, más technikák felé fordult a figyelmünk, illetve a vizsgálódási területünket kiterjesztettük. A kozmogén izotópos mérések személyi okokból nem valósultak meg, a dendrokronológiai eredmények publikálása csúszik.

2.1 Változások a projekt időbeli ütemezésében

A projekt elnyerését követően csökkentett költségvetésről és a projekt pénzügyi indulásának 2004-ben bekövetkezett tetemes késéséről már a vonatkozó részjelentésekben beszámoltunk. Ezt a lemaradást túlnyomórészt sikerült behozni, azonban a modellezésben szakmai okok miatt nem sikerült a kitűzött célokat elérni. (Erről a későbbiekben lesz szó.)

Mivel a tervezett mintavételezés a tübingeni labor és az elemzésben részt vevő kolléga (Dr. Danišík) leterheltsége miatt csúszott, 2007-ben kérelmeztük a projekt egy évvel történő meghosszabbítását, amit az illetékes bizottság jóvá is hagyott.

2.2 Az adatprodukciónak módosulása a jogi helyzet következtében

Projektünk egyik fő célkitűzése a projektben létrejövő adatok széles körű disszeminációja volt. Ennek egyik sarkalatos pontja az archív légi felvételek rektifikálása és a rektifikált felvételek közkinccsé tétele volt. Sajnos azonban a szerzői és szomszédos jogokkal kapcsolatos szabályozás változása maga után vonta, hogy a korábbiakkal ellentétben az adatok nem 50, hanem 70 évre élveznek szerzői jogi védeltséget. (Ez a változás létrehozott olyan sajátos helyzetet is, hogy volt olyan adat, ami az átmenetileg közkinccsé vált, majd ismét védett lett.)

Mi az eredeti tervnek megfelelően elkezdtük a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum (HM HIM) archívumában található légi felvételek beszkenyelését és rektifikálását. Célunk az volt, hogy az eredményként kapott georeferált képeket nemcsak a kutatómunkában hasznosítsuk, hanem – például az érintett települések önkormányzatai számára rendelkezésre bocsátva – közkinccsé is tegyük. A jogszabályváltozás és az ennek következtében kialakult jogviták (melyek közül néhányról tudomást szereztünk) arra késztettek bennünket, hogy módosítsunk a terven. Az a döntés született, hogy a georeferált képeket visszajuttatjuk a HM HIM archívumába, ahol azok helyben a kutatók rendelkezésére állnak. Bár a HM HIM célja, sajnálatos, hogy pillanatnyilag nem látszik központi szándék ezen fontos adatvagyron bárki számára történő hozzáférhetővé tételére (pl. interneten). Pedig számos külföldi példa mutatja, hogy ezen adatok hozzáférhetővé tétele milyen sok társadalom- és természettudományos szakágban hozott új eredményeket, sőt megközelítéseket.

2.3 Változások a kutatók személyében

A projekt első fázisában – élethelyzetük megváltozása miatt – két doktorandusz, Horváth Anita és később Korbély Barnabás a projektben nem tudtak további tevékenységet folytatni. Doktoranduszként a tevékenységüket fel kellett függeszteniük, mivel főállásban másutt helyezkedtek el.

A pályázatban megjelöltünk egy további (nevezetlen) doktoranduszt, aki várhatóan csatlakozni fog a projektünkhöz a futamidő (akkor tervezett) utolsó évében, akinek szerény pénzbeli juttatást is terveztünk. Egy ötödéves hallgató (később doktorandusz), Ferencz Edith már 2004-től bekapcsolódott a munkába, azonban később témát váltott, ezért az ő projektbe való felvételét hivatalosan már nem is kértük. A következő évben a tevékenységünk két doktorandusz, Kóródy Gergely és Zámolyi András érdeklődését is felkeltette, és mivel a fent jelzett kollégák a projektben amúgy sem tudtak már tovább részt venni, ezért mindkét doktorandusz számára lehetővé tettük a projektben való tevékenységet úgy, hogy kifizetésben közülük (a pályázattal konform módon) csak Kóródy Gergely részesült. Mindketten meg is kezdték a tevékenységet. Kóródy kolléga azonban sajnos nem tudott ösztöndíjas helyet kapni egyetemünkön, ezért szintén főállást vállalni kényszerült. Az időbeosztása három félév után azonban olyan szorossá vált, hogy az egyébként este és éjszaka végzett kutatómunkát a továbbiakban nem tudta vállalni, ezért a doktoranduszi tevékenységét jelenleg szünetelteti. Ennek megfelelően izgalmas kutatási eredményei jelenleg csak konferencia-absztraktként léteznek (melyek egyébként on-line elérhetők), folyóirat-cikként egyelőre még publikálatlanok maradtak.

A projekt meghosszabbítását megelőzően Kovács Gábor előbb hallgatóként, majd később ösztöndíjas doktoranduszként kapcsolódott a munkába.

Ugyancsak engedélyt kértünk és kaptunk 2007-ben arra, hogy dr. Ruzkiczay-Rüdiger Zsófia a projekt keretében és finanszírozásával franciaországi laboratóriumban kozmogén izotópos méréseket végezhesen 2008-ban. Erre azonban végül nem kerülhetett sor, mivel a külföldi labor részéről a fogadó partner kutató és Ruzkiczay-Rüdiger kollegina is ez évben gyermeket szült.

Egy további változás is bekövetkezett a tübingeni partnerlaboratóriumban: Dr. Martin Danišák Ausztráliában folytatja kutatómunkáját. Az adatok ennek megfelelően egyelőre előzetes kiértékelési fázisban vannak, értelemszerűen a termokronológiai eredmények jelenleg még publikálatlanok.

2.4 A kutatási terület földrajzi kiterjesztése

A projekt megcélzott eredeti kutatási területe a Dunántúl középső régiója volt. Erre a területre koncentrált a tevékenységünk a projekt első éveiben. Azonban csakhamar kiderült, hogy a felszínfejlődést, ezen belül is völgyfejlődést jelentősen befolyásolja két, eddig csak részben figyelembe vett tényező: egyrészt a terület vizeit összegyűjtő Duna általunk (is) kimutatott meglepően gyors változása, másrészt pedig a Dunántúl egyes részeit érintő és eddig kevésbé figyelembe vett, szintén jelentős mértékű differenciális vertikális kéregmozgások hatása.

Ezen felismerésekből kiindulva, másrészt a tervezett módszerek alkalmazásának csúsztatása, illetve részbeni sikertelensége miatt más módszerek alkalmazását is tervbe vettük. A doktoranduszok csatlakozása a saját témájukkal részben a vizsgált területnek az egész Dunántúlra való kiterjedését vontta maga után.

2.5 A projekt költségeinek átcsoportosítása és maradványkeret

Az anyagi erőforrások felhasználásánál – a kutatási folyamatban előállt nehézségek ellenére – folyamatosan igyekeztünk a prudens működés fenntartására. Tekintettel arra, hogy bizonyos méréseket nem sikerült kivitelezni, egyes mérések pedig nem hozták meg a kívánt eredményt, továbbá a tübingeni partnerlaboratórium nem számlázta le sem a mintavétellel kapcsolatos, sem a saját méréseinek költségét (csak a He-mérésekhez szükséges kiegészítő méréseket kellett kifizetnünk a skóciai laborban), jelentős, közel 25%-os maradvány mutatkozik.

A felhasznált pénzkereteknél így az utóbbi időben a konferenciaköltségek dominálnak. A publikációs költségek rovata kissé túl lett költséges, mert sikerült egy előnyös megállapodást kötnünk az Akadémiai Kiadóval, melynek keretében a vonatkozó cikkeket az ún. OpenArt (Optional Open Article) konstrukcióba sikerült beemlíteni (a színes ábrák publikálása mellett). Így a napokban megjelent Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica 44. kötet 1. számában lévő cikkek bárki számára díjmentesen letölthetők. Úgy ítéljük meg, hogy a jelentős megtakarítás mellett a pénzkeret ilyen módon felhasználása teljes mértékben egyezik az OTKA céljaival és a kiírás szellemével, hiszen a cél a kutatási eredmények minél szélesebb körű megismertetése. A megjelenési hely pedig nívós folyóirat, úgy tudjuk, hogy ezévtől az ISI Web of Knowledge, illetve ISI Journal of Citation Reports (Thomson Reuters) is indexelni fogja, ami ezt a lehetőséget különösen vonzóvá tette számunkra.

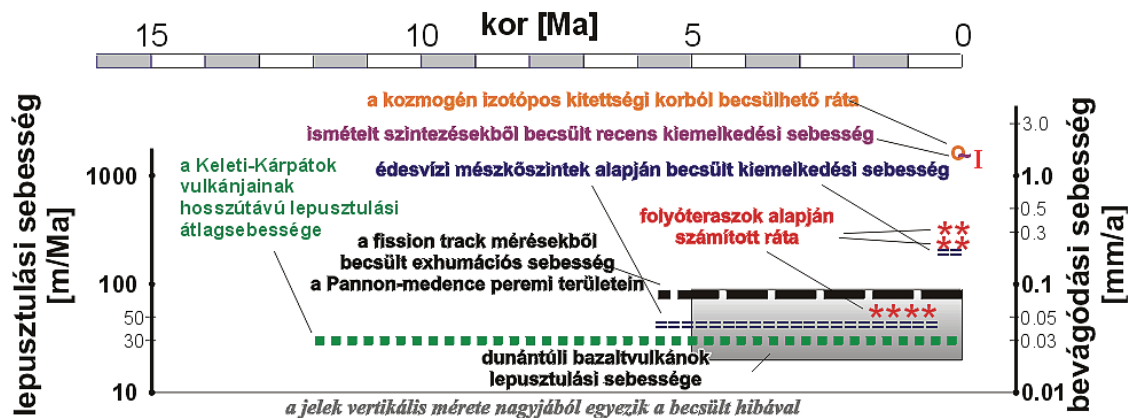
3. Tudományos eredmények

Tudományos szempontból a projektünk alapvetően egy célt tűzött ki: a vizsgált területen a terület fiatal fejlődéstörténetére vonatkozóan (fél)kvantitatív eredményeket nyerni a Pannon-medence megváltozott (invertálódó) tektonikai rezsimjére vonatkozóan, teljesen különböző időskálákon az évszázadostól az évmilliók tartományig. A cél ezen időskálákra vonatkozó összehasonlítás pl. lepusztulási ráta tekintetében, hogy a Pannon-medence fejlődéstörténetében lehetséges-e valamiféle egységességet, időbeli egyenletességet feltételezni.

Mint látni fogjuk, erre vonatkozóan részben ellentmondásos, de egyúttal rendkívül elgondolkodtató eredményeket kaptunk.

