

Relationes Annue Institutii Geologici Publici Hungarici

A Magyar Állami Földtani Intézet

Évi Jelentése

2004

Annual Report

of the Geological Institute of Hungary



Budapest, 2005

© Copyright Magyar Állami Földtani Intézet (Geological Institute of Hungary), 2005
Minden jog fenntartva! All rights reserved!

Lektorok — Reviewers:

ALBERT GÁSPÁR, BALLA ZOLTÁN, BUDAI TAMÁS, CSILLAG GÁBOR, FRIEDRICH FINGER,
HAAS JÁNOS, HAVAS GERGELY, JÁMBOR ÁRON, KAISER MIKLÓS, KÁZMÉR MIKLÓS,
LESS GYÖRGY, SÍKHEGYI FERENC, TIMÁR GÁBOR

Sorozatszerkesztő — Serial editor:

BALLA ZOLTÁN

Szakszerkesztő — Scientific editor:

PIROS OLGA

Műszaki szerkesztő — Technical editor:

SIMONYI DEZSŐ

Számítógépes nyomdai előkészítés — DTP:

PIROS OLGA, SIMONYI DEZSŐ, TIEFENBACHER ILDIKÓ

Borítóterv — Cover design:

SIMONYI DEZSŐ



Kiadja a Magyar Állami Földtani Intézet — Published by the Geological Institute of Hungary

Felelős kiadó — Responsible editor:

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY
Igazgató — Director

HU ISSN 0368–9751

Tartalom — Contents

Működési jelentés — Activity Report

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY: Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2004. évi tevékenységéről . . .	7
KÓPHÁZI FERENCNÉ, SIPOSS ZOLTÁN: Emlékezés Vigh Gusztávra	33
KECSKEMÉTI TIBOR: Tasnádi Kubacska András, a muzeológus — András Tasnádi Kubacska, the Muscologist . . .	35

Szakcikkek — Scientific publications

KONSTANTINE SHATAGIN, IGOR CHERNYSHEV, ZOLTÁN BALLA (with a postscript by KÁROLY BREZSNYÁNSZKY): Geochronology of Mórággy Granite: Results of U-Pb, Rb-Sr, K-Ar and ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar isotope study	41
KONSZTANTIN SATAGIN, IGOR CERNÜSOV, BALLA ZOLTÁN (BREZSNYÁNSZKY KÁROLY utószavával): A Mórággyi Gránit geokronológiája: U-Pb, Rb-Sr, K-Ar és ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar izotópvizsgálatok eredményei	55
FÜGEDI UBUL, SZURKOS GÁBOR, VERMES JÁNOS: Éghajlatváltozások geokémiai hatásai Magyarország középső és keleti részén — Geochemical fingerprints of climatic changes in Central and Eastern Hungary	65
ZELENKA TIBOR, PÓKA TERÉZ, MÁRTONNÉ SZALAY EMÓKE, PÉCSKAY ZOLTÁN: A Tari Dácittufa Formáció tí- pusszelvényének felülvizsgálata. — New data on stratigraphic position of the Tar Dacite Tuff Formation . . .	73
PÁLFALVI SAROLTA: A móri Antal-hegyi középső- és késő-cocén „lithothamniumos mészkő” mikrofácies és öskörnyezeti vizsgálata. — Microfacies and palaeoenvironmental analysis of the Middle to Late Eocene „Lithothamnium-bearing limestone” of the Antal Hill at Mór (Vértes Mountains, Hungary)	85
ALBERT GÁSPÁR: Töréses szerkezetek modellezési módszerei. — Modelling methods of fracture tectonics	97
GYALOG LÁSZLÓ, OROSZ LÁSZLÓ, SIPOS ATTILA, TURCZI GÁBOR: A Magyar Állami Földtani Intézet egységes föld- tani jelkulcsa, fúrási adatbázisa és webes lekérdező felületük — The uniform legend system, the borehole database and the web-based query tool of them in the Geological Institute of Hungary	109
TURCZI GÁBOR: Földtani térmodell építése — adatbázisok az intra- és interneten. — Setting up the spatial geo- logical model of Hungary — databases on the intranet and internet	125
GALAMBOS CSILLA: A földtani térkép — digitalizálástól nyomdáig. — Geological maps — from the digitalisation to the publishing	131
MAIGUT VERA: Földtani térképek kartografálásának segítése térinformatikai módszerekkel. — Aiding the carto- graphic process of geological maps with GIS-methods	139
GYALOG LÁSZLÓ, TULLNER TIBOR, TURCZI GÁBOR, TURTEGIN ELEK: Magyarország hegyvidéki területeinek fúrási és földtani térképi adatbázisa (a Magyar Állami Földtani Intézet és a Mol Rt. közös projektje). — The bore- hole and map database of hilly areas of Hungary (joint project of the Geological Institute of Hungary and the Mol Hungarian Oil and Gas Company)	145
HAVAS GERGELY: Földtani térképek publikálása internetes környezetben. — Publishing geological maps on the Internet	167
BUDAI TAMÁS, NÉMETH KÁROLY, PIROS OLGA: Középső-triász platformkarbonátok és vulkanitok vizsgálata a Latemar környékén (Dolomitok, Olaszország). — Middle Triassic platform carbonates and volcanites in the Latemar area (Dolomites, Italy)	175

BUDAI TAMÁS, FODOR LÁSZLÓ, CSILLAG GÁBOR, PIROS OLGA: A Vértes délkeleti triász vonulatának rétegtani és szerkezeti felépítése. — Stratigraphy and structure of the southeastern Triassic range of the Vértes Mountain (Transdanubian Range, Hungary)	189
CSÁSZÁR GÉZA: Kavics- és breccsabetelepülések a Vasasi Márga Formációban Zsibrik és Ófalu között. — Pebble and breccia intercalations in the Lower Jurassic Vasas Marl Formation between Zsibrik and Ófalu villages, Eastern Mecsek Mountains	205
KERCSMÁR ZSOLT: Középső-eocén karbonátos üledékképződési környezetek és egymásra épülésük a Tatabányai-medence DK-i peremén. — Evolution of Middle Eocene carbonate sedimentation on the southeastern part of the Tatabánya Basin	215
CSERNY TIBOR, THAMÓNÉ BOZSÓ EDIT, KIRÁLY EDIT, MUSITZ BALÁZS, MAROS GYULA, KOVÁCS-PÁLFFY PÉTER, BARTHA ANDRÁS: Az M3-as autópálya burkolatának környezetföldtani vizsgálata. — Environmental geological studies on the road surface of highway M3	239
CSIRIK GYÖRGY: A pulai pliocén maarkráter (Dunántúli-középhegység) tavi üledékeinek földtani viszonyai. — Geologic pattern of lake sediments in an Upper Pannonian maar crater at Pula (Central Transdanubia, Hungary)	253
CSILLAG GÁBOR, MÜLLER PÁL MIHÁLY: Vulkanizmus utáni felszínalakulás Leányfalu környékén (Visegrádi-hegység). — Geomorphic evolution of the Leányfalu area, after the Miocene volcanism (Visegrád Mts, North Hungary)	261
CSERNY TIBOR, PRÓNAY ZSOLT, NEDUCZA BORISZLÁV: A Balatonon végzett korábbi szeizmikus mérések újraértékelése. — Re-evaluation of earlier seismic measurements on Lake Balaton	273

Működési jelentés

Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2004. évi tevékenységéről

BREZSNYÁNSZKY KÁROLY
igazgató

Bevezetés

Az Intézet 2004. évi feladatait a Földtani Tanács által jóváhagyott, a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) új, a 2004–2006. évekre szóló középtávú kutatási programja alapján végeztük. A középtávú program „A földtani környezet kutatása, védelme és hasznosítása” címet viseli, ami a társadalmi igények minél szélesebb körű kielégítésére irányuló törekvésünket tükrözi. A középtávú program keretében újra definiáltuk az Intézet évszázadot meghaladó hagyományain alapuló, és a korszerű igényekhez alkalmazkodó stratégiai céljait. A stratégiai célok, a már említett társadalmi igények kielégítése mellett, a hazai és nemzetközi környezetbe helyezett kutatás minőségének fenntartására, az eredmények közkinccsé tételére helyezi a fő súlyt.

A középtávú program tartalmával összhangban a beszámoló a teljes intézeti tevékenységet, alap- és alkalmazott kutatási feladatainkat, közszolgálati, és az intézet irányítására, működőképességének fenntartására irányuló tevékenységünket tartalmazza. A feladatok finanszírozása alapvetően három forrásból, az állami költségvetésből, állami alapok célirányzataiból és pályázatokból történt.

Az Intézet szervezeti rendjén, főosztály és osztály szerkezetén nem változtattunk, az elmúlt évek igazolták a szervezet működőképességét. Az Intézet személyi állománya az engedélyezett, 141 fős szinten volt. A feladatok sokrétűsége és volumene továbbra is jól koordinált, feszített tempójú munkavégzést igényelt valamennyi munkatársunktól.

A Magyar Állami Földtani Intézet 2004-ben, fennállásának 135. évében teljesítette az éves tervébe foglalt kutatási feladatokat. Év közben, főigazgatói jóváhagyással kisebb tervmódosítást hajtottunk végre, ami feladat-átcsoportosítást, illetve a balatoni magaspartok célfeladat kérdésében feladatbővítést jelentett.

A körültekintő gazdálkodásnak köszönhetően az Intézet pénzügyi egyensúlyát sikerült megőrizni, kiadásaink a bevétel szintje alatt maradtak, nincsenek köztartozásaink, az évet pozitív gazdasági mérleggel zártuk. A költségvetési feladatok teljesítésének feltételrendszerét is részben a külső szerződéses bevételből teremtettük meg.

A saját bevételek döntő része (95%) állami alapokból vagy egyéb állami forrásokból [radioaktív hulladék elhelyezési kutatások— Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhatalmú Társaság (RHK Kht.), EU Víz Keretirányelv feladatai — Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM)], a maradék 5% adatszolgáltatásból, laboratóriumi vizsgálatokból, könyvtári és múzeumi szolgáltatásokból (mintaraktári szolgáltatások), lokális mérési feladatokból, eseti szakértői értékelési feladatokból származik. Legjelentősebb szerződéses partnereink az elmúlt évben az RHK Kht., a Bátatom Kft., a Mecsekérc Rt. és a KvVM voltak.

A földtani környezet megismerését célzó kutatásaink súlyponti területe a Dél-Dunántúl volt, ahol két, több évre kiterjedő állami program, a nagy, illetve kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló földtani kutatásban láttunk el meghatározott feladatokat. Részben ezekhez a kutatásokhoz kapcsolódik a Medenceanalízis és a Tektonikai osztály tevékenysége, de folytattuk az eddig is szép eredményeket elért negyedidőszak (kvarter) kutatásainkat is. Földtani térképezésünk a Mecsek térségében folytatott felvételezéssel kapcsolódott az előbbi állami programokhoz, ezzel párhuzamosan haladtunk a Vértes és Gerecse, valamint a Bükk környezetében korábban elkezdett térképezéssel. Folytatódott a térképi adatbázisok építése, a 100 000-es digitális földtani térképsorozat és a 250 000-es országos földtani térkép szerkesztése. Mindkét termék lényeges hozzájárulás lesz Magyarország földtani térmodellje megalkotásához.

A földtani környezet védelmét és hasznosítását szolgáló kutatásainkat részben a környezetföldtan, az agrogeológia, a környezet-geokémia és a természetvédelem területén, másrészt egyes régiók komplex földtani potenciáljának megállapítása terén folytattuk. Utóbbi részét képezi egy-egy tervezési-statisztikai régió ásványi nyersanyag potenciáljának számbavétele. A területfejlesztési, területrendezési tevékenység támogatása érdekében a kialakított és bevált módszerek segítségével Budapest egyes kerületeinek (III. és VI.) környezeti állapotának felmérését végeztük el.

A Nemzeti Kutatási Fejlesztési Program (Széchenyi Terv) keretében sikeresen lezártuk a 14 kuratóriumi tagszervezet közreműködésével kidolgozott „A hulladékok optimális elhelyezésének lehetőségei” című projektet, legfontosabb eredményei a www.mafi.hu honlapon bárki számára elérhetőek.

Továbbra is nagyon nagy jelentősége volt a vízföldtani kutatásoknak. Vízminőség-védelmi, ivóvíz-ellátási szempontú kutatásokat és modellezést végeztünk a Dunántúli-középhegység és a tervezett radioaktív hulladéklerakók környezetében, és 2004-ben elkészítettük az Alföld koncepcionális hidrogeológiai modelljét. Folytattuk vízmegfigyelő hálózatunk üzemeltetését. Az országos térmodell egyes elemeinek elkészítésével vettünk részt az EU Víz Keretirányelv felszín alatti víztestekkel összefüggő feladatainak megoldásában.

A kutatási tevékenységet támogatja, a végtermék előállítását biztosítja az információk térinformatikai feldolgozása és a kartografált térképi anyag elkészítése. Jelentős előrelépés történt a 3D felületek előállításában, a web-alapú belső térképi adatszolgáltatás megteremtésében. Az Intézetünk kiadásában megjelent „Gömör-Bükki térség földtani térképe” című alkotás a Szép Magyar Térkép 2004 pályázaton a tudományos térképek és atlaszok kategóriában I. díjat nyert.

Közszolgálati tevékenységünk keretében részben kutatási projektjeink anyagvizsgálatai, informatikai, szakirodalmi és összehasonlító gyűjteményi igényeit elégítettük ki, ugyanakkor eleget tettünk intézetünk nemzeti közintézményi jellegéből adódó információszolgáltatási kötelezettségeinknek.

Az alaptevékenység keretében végzett szolgáltatásainkat a megrendelők igénye szerint határidőre és magas szakmai színvonalon teljesítettük. A szolgáltatások árbevétele ebben az évben kissé alulmaradt a költségvetési előirányzat volumenének, ami az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezésére irányuló felszíni földtani kutatás és a térségben kialakított monitoring-rendszer működtetése tárgyában végzett munkák csökkenésének következménye. Intézetünk kiemelt alvállalkozóként bekapcsolódott a 2003-ban indult nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére irányuló kutatási programba.

Továbbra is jelentős a pályázati tevékenységünk, többek között 21 Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA) és 5 EU pályázat megvalósítása van folyamatban.

Az Intézet 2004. évi kutatási tevékenységének szakterületenkénti megoszlását, létszám és költség alapon, a kö-

vetkezők szerint becsüljük: környezetszennyezés, hulladék-elhelyezés 20–30%, vízkutatás 10–20%, alapkutatás és térképezés 10–20%, informatikai szolgáltatás 10–20%, mérnökeológia és természeti veszélyek 5–15%, régiókutatás (agrogeológia és ásványi nyersanyag) 5–10%, egyéb 5%.

Intézetünk hazai és külföldi kapcsolatrendszerének fejlesztése és ápolása az ország EU csatlakozása következtében fokozott jelentőséggel bír. Fenntartottuk teljes jogú tagságunkat az EuroGeoSurveys szervezetben, továbbra is tagjai vagyunk a szervezet Executive Committee testületének. Különös figyelmet fordítottunk kétoldalú kapcsolatainkra a szomszédos országokkal.

Az igazgatói beszámoló alapját „A Magyar Állami Földtani Intézet működési jelentése a 2004. évről” című dokumentum képezi. A beszámolóban kiemelt tevékenység és tudományos eredmények részletes leírása az említett működési jelentésben, publikációkban és kéziratok kutatási jelentések anyagában található meg.

A földtani környezet megismerését célzó kutatások

Medenceanalízis

A medenceanalízis integrált kutatási módszereinek (szedimentológia, szekvencia- és ciklussztratigráfia, lito-, bio-, kronosztratigráfia, őskörnyezeti- és paleoklíma vizsgálatok, valamint karotázs és szeizmikus szelvények földtani értelmezése) komplex alkalmazásával vizsgáljuk Magyarország medencekitöltő üledékeit. Az eredményeket háromdimenziós modellekben jelenítjük meg.

Az *alföldi pannóniai képződmények vizsgálatát* folytatva a szelvények mentén szedimentológiai és szekvencia-sztratigráfiai feldolgozást végeztünk az Alföld K-i ÉK-i részén (Derecskei-árok). Megállapítottuk, hogy a harmadrendű szekvencia lerakódását egy nagyon erős aljzatsüllyedéssel, nagy mennyiségű üledékbehordással jellemezhető, 6,0 M év körüli jelentős transzgresszió okozta. A negyedrendű szekvenciák kivastagodása tektonikai okokra vezethető vissza. Folytatva az alföldi negyedidőszaki mélymedencék vastag üledékes kitöltéseinek komplex szedimentológiai-őskörnyezeti vizsgálatát, megkezdtük a jászszági mélymedence folyóvízi képződményeinek feldolgozását.