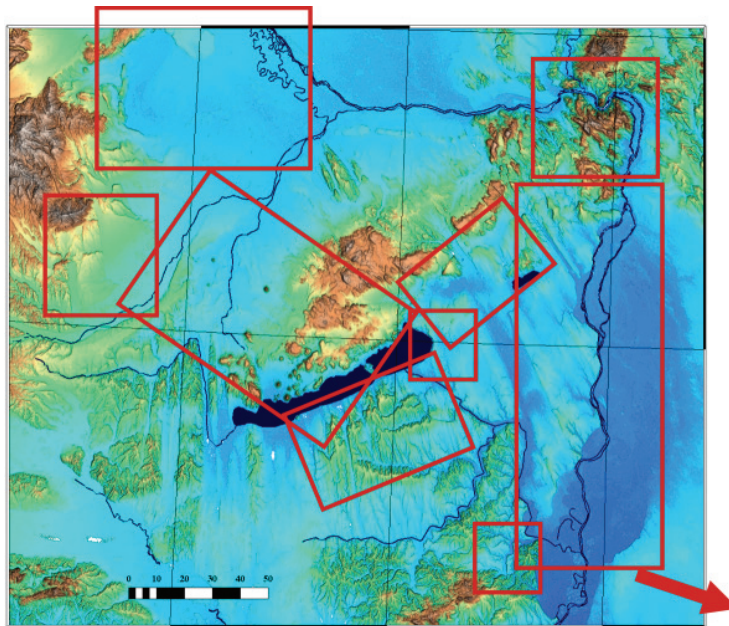
A vizsgálataink egyik alapkonceptiója a Dunántúlnak a már részben korábban megindult, de a kvarterben általánosan folytatódó inverziójának és differenciális kiemelkedésének elemzése. A kutatási elképzelésünk szerint ezt a jelenségegyüttest különféle módokon, különböző időskálákon ragadhatjuk meg. A feladatunknak azt tűztük ki, hogy a korábbi adatok (pl. MIKE 1969, JOÓ, 1992) alapján főleg a Dunántúl tengelyében gyors kiemelkedést viszonylagosan rövidebb időtávokra is meg lehessen ragadni, és ez alapján a meglehetősen összetett felszínfejlődésről pontosabb képet kapjunk.

Megítélésünk szerint több jel mutat arra, hogy a Dunántúl egy része gyorsuló ütemben emelkedik (KARÁTSZON et al. 2006a, SZÉKELY et al. 2007a; 1. ábra).



1. ábra. A Dunántúl és a Pannon-medence hosszútávú lepusztulási és bevágódási rátái KARÁTSZON et al. (2006a) szerint. (Az egyes módszerek részletezését és a hivatkozásokat ld. ott.) Az ábrába berajzoltuk SZÉKELY et al. (2007a) által kapott eredményt a hibájával együtt (piros I jel a jobb oldalon) jó egyezést kapunk a más módszerekből származó értékekkel.

Mint azt a fentiekben már említettük, a vizsgálatainkat – részben kényszerűségből, részben szakmailag szükségszerűen – földrajzilag kiterjesztettük. A 2. ábra mutatja azokat a területeket, ahol valamely vizsgálatunk zajlott. (Természetesen az itt látható téglalapok nem teljes területét érintették a vizsgálatok, csak az adott rész kutatások jellemző területét fogják körül.)



2. ábra. A T47104 sz. OTKA pályázat egyes részkutatásainak területe. A piros nyíl az ábrán nem látható bánáti terület irányába mutat.

A következő felsorolás keresztmetszetet ad a részkutatásaink mibenlétéről és az érintett földrajzi tájegységekről.

- a) Történelmi térképek georeferálása és ezen térképművek alapján (ahol lehetséges kvantitatív) környezettörténeti következtetések levonása (területek: Kisalföld ÉNy-i pereme, Szombathely és környéke (Arany-patak, Perint, stb.), a Fertő-tó környéke, Visegrádi-szoros, a Duna völgye Csepeltől Mohácsig, illetve a Tíkacs-medence és a Cinca-Csíkgát alsó folyása).
- b) Vízhálózatfejlődési kutatások neotektonikai céllal (területek: a Visegrádi-szoros, a Nyugat-Dunántúl vízfolyásai (Gyöngyös, Perint, Répce/Rábca, Ikva, Lajta) a Tíkacs-medence és a Cinca-Csíkgát alsó folyása, a Dorogi-medence DK-i pereme, a Sárréti-medence, illetve a Mórág-Geresdi-dombság).
- c) Alacsony hőmérsékletű termokronológiai vizsgálatok a Balatonfő és a Velencei-hegység között kibukkanó, paleozóos rögök területén.
- d) A Dunántúl differenciális kiemelkedésének következményei: a Balaton egykori vízszintjével, mélységével, üledékfelhalmozódásával kapcsolatos vizsgálatok, a dunántúli vulkánok feküszintjének elemzése.
- e) A Balatonfő mélyedéseinek és az Enyingi-hát morfológiájának vizsgálata terepbejárással, geofizikai módszerekkel és digitális domborzati elemzéssel.

A következőkben a fenti részkutatások eredményeit mutatjuk be, összefüggésében pedig az összefoglaló részben tárgyaljuk az eredmények egy lehetséges szintézisét.

3.1 A távérzékelési és térinformatikai kutatások eredményei

E kutatások képezik a tevékenységünk gerincét mind a ráfordított idő, mind a széleskörű felhasználhatóság szempontjából. A módszer lényege, hogy archív, illetve történelmi adatforrást (légifényképet, térképet) lehetőség szerint pontosan georeferálunk, és a georeferált adatállományt összehasonlítjuk a mai helyzettel. Igen gyakran eltérés mutatkozik, ami két okra vezethető vissza: vagy az archív adathordozó hibás adatot tartalmaz, vagy pedig környezeti változás történt. A vizsgálataink azt mutatják, hogy az utóbbi eset meglepően gyakori, és – függően az adat korától – szemikvantitatív eredményt szolgáltathat.

Az időben legtávolabbi és ezért földtani szempontból talán legmegbízhatóbb változáseggyüttest a Lázár-deák térkép (LAZARUS, 1528) alapján sikerült felderíteni. A Dunakanyar kialakulását vizsgálva (KARÁTON et al., 2006a,b) arra a következtetésre jutottunk, hogy Lazarus feltehetően nem tévedett, amikor a jelenlegi kanyart nem tüntette fel: korábban, csaknem 500 évvel ezelőtt itt egy nagyobb sziget létezett Pilismarót előtt (SZÉKELY et al., 2007a). A feltételezést archív légifelvételek rektifikálásával sikerült alátámasztani. Itt – a modern magassági adatok – integrálásával közelítőleg megbecsültük a bevágódási rátát is (SZÉKELY et al., 2007a), amely nagyságrendileg jó egyezést mutat a más módszerekből levezethető eredményekkel (1. ábra).

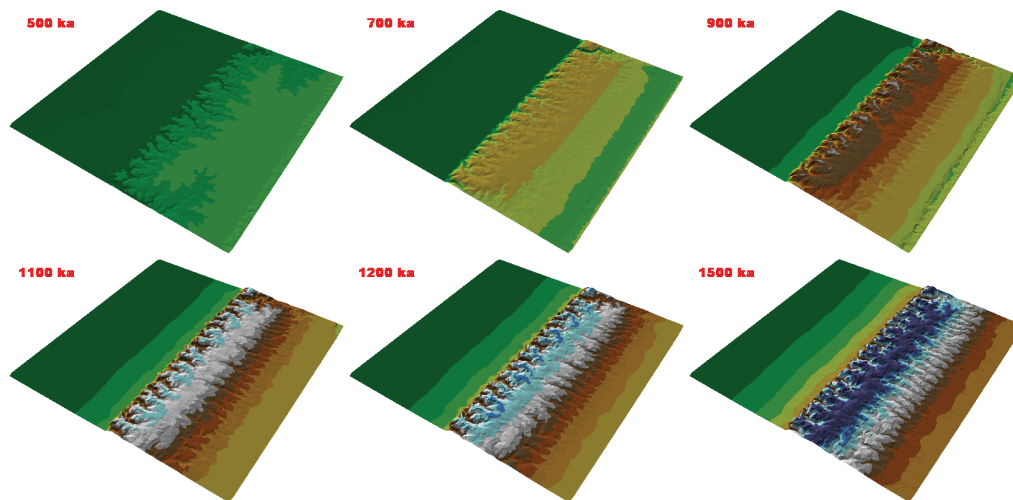
A vizsgálatokat a fenti sikeren felbuzdulva kiterjesztettük, és sikerült kimutatnunk indikáció jelleggel igen sok hasonló változást. Az egyik eredmény az alföldi területeken a sztyepptavak kiterjedésének érdemi csökkenésének megalapozott feltételezése (TIMÁR et al., 2006a, 2008b; SZÉKELY, 2009), másrészt a Duna általánosabb mederáthelyeződése, érdemi avulziója (SZÉKELY, 2009). A 2005-ös bánáti árvíz kiterjedését kapcsolatba tudtuk hozni az egykori, jelentős kiterjedésű Nagybecskereki-tó Lazarus és más későbbi térképszerzők által feltüntetett helyzetével, fejlődésével (TIMÁR et al., 2006d, 2008b).

A sikeren felbuzdulva a Lazarus-térképet más szempontokból is tovább vizsgáltuk (MOLNÁR et al., 2008; TIMÁR et al., 2008d), valamint több történelmi térképmű rektifikálását kíséreltük meg, melyek a kutatás mintegy melléktermékeként ma már önálló kutatási irányná váltak (TIMÁR et al., 2006a,b, 2007; SALAMON et al., 2007, 2008; MOLNÁR & TIMÁR 2009; ZLINSZKY & MOLNÁR, 2009)

Ugyan időben sokkal közelebb, ám geodéziai pontossága miatt lényegesen jobban használható az ún. Első, és különösen a geodéziai alappal is rendelkező Második Katonai Felmérés térképmű. E térképek alapján számos helyen sikerült hidrogeográfiai rekonstrukciót végrehajtanunk (KOVÁCS 2008; KOVÁCS et al. 2008a,b; ZÁMOLYI et al., 2007a és bírálat alatt).

3.2 A felszínfejlődési modellezés eredményei

A numerikus felszínfejlődési modellezés a vártnál nehezebbnek bizonyult. Ennek egyik oka, hogy a fentiekben említett okokból a folyamatok sebességét (pl. a lepusztulási ráták) nem sikerült igazán jól kvantifikálni. Részben ennek a következménye, részben pedig a felhasznált modell (CASCADE, Jean Braun szívességéből) korlátait mutatja, hogy a kapott relief, illetve a folyómintázat csak hasonlít a megcélzottra, azonban konkrét paramétereiben érdemben eltér (3. ábra). (A probléma áthidalására a SedTec/WinGeol programcsomag szerzőjével, Robert Faberrel más koncepciójú, kisebb modellteret érintő, de részletesebb, illetve több folyamatot a modellbe integráló modellezést tervezünk.)