A *Körösök vízhalózat elemzése* témában, a korábban légi felvételek alapján kiértékelt területen 8 db végig magvételes sekélyfúrást mélyítettünk le. A rétegsorok és az előzetes koradatok alapján pontosítottuk a késő-pleisztocén fonatos-meanderes-elágazó jellegű folyófejlődés szakaszait.

Tektonika

A tektonikai kutatások főként a *mórági granitoid pluton szerkezeti modelljének* kialakítására irányultak. Az integrált értelmezés részét képezik a mélyfúrasi és fel-

színi geofizikai adatok. Vizsgáltuk a *Dunántúli-középhegységi-egység szerkezeti kapcsolatait* a szlovéniai Pohorje felé.

Tovább folytattuk a korábbi években megkezdett műszer- és módszerfejlesztéseket, védjegyeztettük az ImaGeo nevet az Európai Unióban.

Elvégeztük a Somogyi-dombság területén épülő M7-es autópálya nyomvonalában az újonnan létesült feltárások neotektonikai kiértékelését.

Hegyvidéki földtani térképezés

2004 során lezártuk a Vértes területét lefedő 1:25 000-es térképlapok szerkesztését és a magyarázó rétegtani fejezeteinek kéziratát első változatban. Tovább folytattuk a Bükk Ny-i előterének földtani térképezését.

A Vértes és a Gerecse környezetében tovább dolgozunk a triász platformok, valamint a paleogén medenceterületek fejlődéstörténeti rekonstrukcióján.

Sík-és dombvidéki földtani térképezés

Folytattuk a Mecsek hegységről és annak előtereiről a rendelkezésre álló földtani térképek, valamint geofizikai és fúrás adatok felhasználásával egységesített digitális térképi és fúrás adatbázis építését, s új felvételeket is készítettünk a Nyugati-Mecsekben, illetve a Mecsektől DK-re eső területen. Elkészült és a firenzei Nemzetközi Geológiai Kongresszuson bemutatásra került a Mecsek hegység 1:50 000-es kéziratot földtani térképe.

Földtani kutatófúrások dokumentálását végeztük el észak-magyarországi dombvidéki területen (Püspökszilágy).

Folytattuk az épülő autópályák mentén újonnan létesült feltárások földtani dokumentálását.

Térképi adatbázisok

Közel áll a befejezéshez az ország 1:100 000-es digitális földtani térképsorozat lapjainak egységesítése és lezárása. A térképsorozathoz új színelvétel és intranetes elérhetőséghez új kezelőfelület készült. Az 1:250 000-es földtani térkép program keretében 2004-ben valamennyi részterületről elkészült a fedett földtani térkép vonalműve első változatban. Fejlesztettük a *fúrás adatbázisunkat*, amihez gyors, egyszerűen szűrhető lekérdező alkalmazás készült. Mindhárom téma jelentős hozzájárulás *Magyarország földtani térmodellje* megalkotásához.

Romániával együttműködést alakítottunk ki, melynek keretében az ottani határmenti területek 100 000-es térképezése kapcsán alkalmazzák a magyar jelkulcsot, ehhez segítséget nyújtunk.

Szlovénia átadta a magyar félnek a határmenti területek 1:100 000-es térképlapjait, ezek egységesítése jelenleg folyik.

A földtani környezet védelmét és hasznosulását szolgáló kutatások

Agrogeológiai, környezetföldtan és földtani természetvédelem

Több éve folyó program keretében megszerkesztettük és digitálisan előállítottuk a Sopron és a Kőszeg jelű lap valamint a nyugatról csatlakozó laptöredékek 1:100 000-es *agrogeológiai és környezetföldtani térképeit* 7 változatban. Befejeztük az Uppony, Bánhorváti és Dunaszentmiklós 1:25 000-es lapok terepi környezetföldtani felvételezését, és megkezdjük a felvételezési munkát a Lábatlan 1:25 000-es lapon.

Az *agrogeológiai mintaterületek* kutatása keretében elkészült a Tőserdői-mintaterület ismételt feltárása. Agrogeológiai jellegű értékelést végeztünk a Kömlői-mintaterületen, valamint Pornóapáti és a Visegrádi-hegység térségében. Folyamatosan végeztük a Duna–Tisza közti szikes tavaknál telepített figyelőkútjaink észlelését, és havi rendszerességgel mintáztuk meg a kutakat geokémiai vizsgálatra.

Jogszabályi kötelezettségnek eleget téve, terven kívüli feladatként távérzékelési és földtani adatok feldolgozásával kijelöltük a *Balaton-térség csúszás-veszélyeztetettség* szempontjából vizsgálandó területeit.

Szakértői közreműködést végeztünk a magyar környezetvédelmi és hulladékgazdálkodási jognak a nehézfémek, valamint a félfémek és a bőr háztartására vonatkozó szabályainak elemzésében. Áttekintettük, elemeztük és bemutattuk a *geokémiai háttér sajátosságait*, a természet és a jog ellentmondásait. Tovább vizsgáltuk a gyöngyöSOROSZI környezetszennyezés problémáját, és javaslatot tettünk a flotációs meddő hasznosítására.

Folytattuk a földtani alapszelvények felvételét, állapotuk dokumentálását, az alapszelvények fotózását a Dunántúl területén. Elkészült Magyarország 500 000-es térképsorozatába tartozó Földtani alapszelvények c. térkép új változata, mely a jelen állapotnak megfelelően ábrázolja már a védett területeket is.

Régiógeológia és nyersanyagpotenciál-értékelés

A *regiókutatás* 2006-ig kidolgozott terve szerint, részben az illetékes MGSZ Területi Földtani Hivatalok közreműködésével megkezdjük, illetve folytattuk a *következő adatbázisok és térképek készítését*:

- földtani formációk nyersanyagpotenciál értékelése,
- földtani formációk környezetföldtani értékelése,
- kvarter képződmények környezetföldtani és nyersanyag potenciál értékelése,
- Kisalföld és a Zalai-dombság egységes földtani térképe, M=1:100 000 (elkészült),
- ivóvízadó képződmények térképe az Észak-Dunántúl és Dél-Alföld területén, M=1:100 000,
- „A magyarországi paleokarszt rendszerek tározópotenciálja” című térkép, M=1:500 000 (elkészült),

— Pest megye és Budapest ásványi nyersanyag és környezetföldtani állapot térképei, M=1:100 000,

— Pest megye és Budapest geomorfológiai térképe digitálisan, M=1:100 000.

Folytattuk a regionális szintű földtani térképszerkesztést és digitalizálást. A következő országos térképek digitális változata készült el 1:500 000 méretarányban:

— Magyarország földtani térképe a kainozoikum elhagyásával

— Magyarország talajvíz-prognózis térképe.

A 2002-ben kidolgozott térképszerkesztési irányelvek alapján folytattuk a magyarországi 1:100 000-es méretarányú mérnökgeológiai térképsorozat szerkesztését.

Folytattuk a szűken vett Kisalföld térképezését bemutató magyarázó kötet írását. Elkészült a felhasznált mélyfúrások adatbázisa és a térképezés során készült jelentések, publikációk jegyzéke, valamint a digitális földtani térkép. Lezártuk A mélységi vízadók 1:200 000-es térképének kéziratos változatát.

Településgeológia

Településgeológiai kutatásainak keretében, a kialakult tematika alapján elkezdtük Budapest, III. kerület környezetföldtani térképsorozatának készítését. Elkészült térképek: megkutatottsági térkép, felszíni képződmények földtani térképe, fedetlen földtani térkép, a talajvíz átlagos mélysége a felszín alatt (archív adatok), a talajvíz átlagos tengerszint feletti magassága (archív adatok), a talajvíz becsült maximális tengerszint feletti magassága (archív adatok), szennyezés-érzékenységi térkép.

Új alkalmazott földtani térképezési módszert fejlesztünk ki az úgynevezett *közmű-geotechnikai térkép* készítése céljából. A módszer tesztelése Budapest XI. kerületében folyik az alábbi tematika szerint:

— adatgyűjtés (fúrási rétegsorok),

— adatpontok térképre vitele (megkutatottsági térkép),

— geotechnikai szempontok szerint az összes fúrás felső 2,5 m-nek értékelése,

— a felső 2,5 m geotechnikai kódolása, a kódolt pontok térképre vitele,

— a fedett földtani térkép és a kódolt ponthalmaz-térkép összehangolásával kialakul „a felszín felső 2,5 m-nek közmű-geotechnikai térképe”.

Vízföldtani monitoring

Az Intézet alaptervékenységként végzi az ország területét behálózó *vízföldtani megfigyelő-hálózat* működtetését. A működtetés magába foglalja az észleléseket, a kutak karbantartását, az adatfeldolgozást, valamint az adatszolgáltatást. A MÁFI országos vízföldtani megfigyelő hálózata keretén belül 2004. évben az ország különböző pontjain, összesen mintegy 200 db észlelőkút rendszeres mérésére került sor. A rendszer működtetésének költségeit változatlanul szerződéses munkáink bevételéből fedezzük.

Az észlelőhálózat mérési adatai nyíltak, bárki által hozzáférhetőek. Rendszeres adatszolgáltatást végzünk mind a MÁFI osztályai részére, mind a főhatóságok felé. Három megfigyelőkút a közös magyar–szlovák szigetközi monitoring rendszer tagja, melyeknek idősorait 2004-ben is átadtuk az illetékes Vízügyi Igazgatóság számára. A Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság részére a zsirai észlelőkút adatait szolgáltattuk az országhatáron kívül létesített, de a zsirai észlelőkúttal azonos vízadó képződményt megcsapoló, Lutzmansburg (Ausztria) területén mélyült termálkút magyarországi hatásainak vizsgálatához. Ezen felül adatcserét folytattunk a Dunántúli Regionális Vízmű Rt-vel (DRV Rt.) és a Vitukival, illetve a Lencsehegyi Szénbánya Kft. vel.

Adataink megjelentek a 2004. év során kiadásra került 2001. évi Vízrajzi Évkönyvben.

Az értékelő feladatokat az észlelőhálózat mérései alapján végeztük. A mérési adatok értékeléséhez adatgyűjtést folytatunk az elmúlt évszázad, ezen belül kiemelten az utolsó 30 év éghajlatváltozásának elemzéséhez. Kijelöljük azokat a mintaterületeket, ahol az említett időszakban az éghajlatváltozással kapcsolatba hozható markáns vízszintváltozás mutatkozik, illetve jellemezzük ezeket a változásokat.

Vízgeokémia és modellezés

2004-ben elkészítettük az *Alföld koncepcionális hidrogeológiai modelljét*. Ennek során kijelöltük a vizsgált terület határait és meghatároztuk a mélységbeli kiterjedését. Kialakítottuk a vízföldtanilag egységesen kezelhető öszleteket, meghatároztuk a peremfeltételeket. Előzetes modellezést végeztünk a geotermikus viszonyok és az oldott anyagok (sók és gázok) okozta fajsúlyeloszlás figyelembevételére. Elvégeztük a földtani magfúrások, a karotázsok és a szeizmikus mélyszelvények alapján készült korábbi 3D földtani térmodellünk első revízióját. Kialakítottuk a modellek későbbi kalibrációját biztosító hidraulikus potenciál, vízminőség és izotóp-hidrologiai adatbázisokat.

Regionális hidrogeológiai kutatások

A *Dunántúli-középhegység* területén folytattuk a bauxitbányászattól átvett észlelő kutak figyelését az egykori bányászati vízkiemelési térségekben. A kutak jól mutatják az általános rehabilitációt, de tükröződik a csapadékhiány is.

Az *EU Víz Keretirányelv* megvalósítása keretében megkezdődött a felszín alatti víztestek határmenti egyeztetései. A víztestek definiálása és az országos földtani térmodell fejlesztése céljából létrehoztuk a földtanilag-geometriailag konzisztens, 1:500 000-es, vízföldtani szempontból lényeges felületek (kvarter, felső-pannónai, alsó-pannóniai képződmények talpa, a prekainozoos felszín tengerszinthez viszonyított helyzete, valamint a mezozoos karsztos képződmények felszíni és felszín alatti elterjedése) térinformatikai rendszerét.

A víztestek állapotát bemutató és ellenőrző monitoring-rendszer kialakítása céljából kiírt PHARE pályázaton

sikerrel szerepeltünk a Finn Geológiai Szolgálat vezette konzorcium tagjaként.

Folytattuk a Balatoni Földtani Adatbázis feltöltését, az 1:10 000-es építésföldtani térképezés során mélyült gépi és kézi fúrások rétegsorainak, mérnökgeológiai és víz-geokémiai adatainak ellenőrzését és szűrését. Folyamatban van „A Balaton földtani kutatásának (1981–1999) eredményei” című összefoglalás készítése.

Közszolgálati tevékenység

Laboratóriumok

Az Intézet *laboratóriumi tevékenységének* döntő hányada a kutatási projektek anyagvizsgálati igényeinek kielégítésére, valamint alap kutatás jellegű feladatok elvégzésére irányul.

Az OTKA pályázaton elnyert GC–FID–EC berendezésen folytatódnak a módszerfejlesztések talaj- és víz-minták szerves szennyezőinek meghatározására. A legfontosabb komponensek mérésével kibővítettük a laboratórium akkreditált módszereinek csoportját. A 2003. év végén installált JY–ULTIMA 2C ICP–OES készülék 2004-ben már teljes kapacitással, rutinszerűen üzemelt.

Elkészült a „Természetes lebomlás tanulmányozása és összehasonlító vizsgálata különböző közettani felépítésű, szénhidrogénnel szennyezett talajokon” c. német–magyar együttműködés zárójelentése.

A laboratórium részese a: „Survey on the Chemical Status of Groundwaters, Hungary” című nemzetközi konzorcium által elnyert PHARE projektnak. A projekt 2004 októberében indult, és folyamatosan végzünk részére kontrol elemzéseket.

2004-ben műszerpályázatot adtunk be, „Ütközési célú ICP-MS beszerzése lézer ablációs egységgel felszerelve” címmel a GVOP-3.2.1. pályázatra. A pályázaton nyertünk, a megítélt támogatás összege 68 625 000 Ft. Mivel az eredményhirdetés 2004 októberében történt, a műszerbeszerzés lebonyolítása, a laboratórium kialakításával együtt 2005 nyarának végére várható.

A laboratórium lejárt akkreditáltsági státuszát megújítottuk és kibővítettük. Az új rendszerű ISO-17025/2001 szerinti státuszt 2004. november 22.-én kaptuk meg, az okirat száma: NAT-1-1302/2004.

Informatika

Informatikai tevékenységünk két legfontosabb területe volt az országos szintű, valamint kiemelt kutatási területekre vonatkozó földtani térmodell építése. Új fázisába érkezett a web alapú adatbázisok fejlesztése és az adatszolgáltatás. Megváltoztattuk és új tartalommal töltöttük fel az Intézet Internetes portálját (www.mafi.hu). Fejlesztettük az Intranet portált, a litosztratigráfiai egységek adatbázisát, a fúrási adatbázist, a 1:100 000 földtani térképsorozatot, folytatódtak a 1:250 000 térkép előkészületei. Megjelent a

Geological map of the Gemer–Bükk Area 1:100 000 című térkép.

A *kiadványszerkesztőségben* a következő munkák szerkesztését, nyomdai előkészítését végeztük el: *Geologica Hungarica* ser. *Palaeontologica* 55., a Velencei-hegység magyarázója, A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002 és 2003, *Geologica Hungarica* ser. *Geologica* 26., a MÁFI 202. és 203. Alkalmi kiadványa.

Országos Földtani Szakkönyvtár

Az Intézet kutatási feladatainak ellátásához az *Országos Földtani Szakkönyvtár* a teljesség igényével gyűjti a Kárpát-medence nyomtatott földtani irodalmát, melyeket megőriz, feltár és az olvasók kérése szerint szolgáltat. A szakirodalmi tájékoztatást nyújt a könyvtár leltározott állományából, saját fejlesztésű adatbázisaiból, interneten elérhető gyűjtőkörébe tartozó könyvtárak katalógusaiból és adatbázisokból.

Közszolgálati feladatként működtetjük olvasótermeinket, a TinWeb könyvmodulját. A GEOREF adatbázisába a Magyarországon megjelent földtani irodalomból 2004-ben több mint 400 rekordot küldtünk, amely a cserébe kapott CD-és bibliográfiában az év végére kereshetővé vált.