3. ábra. Külső-Somogy jellegzetes kvázimeridionális völgystruktúráját modellezni célzott modell futtatási eredményei. A modell egy lassan dél felé kibillenő tektonikai blokkot modellez, a modelltér 50 x 50 km-es. A nem konvencionális színezés a relief részletesebb bemutatását célozza. A modelltér északi iránya a képen balra felfelé van. Az utolsó (jobb alsó) ábrán a maximális relief mintegy 300 méter.

Külső-Somogy jellegzetes geomorfológiáját modellezendő futtatási kísérleteket végeztünk. Ahogy azt a 3. ábrán láthatjuk, mintegy 0,5 millió év alatt a kibillenő blokk frontja egyenletes völgytávolságokkal jellemzett völgyek lassú hátravágódását eredményezi. Kb. 1 millió év után kezdenek a déli irányú völgyek határozottabban kialakulni, innentől stabilizálódnak. (Ezen tulajdonságok a valósághoz közelítenek.) A vízvásztó relatív helyzete nagyjából kielégítően alakul, azonban sem a völgyi vízvásztók jellegzetes formája, sem a relatív magasságuk nem jól modellezett. A relief ebből a szempontból túlságosan nagy. Feltehető, hogy a csuszamlásoknak a valóságbeli komoly szerepét a modell erősen alulbecsli, ezért tud megmaradni a nagyobb relief. Azt mindenesetre a modellezés mutatja, hogy ha kezdetben már valamelyest kialakult (pl. É-D-i) völgyhálózat létezik (a modellben ez nem volt feltétel), akkor a hordalék kiszállítása sokkal effektívebb tud lenni, ez hosszabb távon lokálisan reliefcsökkentő (ld. 3. ábra, 1,2-1,5 Ma).

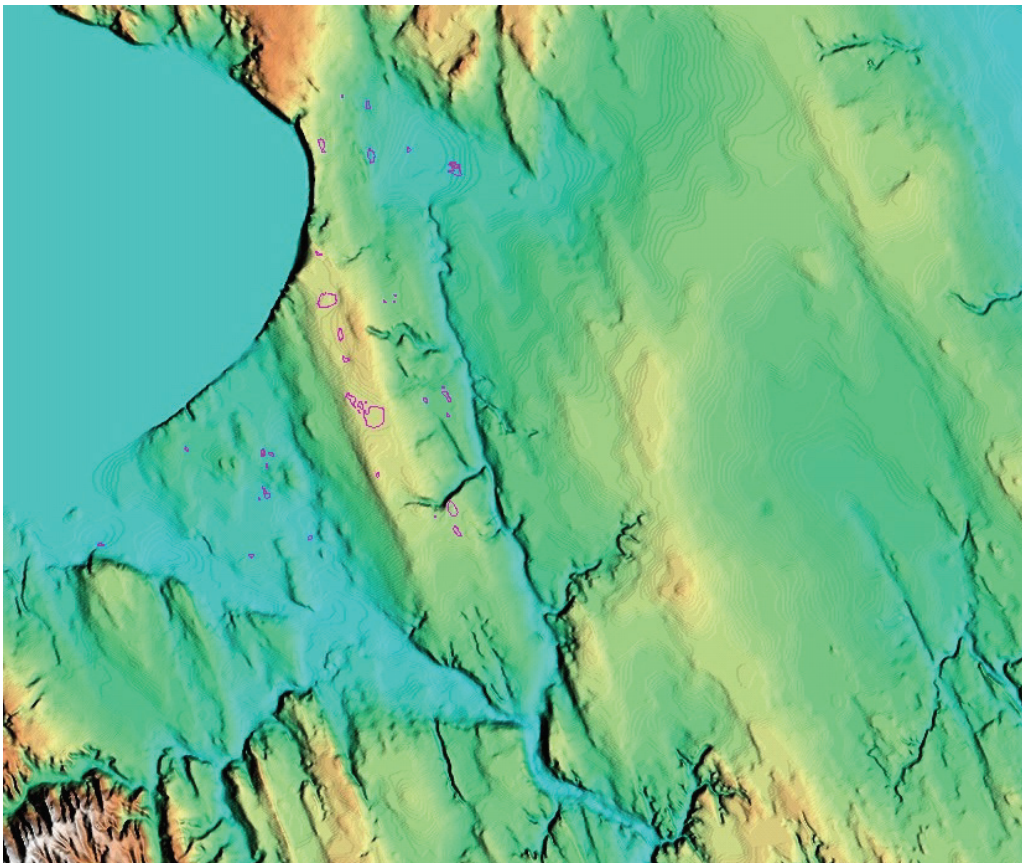
A modelltér északi részére feltételezett üledékgyűjtő medence természetesen nem lehet a Balaton (hiszen csak a későpleisztocénben-holocénben alakul ki), ugyanakkor a Pannon-medencében általánosan jelen vannak ilyen kisebb flexurális medencék (ld. KÁZMÉR et al. 2005), amelyek a keletkező üledéket legalább részben fel tudják fogni.

Ez a modellezés sajnos még nem publikációérett, hiszen sem kvantifikálni nem sikerült a folyamatok sebességét, sem a reliefparaméterek nincsenek az elfogadható tartományban. Emiatt a klímaparaméterek (csapadék mennyisége és eloszlása) sem állíthatók be jól. Mindazonáltal biztató, hogy a Külső-Somogy Balaton-parti széles völgyeit egy egyszerű billentéses modellel lehetségesnek tűnik modellezni, és ezzel egyidejűleg a kvázimeridionális völgystruktúrához hasonló mintázatot kaphatunk. Itt az is lényeges, hogy ÉÉNy-ra egy idő után viszonylag kevés üledék távozik.

3.3 Terepi vizsgálatok eredményei

A balatoni üledékek és a Balaton keleti medencéjének felszínfejlődése

A Balaton keleti medencéjében az utóbbi években elvégzett több száz km-nyi nagyfelbontású szeizmikus mérés nemcsak a mélyebb szerkezetek kutatására nyújt lehetőséget, hanem – zajsűrűsítés (pl. hullámmásolás hatásának eltávolítása) és feldolgozás esetén – a meder részletes térképezésére is. Mintegy 25 évvel ezelőtt hagyományos technológiával is felmérték a medret, és bizonyos pontossággal a két adatrendszer összeilleszthető (ZLINSZKY et al. 2007, in prep). A tófenéken üledékáthalmozódás tapasztalható, és a felhalmozódás mintázata hasonlóságot mutat a környező domborzatban mutatkozó jellegzetességekkel, illetve részben a szeizmikus mérésekből levezetett neotektonikai jelenségek (vetők) elhelyezkedésével. Ez a tovább vizsgálható jelenség arra utalhat, hogy bizonyos domborzati elemek (pl. az Enyingi-hát) alakulása jelenleg is zajló folyamatok eredménye (ZLINSZKY & MOLNÁR 2008, 2009, ZLINSZKY et al., 2007, 2008, in prep). Vizsgáltuk az Enyingi-hátnak a morfológiai értelemben „hiányzó” térfogatát abból a szempontból, hogy ha a Balaton elhaloló munkájának következménye a jelenlegi morfológiai hiány, akkor milyen üledéktérfogatot eredményez ez az anyagmennyiség. A hamarosan publikálható eredményünk különféle megfontolásokról függ, de bizonyos körülmények között a keleti medencét tekintve összemérhető a Balaton holocén fenéküledékének térfogatával (ZLINSZKY et al. 2008).



4. ábra.. Az Enyingi-háton és környékén található lefolyástalan mélyedések térbeli elhelyezkedése. A legnagyobb ilyen, az Öreg Vízálló mintegy 500m átmérőjű.

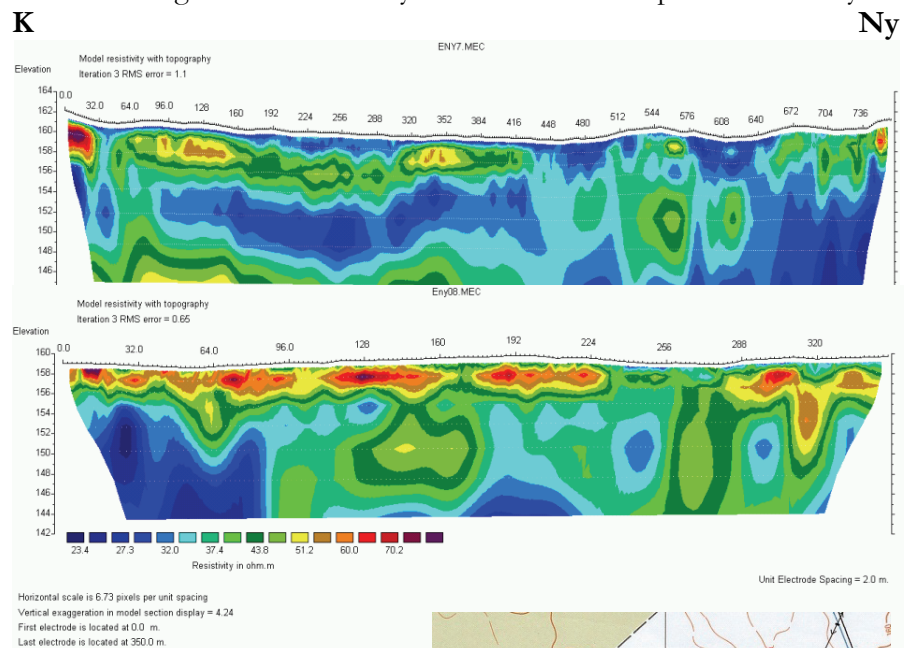
Az Enyingi-hát aszimmetriája

Balatonszabadi és Enying környékén elvégzett geofizikai mérések részben meglepő eredményekre vezettek: az Enyingi-hát nyugati oldalán kibukkanó, az erózióknak viszonylagosan ellenálló képződmények enyhe keleties dőlést mutatnak. Ez arra enged következtetni, hogy az Enyingi-hát belső felépítése a hát tengelyére nézve nem szimmetrikus. Mivel az erősen bevágódó, mély (ugyanakkor gyakorlatilag száraz) völgyek csak a hát keleti oldalán jellemzőek, a korábbi modelljeink alapvetően a Cinca-Csíkgát erózióbázis-csökkenéséhez kötötték ezen völgyek kifejlődését. Az új modellünkben (az erózióbázis-csökkenést továbbra is megtartva) a völgyek hátravágódását bizonyos ellenállóbb, kelet felé dőlő szintek átvágásához, illetve a következő (mélyebb) szint eléréséhez kötjük. Ez várhatóan megfelelően magyarázza a völgyek topográfiai aszimmetriáját.

Lefolyástalan mélyedések vizsgálata

A korábbi, az Enyingi-háton és környékén található lefolyástalan mélyedések (4. ábra) eredetére korábban javasolt modellünket az új eredményeink fényében el kellett vetnünk.

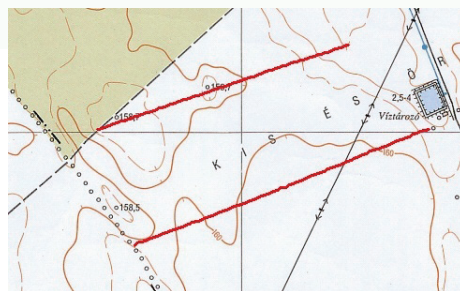
5. ábra. Multielektrodás geoelektromos szelvényezés eredménye az Öreg Vízálló nevű mélyedésben Alsótekerespusztától DDNy-ra.



A geofizikai mérések (elsősorban multielektrodás geoelektromos szelvényezés) eredményei azt a korábban már más szerzők által megfogalmazott modellt valószínűsítik, hogy a mélyedések eredete löszkarsztképződéshez köthető.

Az ellenállás-szelvényeken ugyanis

jellemzően egy vékony, nagyobb fajlagos ellenállású réteg kivékonyodásánál észlelhetők a mélyedések. Ez a következtetés a felszínfejlődés megértéséhez oly módon járul hozzá, hogy feltehető, hogy hasonló folyamatok kialakíthattak korábban is nagyszámú mélyedést, amelyek a felszíni lefolyást (ld. 2005-ös évtizedes esőzések) befolyásolva szerepet játszhattak egyes völgyek, vízhálózatkezdemények kialakításában.



A Piliscsaba-Bernecebaráti vonal neotektonikai aktivitása

Korábbi vizsgálataink alapján azt feltételeztük, hogy a Piliscsaba-Bernecebaráti vonal (SZÉKELY & KARÁTSZON 2004) neotektonikusan aktív. A feltételezésünk szerint a vonal keleti oldala relatíve emelkedik. E feltevésből kiindulva megvizsgáltuk a vonalra merőleges völgyek egy részét, és azt találtuk, hogy a völgyek hossz-szelvényében a feltételezésnek megfelelő töréspontok találhatóak. 2007-ben és 2008-ban hallgatói terepgyakorlat keretében próbaszintezéseket végeztünk a területen, melynek eredményei alátámasztották a várakozásainkat. Emellett olyan feltárást is sikerült találnunk, amelynél mód van olyan kozmogénizotópos vizsgálat elvégzésére, amely reményeink szerint a vető vertikális elmozdulási rátájának meghatározására alkalmas, ezáltal a vető aktivitásának igazolására mód nyílik, azonban erre a 2.3 pontban már részletezett okok miatt végül nem nyílt lehetőség.

Anomális világos foltok vizsgálata

Terjedelmi okokból itt csak megemlíjtük azt a vizsgálatsorozatot, mely a Külső-Somogy területén a légi és űrfelvételeken kiterjedten található, egymáshoz jól korrelálható anomális világos csík- és foltegyüttes geofizikai méréseit foglalta magába (Komoróczy et al. 2007).

3.4 Dendrokronológiai eredmények

A dendrokronológiai vizsgálatokat Budapesti Dendrokronológiai Laboratóriumban (ELTE, <http://dendro.elte.hu>), Dr. Kázmér Miklós vezetése alatt végeztettük.

Sárrét és környéke

Biosztratigráfiai módszerekkel (emlős- és molluszkafauna) datált felszínek kőzettani összetételét és szedimentológiáját vizsgáltuk. A Kisláng-Jenői-fennsík (ca. 200 m tszf) korai vagy középső pleisztocén korú (villafrankai emelet). Az ebbe az anyagba vágódó nagy meretű folyómeder-kitöltések magas-bakonyi eredetű törmelékanyagot tartalmaznak (dolomit, kvarc). A Sárréti-medence K-i felét betérítő mohai kavics középső pleisztocén. Kavicsanyaga és nehézasványai már a Csatkai kavics és a Velencei-hegység nehézasványait is tartalmazzák. A medencébe Csórnál belépő felsőpleisztocén hordalékkúp csak helyi, Várpalota környéki anyagot tartalmaz.

A Sárréti-medence létrejött a középsőpleisztocénban történt, amikor is a Kisláng-Jenői-platóhoz képest kb. 100 m-t süllyedt (vö. Balaton kialakulása). Az északi peremet a Telegdi-Roth-vonal menti rátolódás alakította ki, déli peremet pedig egy diszperz normál vetőrendszer. A platóperembe vágódó völgyek keletkezését emberkéz is okozhatta: a szántóföldi műveléssel évi 0,3-1 mm bevágódási sebességű szárazvölgyek alakultak ki (dendrokronológiai módszerrel mérve).

Bátaapáti környéke

A bátaapáti lerakó környezetében vizsgáltuk a leöblítés és a vonalas erózió hatását a felszín változására. Fák felszínre bukkant gyökereit dendrokronológiai módszerrel datáltuk. A gyökér felszín fölötti magassága mm-ben osztva az eltelt évek számával az erózió átlagos sebességét adja. Lepelerózió hatására 0,1-0,3 mm/év talajpusztulás volt mérhető, mely a hulladéklerakó tervezett élettartama alatt arra veszélyt nem jelent. A vonalas erózió létrehozta vízmosások hátrálási sebessége 50-1000 mm/év löszben és mállott gránitban egyaránt. A vízmosások létrejött a gerincek tetejének szántóföldi műveléséhez köthető. Ennek megszüntetésével a jelenleg gyorsan fejlődő vízmosások várhatóan nem alakulnak ki, illetve

fejlődésük hosszabb távon megáll. Ugyanakkor a hosszútávú becsléshez javasolt lenne kozmogénizotópos méréseket végezni.

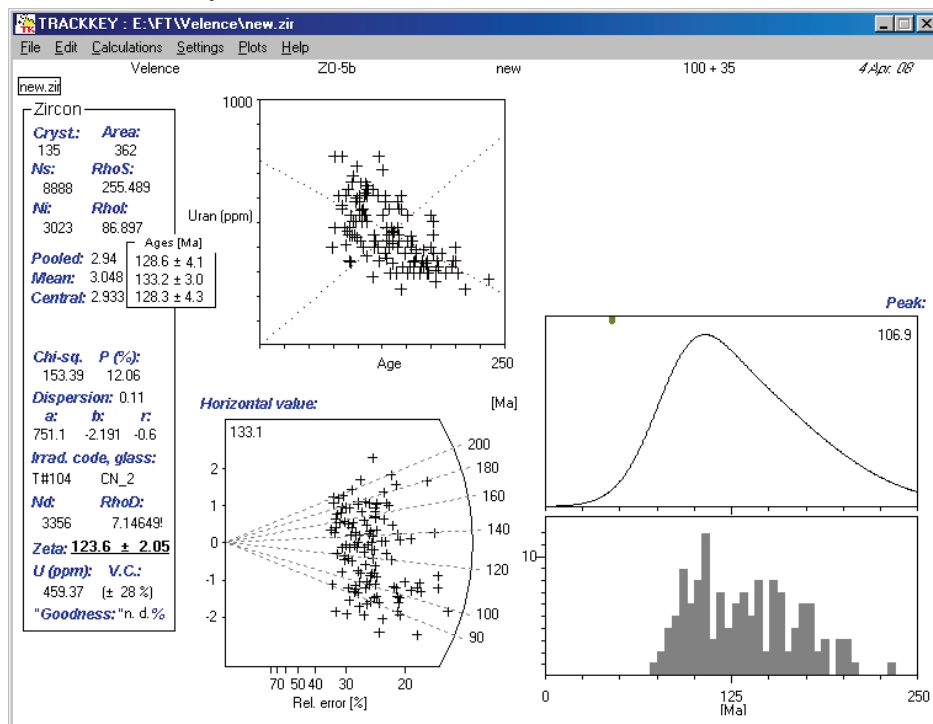
3.5 Termokronológiai eredmények

A termokronológiai vizsgálataink célja a terület lepusztulástörténetének kvantifikálása, lepusztulási ráták nyerése volt. Az alkalmazandó módszerekként az apatit fission track (FT), a cirkon FT kormeghatározás és az (U,Th)/He módszer jött számításba.

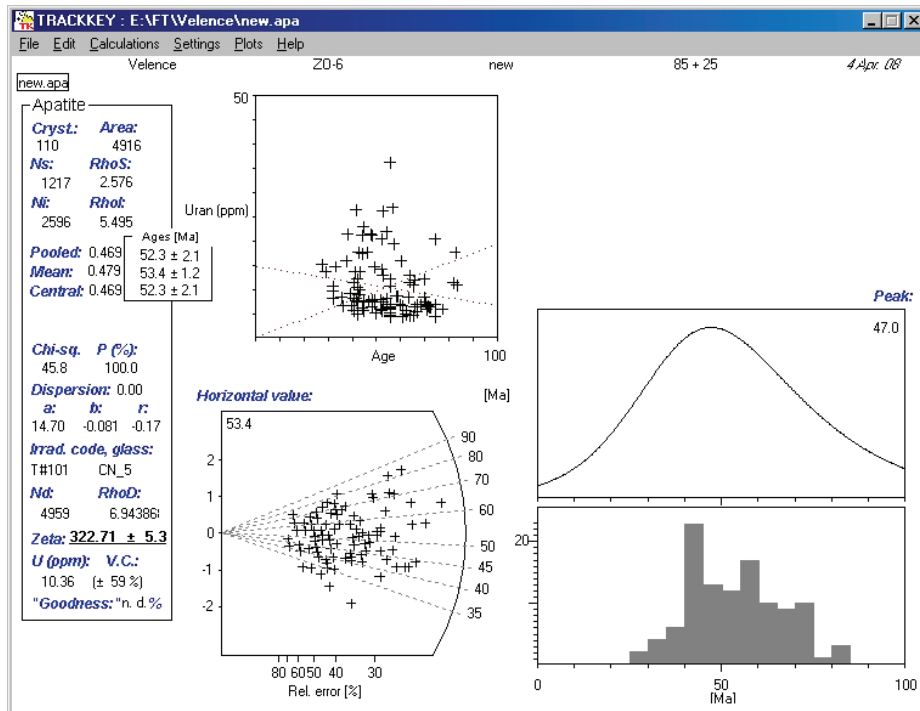
A cél ezen eljárások alkalmazásával az (lett volna), hogy a Dunántúli-középhegységtől keletre, a Balaton és Budapest között elhelyezkedő, fiatal felszínformákat mutató paleozóos rögökből származó minták segítségével megállapítsuk, hogy a Dunántúlt (vagy legalábbis egy részét) korábban lefedő pannon üledék milyen vastag lehetett, illetve, hogy mikor, milyen időablakban pusztulhatott le, létrehozva a mai felszíni reliefhez hasonló viszonyokat (vö. DUNKL & FRISCH 2002, KARÁTSON et al. 2006a).

A mintavételezés és később a mintaelőkészítés során vált nyilvánvalóvá, hogy az igen nagy mintamennyiség (15-30 kg) ellenére is csak a Velencei-hegység gránirja mérhető. Ezzel az évtizeddel korábbi eredményeket a modernebb technológia ellenére csak abban a tekintetben sikerült meghaladni, hogy nyomhossz-eloszlást is sikerült mérni.