A könyvtár szolgáltatásait 2004-ben 6200 alkalommal vették igénybe. A regisztrált olvasók száma 775 fő, az aktív olvasók száma 555 fő. A külső olvasók száma 309 fő, köztük diákok, más intézetek kutatói, posztgraduális képzésben részt vevők. A középiskolások „Földtani Örökségünk” pályázatára készülő diákok könyvtárhasználati, irodalomkutatási munkájában segítséget nyújtottunk. A könyvtár különdíját adományoztuk azoknak a pályázóknak, akik munkájából tükröződött a könyvtár használata, ismerete, és pontos irodalomjegyzéket állítottak össze.

Az olvasótermeinkben helyben használt dokumentumok száma meghaladt a 30 000 leltári egységet, a kikölcsönzött dokumentumok száma 15 000 fölött volt az év folyamán. Adatbázisainkban 103 alkalommal végeztek témaeresztést, a találatok száma több mint 48 000. Ennek külön kérésre kinyomtatott formája 980 oldalt tett ki.

A leltározott állomány 2004. év végén meghaladta a 372 000 leltári egységet. A könyvek száma 330, az időszakos kiadványok 4900, a kéziratok 380, térképek, magyarázók 1900 leltári egységgel gyarapodtak.

2004 nyarán Keszthelyen a Balatoni Múzeumban, „Térképek a Kis-Balatonról” címmel sikeres kiállításon mutattuk be a térképtár állományából a Kis-Balaton ábrázoló nyomtatott térképek digitális változatát és más intézmények kéziratos anyagairól készült másolatokat.

Országos Földtani Múzeum

Az *Országos Földtani Múzeum* állománya 2004-ben 8030 leltári tétellel, köztük néhány jelentős új szerménnyel gyarapodott, és ezzel a leltározott állomány 166 163 tétel. Befejeződött a gyűjtemény leltározott állományának tételes revíziója, és ezzel a munkával összefüggő átrendezése.

A magminta raktárakból 2004-ben 16 fúrásból 410 magláda megtekintését tettük lehetővé. A fúrási mintaraktárak fejlesztésében 2004. jelentős év volt: Szolnokon elkészült az új raktáracsarnok; a Fertőrákoson tárolt 950 magládát tartalmazó gyűjtemény átszállításra került Pécs-Somogyra; mindegyik raktárban megtörtént a magminták szükséges állagmegóvása.

Az Intézet benyújtotta az Országos Földtani Múzeum működési engedélyéhez szükséges pályázati dokumentációt a Kulturális Örökségvédelmi Hivatalhoz.

Jelentős esemény volt a „Föld Napja”, a Zuglói Önkormányzattal közösen szervezett rendezvény és az „Európai Kulturális Örökség” napjai lebonyolítása.

2004-ben időszakosan helyet adtunk a Földtani Örökség Egyesület foto-, Cseh-Németh József festmény- és Kriván Pál – Szónoky Miklós konkrécio kiállításának, valamint a Duna TV játékfilm forgatásához. Kiállítás rendezéséhez (Börzsöny földtana, Szob; Baltavári őssallatok, Bértavár; Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest), könyv megjelentetéséhez (Kubassek, J. szerk.: A Kárpát-medence természeti értékei), valamint Kazár Emese alkotásaival jelentős tudományos kiadványok illusztrációhoz (Science, Conference of Marine Mammals [San Diego, USA] logo, Kőpénzek, Vadon, Élet és Tudomány) járultunk hozzá.

Az Intézetet és kiállításait 2004-ben 2956 fő látogatta (ebből 572 felnőtt, 505 diák és nyugdíjas, 849 diákcsoporthoz, 81 Budapest kártyával és a nyitott napokon 589 nem fizető).

Az Intézet dísztermét 48 napon biztosítottuk különböző szakmai és reprezentatív rendezvények számára.

Alaptevékenység keretében végzett szolgáltatások

Nagy aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló földtani kutatás (Boda)

2003 őszén kezdődött a magyarországi nagy aktivitású és hosszú élettartamú radioaktív hulladékok, valamint kiegészítő üzemanyag-kazetták geológiai tárolóban való elhelyezésére alkalmas területek kijelölésére, illetve az elhelyezés lehetőségét vizsgáló földalatti kutatólaboratórium helyének meghatározására irányuló Középtávú Program a nyugat-mecseki Bodai Aleurolit előfordulási területén. A 2008. december 31.-ig tartó program fő célja a permi aleurolit összlet földtani környezetének kutatása, amely két fázisra osztható: egy általános helyszín-minősítő, telephely-kijelölő vizsgálati programra, és az ezt követő, a potenciális telephely részletes telephely-minősítő kutatási programra. Az Intézet 2004-ben jelentős erővel vett részt a terület földtani térképezésében, fúrások földtani-tektonikai dokumentálásában, szerkezetföldtani vizsgálatokban, vízföldtani reambulációban, monitoring tervezésben, laboratóriumi vizsgálatokban, az

adatokat adatbázisba rendezésében és a földtani térképek szerkesztésében.

Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló földtani kutatás (Bátaapáti)

A MÁFI által irányított felszíni földtani kutatás projekt zárójelentését 2003-ban elkészítettük, megvédtük és jóváhagyattuk. Az MGSZ jóváhagyó határozata 2003. december 30-án lépett hatályba. 2004-re a jogszabályokban előírt adatszolgáltatás, valamint a Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003 című kötet elkészítése maradt.

A Bátatom Kft-vel kötött szerződés értelmében a MÁFI bedolgozott az ETV–Erőterv Rt. által irányított Biztonsági értékelés projektbe is, valamint tevékenyen részt vett a Mecsekérc Rt. által irányított Felszín alatti földtani kutatás projektben. Elkészítettük és megvédtük a kutatási tervet.

Felszereltük és használatba vettük a bátaapáti Terepi Földtani-tektonikai Kutatólaboratóriumot. Két fúrás dokumentáltunk és 1:10 000-es méretarányú földtani és geomorfológiai térképezést folytattunk a telephely környezetét lefedő 72 km²-en. A telephely környezetében folytattuk a vízföldtani és geodéziai monitoringot.

Kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló földtani kutatás (Püspökszilágy)

Püspökszilágy környékén fúrásokkal támogatott földtani térképezést hajtottunk végre. E térképezési munka során 2004-ben lemélyült 17 db térképező fúrás, összesen 572 m összhosszúságban. E fúrásokat feldolgoztuk, dokumentáltuk, s anyagukat laboratóriumi vizsgálatoknak vetettük alá. A laboratóriumi vizsgálatok elkészült részével kiegészített dokumentációról külön jelentésben számoltunk be.

A hulladékok optimális elhelyezésének lehetőségei Magyarországon

A 2004. esztendő a projekt kulcséve volt. Ekkor végeztük el a hulladéklerakó elhelyezésére alkalmasnak jelölt területek részletes minősítését, és ekkor kellett elkészítenünk azokat a mintaterületi kutatásokat, melyek egy hulladéklerakó pontos helykiválasztásának módszertani alapját adják. Ebben a munkaszakaszban, melyben a konzorcium minden tagja részt vett, a síkvidéki területek jellemzése volt a MÁFI feladata. A kijelölt területek nem földtani jellegű értékeléséhez — a terveknek megfelelően — jelentős külső közreműködői segítséget is igénybe vettünk.

Az összehangolt munka eredményeként határidőre elkészült a több mint 400 kijelölt terület szöveges minősítése. A minősítés legjellemzőbb elemeit egy táblázatba foglaltuk, amely mindenki számára elérhetően megjelent az Intézet honlapján (www.mafi.hu).

*Európai Nemzetközi Hidrogeológiai
(1:1 500 000) térképsorozat D5 Budapest
lapjának és magyarázójának készítése*

Új lendületet kapott, a már 1970-es években megkezdődött nemzetközi hidrogeológiai térképsorozat D5-ös budapesti lapjának készítése. 2004 során megtörtént az alapanyag digitalizálása az Informatikai Főosztály és a Regionális Hidrogeológiai Osztály részvételével. Megkezdődött a digitalizált információ értékelése.

*EU Víz Keretirányelv felszín alatti víztestekkel
összefüggő feladatai*

A hét szomszéd ország megjelölt szakértőivel 2004-ben megkezdődtek a víztestek határmenti egyeztetései. A felszín alatti víztesteknél elsősorban a kijelölés kritériumainak egyeztetése, majd a közös víztest jellemzése jelenti a munka központi részét.

A tevékenység során alapozni lehetett a MÁFI által végzett idevágó szakmai tevékenységek (földtani és víz-földtani térképezések, monitoring-tevékenységek és kutatások) mellett a szomszéd országok földtani társintézményeivel és az ott lévő kutatókkal meglévő jól működő kapcsolatokra is.

A Víz Keretirányelv hazai bevezetéséhez több új kormányrendelet és miniszteri rendelet született (219/2004; 220/2004; 221/2004 kormányrendeletek, 30/2004 KvVM miniszteri rendelet), melyek előkészítésében szakértői tevékenységet folytattunk.

A víztestek állapotát bemutató monitoring-rendszer előkészítése során meghatározásra kerültek problémás, ismerethiányos területek. Az ismerethiány megszüntetése érdekében egy PHARE pályázatot írtak ki a „Felszín alatti vizeink vízkémiai állapotának felmérése”, („Chemical Survey of Groundwater”) címmel.

A tenderre két fordulóban közel húsz konzorcium jelentkezett. A pályázatot végül is a Finn Földtani Intézet által vezetett konzorcium nyerte el, melynek tagjai: a MÁFI, a Smaragd Kft., az Elgoscar Kft., a francia BRGM és a német HGN Hydrogeologie GmbH.

A nyertes konzorciumnak igen rövid, egy éves időszak áll rendelkezésére a feladathoz tartozó 650 db sekély kút létesítéséhez és az ezekből, valamint 300 forrásból, 400 meglévő fúrt kútból való összesen 1620 darab mintavételhez és részletes laboratóriumi vizsgálatokhoz.

A kutatási periódus végére el kell készíteni a nagyszámú új információ elsődleges értékelését és javaslatot kell kidolgozni a hazai víztestek rendszeresen vizsgálandó monitoring-pontjaira.

*Földtani monitoring hálózat működtetése és az
adatok értékelése a Szigetközben*

Intézetünk 1991 óta végez a KvVM megbízásából környezetföldtani vizsgálatokat a Szigetközben, dokumentálva a talajvíz kémiai összetételében szezonálisan és

trendszerűen bekövetkező változásokat és vizsgálva a felszíni vízrendszerből történő beszivárgás mértékét.

2004-ben a következő munkákat végeztük el:

— Medermenti szondázás és a terepi — vízkémiai vizsgálatok. A földtani monitoring 16 pontján mintavételt és terepi vizsgálatot végeztünk négy alkalommal, február, május, július és szeptember hónapokban, alkalmazkodva a Duna vízjárásához.

— Aktuálgeológiai megfigyelések, melyeket 1986-ban kezdtük a Szigetközben. A vizsgálatokat 1991-ben megismételtük, majd az észlelések 1994-től váltak rendszeressé. 1995-ben 9 db megfigyelési pontot választottunk ki a főmederben és a hullámtéri mellékágak mentén. Az egyes helyszínek különböző típusú, de a Szigetközben gyakori és jellegzetes szedimentációs-eróziós folyamatokat, beszivárgási-megcsapolási viszonyokat jellemeznek.

— A Szigetköz földtani állapot vizsgálatához digitális légifotók beszerzése és a kiértékelés megkezdése. Kiértékeljük az 1994-es, elterelés előtti helyzethez képest a Szigetköz úrfelvételein és analóg légifelvételein mutatkozó eltéréseket. A teljes értékelés 2005-ben fejeződhet be.

*Formációk
elemtartalom-adatbázisa*

Feladatunk Magyarország földtani képződményeinek jellemzése — a rendelkezésre álló irodalmi és adattári adatok felhasználásával a bennük található természetes eredetű nehézfémek mennyisége alapján.

Munkánk a 2003-ban jelentés készítésével megkezdett munka folytatása, amikor is az elvi alapok tisztázása után megkezdődött az adatbázisok (hagyományos és digitális) építése.

A feladat elvégzése során adatbázisba kellett szerveznünk mindazon adatot, információt, ismeretet, amelyekre támaszkodóan országosan meghatározható a földtani formációk és kőzetkifejlődéseik nehézfém tartalma. A cél az, hogy a természetes elemdúsulás miatti (A_b) bizonyított háttérkoncentráció ezek alapján meghatározható legyen.

2004-ben a vonatkozó rendelet mellékletében felsorolt 14 fémek alkotó (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Zn) vizsgálati eredményeit tekintettük át. Az egységes mértékegységre számítva (mg/kg) digitális adatbázist hoztunk létre és formációnként elvégeztük a vizsgálatok értékelését, statisztikai elemzését. Feladatunk volt egy vázlatos térkép készítése az egyes, adattal rendelkező földtani formációk, ill. kőzettani típusaik felszíni elterjedéséről is.

A munka eredményeként adatbázisban és térképi összefoglalásban áttekintést kaptunk azokról a formációkról melyekben a természetes elemkoncentráció a 14 alkotó valamelyikében meghaladja a környezeti szempontból kritikus mennyiséget.

Borsodi bentonittelepek kutatása, komplex anyagvizsgálata, importkiváltó bentonittermékek fejlesztése, a környezetvédelmi, ipari, mezőgazdasági felhasználás lehetőségei

2001-ben indult el a Debreceni és Miskolci Egyetemek, a Magyar Állami Földtani Intézet, továbbá 5 magánvállalkozás és a helyi önkormányzat részvételével Sajóbáony D-i határában (Tardonai-dombság) a címben jelzett földtani kutatás (Széchenyi pályázat). A kisebb időeltolódásokkal az eddigi tevékenység során megtörtént a több mint 6 km² kiterjedésű kutatási terület részletes földtani térképezése és szelvényezése, a telepes rétegcsoport természetes feltárásainak vizsgálata, s a legperspektivikusabb területrészen, a sajóbányoni Vár-hegy É-i előterének fúrásokkal történő megkutatása. Erre a területre befejeződött a fúrásokból származó magminták laboratóriumi vizsgálata, a földtani, litológiai, geokémiai és geofizikai stb. adatoknak az együttes kiértékelése, a nyersanyag-bányászati célú részletes kutatás lezárása.

Az eddigi kutatások alapján perspektivikusan közel 10 millió tonna fedetlen, vagy csekély borítású bentonit készletet sikerült kimutatni, de közvetlen fejtésre alkalmas C₁ kategóriájú ismeretesség melletti készletből közel 2 millió tonnát határoltunk le.

A bányászati célú kutatások mellett a nyersanyagtípusokon tudományos igényű összehasonlító komplex vizsgálatok történtek, amelyek alapján a telepek alapvetően 3 egymással genetikailag összefüggő típusba sorolhatók (bentonitosodott riolittufa, részben áthalmozott tufogén bentonit, átszapolt rétegzett bentonit).

A témából a 2004. év folyamán is több hazai és nemzetközi konferencia előadás és közlemény született.

A nyersanyag felhasználására tett első kísérletek a mezőgazdaságban (Debreceni Egyetem Agrárcentrum, Nyíregyházi kutatóállomás) igen biztató eredményeket hoztak a homoktalajok javítása és némely termény termésátlag növekedése terén. A próbafeltett, őrléssel, szárítással és aktiválással előkészített, alacsonyabb montmorillonit tartalmú bentonitot építőipari-környezetvédelmi munkákhoz használták fel (Keviep-Debrecen).

Egy Internet alapú talajminősítési rendszer kidolgozása

A projekt konzorciumi vezetője a Veszprémi Egyetem. A MÁFI feladata a földminősítés földtani alapjainak kidolgozása volt. Ennek keretében újraértékeltek a talajok alapkőzeteit, rendszereztük, és földminősítési szempontból csoportosítottuk őket. Értékeltek a belvízveszélyeztettség földtani tényezőit és elvégeztük kockázati minősítésüket, a felszíni-felszínközeli képződmények vízáteresztő képessége és a talajvíz felszín alatti mélysége összevont értékelésével. A talaj-alapkőzet-talajvíz összefüggéseinek kutatása céljából 9 kisebb mintaterületet tártunk föl 311 db sekélyfúrással.

A projekt 2004-ben befejeződött. Mivel kutatói feladatainkat már az előző évben elvégeztük, a tárgyévben már csak a zárójelentés elkészítésében vettünk részt.