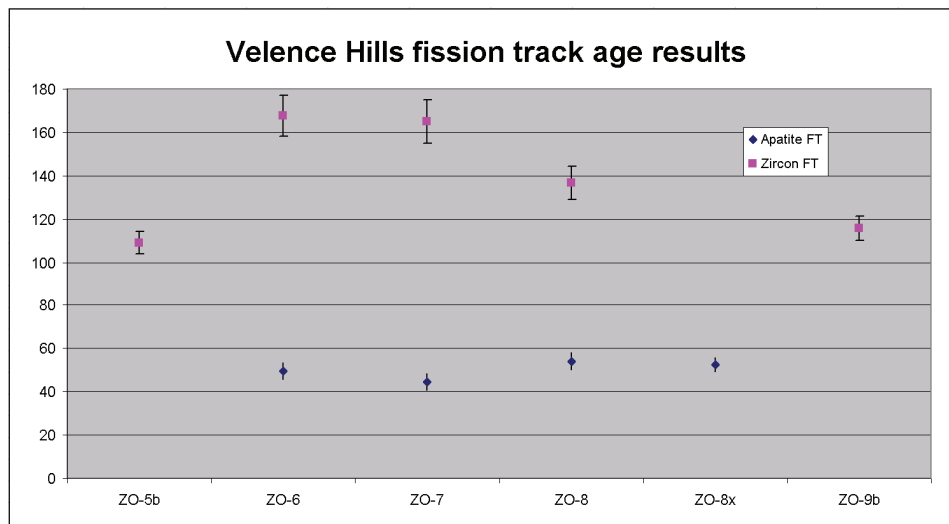
Fission track eredmények



6. ábra. A cirkon fission track kormeghatározás eredménye a Velencei-hegységből (Dr. Martin Danišik). Annak ellenére, hogy gránitmintáról van szó, ez egyes kristályok széles korszpektrumot adnak.



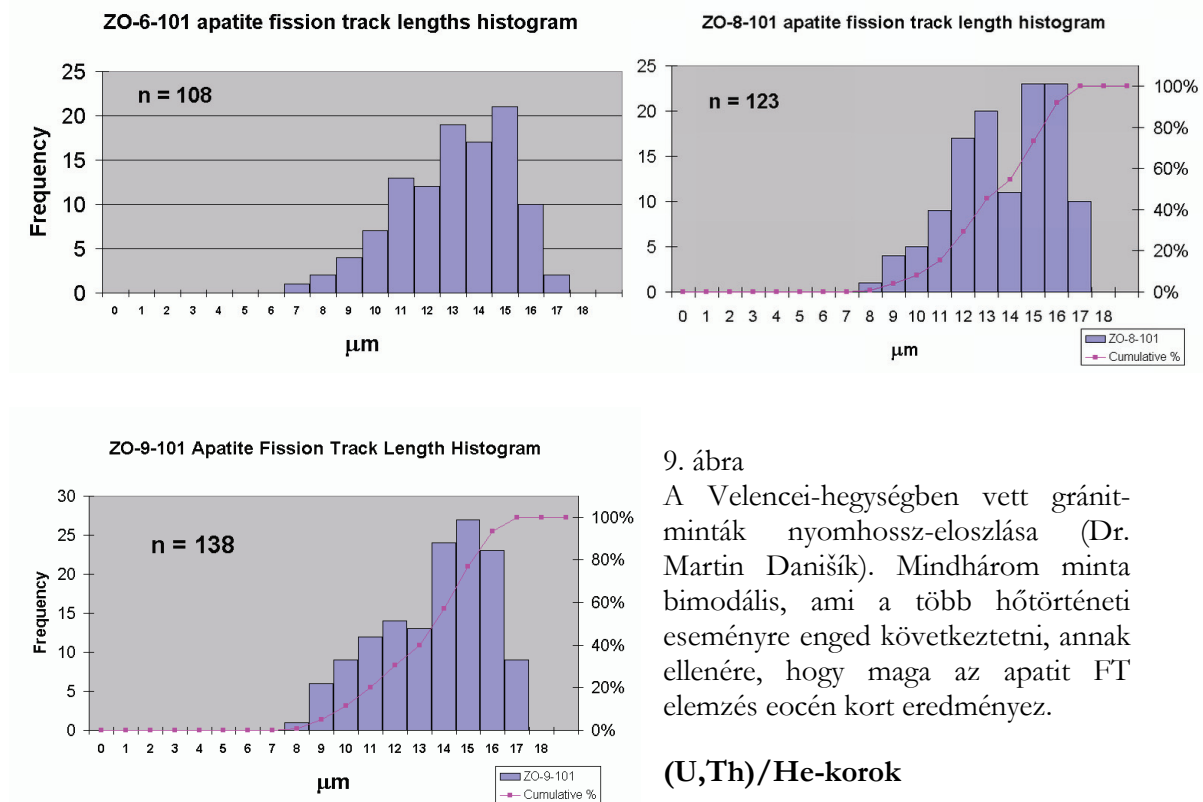
7. ábra. Az apatit fission track kormeghatározás eredménye (Velencei-hegység, gránit; Dr. Martin Danišik) ugyancsak széles, kissé egyenetlen eloszlású korszpektrumot ad.



8. ábra. A Velencei-hegység gránitmintáinak összesített eredménye (Dr. Martin Danišik). Az apatit FT eocén korokat ad, a cirkon ellenben 109-170 millió éves kor között szór. Az egyedi korok hibája viszonylag kicsi, a cirkon korok hibahatáron kívül, szignifikánsan eltérnek.

A számított apatit FT kor 40-50 Ma körüli, egyezésben a korábbi irodalmi eredményekkel. Ugyanakkor a nyomhossz-eloszlások bimodálisak, azaz két hőtörténeti eseményről van szó, fiatalabb valószínűleg miocén. (Korábban nem volt nyomhossz-mérés, ez fontos új

eredmény.) Ugyanakkor a várt komolyabb betemetődésnek nincs nyoma, legalábbis az (U,Th)/He kor nem mutat erre indikációt.



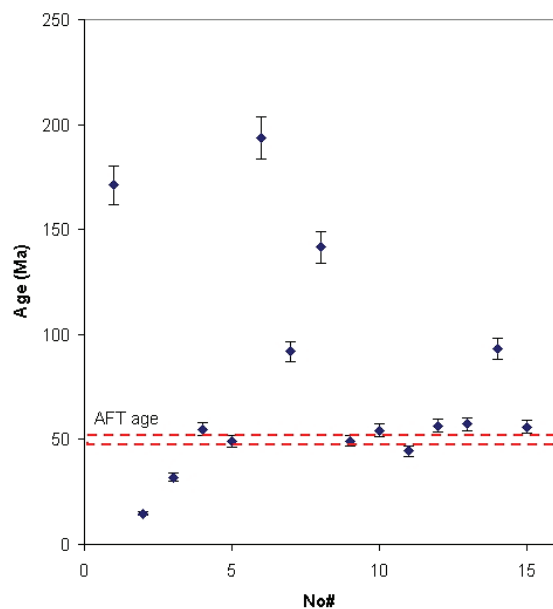
9. ábra

A Velencei-hegységben vett gránit-minták nyomhossz-eloszlása (Dr. Martin Danišák). Mindhárom minta bimodális, ami a több hőtörténeti eseményre enged következtetni, annak ellenére, hogy maga az apatit FT elemzés eocén kort eredményez.

(U,Th)/He-korok

A mérésre a mintából kinyert kristályok rendkívül alkalmatlannak bizonyultak. Ennek ellenére sikerült kort meghatározni belőlük, de a kapott eredmények fenntartással kezelendők.

A 10. ábrán látható, hogy a 4., 5., 9.-13. és 15. sz. minták kor-eredménye nagyon közel esik az apatit-korhoz, ami biztató eredmény. 2 db mérés fiatalabb kort ad (ez gránitmintánál – nem szedimentről van szó – nem valószínű, 5 db mérés lényegesen meghaladja ezt a kort, amit a módszerből eredő hibának is tarthatnánk. Ugyanakkor olyan idős korokat kapunk, amelyek a cirkon FT (6. ábra) és részben az apatit FT korszpektrum (7. ábra) idősebb tartományában található szemcséknek megfelel. Ez adott esetben azt is jelentheti, hogy ezek a szemcsék valahogy elkerülték a termikus „lenullázást”.



10. ábra. A lemért 15 minta (U,Th)/He-kor eredményei.

A piros szaggatott vonal az apatit FT kort (7-8. ábra) jelzi.

Mindenesetre indikáció szintjén rendkívül érdekes eredmény.

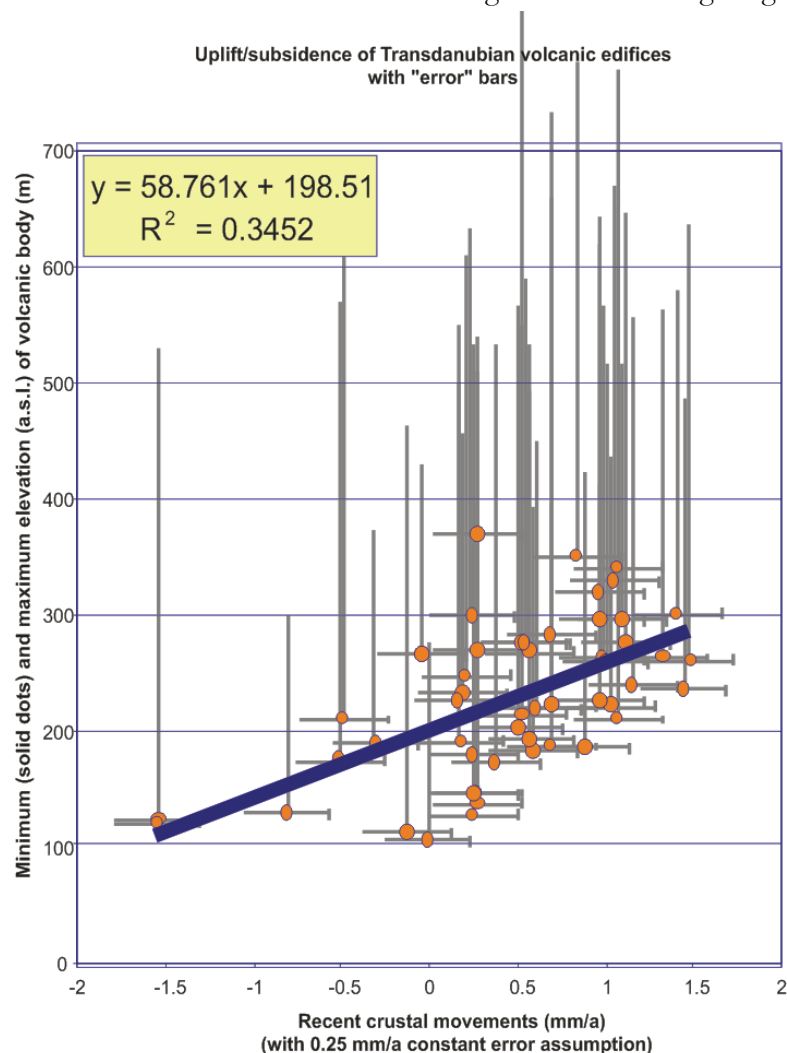
A kapott koradatok értékelése, interpretációja messzemenően nem fejeződött be, a mérés eléggé megbízhatatlan eredményeket ad, de láttuk, hogy az adateloszlás ellentmondásossága ellenére izgalmas eredményeket kaptunk.