Lábatlan környékének földtani térképezése

A MÁFI és a Holcim Hungária Rt. között létrejött szerződés keretében a Földtani Térképezési főosztály részletes földtani térképezést hajtott végre a lábatlani Bersek-hegy és a tervezett új cementmű közötti területen. A felvételi munka eredményeként digitális felszíni (fedett) földtani térkép és földtani szelvény készült 1:10 000-es méretarányban. A terület földtani felépítését jelentős ismerteti, amelynek függeléke tartalmazza a környéken mélyült fúrások egységesített földtani adatbázisát.

M3 autópálya kőzetelváltozásainak vizsgálata

Az Állami Autópálya Kezelő Rt. (Budapest) megbízásából a Földtani Intézet elvégezte az M3-as autópálya Füzesabony–Polgár (114,500–174,500 km) közötti szakaszának burkolatában észlelhető kőzetelváltozások ásványtani, geokémiai okainak vizsgálatát. Munkánk célja annak megállapítása volt, hogy (1) az aszfaltrétegbe beépített kőzetanyag valóban az útépítési dokumentumokból ismert bányákból származik-e; (2) mi okozza az aszfaltréteg felszínén megfigyelt kőzetelváltozásokat, és előfordulnak-e azok az aszfaltréteg teljes szelvényében; (3) milyen az aszfalt mintaszeletekben az összetevők aránya, minősége. A vizsgálatot elvégeztük és értékelésre átadtuk a megrendelőnek.

Irányítás, oktatás, külkapcsolatok, pályázatok

Gazdasági, szakmai irányítás

Az Intézet operatív irányításának feladatait a Koordinációs Iroda és a Titkárság segítségével látja el a vezetés. Kiemelkedően fontos a kutatási feladatok magas színvonalú teljesítéséhez szükséges feltételek, a költségvetési előirányzatok optimális felhasználásának biztosítása. Az Intézet gazdasági, szakmai irányításának legfontosabb feladatai a következők voltak: a 2003. évi költségvetési beszámoló elkészítése (Gazdasági Hivatallal közösen) a 2003. évről szóló beszámolók megtartása és értékelése, a 2004. évi gazdasági feladatok elvégzése, a 2004. évi kutatási feladatok végrehajtásának segítése, a 2005. évi kutatási terv összeállítása, a 2005. évi költségvetési tervezés (Gazdasági Hivatallal közösen).

2004-ben az irányítási, oktatási, külkapcsolatokat és az ingatlanok teljes üzemeltetési költségét saját bevételből kellett finanszírozni.

Az Intézet számtalan résztvevővel működéséből összeálló működése folyamatos és mind szakmai, mind gazdasági téren eredményes volt. A működéssel kapcsolatban az év folyamán 7 db, a napi működést szabályozó Igazgatói Uta-

sítás kiadására került sor. Kétheti rendszerességgel ült össze az Igazgatói Tanács. Folyamatos volt az egyeztetés az érdekképviselői szervezetekkel.

A Titkárság gondoskodik az utasítások, körlevelek, tájékoztatók kiadásáról, a kézbesítésről, postai szolgáltatásokról és az irattározásról. A központi szolgáltatások közül kiemelendő az egészségügyi ellátás biztosítása, a központi gyorsmásoló működtetése. Tanácsadó segítségével a Koordinációs iroda biztosítja az Intézet *jogi képviseletét*. Az Iroda lebonyolítja a Gazdasági Hivatallal közösen az Intézet kezelésében lévő ingatlanokkal kapcsolatos valamennyi ügyet, irányítja a biztonságtechnikai feladatok ellátását. A 2004 év egyik legjelentősebb feladata volt a Szolnoki mintaraktár területén egy új csarnok felépítése, az automata tűzjelző-rendszer teljes kiépítése, a számítógép hálózat korszerűsítése. Jelentős épületfelújításokat is végeztünk.

Minőségirányítás

Az Intézet minőségirányítási rendszer keretében szabályozza földtani kutatási és közszolgálati tevékenységét, valamint minőségére alapvetően kiható folyamatait. A vezetőség elkötelezett a minőségirányítási rendszer működtetése és folyamatos javítása iránt. Ennek keretében a rendszer alapidokumentuma a Minőségirányítási Kézikönyv 2004. év folyamán is aktualizálásra került. A képzett belső ellenőrökből álló csoport megtartotta éves felülvizsgálati tervében előírt ellenőrzését, mely eredményeként nyolc belső szabályozó dokumentum módosítása vált szükségesszerűvé.

Az októberben lezajlott független (SGS Hungária Kft.) külső szakértői ellenőrzés nem tárt fel sem lényeges, sem enyhe nem-megfelelőséget, így az MSZ EN ISO 9001:2001 szabvány szerint minősített rendszer további fenntartása javasolt és engedélyezett.

Az Intézet kiemelt hangsúlyt fektet az ügyfeleivel történő kapcsolattartás formájára, így a rendszer keretében szabályozza a tőlük érkező észrevételek, megkeresések, jelzések, reklamációk kezelését, valamint az elégedettségük mérését. 2004-ben beérkezett kérdőívek azt igazolták, hogy munkatársainkat kiváló szakmai színvonallal, segítőkészséggel minősítették és határidőn belül teljesítettek (KvVM, RHK KhT., Mecsekérc Rt., Mol Rt., Kermi, Debreceni Egyetem, EGIS Gyógyszergyár Rt., Magyar Természettudományi Múzeum, Fővárosi Csatornázási Művek Rt. stb.). Az év folyamán „Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló felszíni földtani kutatás” kapcsán az RHK KhT. felülvizsgálta rendszerünket, amit megfelelőnek minősített (érvényessége: 2005. dec. 18.).

Humán erőforrás-gazdálkodás

Folyamatosan karbantartottuk az Intézet közalkalmazottainak személyi adatait tartalmazó adatbázisokat, személyi anyagokat. A nyilvántartási programok adatfeltöltését és karbantartását folyamatosan végeztük.

Teljesítettük az intézet negyedéves, illetve havi és a soron kívül előírt statisztikai adatszolgáltatási kötelezettségeit. Folyamatosan módosítottuk a közalkalmazottak kinvezéseit a személyi adatok változásainak megfelelően, alkalmazva és korszerűsítve a munkajogi előírásoknak eleget tevő okmányokat. Biztosítottuk a szükséges tanulmányi-, vagy fizetés nélküli szabadság igénybevételét a külföldi kiküldetésekhez, tanulmányutakhoz, munkavégzéshez, eleget téve a Kollektív Szerződésben foglaltaknak.

Az Intézet humán erőforrásainak főbb jellemzői: tudományos munkakörben dolgozik 98 fő (3 fő akadémiai doktori, 3 fő kandidátusi PhD Dr., 29 fő PhD Dr. és 9 fő egyetemi doktori tudományos fokozattal rendelkezik, 2 fő habilitált egyetemi tanár). Felsőfokú iskolai végzettséggel rendelkezik további 5 fő, segéderők száma 49 fő. Másoddiplomával 18 fő, középfokú, kettős szakképzettséggel 12 fő, idegennyelv-ismerettel 74 fő rendelkezik. Az új belépők száma 5 fő, kilépő 2 fő, nyugdíjba vonult 1 fő.

2004. évben igazgatói dicséretben 5 fő, igazgatói jutalomban 5 fő, „Földtani Intézetért Emlékérem” adományozásában két fő részesült.

Az adományozás indoklása a következő:

„Dr. Hámor Géza az Intézet igazgatójaként (1979–1991) jelentős eredményeket ért el a szakmai irányítás korszerűsítése, a térképezés elősegítése, a kiadványok megjelentetése, valamint a nemzetközi kapcsolatok fejlesztése terén.

Nyugdíjba vonulása óta is folyamatosan dolgozik, mind a kutatásban, mind az oktatásban jelentős érdemei vannak.”

„Varga Gyuláné több évtizedig dolgozott az Intézetben adminisztrátorként, technikusként, személyzeti ügyintézőként, igazgatósági titkárnőként, s mindegyik munkakörben nagy odaadással és hozzáértéssel tevékenykedett. Az Intézet minden munkatársa tapasztalta önzetlen segítőkészségét. Nyugdíjba vonulása után is tovább segítette az Intézetet. Nagy tapasztalattal intézte a külföldi utazásokat és aktívan részt vett a Koordinációs Iroda adminisztratív tevékenységében. Munkáját, valamennyi tevékenysége során az Intézet iránti elkötelezettség jellemezte.”

Oktatási tevékenység

Az Intézet 2003-ben is biztosította az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Regionális Földtani tanszék működésének feltételeit. Az Intézet kutatói 2004-ben is folytatták aktív oktatói tevékenységüket az alábbi oktatási intézményekben: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Miskolci Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Debreceni Egyetem, Szegedi Egyetem, Szent István Egyetem, Veszprémi Egyetem. Számos esetben került sor iskolai csoportoknak tartott Intézeti bemutatóra.

Nemzetközi tevékenység

A MÁFI a 2004. évben, a korábbi évek gyakorlatának megfelelően folytatta nemzetközi tevékenységét. Elsősorban az egyes projektek szintjén születtek a döntések nemzetközi pályázatokban és rendezvényeken való részvételről, közös témák kidolgozásáról, tanulmányutak szervezéséről. A kutatók az intézeti pénzügyi lehetőségek korlátozott volta miatt továbbra is éltek több külső finanszírozási forrás bevonásának a lehetőségével (OTKA, Bandat Horst alapítvány, Mecenatúra pályázat, TÉT pályázat stb.).

Az összesített adatok szerint 26 országban 147 fő 1041 napot töltött, 45 nemzetközi rendezvényen vettek részt kutatóink, többen több hónapos ösztöndíjas tanulmányokat folytattak.

Az év során együttműködési egyezményt írtunk alá Ausztriával, Romániával, Szlovéniával. Intézetünk 2002 szeptemberétől teljes jogú a tagja az EuroGeoSurveys szervezetnek. Folytattuk munkánkat a Forum of European Geological Surveys (FOREGS), a Central European Initiative (CEI), az European Science Foundation (ESF), az International Geoscience Programme (IGCP) és az International Union of Geological Sciences (IUGS) szervezeteiben.

Az Intézet szervezésében, illetve közreműködésével két sikeres nemzetközi rendezvényt tartottunk: 56th Annual

Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology, 12–18th September 2004; Second International Maar Conference [Hungary Slovakia-Germany], 21–26 September 2004, Lajozsmizse/Kecske-mét, Hungary.

Pályázatok

A 2004. évi költségvetési és szakmai terv teljesítésében a korábbi éveknek megfelelően jelentős szerep jutott a hazai és külföldi pályázatoknak. E pályázatok nemcsak a kutatók szakmai felkészültségének elismerései, hanem az Intézet tudományos munkájának, nemzetközi elismertségének fontos mérői is.

Lényegesnek tartjuk, hogy a Kutatás-fejlesztési Pályázati iroda különböző pályázatain 2004-ben is eredményesen szerepeltünk. Jelentősnek véljük a különböző műszerpályázatokon elért eredményeket. Kiemelkedő volt a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Pályázatok (NKFP) projektjeiben történő eredményes részvétel. Az Országos Tudományos Kutatási Alap finanszírozta kutatások meghatározóak a pályázatok rendszerében. 2004-ben 21 (közte 5 új) téma megvalósítása folyt. A három EU 5-ös keretprogram projekt közül egy befejeződött, kettő befejezése 2005 elejére várható.

A Magyar Állami Földtani Intézet munkatársai 2004-ben*Az intézet vezető beosztású munkatársai*

Breznayánszky Károly dr.	igazgató	Jocha Károlyné	főosztályvezető
Halmi János dr.	igazgatóhelyettes	Kordos László dr.	osztályvezető
Bartha András dr.	főosztályvezető	Kuti László dr.	főosztályvezető
Budai Tamás dr.	főosztályvezető	Nádor Annamária dr.	főosztályvezető
Csongrádi Jenőné (dr.)	osztályvezető	Turczi Gábor dr.	főosztályvezető

Az intézet munkatársai

Alács Valéria	tudományos munkatárs	Hála József dr.	tudományos főmunkatárs
Albert Gáspár	tudományos munkatárs	Hála Józsefné (dr.)	segédmunkás
Angyal Jolán	tudományos munkatárs	Hámorné Vidó Mária dr.	tudományos főmunkatárs
Ádámné Incze Szilvia	tudományos munkatárs	Hegyiné Rusznyák Éva	intézeti ügyintéző
Árva Gábor	intézeti ügyintéző	Hermann Viktor	intézeti technikus
Babinszki Edit	tudományos segédmunkatárs	Horváth István	tudományos főmunkatárs
Balázs Regina	ügyviteli alkalmazott	Horváth Zsolt	intézeti technikus
Balla Zoltán dr.	tudományos tanácsadó	Hózer Ferencné	intézeti technikus
Ballók Istvánné	tudományos munkatárs	Illés Dezső	intézeti technikus
Balóné Lehmayr Judit	intézeti technikus	Jakus Péter	tudományos főmunkatárs
Barczikainé Szeiler Rita	tudományos munkatárs	Jerabek Csaba	intézeti technikus
Bátori Miklósné	intézeti laboráns	Jordán Győző	tudományos munkatárs
Bedő Gabriella dr.	tudományos munkatárs	Jordáné Szűcs Andrea	tudományos munkatárs
Beke Zsuzsanna	intézeti laboráns	Juhász Györgyi dr.	tudományos főmunkatárs
Benkő Levente	intézeti technikus	Kardeván Péter dr.	tudományos főmunkatárs
Bertalan Éva dr.	tudományos főmunkatárs	Katona Gabriella	intézeti ügyintéző
Bilszky Lászlóné	intézeti laboráns	Kazár Emese dr.	tudományos munkatárs
Bodnár Erika	tudományos munkatárs	Kákay Szabó Orsolya dr.	tudományos munkatárs
Branner Lászlóné	ügyviteli alkalmazott	Kercsmár Zsolt	tudományos munkatárs
Budai Ferenc	intézeti technikus	Király Edit dr.	tudományos munkatárs
Burjáné Maigut Vera	tudományos segédmunkatárs	Kiss Károlyné	ügyviteli alkalmazott
Chikán Géza dr.	tudományos főmunkatárs	Kókai András	tudományos főmunkatárs
Császár Géza dr.	tudományos tanácsadó	Koloszár László dr.	tudományos főmunkatárs
Cserny Tibor dr.	tudományos főmunkatárs	Kónya Péter	kutatási asszisztens
Csillag Gábor dr.	tudományos munkatárs	Koroknai Balázs	tudományos munkatárs
Csirik György	tudományos munkatárs	Koroknai Zsuzsa	kutatási asszisztens
Demény Krisztina	ügyviteli alkalmazott	Korpás László dr.	tudományos tanácsadó
Don György	tudományos munkatárs	Kovács Pálffy Péter dr.	tudományos főmunkatárs
Dudás A. Imre	tudományos munkatárs	Kutasi Géza	szakmunkás
Farkas Juszina	intézeti laboráns	Laczkóné Őri Gabriella	ügyviteli alkalmazott
Farkasné Bulla Judit	tudományos munkatárs	Lajtós Sándor	intézeti technikus
Fodor László dr.	tudományos főmunkatárs	Lelkes György dr.	tudományos főmunkatárs
Fórián-Szabó Márton	polgári szolgálatos	Less György dr.	tudományos főmunkatárs
Földvári Mária dr.	tudományos főmunkatárs	Madarász Istvánné	ügyviteli alkalmazott
Fügedi Péter Ubul	tudományos munkatárs	Magyari Árpád dr.	tudományos főmunkatárs
Galambos Csilla	tudományos munkatárs	Maros Gyula	tudományos munkatárs
Gál Nóra Edit dr.	tudományos főmunkatárs	Marsi István dr.	tudományos főmunkatárs
Geller Péterné	intézeti technikus	Marsó Károly	tudományos munkatárs
Golyháné Gáspár Anita	könyvtáros	Matyikó Mónika	intézeti technikus
Gulácsi Zoltán	tudományos munkatárs	Muráti Judit	tudományos munkatárs
Gyalog László dr.	tudományos főmunkatárs	Musitz Balázs	tudományos segédmunkatárs
Gyuricza György dr.	tudományos munkatárs	Müller Tamás	tudományos munkatárs
Hartyányi Zita	ügyviteli alkalmazott	Nagy Péter	tudományos munkatárs
Havas Gergely	tudományos munkatárs	Nagy Tiborné	tudományos munkatárs

Németh András	intézeti technikus	Szabó Lászlóné	intézeti ügyintéző
Németh Károly dr.	tudományos főmunkatárs	Szabó Renáta	gazdasági szakértő
Ollrád Attila	intézeti technikus	Szalka Edit	intézeti technikus
Orosz László	tudományos segédmunkatárs	Szegő Éva	tudományos munkatárs
Palotás Klára	tudományos munkatárs	Szentpétery Ildikó dr.	tudományos főmunkatárs
Papp Péter	tudományos munkatárs	Szlepák Tímea	könyvtáros
Partényi Zoltánné	tudományos munkatárs	Szócs Teodóra	tudományos munkatárs
Paulheim Gáspár	intézeti ügyintéző	Szurkos Gábor	tudományos munkatárs
Pálfi Éva	intézeti technikus	Tamás Gábor	intézeti technikus
Pelikán Pál	tudományos főmunkatárs	Thamóné Bozsó Edit dr.	tudományos főmunkatárs
Pentelényi Antal	tudományos munkatárs	Tiefenbacher Ildikó	intézeti ügyintéző
Peregi Zsolt	tudományos főmunkatárs	Tihanyiné Szép Eszter	intézeti technikus
Piros Olga dr.	tudományos főmunkatárs	Tisza András	tudományos segédmunkatárs
Raincsák György	tudományos főmunkatárs	Tóth György	tudományos főmunkatárs
Rálisch Lászlóné dr.	tudományos munkatárs	Tóthné Makk Ágnes dr.	tudományos főmunkatárs
Rezessy Attila	tudományos munkatárs	Tullner Tibor dr.	tudományos főmunkatárs
Rotárné Szalkai Ágnes	tudományos munkatárs	Újháziné Kerék Barbara dr.	tudományos munkatárs
Róth László	tudományos munkatárs	Unger Zoltán	tudományos munkatárs
Sásdi László	intézeti technikus	Vad Altanceceg	intézeti technikus
Scharek Péter dr.	tudományos főmunkatárs	Varga Renáta	intézeti ügyintéző
Selmezi Ildikó dr.	tudományos munkatárs	Vargáné Barna Zsuzsanna	tudományos munkatárs
Síkhegyi Ferenc	tudományos főmunkatárs	Vatai József	tudományos munkatárs
Simonyi Dezső	intézeti ügyintéző	Váczi Blanka	ügyviteli alkalmazott
Solt Péter	intézeti technikus	Végh Hajnalka	intézeti technikus
Sonfalviné		Vikor Zsuzsanna	intézeti technikus
Szeibert Ildikó (dr.)	intézeti technikus	Vukánné Tolnai Judit	minőségügyi vezető
Szabadosné Sallay Enikő	tudományos munkatárs	Zsámbok István	tudományos főmunkatárs
Szabó Árpádné	intézeti laboráns		

A Magyar Állami Földtani Intézet munkatársainak 2004. évi publikációs jegyzéke

- AKANDE, S. O., VICZIÁN I., ERDTMANN, B. 2004: Prediction of petroleum generation intervals in the southern Nigeria Rift Basin by means of clay transformations, vitrinite reflectance and fluid inclusion studies. – *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/2004.* – *Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series (Szeged)* 4, p. 3.
- ALBERT G. 2004: Földtudományok eredménye „kézzelfoghatóan”: a földtani tératérkép. – *Geodézia és kartográfia* 56 (7), pp. 27-30.
- AUER, A., MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: The Fekete-hegy Volcanic Complex – nested maars in the centre of the Bakony-Balaton Highland Volcanic Field. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004*, p. 41.
- BABINSZKI E. 2004: Holdkráterek a Földön? – Craters of the Moon National Monument - Idaho. – *Természet Világa* 135 (5), pp. 230-232.
- BABINSZKI, E., MÁRTON, E., MÁRTON, P., F. KISS., L. 2004: Magnetic identification of the magnetic mineral greigite in fine-grained sediments of Lake Pannon. – *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/2004.* – *Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series (Szeged)* 4, p. 9.
- BADA, G., HORVÁTH, F., FODOR, L., TIMÁR, G., TÓTH, L., CLOETINGH, S. 2004: The societal aspects of ongoing deformation in the Pannonian Basin. – *NATO Advanced Research Workshop. The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards, Veszprém, Hungary, 4-7/04/2004, Abstract volume*, pp. 20-25.
- BAJNÓCZI, B., KÖRPÁS, L. 2004: Stable isotope study in a paleosol horizon of the Quaternary Vár-hegy travertine (Budapest, Hungary). – *7th Workshop of the European Society for Isotope Research, Seggau, 27/06-01/07/2004* – In: BOJAR, A., FRITZ, H., BOJAR, H.-P. (eds): *ESIR (European Society for Isotope Research) VII. Isotope Workshop Volume, Berichte des Institutes für Erdwissenschaften Karl-Franzes-Universität Graz*; 8 (172), pp. 3-5.
- BALLA Z. 2004: Foreword. (Előszó.) – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 55, (57).
- BALLA Z. 2004: General characteristics of the Bataapáti (Üveghuta) Site (South-western Hungary). [A Bataapáti (Üveghutai)-telephely általános jellemzése.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 73-85, (87-91).
- BALLA, Z., MOLNÁR, P. 2004: Hydrodynamic testing of boreholes at the Bataapáti (Üveghuta) Site. [Kútvizsgálatok a Bataapáti (Üveghutai)-telephelyen.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 143-158, (159-170).
- BALLA Z. 2004: Pannonian sediments of the north-eastern Mórág Block. (A Mórág-rög ÉK-i részének pannóniai üledékei.) – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 333-337, (339-341).
- BALLA Z. 2004: Hydrogeological pattern of the Bataapáti (Üveghuta) Site. [A Bataapáti (Üveghutai)-telephely vízföldtani képe.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 449-463, (465-472).

- BALLA Z. 2004: Geological suitability of the Bátapáti (Üveghuta) Site and the concept for its further exploration. [A Bátapáti (Üveghuta)-telephely földtani alkalmassága és továbbkutatási koncepciója.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 487–494, (495–501).
- BALOGH, K., KONECNY, V., VASS, D., LEXA, J., NÉMETH, K. 2004: Methodical results of K/Ar dating of post-Sarmatian alkali basalts in the Carpathian Basin. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 41.
- BARTHA A., BALLÓK M., BERTALAN É. 2004: Kőzetek ritkaföldfém tartalmának meghatározása ICP-AES módszerrel. – *Vegyészkonferencia 2004, 47. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés, Bioanalitika 2004, Szimpózium: összevont konferencia és továbbképzés, Balatonföldvár, 30/06–02/07/2004. Program és előadás-összefoglalók*, p. 93.
- BARTHA A., BALLÓK I., TYLER, G. 2004: Higany, hidridképző és hagyományos porlasztással mérhető elemek egyidejű meghatározása CMA-ICP-AES módszerrel. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 2002*, pp. 55–68.
- BÁLDI K., VETŐ I. 2004: Bentosz foraminifera közösségek ökológiája a Nagygörbő-1 sz. magfúrás bádenni ösletében. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kírándulásvezető*, p. 4.
- BEDŐ G. 2004: Budapest egyik természeti csodája a Molnár János-barlang. – *Gyógyszerésztörténet 2* (3), pp. 22–23.
- BEGUN, D. R., KORDOS, L. 2004: Cranial evidence of the evolution of intelligence in fossil apes. – In: RUSSON, A. E., BEGUN, D. R. (eds) *The Evolution of Thought*. Cambridge. University Press, [Cambridge], pp. 260–279.
- BENDŐ, ZS., KÖRPÁS, L., LANTOS, M. 2004: What time is needed for a laccolith-formation. A case study from Csódi-hegy, Dunabogdány, Hungary. – *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20–28/08/2004, Abstracts, part I. Poster and CD-ROM*, p. 615.
- BERNOR, R. L., KORDOS, L., MÜLLER, P., RENNE, P. 2004: Faunal list and Correlations. – In: BERNOR, R. L., KORDOS, L., ROOK, L. (eds) *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium. – Palaeontographia Italica 89*, p. 21.
- BERNOR, R. L., KORDOS, L. 2004: Conclusions. – In: BERNOR, R. L., KORDOS, L., ROOK, L. (eds) *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium. – Palaeontographia Italica 89*, p. 31.
- BERTALAN É., BARTHA A., JUVONEN, R., SOIKKELI, L., FÖLDESSY J., SZEBÉNYI G. 2004: Nemesfémek meghatározása recski ércmintákból: savas kioldás és tűzi módszerek hatékonyságának vizsgálata. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 2002*, pp. 69–80.
- BÉRCZINÉ MAKK A., KONRÁD GY., RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E., TÖRÖK Á. 2004: Tiszai egység. – In: HAAS J. (szerk.): *Magyarország geológiája. Triász*. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 303–360.
- BOHN-HAVAS, M., LANTOS, M., SELMECZI, I. 2004: Biostratigraphic studies and correlation of Tertiary planktonic gastropods (Pteropods) from Hungary. – *Proceedings of the Fourth Romanian Symposium on Palaeontology, Cluj-Napoca, 5–7/09/2003. – Acta Palaeontologica Romaniae 4.*, pp. 37–43.
- BRETSCHNEIDER, S., BREITKREUZ, C., NÉMETH, K., WILKE, H.-G. 2004: Volcano-sedimentary succession associated with a low-lying intra arc volcanic system in the North Chilean Jurassic large igneous province: the Cerro Blanco Complex, Taltal. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 45.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: Elnöki megnyitó. – *Földtani Közlöny 134* (2), pp. 159–160.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: A geológia diplomatája. Egy magyar geológus nemzetközi szolgálatban. – In: Egy XX. századi magyar humanista polihisztor. Dudich Endre 70 éves. – *Földtani Tudománytörténeti Évkönyv 8. különszám, Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest*, pp. 59–63.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: Hetényi Rudolf 1933–2003. – *Földtani Közlöny 134* (1), pp. 147–150.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: Hetényi Rudolf emlékezete. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 43–52.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: Director's report on the activity of the Geological Institute of Hungary. (Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2003. évi tevékenységéről.) – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 7–16, (17–42.)
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: – Igazgatói beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2002. évi tevékenységéről. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 7–28.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: Kutatóintézet az alap- és alkalmazott kutatás mezsgyéjén. A Magyar Állami Földtani Intézet elmúlt 10 éve. (Összefoglalás. – Summary)– *Földtani Kutatás 41* (1), pp. 31–40. (p. 44, 45).
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: A Szent András-törés. – In: MOLNÁR B. (szerk.) *Fejezetek a világ regionális földtanából*. JATEPress, Szeged, pp. 277–278.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2004: Tasnádi Kubacska András, az ismeretterjesztő. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 39–41.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 2004: Tradition and renewal in geology – the case study of Hungary. Abstract., Tradizione e rinnovamento in geologia – Il caso dell'Ungheria. Riassunto. – *International Conference. Development and prospects of professional geology in the world. A new relationship between geology and society. XI. Congresso Nazionale dei Geologi d'Italia. Florence, Italy, 26–27/08/2004*. pp. 74–75.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 2004: Volcanology and its importance in Hungary. – In: MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. – *Geologica Hungarica series Geologica 26*, p. 7.
- BREZSNYÁNSZKY K., HALA J. 2004: Előszó. – In: HALA J., KECSKEMÉTI T., VOIGHT V. 2004: *Kőpénzek. Mondák, költemények és énekek*. Mentor Kiadó, Marosvásárhely, pp. 11–19.
- BREZSNYÁNSZKY, K., BUDAI, T., SZURKOS, G., TÓTH, GY. 2004: Geological mapping for urban planning in Budapest. – *4th ICOGS Meeting with a seminar on Geothematic mapping at various scales. August 26 th, 2004. Sala Volta-Fortezza da Basso-Firenze. Organized in conjunction with 32nd International Geological Congress (IGC). Firenze, Italy, 20–28/08/2004, Abstract. p. [3.]*
- BREZSNYÁNSZKY K., CSONGRÁDI M., HÁLA J., PIROS O. 2004: Földtan vagy geológia? A szaknyelv helyzete 2004-ben. – In: WANEK, F. (szerk.): *6. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia, Petrosény, 20–23/05/2004*. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, p. 19.
- BREZSNYÁNSZKY K., CSONGRÁDI M., HÁLA J., PIROS, O. 2004: A földtani szaknyelv helyzete 2004-ben. – *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08–02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program. Előadáskivonatok, Szeged*, p. 89.

- BREZSNYÁNSZKY K., GYALOG, L., ALBERT, G., BUDAI, T., SÍKHEGYI, F. 2004: Elaboration of the new 1: 250,000 scale geological maps of Hungary, based on the database of the 1:100.000 map series. — *Geological mapping: comparison of standards and methodologies in national and regional projects. Workshop DWO 07 August 27 th, 2004. 32nd International Geological Congress. Firenze, Italy, 20–28/08/2004, Abstract.* p. [4.]
- BUDAI T. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység preszarmata képződményei. Mezozoikum. Triász. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő – Velence Hills. Mesozoic. Triassic.) — In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 78–79. (p. 207.)
- BUDAI T. 2004: Középső-triász medencefáciések és vulkanitok a Zsámbéki-medencében. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 189–194.
- BUDAI T., HORVÁTH I. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Mezozoikum. Alsó-középső-triász. (Geological formations of the Velence Hills. Mesozoic. Lower-Middle Triassic.) — In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 41, (p. 175.)
- BUDAI T., HORVÁTH I. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Mezozoikum. Alsó-triász. Geological formations of the Velence Hills. Mesozoic. Lower Triassic. — In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 40–41, (174–175.)
- BUDAI, T., NÉMETH, K., MARTIN, U., PIROS, O. 2004: Subaqueous volcanoclastic successions associated with carbonate platform and interplatform basin evolution in the Middle Triassic of western Hungary. — *IAVCEI General Assembly. „Volcanism and its Impact on Society”, 14–19/11/2004, Pucón, Chile. Abstract CD, (s11b_pth_109).*
- BUDAI, T., NÉMETH, K., MARTIN, U., PIROS, O. 2004: Subaqueous volcanoclastic successions in the Middle Triassic of western Hungary. — *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 46.
- CSÁMER, Á., KOZÁK, M., KOVÁCS-PÁLFFY, P., DARÓCZI, L. 2004: The role of the transposition and alteration in the genesis of neogene intrusive hyaloclastites of Hungary. — *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20–24/09/2004. — Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series (Szeged) 4*, p. 22.
- CSÁSZÁR G. 2004: Alpine burial history of the Mórág Block and its environs. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 395–401.
- CSÁSZÁR G. 2004: Máriagyúd, Szabolcsi-völgyi köfjítő (Tenkes-hegy) Felső-jura Szársomlyói Mészke Formáció, apti-albai Nagyarsányi Mészke Formáció, felső-kréta (?) bazalttelér. — *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/05/2004. Program, Előadaskivonatok, Kirándulásvezető*, pp. 38–41.
- CSÁSZÁR G. 2004: A Mórág-rög és környezete betemetődési viszonyai az alpi földtani ciklus folyamán. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 404–406.
- CSÁSZÁR G., KORDOS L. 2004: Beremend, köfjítő. Alsó- és középső-kréta Nagyarsányi Mészke Formáció, felső-kréta bazalt, bauxitos bazalt, bauxitos üreg- és hasadékkitöltés, cseppkőbarlang, pliocén gerinces lelőhelyek — *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/05/2004. Program, Előadaskivonatok, Kirándulásvezető*, pp. 51–57.
- CSERNY, T. 2004: A Velencei-tó limnogeológiája. (Limnogeology of Lake Velence.) — In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 138–141, (256–259.)
- CSERNY T., PRÓNAY ZS. 2004: Szeizmoakusztikus mérések a Balatonon: a kezdetektől napjainkig. — *Földtani Kutatás 41 (2)*, pp. 3–12.
- CSILLAG G. 2004: A geodiverzitás szerepe az ökológia és a természetvédelem területén. — *15. Országos Környezetvédelmi Információs Konferencia, Balatonboglár, 15–17/09/2004, Szakmai Kiadvány. Környezetvédelmi Információs Klub, Budapest*, pp. 25–26.
- CSILLAG G. 2004: Geo(morfo)lógia a természetvédelemben a Káli-medence példáján. — *2. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2–4/09/2004, absztrakt kötet-CD., Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged*, p. 38.
- CSILLAG G. 2004: Káli-medence és környékének geomorfológiai szintjei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 95–110.
- CSILLAG, G., KORBÉLY, B., NÉMETH, K. 2004: Volcanological sites of Balaton Uplands National Park as a key points for a proposed geopark in Western Hungary. — *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, pp. 49–50.
- CSILLAG, G., FODOR, L., MÜLLER, P., BENKŐ, K. 2004: Denudation Surfaces, Development of Pannonian Formations and Facies Distribution Indicate Late Miocene to Quaternary Deformation of the Transdanubian Range. — *Geolines 17, Proceedings of the 9th of the Czech Tectonic Studies Group, 2nd Meeting of the Central European Tectonic Group, Lucenec, Slovakia, 22–25/06/2004*, pp. 26–27.
- CSILLAG, G., NÉMETH, K., MARTIN, U., GOTH, K., SUHR, P. 2004: 3D architecture of a Pliocene maar volcano on the basis of drill core data and its implication for the syn-volcanic geomorphology, Pula Maar, western Pannonian Basin. — *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 50.
- CSONGRÁDI J.-NÉ (szerk.) 2004: *Térképek a Kis-Balatonról - Maps of Little Balaton - Karten des Kleinen Balatons.* — Nők a