3.6 A differenciális vertikális kéregmozgások és a bazaltvulkánok

A Balaton-felvidék bazaltvulkánjainak „tanúhegy” jellegét már egy évszázada felismerte Lóczy és Cholnoky. Elméletük, miszerint ezek a vulkánok a feltöltődött Pannon beltengert kitöltő laza üledék tetején képződött kiömlési vulkáni formák, amelyek a laza üledék erózióját megakadályozták, alapvetően helytálló. Statikus (a vertikális mozgások szerepét alulbecslő) geológiai szemléletük szerint ezeknek a vulkáni tömböknek és velük kontakt helyzetben levő terciér üledékeknek a mai szintje jelöli ki a Pannon beltenger szintjét. Ez a mai 350 m. tszf-i magasságnak felelne meg. Elméletüket megerősítve érezték, amikor a Mecsek déli oldalában, közel hasonló magasságban megtalálták a Pannon tenger „szinlő”-jét is.

11. ábra. A recens kéregmozgások és a vulkáni kontaktus tengerszint feletti magassága

NÉMETH és MARTIN (1999) további adatok figyelembevételével kísérlete meg a terület paleogeomorfológiai rekonstrukcióját. A vulkáni formák vizsgálatával pontosították az egykori laza üledék felszínének magasságát meghatározó módszert, valamint összegyűjtötték és felhasználták az egyes vulkáni előfordulások korát. Mivel az egykori vulkánok esetében meghatározott üledékes felszínmagasságok sem alkottak egységes magasságú felszint, egy bonyolult, már a pannon időszakban lezajló vertikális felszínmozgásokkal magyarázták a szintkülönbségeket. Mi a projekt előrehaladása során más következtetésre jutottunk. Amennyiben



figyelembe vesszük más – a vizsgált időszakban, 7-3 millió év – képződött vulkáni formákat is, akkor vizsgálatainkba be kell vonni a Balaton déli oldalán található Fonyódi- és Boglári-hegyet, valamint a Rábától délre található maar vulkáni formákat. Ezek a képződmények jóval alacsonyabban vannak, mint a Balaton-felvidék vulkánjai. A képződmények jelenlegi pozíciója egy olyan felszínfejlődési modellt igényel, amelyek magyarázatot ad a viszonylag alacsony tengerszint feletti magasságukra.

Megvizsgáltuk a vulkáni képződményeknek a (pannon) fekével való kontaktfelületének tengerszint feletti magasságát a recens vertikális mozgások fényében és meglepő eredményre jutottunk.

Először a kontaktfelületnek a felszínnel vett metszsvonalának legalacsonyabb pontját és a vulkáni test legmagasabb pontját kinyertük, ez az adatrendszer képezi az adatpárok egyik tagját. Ezután a recens vertikális felszínmozgásokat vetettük össze e magasságadatokkal. A felszínmozgások sebességét ismételt elvégzett szabatos színtezésből levezetett adatokból nyerik (JÓÓ, 1992). Mivel a színtezések többnyire vasútvonalak mentén zajlottak, ezért az adatok a vonalak mentén megbízhatóbbak, a vonalak között interpolált adatokat találunk. A térképből egyértelműen látszik, hogy az egész Dunántúli-középhegység közel egységesen, mégpedig meglepően gyorsan (csaknem alpi sebességgel) emelkedik.

A vulkáni testek fenti metszsvonala mentén meghatároztuk a vertikális sebességet (mm/év). Mivel a vulkáni testek általában kicsik a sebesség horizontális gradiensehez képest, elegendő egy jellemző értéket kinyerni. Emellett a vertikális sebességek meghatározása mintegy 0,2-0,3 mm/év hibával jellemezhető, a továbbiakban 0,25 mm/év hibával számolunk.

Ha a (minimum)magasságértékeket felrajzoljuk a vertikális sebességek függvényében (11. ábra), jelentős korrelációt tapasztalhatunk. Az ábrába berajzolt lineáris korrelációs egyenes, és a viszonylag alacsony R^2 ne tévesszen meg senkit ($R=0,58$), látható, hogy néhány kieső pont elhagyásával a korreláció javítható. Ha most figyelembe vesszük a hibákat is (ahol a magasságértékeknek nem valódi hibája van, hanem a terjedelmet tekintjük ennek), akkor a 11. ábrán látható módon a trend még jobban észlelhető.

A modellünk szerint a pannonban közel azonos tengerszint feletti magasságot tételezhetünk fel a laza üledékek felszínének, és a vulkáni formákból származtatható jelenlegi magasság tehát az azóta lezajlott differenciális – területi változékonyságot mutató – vertikális felszínmozgások eredménye. Ez azt jelentené, hogy a középhegység tengelyében a legnagyobb a kiemelkedés mértéke, és ettől a tengelytől minél távolabb megyünk, a kiemelkedés annál kisebb. Természetesen ezen a trendszerű, általános képen belül jelentős lokális különbségek is találhatóak, de ezek a vertikális mozgások szeizmikusan vagy akár feltárásokban is azonosítható vetőkhöz kapcsolhatóak.

Ebből a modelltől az is következik, hogy ezek a vertikális felszínmozgások sokkal jelentősebbek voltak a pannon utáni időszakban, mint korábban gondolták. Eszerint, ezek a jelenlegi felszín kialakításáért felelős mozgások akár a mai napig is tarthatnak.

További indikációsintű következtetésünk, hogy az igen rövid időtartamra (néhány évtizedre) visszanyúló adatrendszer jól korrelál sokkal hosszabb időtávú változásokkal, ez tehát azt jelenti, hogy a jelenleg mérhető vertikális mozgások legalábbis részben időben visszafelé bizonyos mértékig extrapolálhatóak. Ez a vertikális mozgásokból levezetett ráták megbízható mivoltára enged következtetni.

Természetesen a fentiekben nem vettük figyelembe az egyes vulkáni testek korát. Ennek abban van jelentősége, hogy ha még állandónak is vesszük a kiemelkedés/süllyedés sebességét, az eltérő időtáv miatt a kiemelkedés/süllyedés a különböző vulkánokra eltérő ideig hat, amit korrekcióba kellene vennünk. Ennek – a hibákat is figyelembe vevő – módszerének kidolgozásához további vizsgálatok szükségesek. Amennyiben modellünk helytálló, és a

jelentős jelenkori ráták hosszabb időtávra extrapolálhatók, a Dunántúl jelentős részén a mai domborzattól érdemben eltérő morfológiával kell számoljunk már a pleisztocénben is. Önmagában ez a változás magyarázhatja a korábbi É-D-i irányú vízhálózat felszabdalódását. Ugyancsak fontos további bemenő adat lehet az eltemetett vulkáni tömegek figyelembe vétele, ahol a fekü tengerszint feletti magasságát fúrások alapján kell megállapítani. A fenti eredményeinket eddig poszter formájában mutattuk be (Székely és Molnár 2008), publikálása a közeljövőben várható.

4. A projekt közvetett eredményei

4.1 A projekt egyéb tudományos eredményei

A légifénykép-rektifikációs tevékenység régészethez kapcsolódó mellékeredményekre vezetett. Két helyszínen is (Badacsonytomaj, illetve az Enyingi-hát területén) az archív légifényképeken felfedezhetők voltak római kori építmények (SZÉKELY et al. 2006a), illetve utak (MOLNÁR et al. 2006a). A badacsonytomaji helyszínen ez jól egyezett a kutatástól függetlenül végzett geofizikai felmérés eredményével (SZÉKELY et al. 2006a).

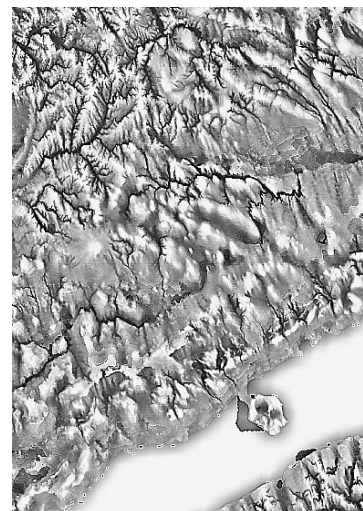
A georeferált történelmi térképek iránt a projekt által támasztott igény kiterjedt tevékenységet indukált a Pannon-medencét, illetve részeit térképező nagyobb térképművek georeferálási kísérleteit maga után vonva (MOLNÁR & TIMÁR 2009, TIMÁR et al. 2006a,b).

A vizsgálatok más metodikai fejlesztéseket is maguk után vonzanak (pl. ZÁMOLYI 2006, SZÉKELY et al. 2007).

4.2 A projekt kihatása az oktatásra

A projekt egyik elhatározott célja volt a téma, illetve a megközelítés oktatásba való integrálása. Ez előbb a 2004-ben bevezetésre került *Digitális geomorfológia* majd rákövetkező évben a *Felszínfejlődés numerikus modellezése* című tárgy keretében történt meg (még a hagyományos ötéves képzés keretein belül). A később bevezetett *Digitális domborzati modellek* doktori kurzus is vonzott különböző szakterületekről doktoranduszokat, illetve a *Felszínfejlődés numerikus modellezése* doktori tárgyként is évente egyszer meg van hirdetve.

Már a projekt kezdeti szakaszában igyekeztük a geomorfológiai-felszínfejlődési kérdéskört a geofizikus hallgatók terepgyakorlatának részévé tenni. A kérdésfeltevéseink egy része geofizikai módszerekkel megválaszolható volt, és a hallgatók részéről érdeklődést is kiváltott. A 2006-os évben már kifejezetten ilyen céllal történtek mérések (Komoróczy et al., 2007). A későbbiek során az alapszak bevezetésekor a Dorogi-medence peremén egyszerű eszközökkel völgyprofil méréseket végeztettünk alapszakos hallgatókkal, mely gyakorlatnak szintén nagy sikere volt. Ezek a gyakorlatok több hallgatót arra motiváltak, hogy



tudományos diákköri dolgozatot készítsenek (Ferencz Edith, Komoróczy Zoltán, Kelevitz Krisztina), illetve TDK-tevékenységbe kezdjenek (Kürthy Dóra, Szabó Judit). A felsoroltak közül Ferencz Edith és Komoróczy Zoltán a Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesülete által évente közösen rendezett *Ifjú Szakemberek Ankétján* is bemutatták eredményeiket.