- Balatonért Egyesület, Balatonfüred, 32 p. (Nők a Balatonért Egyesület Kiskönyvtára 8)
- CSORBA, G., KAZÁR, E. 2004: Fejünk fölött: bálnacsontváz. – *Élet és Tudomány* 59 (38), pp. 1202–1205.
- DARIDÁNÉ TICHY M., HORVÁTH I. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Kainozoikum. (Geological formations of the Velence Hills. Cenozoic.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 45–59, (177–189.)
- DAXNER-HÖCK, G., MIKLAS-TEMPFER, P. M., GÖHLICH, U. B., HUTTUNEN, K., KAZÁR, E., NAGEL, D., ROESSNER, G. E., SCHULTZ, O., ZIEGLER, R. 2004: Marine and terrestrial vertebrates from the Middle Miocene of Grund (Lower Austria). *Ž Geologica Carpathica* 55 (2), pp. 191–197.
- DON GY., HORVÁTH I., SCHAREK P., TÓTH GY. 2004: A Szigetközi Földtani Monitoring eredményei és a közeljövő tennivalói. – <http://www.szigetkoz.com/monitoring/MTA2003/scharek.htm>
- DUDKO A. 2004: Kutatástörténet. A Balatonfő-Velencei-hegység régió szerkezetére és mélyföldtanára vonatkozó irodalmi adatok. – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 23.
- DUDKO A. 2004: Kutatástörténet. A geofizikai kutatások története. History of the geophysical survey. (Review of the literature on the structure and sub-surface geology of the Balatonfő - Velence Area.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 24–25, (p. 161.)
- DUDKO A. 2004: Szerkezet. (Structure.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.) HORVÁTH I., DARIDÁNÉ TICHY M., DUDKO A., GYALOG L., ÓDOR L. 2004: *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 92–110, (218–229.)
- FODOR, L. 2004: What Are the Tectonic Units in the Pannonian-Carpathian-Eastern Alpine Domain: Terminological Question or Key to Understand Structural Evolution? – *Geolines 17, Proceedings of the 9th of the Czech Tectonic Studies Group, 2nd Meeting of the Central European Tectonic Group, Lucenec, Slovakia, 22–25/06/2004.*, pp. 32–33.
- FODOR L., BÍRÓ I. 2004: Sziklás eocén tengerpart a kréta korú Vértessomlói rátalolás mentén (Szarvas-kút, Vértes). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 153–162.
- FODOR L., CSILLAG G., PEREGI ZS. 2004: A Kápolnapusztai késő-neogén–negyedidőszaki(?) pull-apart süllyedék rekonstruálása komplex eredetű lepusztulási felszín alapján. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 283–294.
- FODOR, L., BADA, G., CSONTOS, L., VRABEC, M., HORVÁTH, F. 2004: Miocene-Pliocene deformation of the Pannonian basin: how much is it related to the motion of Adriatic plate? – *NATO Advanced Research Workshop. The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards, Veszprém, Hungary, 4–7/04/2004, Abstract volume*, pp. 46–51.
- FODOR, L., CSILLAG, G., NÉMETH, K., BUDAI, T., CSERNY, T., BREZSNYÁNSZKY, K., DEWEY, J. 2004: Tectonic development, morphotectonics and volcanism of the Transdanubian Range and Balaton Highland: a field guide. – In: FODOR, L., BREZSNYÁNSZKY, K. (eds) Application of GPS in plate tectonics, in research on fossil energy resources and in earthquake hazard assessment – Field guide book and short communications. *Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* 203, Budapest, pp. 59–86.
- FODOR, L., BALOGH, K., DUNKL, I., HORVÁTH, P., KOROKNAI, B., MÁRTON, E., PÉCSKAY, Z., TRAJANOVA, M., VRABEC, M., ZUPANČIČ, N. 2004: Deformation and Exhumation of Magmatic and Metamorphic Rocks of the Pohorje-Kozjak Mts. (Slovenia): Constraints from Structural Geology, Geochronology, Petrology, and Paleomagnetism. – *Geolines 17, Proceedings of the 9th of the Czech Tectonic Studies Group, 2nd Meeting of the Central European Tectonic Group, Lucenec, Slovakia, 22–25/06/2004.*, pp. 32–33.
- FÖLDVÁRI, M. BERNER, ZS. STÜBEN, D. 2004: Thermoanalytical study of Quarternary thermal lacustrine travertine occurrences in Hungary (Buda-Vár-hegy, Budakalász, Szomód-Les-hegy). – Climatic and tectonic controls on travertine formation: the case of the Pannonian Basin. Field discussion, Tata, Egerszalók, 4–9/07/2004. – In: KÖRPAS, L. (ed.) Collection of reprint, preprints, submitted papers and abstracts. – *Acta Geologica Hungarica* 46 (2), pp. 195–204.
- FÜGEDI U. 2004: Geokémiai háttér és nehézfémzennyezés Gyöngyösorszi térségében. – *Földtani Közlemény* 134 (2), pp. 291–301.
- FÜGEDI U., HORVÁTH I., ÓDOR L. 2004: Geokémiai háttér és természetes eredetű környezeti terhelés Magyarország felszíni képződményeiben. – *Magyarország környezet-geokémiai állapota. I. A kőzet-talaj-víz környezeti rendszer elemeinek vizsgálata és környezet-egészségügyi vonatkozásai, Budapest, 31/03/2004*, 4 p.
- GALAMBOS CS. 2004: Földtani térképek felületi jelei. – *Geodézia és kartográfia* 56 (7), pp. 16–21.
- GALAMBOS CS. 2004: „A színelmélet alkalmazása tematikus térképeken”. – *Geodézia és Kartográfia* 56 (12), pp. 9–14.
- GALAMBOS CS. 2004: Földtani térképek jelkulcsa régen és ma. – *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08/-02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program. Előadáskivonatok, Szeged*, p. 78.
- GÁL, N., JERABEK, CS. 2004: Hydrological mapping on karst area, NE part of the Transdanubian Central Range (TCR), Hungary. – *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20–28/08/2004. Abstracts, part 1*, pp. 866–867.
- GÁL N. 2004: Felszínalatti vízáramlás meghatározása integrált információrendszer segítségével a Vértes és Gerecse hegység

- területén. – *Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlése, Egerszalók, 2004. október, Abstract.*
- GÁL N, JERABEK CS. 2004: Hidrogeológiai térképezés a Dunántúli-középhegység ÉK-i részének karsztos területein – *MFT-MGE IV. Geotudományi Ankét, Nagykanizsa, 2004. október.*
- GÁL-SÓLYMOS, K., DON, GY. 2004: New results on magnetic spherules from Hungary – *Acta Geologica Hungarica*, 47 (2–3), pp. 287–296.
- GMÉLING, K., NÉMETH, K., MARTIN, U., EBY, N. 2004: Boron concentration in different maar-diatreme volcanic environments. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 59.
- GOTH, K., MARTIN, U., SUHR, P., NÉMETH, K., CSILLAG, G. 2004: Crater lake sediments in the Pliocene Pula maar (Western Hungary). – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 60.
- GYALOG L. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység presarmata képződményei. Kainozoikum. A balatonfői rögök részletes térképeinek pannóniai és negyedidőszaki képződményei. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő - Velence Hills. Cenozoic. Pannonian and Quaternary formations in the detailed maps of the Balatonfő Area. – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő - Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 90, p. 217.
- GYALOG L. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Negyedidőszak. (Geological formations of the Velence Hills. Quaternary.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 64–68, (194–198.)
- GYALOG L., BUDAI T. (szerk.) 2004: Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratiográfiai tagolására – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp., 195–232.
- GYALOG, L., HORVÁTH, I. 2004: Fejlődéstörténet. (Evolution of the region.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 111–116, (230–235.)
- GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.), HORVÁTH I., DARIDÁNÉ TICHY M., DUDKO A., GYALOG L., ÓDOR L. 2004: *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 316 p. (Magyarország Tájegységi Térképsorozata).
- GYALOG, L., ÓDOR, L. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Pannóniai. (Geological formations of the Velence Hills. Pannonian.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 60–64. (189–194.)
- GYALOG, L., SZEGŐ, I. 2004: Boreholes at the Bátaapáti (Üveghuta) Site. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 93–107.
- GYALOG L., SZEGŐ I. 2004: Fúrások mélyítése a Bátaapáti (Üveghutai) telephelyen. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 109–117.
- GYALOG L., HORVÁTH I., ÓDOR L. 2004: Földtani és egyéb érdekességek a Velencei-hegység és a Balatonfő területén. (Geological and other interesting features in the areas of Velence Hills and Balatonfő.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 143–148, (260–266.)
- GYALOG L., ÓDOR L., HORVÁTH I. 2004: Bevezetés. (Introduction.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 15–18, (153–156.)
- GYALOG, L., SZEGŐ, I., SZIEBERT, GY. 2004: Implementation and examination of mining and technological facilities at the Bátaapáti (Üveghuta) Site. [Bányászati és műszaki létesítmények mélyítése és vizsgálata a Bátaapáti (Üveghutai) telephelyen.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 201–209, (211–217.)
- GYALOG, L., HAVAS, G., MAIGUT, V., MAROS, GY., SZEBÉNYI, G. 2004: Geological-tectonic documentation in the Bátaapáti (Üveghuta) Site. [Földtani-tektonikai dokumentálási rendszerek a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 171–187, (189–199.)
- GYURICZA GY. 2004: A környezetföldtani térkép szerkesztésének módszertani kérdései az Aggtelek-rudabányai mintaterület példáján. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 271–282.
- HAAS J. (szerk) BÉRCZINÉ MAKK A., BUDAI T., HAAS J., HARANGI SZ., HIPS K., JÓZSA S., KONRÁD GY., KOVÁCS S., LESS GY., PELIKÁN P., PENTELÉNYI L., PIROS O., RÁLISCHNÉ FELGEN-

- HAUER E., TÖRÖK Á., VELLEDETS F. 2004: *Magyarország geológiája. Triász.* – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 384 p.
- HAAS J., BUDAI T. 2004: Dunántúli-középhegységi egység. – In: HAAS J. (szerk.): *Magyarország geológiája. Triász.* ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 25–124.
- HAAS J., PENTELENYI L. 2004: Zempléni egység. A földtani megismerés története. – In: HAAS J. (szerk.): *Magyarország geológiája. Triász.* ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 289–301.
- HAAS J., RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. 2004: Szávai (Közép-Dunántúli) egység. – In: HAAS J. (szerk.): *Magyarország geológiája. Triász.* ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 125–137.
- HAAS J., ÁRKAI P., CSÁSZÁR G., VÖRÖS A. 2004: A földtani idő. – *Fizikai Szemle* 54 (8), pp. 259–264.
- HAAS, J., HIPS, K., PELIKÁN, P., ZAJZON, N., GÖTZ, A. E., TARDIFILÁCZ, E. 2004: Facies analysis of marine Permian / Triassic boundary sections in Hungary. – *Acta Geologica Hungarica*, 47 (4), pp. 297–340.
- HARGITAI H., VEKERDI Z., TURDUKULOV U., KARDEVÁN P. 2004: Képkalkotó spektrométeres távérzékelési kísérlet Magyarországon. – *Térinformatika* 116 (6), pp. 12–15.
- HAVAS G. 2004: A földtani térinformatika webes lehetőségei. – *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08/-02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program. Előadáskivonatok, Szeged*, p. 81.
- HÁLA J. 2004: Geológusok sírjai a Nemzeti Sirkertben. – *Földtani Közöny* 134 (2), p. 303.
- HÁLA J. 2004: Hogyan gyűjtöttek elődeink? Anekdoták és történetek a magyar néprajztudomány klasszikusairól II. – In: BÁRTH, D., LACZKÓ, J. (szerk.) *Halmok és havasok. Tanulmányok a hatvan esztendő Bার্থ János tiszteletére.* – A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Múzeumi Szervezete, Kecskemét, pp.545–559.
- HÁLA J. 2004: Hogyan gyűjtöttek elődeink? Anekdoták és történetek a magyar néprajztudomány klasszikusairól III. – In: BORSOS, B., SZARVAS, Zs., VARGYAS, G. (szerk.) *Feketén, fehéren. Varsánytól Rititűig. Tanulmányok Sárkány Mihály tiszteletére.* I. L'Harmattan Kiadó, Budapest, pp. 245–259.
- HÁLA J. 2004: Lambrecht Kálmán, a magyar malmok kutatója és védelmezője. – In: LAMBRECHT K., BALÁZS, GY. (sajtó alá rendezte) *A magyar szélmalom.* – Magyar Molinológiai Társaság, Budapest, 1911–2004, pp. I-XII.
- HÁLA, J. 2004: Válogatás a Magyar Állami Földtani Intézet Tudománytörténeti Gyűjteményének fényképeiből. – In: KUBASSEK J. (szerk.): *A Kárpát-medence természeti értékei.* Magyar Földrajzi Múzeum, Érd, pp. 243–338.
- HÁLA J., LANDGRAF I. 2004: A háromszáz özvegyasszony tánca. Egy bányászmondánk néhány történeti, irodalomtörténeti és folklorisztikai vonatkozása. – *Az Érc- és Ásványbányászati Múzeum Közleményei* (1), pp. 3–35.
- HÁLA, J., MÁTÉ, GY. 2004: Varia Bibliographica. Gráfik Imre köszöntése. EFI Communicationes 13. 46., Európai Folklor Intézet, Budapest.
- HÁLA J., KECSKEMÉTI T., VOIGT, V., KAZÁR E. (illusztr.) 2004: *Kőpénzek. Mondák, költemények és énekek gyűjteménye.* – Mentor Kiadó, Marosvásárhely, 346 p.
- HÁMOR-VIDÓ, M. (ed.) 2004: Abstract Book. 56th Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology: Environmental management implications of organic facies studies, Budapest, 12–18/09/2004. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* 202, 92 p.
- HÁMOR-VIDÓ, M. 2004: Coal facies studies in Hungary: A historical review. – In: HÁMOR-VIDÓ, M. (ed.): Reconstruction of peat-forming environments: A global historical review. *International Journal of Coal Geology Special Issue* 58 (1–2), pp. 91–99.
- HÁMOR-VIDÓ, M. 2004: Introduction – Reconstruction of peat-forming environments: A global historical review. – *International Journal of Coal Geology Special Issue* 58 (1–2), pp. 1–2.
- HÁMOR-VIDÓ M. (ed.) 2004: Reconstruction of peat-forming environments: A global historical review. – *International Journal of Coal Geology Special Issue* 58 (1–2), p. 130.
- HORVÁTH I. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység preszarmata képződményei. Kréta. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő – Velence Hills. Cretaceous.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 80, (208.)
- HORVÁTH I. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Kréta. (Geological formations of the Velence Hills. Mesozoic. Cretaceous.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 42–44, (176–177.)
- HORVÁTH I., GYALOG L. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység preszarmata képződményei. Mezozoikum. Tilospusztai Andezit Formáció. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő-Velence Hills. Mesozoic. Middle-Upper Triassic. Tilospuszta Andesite Formation.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, p. 79, (207.)
- HORVÁTH I., GYALOG L. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység preszarmata képződményei. Paleozoikum. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő-Velence Hills. Palaeozoic.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 69–78, (199–206.)
- HORVÁTH I., GYALOG L. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Mezozoikum. Felső-kréta. (Geological formations of the Velence Hills. Mesozoic. Upper Cretaceous.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani*

- térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = *Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 41–42, (175–176.)
- HORVÁTH I., GYALOG L. 2004: A Velencei-hegység földtani képződményei. Paleozoikum. (Geological formations of the Velence Hills. Palaeozoic.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 26–40, (163–174.)
- HORVÁTH I., SZŐCS, T., TÓTH, GY. 2004: Groundwater age, chemistry and evolution in fractured granite, Uveghuta, Hungary. – *Proceedings of the 11th International Water-Rock Interaction Symposium*. – In: WANTY, R. B., ROBERT, R. (eds): *Seal. II. Balkema*, pp. 415–419.
- HORVÁTH I., SZŐCS T., TÓTH GY., MUTÁTI J., ROTÁR-SZALKAI Á. 2004: Hydrogeochemistry and water ages at the Bátaapáti (Üveghuta) Site. [A vízgeokémia és a vizzorok alakulása a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 427–439, (441–447.)
- IVANOVA, A., SYABRYAJ, S., ZAITSEVA, L., HÁMOR-VIDÓ M. 2004: Palynological and petrographical reconstruction of peat accumulation in the Trans-Carpathians and in the Pannonian Basin at Ilnitsa and Visonta coalfields. – *Abstract Book. 56th Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology: Environmental management implications of organic facies studies, Budapest, 12–18/09/2004*, pp. 55–57.
- JOCHA-EDELÉNYI, E., 2004: Karsthydrogeology of the SW part of the Transdanubian Central Range, Hungary. – Climatic and tectonic controls on travertine formation: the case of the Pannonian Basin. Field discussion, Tata, Egerszalók, 4–9/07/2004. – In: KÖRPÁS, L. (ed.): *Collection of reprint, preprints, submitted papers and abstracts*. Budapest, pp. 140–148.
- JOCHA-EDELÉNYI, E., 2004: Karstic waterbodies of Transdanubian Central Range (TRC), Hungary. – *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20–28/08/2004. Abstracts, part I.*, p. 856.
- JOCHÁNÉ EDELÉNYI E. 2004: Karsztos víztestek a Dunántúli-középhegység DNy-i felén. – *XI. konferencia a felszín alatti vizekről, Balatonfüred, 2004. március, Abstract*.
- JOCHÁNÉ EDELÉNYI E. 2004: Karsztos víztestek lehatárolásának földtani alapjai a Dunántúli-középhegységi zóna Ny-i részén. – *Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlése, Egerszalók, 2004. október, Abstract*.
- JOCHÁNÉ EDELÉNYI E. 2004: Karsztos víztestek a Dunántúli-középhegységi zóna Ny-i felén. – *MFT-MGE IV. Geotudományi Ankét, Nagykanizsa, 2004. október, Előadás kivonatok*, p. 3.
- JORDAN, GY. 2004: Terrain Modelling with GIS for Tectonic Geomorphology. Numerical Methods and Applications. – *Acta Universitatis Upsaliensis, Uppsala*, [142] p.
- JORDAN, GY., D'ALESSANDRO, M. (eds) 2004: Mining, mining waste and related environmental issues: problems and solutions in Central and Eastern European Candidate Countries. – *Joint Research Centre of the European Commission, Ispra*, 208 p.
- JORDÁN G., CSILLAG G. 2004: Digitális terepmodellezés morfológiai alkalmazása a Káli-medence példáján. – *HUNDEM Országos Digitális Terepmodellezési Konferencia, Miskolc, 2004, Abstracts*.
- JORDÁN G., SZILASSY P., VAN ROMPAEY A. ÉS CSILLAG G. 2004: A területhasználat változása a talajerózióra gyakorolt hatásának vizsgálatára a Káli-medence példáján. – *HUNDEM Országos Digitális Terepmodellezési Konferencia, Miskolc, 2004, Abstracts*.
- JORDAN, GY., VAN ROMPEY, A., SZILASSY, P., CSILLAG, G., MANNERT, C. 2004: Historical land use changes and their impact on sediment fluxes in a small catchment. – *EUROSOIL, Freiburg, Germany, 04–12/09/2004*.
- JUNOVEN, M. R., BARTHA, A., LAKOMAA, T. M., SOIKKELI, L. A., BERTALAN, É., KALLIO, E. I. BALLÓK, M. 2004: Comparison of Recoveries by Lead Fire Assay and Nickel Sulfide Fire Assay in the Determination of Gold, Platinum, Palladium and Rhenium in Sulfide Ore Samples – *Geostandards and Geanalytical Research* 28 (1), pp. 123–130.
- JUHÁSZ, GY., MÜLLER, P., TÓTH-MAKK, Á. 2004: Alluvial architecture and fluvial cycles in Quaternary deposits in a continental interior basin, E Hungary. – *Geologia Croatica* 57 (2), pp. 171–191.
- JUHÁSZ, GY., POGÁCSÁS, GY., MAGYAR, I., VAKARCS, I. 2004: Late-Neogene facies, sequences and basin subsidence in the Eastern part of the Pannonian Basin (Hungary). – *23rd IAS (International Association of Sedimentologists) Meeting of Sedimentology, 15–17/09/2004, Coimbra, Portugal, Abstracts Book*, p. 155.
- KAISER M., CSILLAG G. 2004: A Velencei-hegység geomorfológiája. Geomorphology of the Velence Hills. – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 133–136, (252–254.)
- KÁKAY SZABÓ O. 2004: A XX. század nagy magyar természettudósa, Tasnádi Kubacska András, a természettudományi múzeológia és ismeretterjesztés vezéralakja 100 esztendeje született. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 29–38.
- KARDEVAN, P., JUNG, A., RESISINGER, P., NAGY, S. 2004: A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) reflektancia spektrumainak meghatározása terepi mérésekkel. – *Magyar Gyomkutatás és Technológia, Hungarian Weed Research and Technology* 5 (1), pp. 15–31.
- KAZÁR, E. 2004: Vissza az óceánba. – *Süni* 19 (4), pp. 2–10.
- KAZÁR, E., VREMIR, M., CODREA, V. 2004: Dolphin remains (Cetacea: Odontoceti) from the Middle Miocene of Cluj-Napoca, Romania. *Ž Proceedings of the Fourth Romanian Symposium on Palaeontology, Cluj-Napoca, 5–7/09/2003/ – Acta Palaeontologica Romaniaae* 4, pp. 179–189.
- KELE, S., DEMÉNY, A., KÖRPÁS, L., KOVÁCS-PALFFY, P., LANTOS, M. 2004: Stable isotope geochemical and petrographic studies on travertines from Tata, Porhanyó-Quarry (Hungary). – *7th Workshop of the European Society for Isotope Research, Seggau, 27/06–01/07/2004* – In BOJAR, A., FRITZ, H., BOJAR, H.-P.: *ESIR (European Society for Isotope Research) VII. Isotope Workshop Volume, Berichte des Institutes für*

- Erdwissenschaften Karl-Franzes-Universität Graz*; 8 (172), pp. 72–74.
- KELE, S., DEMÉNY, A., KÖRÖS, L., KOVÁCS-PÁLFFY, P., LANTOS, M. 2004: Stable isotope geochemical and petrographic studies on travertines from Tata, Porhanyó-Quarry (Hungary). — *European Society for Isotope Research, Isotope Workshop Volume, 7th Workshop, Seggau, 27/06–01/07/2004*, pp. 72–74.
- KELE, S., KÖRÖS, L., DEMÉNY, A., MEDZHRADCKY, Zs., KOVÁCS-PÁLFFY, P., LANTOS, M. 2004: Petrology and geochemistry of travertines from Tata, Porhanyó-Quarry (Hungary). — *Climatic and tectonic controls on travertine formation: the case of the Pannonian Basin. Field discussion, Tata, Egerszalók, 4–9/07/2004* — In: KÖRÖS, L. (ed.): *Collection of reprint, preprints, submitted papers and abstracts*. Budapest, pp. 185–210.
- KERCSEMÁR Zs. 2004: Késő-eocén–kora-oligocén balos oldaleltolódáshoz kapcsolódó helikoidális geometriájú Riedel-törérendszert a Tatabányai-medence keleti peremén. — In: WANEK, F. (szerk.): *6. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia, Petrosény, 20–23/05/2004*. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, p. 41.
- KERCSEMÁR Zs. 2004: A tatabányai vöröskalcit telérek szerkezet-földtani jelentősége. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp.163–174.
- KERTÉSZ B., LESS GY. 2004: Törökországi eocén szelvények nummulitidae-faunája. — *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Berecsény, 6–8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 16–17.
- KIRÁLY, E., KOROKNAI, B. 2004: The magmatic and metamorphic evolution of the north-eastern part of the Mórógy Block. (A Mórógyi rög ÉK-i részének magmás és metamorf fejlődéstörténete.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 299–310, (311–326.)
- KOCSIS K., DUDICH E. (szerk.) AMBRÓZY P., CANOVIC, M., KÉMÉNCZY R., KICOSEV S., KOCSOS K., KÖRÖS, L., KÖRÖSNÉ HÓDI M., MAKRA L., PAPP M., RAKONCZAI J., SZABÓ Z. 2004: *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08–02/09/2004, Délvidéki tájakon. Kirándulásvezető*. — [Szeged], 65 p.
- KOLOSZÁR L. 2004: A Tengelici Formáció kifejlődései a DK-Dunántúlon — *Földtani Közlöny* 134 (3), pp. 345–368.
- KOLOSZÁR, L., MARSIS, I. 2004: Formations of Late Neogene and Pleistocene terrestrial sediments in the region of Mórógy Hill (Hungary). — *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20–28/08/2004. Abstracts, part 1*, p. 387.
- KÓNIA P. 2003: Bioeróziós nyomok alsó-miocén osztrigákon (Bánhorváti, Csiga-tető) — *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis* 27. pp. 33–37.
- KÓNIA P. 2004: Szedimentológiai és őseletnyom-vizsgálatok a kelet-borsodi széntelepes összlet homokos kifejlődéseinek ökoszisztéma rekonstrukciójához (Nagybarca, Csiga-tető). — *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08–02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program. Előadáskivonatok, Szeged*, p. 51.
- KORBÉLY, B., CSILLAG, G. 2004: Proposed protection and conservation strategies of volcanological features in a monogenetic volcanic field in the western Pannonian Basin: a perspective of Balaton Uplands National Park, Hungary. — *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary–Slovakia–Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 68.
- KÖRÖS, L. 2004: The analysis of vertebrate fossil remains. — In: SÜMEGI, P., GULYÁS, S. (eds): *The Geohistory of Bátorliget Marshland. An Example for the Reconstruction of Late Quaternary Environmental Changes and Past Human Impact from the Northeastern Part of the Carpathian Basin*. Archaeolingua, Budapest, p. 63.
- KÖRÖS, L. 2004: Anomalomyidae. — In: BERNOR, R. L., KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds): *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — *Palaeontographia Italica* 89, p. 16.
- KÖRÖS, L. 2004: Castoridae. — In: BERNOR, R. L., KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds): *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — *Palaeontographia Italica* 89, p. 16.
- KÖRÖS, L. 2004: Dinoszaurusok a Mecsekben. — *Pécsi Szemle* 7 (1), pp. 2–9.
- KÖRÖS, L. 2004: Az első amerikaiak — *Via Beringia*. — *História* 26 (4), pp.11–13.
- KÖRÖS, L. 2004: Majomvilág a Kárpát-medencében, örökre eltűntek? — *Vadon* 4, pp. 16–18.
- KÖRÖS, L. 2004: Nagy István (1936–2003). — *Földtani Közlöny*, 134 (3), pp. 451–478.
- KÖRÖS, L. 2004: Az őselemtörténeti korszakok. — *Vadon* 1, pp. 26–29.
- KÖRÖS, L. 2004: Pliopithecidae or Incertae sedis. — In: BERNOR, R. L., KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds): *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — *Palaeontographia Italica* 89, p. 12.
- KÖRÖS, L. 2004: Results of the analysis of vertebrate remains from the marginale profile. — In: SÜMEGI, P., GULYÁS, S. (eds): *The Geohistory of Bátorliget Marshland. An Example for the Reconstruction of Late Quaternary Environmental Changes and Past Human Impact from the Northeastern Part of the Carpathian Basin*. Archaeolingua, Budapest, pp. 212–214.
- KÖRÖS, L., BERNOR, R. L. 2004: Introduction. — In: BERNOR, R. L., KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds): *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — *Palaeontographia Italica* 89, pp. 4–5.
- KÖRÖS, L., HERNYÁK, G. 2004: Geology. — In: BERNOR, R. L., KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds): *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — *Palaeontographia Italica* 89, pp. 5–7.
- KÖRÖS, L., KAZÁR E. 2004: A Kárpát-medence őselemtörései 2. — *Élet és Tudomány* 59 (1): 12–14.
- KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds) 2004: *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — In: BERNOR, R. L., KÖRÖS, L., ROOK, L. (eds): *Recent Advances on Multidisciplinary Research at Rudabánya, Late Miocene (MN9), Hungary: a Compendium*. — *Palaeontographia Italica* 89, p. 21.
- KÖRÖS, L. (ed.) 2004: *Collection of reprint, preprints, submitted papers and abstracts*. — *Climatic and tectonic controls on travertine formation: the case of the Pannonian Basin. Field discussion, Tata, Egerszalók, 4–9/07/2004*. Budapest, 231 p.
- KÖRÖS, L. 2004: Beszámoló a „Hévízes barlangok genetikája és képződésménei” című, a Pál-völgyi barlang felfedezésének 100. Évfordulója alkalmából tartott nemzetközi konferenciáról (Budapest, 2004. június 21–24.). — *Hidrológiai Tájékoztató* 2004, p. 93.
- KÖRÖS, L. 2004: Elnöki köszöntő. — *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08–02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program, előadáskivonatok*, p. 5.