Néhányan a választott témájuk miatt kerültek kapcsolatba a projekttel (Kóródy Gergely, Kovács Gábor), és ennek következményeképpen folytatták tevékenységüket ebben a keretben.

4.3 A projekt kihatása a tudományos utánpótlás képzésére

Molnár Gábor a projekt kezdetének évében megvédte doktori dolgozatát (más témából). A projektben végzett tevékenysége hozzájárult a szűkebb szakterületen szerzett ismereteinek elmélyítéséhez, ma már érett önálló kutatóként vesz részt a kutatásban. (A korábbi két doktorandusz sajnos a projektből kilépett.) Az előző szakaszban említett hallgatók közül viszont néhányan a végzés után doktoranduszként folytatták munkájukat, közülük Ferencz Edith (később témát váltott), Kóródy Gergely, Zámolyi András, illetve Kovács Gábor doktoranduszként (is) végzett konkrét tevékenységet a projekttel kapcsolatban, amit a témába vágó társ-, illetve elsőszerzős publikációik is mutatnak.

A projekt által biztosított keretből több doktorandusz konferencia-részvétele vált lehetővé, nemzetközi kapcsolatokat építettek ki, illetve ahogy fent említettük, a még hallgatói státuszú fiatal kutatók a projekt kapcsán doktoranduszképzésre jelentkeztek.

4.4 A projekttevékenység hatása az érintett helyi lakosságra

A terepi tevékenységünkről a helyi lakosságot általában a polgármesteri hivatalon keresztül értesítettük. Ezt néha személyesen, néha levélben végeztük. Legtöbbször a helyi elöljárók segítő együttműködésével találoztunk, sőt egyes esetekben kifejezetten a lakosság érdeklődést tanúsított a munkánk iránt. Ilyen esetekben fontosnak tartottuk a viszonylag részletesebb, de népszerűsítő tudományos jellegű informálást. Komolyabb érdeklődés esetén adatokat, archív légifényképeket is mutattunk az érdeklődőknek, akik általában örömmel ismerkedtek meg ezen számukra új adatokkal.

Ezen erőfeszítéseink sokszor meghozták a kellő hatást. Volt eset ugyanis, hogy értékes információkat kaptunk idős helybeliektől kisebb vízfolyások korábbi vízszintjeiről, a XX. század elején uralkodó, azóta már mesterségesen megváltoztatott természeti környezet korábbi állapotairól (pl. a Tikacs-medencében). Úgy ítéljük meg, hogy ezek a találkozások és az erre fordított idő jól hasznosult, mivel így a lakosság is közvetlenebbül értesülhet bizonyos tudományos tevékenységről, továbbá a közvetlen tapasztalat által csökkenthető a fel-felbukkanó tudományellenesség.

5. Összefoglalás

Projektünkben a Dunántúl középső régiójának és tágabb környezetének a kvarter felszínfejlődéssel kapcsolatos sajátosságait, folyamatait vizsgáltuk. Termokronológiai vizsgálataink eredménye, a bimodális hasadási nyomok hossz-eloszlása azt támasztja alá, hogy a Velencei-hegység az eocénben bekövetkezett hő-történeti esemény után egy második hőhatást is elszenvedett (feltehetőleg a miocénben), de komolyabban már nem fedődött be.

A többi paleozóos felszíni kibukkanás nem volt datálható ezzel a módszerrel. Történelmi és archív térképek georeferált változatai segítségével a Duna aktív bevágódására és avulziójára következtettünk, a Kisalföld környékén pedig aktív tektonikára utaló folyódinamikai jelenségeket találtunk, ehhez kapcsolható a Pinka-Perint-Répcse vízhalózatában megfigyelhető oldalelmozdulásos tektonika, amely a Pinka-sík esetében csuszamlásos tevékenységgel is párosul. A dunántúli vulkánok pannon fekü felületét vizsgálva arra következtettünk, hogy a recens vertikális mozgásokkal való korreláció miatt ezek a mozgások hosszabb időtávra is extrapolálhatók. A feltevést elfogadva a Dunántúl kvarterben bekövetkezett hidrogeográfiai átszerveződésének okát ebben találhatjuk meg. A numerikus modellezési eredményeink egyelőre bizonyos szempontokból nehezen illeszthetők a valóságban megfigyelt jellegzetességekhez, különösen a relief és a völgyi vízváltások tekintében. Az Enyingi-hát elhabolódása és a Balaton holocén üledéke között összefüggést látunk, amellet, hogy neotektonikus aktivitás is feltételezhető. A környéken nagy számban előforduló lefolyástalan mélyedések geofizikai vizsgálata is a löszkarszt jelenlétére utal. Dendrokronológiai eljárások segítségével arra a következtetésre jutottunk, hogy a Sárréti-medence is igen fiatal képződmény, ami magyarázza a Jenői-plató peremi völgyeinek juvenilis jellegét. Ezekhez a jelenségekhez járul még a területen megfigyelhető földrengésaktivitás is. Összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy a terület jelentős részét aktív tektonikájúnak sorolhatjuk be.

6. Publikációk és irodalmi hivatkozások

A 6.1 és 6.2 pontban olyan publikációkat is felsorolunk, amelyek a projekt során vagy azzal kapcsolatban jöttek létre, de az OTKA honlapján található érthetően szigorú szabályok szerint a publikációs listában nem szerepeltethetők. A jelen jegyzéket e két lista érdemi eltérései indokolják. (IF: impakt faktor) A felsorolás első rendben a publikációtípusok szerint történik, ezen belül pedig a Harvard-rendszerű hivatkozások megtalálását segíti: az egyszerűsített cikkeket a kétszerzősök követik, ezen belül pedig időrendben vannak a tételek felsorolva.

6.1 Megjelent publikációk

Könyvfejezetek, könyvrészek

- Kovács G (2009): Structural lineaments derived from planforms of watercourses in the Second Military Survey of the Habsburg Empire. *In:* Gartner G & Ortog F (eds.): Proceedings of the First ICA Symposium for Central and Eastern Europe 2009, Vienna University of Technology, pp. 923-931.
- Kovács G; Zámolyi A; Székely B (2008a): Megfigyelések a Pinka-sík felszínfejlődéséhez: csuszamlásos folyamatok és neotektonika. *In:* Szabó V; Orosz Z; Nagy R; Fazekas I (szerk.): IV. Magyar Földrajzi Konferencia pp. 119-125, Debreceni Egyetem, Debrecen, ISBN 978-963-06-6004-4.
- Kovács G; Székely B; Papp S (2008b): Observations of the surface evolution of Pinka-plain: mass movements and neotectonics, *In:* Kaiser H.K & Kirner R (eds): Proceedings of the Junior Scientist Conference 2008, Vienna University of Technology, Vienna, pp. 309-310, ISBN 978-3-200-01612-5.
- Székely B; Molnár G; Timár G (2007a): Lázár deák és a folyódinamika – térképezési hibák vagy valós mederváltozás? *In:* Kázmér M.(szerk.): Környezettörténet – Az utóbbi 500 év környezeti eseményei történelmi és természettudományi források tükrében. Hantken Kiadó, Budapest, pp.75-98, ISBN 978-963-87-0159-6.
- Timár G; Molnár G; Székely B; Plihal K (2009): The Map of Lazarus (1528) of Hungary and the Ptolemaic Projection. *In:* Gartner G & Ortog F (eds.): Proceedings of the First ICA Symposium for Central and Eastern Europe 2009, Vienna University of Technology, pp. 683-693.

Folyóiratcikkek

- Karátson D; Németh K; Székely B; Ruszkiczay-Rüdiger Zs; Pécskay Z (2006a): Incision of a river curvature due to exhumed Miocene volcanic landforms: Danube Bend, Hungary. *International Journal of Earth Sciences* **95**:929-944. IF:1.880
- Molnár G; Timár, G (2009): Mosaicking of the 1:75000 sheets of the Third Military Survey of the Habsburg Empire. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* **44**(1): 115-120.
- Molnár G; Timár G; Székely B (2008): Lázár térképének georeferálásáról. *Geodézia és Kartográfia* **60**(4):26-30.
- Székely B (2009): Rediscovering the old treasures of cartography – What an almost 500-year-old map can tell to a geoscientist, *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* **44**(1):3-16.
- Székely B; Molnár G; Pattantyús Á. M (2006a): Különböző leletfelderítési módszerek találkozása térben és időben Badacsonytomajon (Villa Rustica). *Archeometriai Műhely* **3**(3):31-40.
- Székely B; Molnár G; Roncat A (2007): Domborzat- és felületmodellek teljes jelalakos légerszkenneléssel. *Geodézia és Kartográfia* **59**(12):8-13.
- Székely B; Zámolyi A; Draganits E; Briese Ch (2009): Geomorphic expression of neotectonic activity in a low relief area in an Airborne Laser Scanning DTM: A case study of the Little Hungarian Plain (Pannonian Basin), *Tectonophysics* doi: 10.1016/j.tecto.2008.11.024. IF:1.730
- Timár G; Molnár G (2008): A harmadik katonai felmérés térképeinek georeferálása. *Geodézia és Kartográfia* **60**(1-2): 23-27.
- Timár G; Molnár G; Székely B; Biszak S; Kovács B; Markovinovic D; Kuhar M (2006a): A második katonai felmérés horvátországi szelvényeinek georeferálása. *Geodézia és Kartográfia* **58**(12):30-35.
- Timár G; Székely B; Molnár G; Biszak S (2006b): Lipszky János térképének (Magyarország és társországai, 1804-1810) georeferálása térinformatikai alkalmazásokban. *Geodézia és Kartográfia* **58**(10), 13-17.
- Timár G; Molnár G; Székely B; Plihál K (2008a): Lázár térképe és a ptolemaioszi vetület. *Geodézia és Kartográfia* **60**(7):20-26.
- Timár G; Székely B; Molnár G; Ferencz Cs; Kern A; Galambos Cs; Gercsák G; Zentai L (2008b): Combination of historical maps and satellite images of the Banat region – re-appearance of an old wetland area, *Global and Planetary Change*, **62**(1-2): 29-38, doi: 10.1016/j.gloplacha.2007.11.002. IF:2.310
- Zámolyi A (2006): Nagy és kis reliefenergiájú digitális domborzati modellek esettanulmánya. *Geodézia és Kartográfia* **58**(11):24-30.
- Zlinszky, A; Molnár G. (2009): Georeferencing the first bathymetric maps of Lake Balaton, Hungary. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* **44**(1): 79-94.

Konferenciakiadványban megjelent absztraktok és bővített absztraktok

- Biró K.T; Székely B; Bradák B; Medzihradzky Zs (2008): Environmental and geoarchaeological studies at Vörs-Máriaasszony sziget site, SW Hungary. *Geophysical Research Abstracts* **10**:12194.
- Dövényi P; Molnár G; Székely B; Ferencz E; Galsa A; Lenkey L; Horváth F (2007): Neotectonic interpretation of geophysical measurements in the Balatonfő region, *Geophysical Research Abstracts* **9**:10288.
- Draganits E; Zámolyi A; Székely B; Timár G; Molnár G (2008): Reconstruction of the Neusiedlersee (Austria/Hungary) based on historical topographic maps from 1507 to present. *Geophysical Research Abstracts* **10**: 08644.
- Karátson D; Székely B; Ruszkiczay-Rüdiger Zs. (2006b): Geomorphic evolution of the Danube Bend, Hungary, due to paleovolcano exhumation and river incision. *Geophysical Research Abstract* **8**:09678.
- Kázmér M; Mikes T; Benkő Z; Kovács I; Pocsai T; Prohászka A; Krolopp E; Fekete N; Timár G; Székely B (2005): Small-scale Quaternary flexural basins in the Carpathian-Pannonian system: the Transdanubian Sárét Basin as an example, *Geophysical Research Abstracts* **7**:09450.
- Kázmér M; Kóródy G; Székely B (2007a): Dendrochronological and GIS methods in monitoring areal erosion – Bábaapáti, Mecsek Hills, Hungary, *Geophysical Research Abstracts* **9**:09596.
- Kázmér M; Kóródy G; Székely B (2008): Rates of sheet erosion and gully head retreat compared – a study on growth rings in deciduous tree roots in tectonically active areas. *Geophysical Research Abstracts* **10**:05183.
- Komoróczy Z; Székely B; Molnár G; Catt L; Booth A; Dövényi P (2007): Multimethod geophysical study of anomalous light-grey stripes in Quaternary sediments revealed by archive aerial photography, *Geophysical Research Abstracts* **9**:10711.
- Kóródy G; Kázmér M; Székely B (2006): Dendrochronological and GIS methods in the monitoring of the linear erosion near Bábaapáti, *Geophysical Research Abstracts* **8**:09542.
- Kóródy G; Kázmér M; Székely B (2007): Estimating runoff and maximum flood on DTM by the Raindrop program for the Bábaapáti nuclear waste repository, Hungary, *Geophysical Research Abstracts* **9**:09421.

- Kovács G; Zámolyi A; Székely B; Papp S (2008c): Tectonically induced drainage system in the Western Pannonian Basin, *Geophysical Research Abstracts* **10**:04354.
- Molnár G; Székely B (2005): The effect of the recent differential vertical movements on the course of Cincsa-Csíkgát Creek, Hungary – a case study. *Geophysical Research Abstracts*, **7**:10294.
- Molnár G; Komoróczy Z; Székely B (2006a): Reconstructing Roman road network in Pannonia using anaglyph technology of rectified archive aerial photographs. *Geophysical Research Abstracts* **8**:09788.
- Molnár G; Székely B; Dövényi P; Horváth F; Ferencz E; Lipovics T (2006b): Multimethod geophysical surveying of active tectonic setting of Balatonfő line, Hungary: a case study, *Geophysical Research Abstracts* **8**:09812.
- Salamon M; Székely B; Timár G; Molnár G; Biszak S (2007): A GIS-assisted reconstruction and 3D data integration of Eastern Alpine glaciers using satellite imagery and georeferenced historical and archive maps. *Geophysical Research Abstracts* **9**:08014.
- Salamon M; Székely B; Kerschner H (2008): Glacier volume changes depending on exposition and altitude in the Zillertal Alps, Austria/Italy. *Geophysical Research Abstracts* **10**:10510.
- Szafián P; Bada G; Vincze O; Székely B; Spiess V (2007): Neotectonic analysis of high resolution seismic data, Lake Balaton, Pannonian basin. *Geophysical Research Abstracts* **9**:03600.
- Székely B (2008): Rediscovering the old treasures of cartography - What an almost 500-year-old map can tell to a geoscientist. *Geophysical Research Abstracts* **10**:11315.
- Székely B; Molnár G (2006): Watershed reorganization in Külső-Somogy, Hungary: insights from Surface Processes Modelling. *Geophysical Research Abstracts* **8**:09837.
- Székely B; Molnár G (2008): Do the post-Miocene volcanic features really mark a single paleoaltitude in the Transdanubian Range (Pannonian basin)? *Geophysical Research Abstracts* **10**:11566.
- Székely B; Molnár G; Ferencz E; Dövényi P; Krumrei I; Timár G (2005): Swaths of topographic sink depressions interpreted as remnants of paleomeanders in the vicinity of Lake Balaton, Hungary: evidences of young uplift or base level drop? *Geophysical Research Abstracts*, **7**:09989.
- Székely B; Molnár G; Timár G (2006b): Tabula Hungariae (1528): Errors in mapping or surface evolution rearranging the watercourses? *Geophysical Research Abstracts*, **8**:04854.
- Székely B; Molnár G; Timár G (2006c): Lázár deák és a folyódinamika - térképezési hibák vagy valós mederváltozás? In: Kázmér M. (ed.): A környezettörténet 2006 konferencia előadásainak összefoglalói. *Az Általános Földtani Szemle Könyvtára* **2**:48-49.
- Székely B; Zámolyi A; Draganits E; Briese Ch (2008a): Geomorphic expression of neotectonic activity in a low relief area in Airborne Laser Scanning DTM – a case study of the Little Hungarian Plain. *Geophysical Research Abstracts* **10**:10899.
- Székely B; Zámolyi A; Draganits E; Briese Ch (2008b): Tectonic geomorphic microstructures in an Airborne Laser Scanning DTM in the Seewinkel Area, Little Hungarian Plain. *Journal of Alpine Geology* **49**:110.
- Timár G; Molnár G; Ferencz Cs; Lichtenberger J; Székely B; Pásztor Sz; Bognár P (2005): Deforestation as a primary cause of the recent flood peaks in the Pannonian Basin? - Counter-evidences from the Upper Tisza catchment., *Geophysical Research Abstracts* **7**:01032.
- Timár G; Székely B; Molnár G (2006c): Estimation of the maximum Holocene water level of the Lake Balaton (Hungary) based on geomorphic maps and geodetic uplift rate indicators, *Geophysical Research Abstracts* **7**:04495.
- Timár G; Székely B; Molnár G; Ferencz Cs; Kern A; Galambos Cs; Bognár P; Lichtenberger J; Pásztor Sz; Steinbach P (2006d): MODIS satellite images of the 2005 Banat centennial flood event, Romania – reappearance of an old wetland area, *Geophysical Research Abstracts* **7**:04800.
- Timár G; Molnár G; Székely B; Biszak S; Jankó A (2007): Projection of and datum parameters of the second military survey of the Habsburg Empire (1806-1869) for GIS data integration purposes. *Geophysical Research Abstracts* **9**:02867.
- Zámolyi A; Székely B; Timár G; Draganits E (2007a): Quantitative river channel analysis based on georeferenced historical maps – documenting vertical movements in the Little Hungarian Plain, *Geophysical Research Abstracts* **9**:06624.
- Zámolyi A; Székely B; Draganits E; Timár G (2008): Neotectonic control on landscape evolution in the Little Hungarian Plain. *Journal of Alpine Geology*, **49**:119-120.
- Zlinszky A; Molnár G (2008): The first bathymetric maps of Lake Balaton (Hungary). *Geophysical Research Abstracts* **10**:04254.
- Zlinszky A; Molnár G; Horváth A; Hámori Z; Székely B (2007): Mapping of lacustrine sediment thickness and water depth of the Lake Balaton. *Geophysical Research Abstracts*, **9**:10273.

Zlinszky, A; Székely, B; Clement, A (2008): Comparing sediment load and deposit thickness values in the eastern embayment of shallow Lake Balaton, Hungary, *Geophysical Research Abstracts* **10**:06101.

Egyéb absztraktok

Kázmér M; Kóródy G; Székely B. (2007b): Dendrochronology of exposed roots and erosion mapping at Bataapáti Nuclear Waste Repository, Mecsek Hills, Hungary. XVII INQUA Congress 2007.

Zámolyi A; Székely B; Timár G; Draganits E (2007b): Geomorphologic and drainage network analysis at the western margin of the Little Hungarian Plain, Houseman, G., Horváth, F. (eds.): Collision and extension in the Alpine-Carpathian-Pannonian system, Siófok, September 14-16, Abstract volume, p. 35.

Zámolyi A; Székely B; Timár G; Draganits E (2007c): Geomorfológiai vizsgálatok a Kisalföld nyugati peremén georeferált történelmi térképek és digitális domborzati adatok alapján, HUNTEK Workshop, Problems and recent advances in the geodynamics of the Pannonian–East Alpine–Carpathian–Dinaridic domain, 20-21 Sep 2007, Sopron, Magyarhoni Földtani Társulat.

6.2 Készülő és tervezett publikációk

Benyújtott cikkek

Zámolyi A; Székely B; Draganits E.; Timár G. (bírálat alatt): Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain. *Geomorphology*.

Előkészületben lévő kéziratok

Az itt szereplő tételek címei munkacímek, a szerzők listája nem végleges.

Molnár G, Székely B et al (in prep): Mesas and buttes in the Balaton Highland: Correlation between elevation pattern of volcanic strata and recent vertical crustal movements.

Székely B; Molnár G; Ferencz E; Dövényi P; Krumrei I; Timár G (in prep): Adalékok a Balatonfő felszínfejlődéséhez: komplex neotektonikai vizsgálatok a Cinca-Csíkgát vízgyűjtőjének régiójában. *Földtani Közlemény*.

Székely B; Danišik M, Molnár G et al (in prep): New low-temperature thermochronological constraints on the burial history of the Western Pannonian Basin: fission track and (U,Th)/He results on granite of Velence Hills.

Székely B; Molnár G et al (in prep): Lefolyástalan mélyedések löszfelületen a Balatonfő térségében: geoelektromos szelvényezési eredmények.

Zlinszky A; Molnár G; Horváth A; Hámori Z; Székely B; Szafián P (in prep): A Balaton vízmélységének és tavi üledékvastagságának térképezése vízi szeizmikus szelvények alapján. *Földtani Közlemény*.

6.3 A szövegben hivatkozott irodalom

Dunkl I; Frisch W (2002) Thermochronologic constraints on the Late Cenozoic exhumation along the Alpine and West Carpathian margins of the Pannonian basin. *EGU Stephan Mueller Spec Publ* **3**:135–147.

Joó I (1992): Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics*, **202**(2-4): 129-134.

Lazarus (Secretarius) 1528: Tabula Hungariae ad quatuor latera. Eine kurze und warhafftige beschreibung des Ungerlands. Georg Tannstetter, Ingolstadt, map sheets 1–4.

Mike K (1969): Az Ipoly-völgy kialakulása. *Földrajzi Értesítő*, **18**:289–314.

Németh K; Martin U (1999): Late Miocene paleo-geomorphology of the Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Hungary) using physical volcanological data. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* **43**(4):414-438.

Székely B, Karátson D (2004): DEM-based morphometry as a tool for reconstructing primary volcanic landforms: examples from the Börzsöny Mountains, Hungary. *Geomorphology*, **63**(1-2):25-37.