- KORPÁS, L. 2004: Modelos geológicos de sistemas paleocársticos. Teoría y su posible aplicación en la Sierra Gorda, México. — *Memoria, Primer Encuentro de Investigación sobre la Sierra Gorda, San Juan de los Durán, Municipio de Jalpan de Serra, Queretaro, 23-25/10/2003*, pp. 162–171.
- KORPÁS L. 2004: Negyedidőszaki travertinók, mint paleo-karszt-vízszintek jelzői a Budai-hegységben. — *Hévízes barlangok genetikája és képződményei. Nemzetközi konferencia a Pál-völgyi-barlang felfedezésének 100. évfordulója alkalmából. Program, előadás összefoglalók, Budapest, 21-24/06/2004*, pp. 23–24.
- KORPÁS, L. 2004: Quaternary travertines, as indicators of paleo karstwater tables in the Buda Hills, Hungary. — *Genesis and formations of hydrothermal caves, Program and summaries of papers, Budapest, 21-24/06/2004, Budapest*, pp. 24–25.
- KORPÁS L., KORPÁS NÉ HÓDI M. 2004: A Délvidék (Bácska és Bánát) neogén-negyedidőszaki képződményeinek rövid jellemzése. — *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08/-02/09/2004, Délvidéki tájakon. Kirándulásvezető*, pp. 9–19.
- KORPÁS, L., KOVÁCS-PÁLFFY, P., LANTOS, M., FÖLDVÁRI, M., KORDOS, L., KROLOPP, E., STÜBEN, D., BERNER, ZS. 2004: Sedimentology, geochemistry, chronology and paleokarst evolution of Quaternary thermal lacustrine travertine. An integrated case study from Vár-hegy, Budapest, Hungary. — Climatic and tectonic controls on travertine formation: the case of the Pannonian Basin. Field discussion, Tata, Egerszalók, 4-9/07/2004. — In: KORPÁS, L. (ed.): *Collection of reprint, preprints, submitted papers and abstracts*. Budapest, pp. 50–181.
- KORPÁS, L., KOVÁCS-PÁLFFY, P., LANTOS, M., FÖLDVÁRI, M., KORDOS, L., KROLOPP, E., STÜBEN, D., BERNER, ZS. 2004: Sedimentology, geochemistry, chronology and paleokarst evolution of Quaternary thermal lacustrine travertine. An integrated case study from Vár-hegy, Budapest, Hungary. — *Földtani Közlöny* 134 (4), pp. 541–562.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., FÖLDVÁRI M. 2004: Hidrotermális képződmények és jelenségek a Mórági Gránit Formációban. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 327–331.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M. 2004: Hydrothermal minerals and phenomena in the Mórági Granite Formation. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 319–326.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., FÖLDVÁRI M. 2004: Hidrotermális képződmények és jelenségek a Mórági Gránit Formációban. — *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08/-02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program. Előadáskivonatok, Szeged*, p. 52.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M. 2004: Mineralogical analysis. — In: SÜMEGI, P., GULYÁS, S. (eds): *The Geohistory of Bátorliget Marshland. An Example for the Reconstruction of Late Quaternary Environmental Changes and Past Human Impact from the Northeastern Part of the Carpathian Basin*. Archaeolingua, Budapest, p. 56.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M. 2004: Mineralogy of the travertines in NE Transdanubia (Hungary) — *Climatic and tectonic controls on travertine formation: the case of the Pannonian Basin. Field discussion, Tata, Egerszalók, 4-9/07/2004*. — In: KORPÁS, L. (ed.): *Collection of reprint, preprints, submitted papers and abstracts*. Budapest, pp. 66–95.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., FÖLDVÁRI M. 2004: Mineralogy of the travertines in NE Transdanubia (Hungary) — *Földtani Közlöny* 134 (4), pp. 563–588.
- KOVÁCS-PÁLFFY, P., FÖLDVÁRI, M., MRS. BARÁTH, I. 2004: Results of the mineralogical analysis. — In: SÜMEGI, P., GULYÁS, S. (eds): *The Geohistory of Bátorliget Marshland. An Example for the Reconstruction of Late Quaternary Environmental Changes and Past Human Impact from the Northeastern Part of the Carpathian Basin*. Archaeolingua, Budapest, pp. 128–134.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., KOPSA F.-NÉ, VEREBINÉ FEHÉR K., ZIMMERMANN K. (szerk.) 2004: *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világtalálkozója, Szeged, 28/08/-02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program, előadáskivonatok. — [Szeged]*, 91 p.
- KOVÁCS S., LESS GY., HIPS K., PIROS O., JÓZSA S. 2004: Aggtelek-rudabányai egységek. — In: HAAS J. (szerk.); *Magyarország geológiája. Triász*. ELTE eötvös Kiadó, Budapest, pp. 197–288.
- KOROKNAI ZS., KOVÁCS J., KOVÁCS NÉ SZÉKELY I. 2004: A Balaton „medence-felosztásának” vizsgálata többváltozós adatelemzés — *XLVI Hidrobiológus Napok Tihany, 2004. október 6-8., Abstract kötet*, p. 25.
- KOVÁCS, S., RÁLISCH-FELGENHAUER, E., HÁMOR-VIDÓ, M., SIEGL-FARKAS, Á., BÓNA, J. 2004: Conodont colour alteration and vitrinite reflectance data related to a half-graben structure in the Mesozoic of the Mecsek and Villány Mountains, southern Hungary. — *Abstract Book. 56th Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology: Environmental management implications of organic facies studies, Budapest, 12-18/09/2004*, pp. 81–82.
- KOVÁCS, S., BREZSNYÁNSZKY, K., EBNER, F., PAMIC, J., GAETANI, M., VAI, G. B., KRAUTNER, H. G., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A., KARAMATA, S. [et al.] 2004: Tectonostratigraphic Terrane and Palaeoenvironment Maps of the Circum-Pannonian Region. — *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20-28/08/2004, Abstracts, part 2. Poster*, p. 1245.
- KOZÁK, M., PÜSPÖKI, Z., KOVÁCS-PÁLFFY, P. 2004: Sajóbábony, Kő Valley: Sarmatian bentonite in the Borsod Basin. Field Stop 1. — *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/2004, Field Guide*, pp. 6–7.
- KROLOPP, E. 2004: The importance of mollusc fauna in the study of travertine deposits. — *Földtani Közlöny* 134 (2), pp. 219–225.
- KUTI, L., KERÉK, B., SZENTPÉTERY, I. 2004: Comparison of the agrogeological characteristic of the soil-parent rock-groundwater system at plain and hilly model areas — poster, CD abstract kötet, *1st General Assembly of the European Geosciences Union, Session SSS7, 25-30 April 2004, Nice, France*.
- KUTI L., MÜLLER T., VATAI J. 2004: Az agrogeológiai térképezés agrárinformatikai jelentősége. — *A Magyar Agrárinformatikai Szövetség nyári továbbképzési kurzusa 2004. augusztus 29. CD kiadvány*.
- KUTI L., KERÉK B. 2003: Agrogeológiai és környezetföldtani vizsgálatok a Duna-Tisza közti hátság homokterületén — *Tájökológiai Lapok* 1 (2), pp. 135–162.
- KUTI, L., KERÉK, B. 2004: Agrogeological evaluation of the plain and hilly regions of Hungary. — *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20-28/08/2004, Abstracts, part 1. Poster*, p. 35.
- KUTI, L., KERÉK, B. 2004: Agrogeological problem-setting on soil-fertility reducing factors with the examination of the soil – parent rock – groundwater system, in Hungarian model areas. — *Joint EGS - FOREGS Meeting, Berlin, Germany, 2004. július 8-9*.

- LANTOS, M. 2004: Magnetostratigraphic correlation of Quaternary travertine sequences in NE Transdanubia. – *Földtani Közöny* 134, (2), pp. 227–236.
- LELKES GY. 2004: Cianobakteriális/mikrobiális és szkeletális mészalag karbonátos üledékek a szentkirályszabadjai repülőtéri kőfejtő pelsői rétegsorában. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6-8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 17.
- LESS GY. 2004: Heterosteginák és spiroclypeusok eocénvégi fejlődése és rétegtani jelentősége. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6-8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 17–18.
- LESS GY., GYALOG L. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység presarmatium képződményei. Kainozoikum. Eocén. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő-Velence Hills. Cenozoic. Eocene.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 80–84, (209–212.)
- LESS GY., MELLO J. (eds) 2004: *Geological map of the Gemer-Bükk area (1:100 000)*. – Geological Institute of Hungary.
- MAGYAR I., JUHÁSZ GY., SZUROMINÉ KORECZ A., SÜTÖNÉ SZENTAI M. 2004: A pannóniai Tótkomlói Mészmárga Tagozat képződményeinek kifejlődése és kora a Battonya–pusztaföldvári-hátság környezetében. – *Földtani Közöny* 134 (4), pp. 521–540.
- MAGYARI Á., MUSITZ B., CSONTOS L., VAN VLIET-LAONE, B. 2004: Neotektonikai vizsgálatok a Külső-Somogyi dombságban. – In: WANEK F. (szerk.): *6. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia, Petrosény, 20–23/05/2004* Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, p. 53.
- MAGYARI Á., MUSITZ B., CSONTOS L., VAN VLIET-LAONE, B., UNGER Z. 2004: Késő-negyedidőszaki szerkezetfejlődés vizsgálata Külső-Somogyban terepi mikro- és morfológiai módszerekkel – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 111–128
- MAGYARI, Á., NÁDOR, A., THAMÓ-BOZSÓ, E., KERCSMÁR, ZS., BABINSZKI, E. 2004: The role of the Érmellék–Berettyó–Körös depression in the river course development of the Great Hungarian Plain. – *FLAG (Fluvial Archives Group) Meeting, Malaga, Abstract Volume*
- MAIGUT V. 2004: Új digitális földtani térképmű a MÁFI-ban. – *Geodézia és kartográfia* 56 (7), pp. 22–26.
- MAROS GY. 2004: ImaGeo Mobil Szkenner Állomás – helyszíni, komplex vizsgálati és értékelő rendszer. – *Geotechnika 2004. Ráckeve, október 26–27. Abstract kötet*, pp. 36.
- MAROS, GY., KOROKNAI, B., PALOTÁS, K., FODOR, L., DUDKO, A., FORIÁN-SZABÓ, M., ZILAHÍ-SEBESS, L., BÁN-GYÖRY, E. 2004: Tectonic analysis and structural evolution of the north-eastern Mórág Block. (A Mórági-rög ÉK-i részének tektonikai elemzése és szerkezetalakulása). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 371–386, (387–394.)
- MAROS, GY., KOROKNAI, B., PALOTÁS, K., FODOR, L., DUDKO, A., KIRÁLY, E., FORIÁN-SZABÓ, M. 2004: Tectonic evolution of the Mórág Granite Complex (SW Hungary): a puzzle of the Variscan orogeny in Central Europe. – *Geolines 17, Proceedings of the 9th of the Czech Tectonic Studies Group, 2nd Meeting of the Central European Tectonic Group, Lucenec, Slovakia, 22–25/06/ 2004*, p. 70.
- MAROS, GY., KOROKNAI, B., PALOTÁS, K., FODOR, L., DUDKO, A., KIRÁLY, E., FORIÁN-SZABÓ, M. 2004: Tectonic evolution of the Mórág Granite Complex (SW Hungary): a puzzle of the Variscan orogeny in Central Europe. – *Tectonic Studies Group Annual Meeting Durham, Great Britain, 7–9 januar. 2004., Abstract Volume*, p. 89.
- MARSI I. 2004: A mezőgazdasági termelés természeti alapjai Dévaványa térségében. – In: TOLNAY G. (szerk.): *Földember-törvény. Adatok, tények, következtetések Dévaványa mezőgazdaságának és mezőgazdasági népességének történetéből a XX. sz. első felében, 1895–1950*. Jász-Nagykunszolnok Megyei Múzeumok Igazgatósága, Szolnok. *Jász-Nagykunszolnok megyei múzeumok közleményei* 59, 468 p.
- MARSI I., KOLOSZÁR L. 2004: A beremendi Szőlő-hegy pliocén és kvarter képződményei. – *Földtani Közöny* 134 (1), pp. 75–94.
- MARSI, I., DON, GY., FÖLDVÁRI, M., KOLOSZÁR, L., KOVÁCS-PÁLFFY, P., KROLOPP, E., LANTOS, M., NAGYNÉ BODOR, E., ZILAHÍ-SEBESS, L. 2004: Quaternary sediments of the north-eastern Mórág block – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 343–359.
- MARSI I., DON GY., FÖLDVÁRI M., KOLOSZÁR L., KOVÁCS-PÁLFFY P., KROLOPP E., LANTOS M., NAGYNÉ BODOR E., ZILAHÍ-SEBESS L. 2004: A Mórági-rög ÉK-i részének negyedidőszaki üledékei – *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 361–369.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Eruptive mechanism of phreatomagmatic volcanoes from the Pinacate Volcanic Field: comparison between Crater Elegante and Cerro Colorado, Mexico. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 75.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Growth of scoria cones from the Western Transmexican Volcanic Belt, near Volcán Ceboruco, Mexico. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 75.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: How Strombolian is a “Strombolian” scoria cone? Scoria cones from the western Transmexican Volcanic Belt, near Volcán Ceboruco, Mexico. — *IAVCEI General Assembly. „Volcanism and its Impact on Society”, 14–19/11/2004, Pucón, Chile. Abstract CD*.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Magma/wet sediment interaction in crater lakes and vent zones of monogenetic volcanoes in Mio/Pliocene volcanic fields of Western Hungary. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21–26/09/2004*, p. 73.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Mio/Pliocene Phreatomagmatic Volcanism in the Western Pannonian Basin. – *Geologica Hungarica series Geologica* 26, 191 p.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Peperitic lava lake-fed intravent sills at Ság-hegy, Western Hungary: a complex interaction of a wet tephra ring and lava. – In: BREITKREUZ, C., PETFORD, N. (eds): *Physical Geology of Subvolcanic Systems – Laccoliths, Sills, and Dykes. Geological Society Special Publications* 234.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Sedimentary interaction between pyroclastic flow deposits of the Poris Member from the Las Canadas and monogenetic volcanic fields in a beach setting near Montana Roja scoria cone, Tenerife Sur, Spain. – *Abstract*

- Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004*, pp.73-74.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Shallow subsurface sill and dyke systems associated with an alkaline basaltic intracontinental volcanic field, Westernannonian Basin. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004*, p. 74.
- MARTIN, U., NÉMETH, K. 2004: Quaternary phreatomagmatic volcanoes of southern Tenerife, Spain: Montana Pelada tuff ring and Caldera del Rey maar. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004*, p.74.
- MATCOULINA, S., POLETAEV, V. I. HÁMOR-VIDÓ, M. 2004: Bitumen occurrences in Stilian sediments of the Missisipian (Lower Carboniferous) carbonate platform, SW Donets Basin. – *Nauka, Moscow*, pp. 27-31.
- MURÁTI, J., 2004: Three dimensional geological model of the Héreg-Tarján basin, NE Transdanubian Central Range (TCR), Hungary. – *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20-28/08/2004, Abstracts, part 2. Poster and CD-ROM*, p. 868.
- MÜLLER, P. M. 2004: History of reed-dwelling Decapod Crustaceans from the Palaeocene to the Miocene with comments about Mesozoic occurrences. – *Földtani Közlöny* 134 (2), pp. 237-255.
- MÜLLER T., ROTÁRNÉ SZALKAI Á. 2004: Vízföldtani problémák térképezése és vizsgálata az Alföldön. – *Földtudomány-agrártudomány a Fenntartható Környezetvédelemért, Debrecen, 11/11/2004, Abstract*.
- NAGY S., SASDI L. 2004: Karfiolok és borsókövek a Ferenc-hegyi-barlangban. – *Mount Everest*, 2004. március.
- NÉMETH K. 2004: Maarvulkánosság. Konferencia Magyarországon. – *Természet Világa* 135 (9), pp. 403-405.
- NÉMETH K. 2004: Vulkánok és lávamezők a Szaharában: Líbia. – *Természet Világa* 135 (1), pp. 24-27.
- NÉMETH, K. 2004: Large craters from an intracontinental flood basalt field from the Libyan Sahara, Northern Africa: results of maar-forming phreatomagmatic eruptions and mafic Plinian eruptions? – *IAVCEI General Assembly. „Volcanism and its Impact on Society”, 14-19/11/2004, Pucón, Chile. Abstract CD*, (s03b_o_09).
- NÉMETH, K., MARTIN, U. 2004: Pedagogical and didactical methods in the Geopark concept in the demonstration of volcanic processes associated with monogenetic volcanic fields in Hungary: the Montessori method as a viable alternative. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004*, p. 80.
- NÉMETH, K., BREITKREUZ, C., WILKE, H. 2004: Block and ash flow and ignimbrite units in association with and arc-related flood lava field, La Negra Formation, Tocopilla, Coastal Cordillera, Northern Chile. – *GSA Penrose Conference „Neogene-Quaternary continental margin volcanism”, 12-17 January 2004, Metepec, Puebla, Mexico*, p. 139.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., CSILLAG, G. 2004: Evidences of karst-water involvement on magma-water interaction during formation of the Pliocene Pula maar, western Pannonian Basin. – *IAVCEI General Assembly. „Volcanism and its Impact on Society”, 14-19/11/2004, Pucón, Chile. Abstract CD*.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., GOTH K., LEXA, J. (eds) 2004: Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* 203, 107 p.
- Ó. KOVÁCS L., HORVÁTH I., GYALOG L. 2004: Hasznosítható nyersanyagok. (Raw materials.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.); *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 124-131, (243-250.)
- ÓDOR, L. 2004: Geokémiai vizsgálatok a Velencei-hegységben. (Geochemical research in the Velence Hills.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.); *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 117-122, (237-241.)
- ÓDOR L., HORVÁTH I., GYALOG L. 2004: A földtani megismerés története. (The research and exploration history. History of the geological recognition.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.); *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana. Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000)*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 19-23. (157-161.)
- PAPP P. 2004: Konferencia Török Zoltán professzor (1893-1963) emlékére. – *Földtani Közlöny* 134 (1), pp. 151-152.
- PAPP P. 2004: Pávai Vajna Ferenc – *Földtani Közlöny* 134 (2), pp. 303.
- PAPP P. 2004: Szónoky Miklós kiállítása a MÁFI-ban – *Földtani Közlöny* 134 (2), pp. 303.
- PEKKER P., WEISZBURG T. G., FÖLDVÁRI M., POLGÁRI M.: Clay minerals in the Jurassic (Toarcian/Aalenian) Eplény Limestone Formation, Úrkút, Hungary – *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/ 2004. – Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series (Szeged)* 4, p. 81.
- PIROS O., PRETO, N. 2004: A Dasycladacea biozónák és az ammonitesz standard zónák korrelációjának lehetősége az olaszországi Latemar területén. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6-8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 23.
- PIROS O., PAVLIK, W., BRYDA, G., KRYSZTIN, L., MOSER, M., KREUSS, O. 2004: Anisusi-Karni Dasycladacea biosztratigráfiaja: kísérlet a platform és medence fáciesű képződmények összehasonlítására. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6-8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, pp. 22-23.
- PÜSPÖKI, Z., KOZÁK, M., SZŐÖR, GY., KOVÁCS-PÁLFFY, P., BARTHA, A. 2004: Mineralogical and geochemical characteristics of the sarmatian bentonite in the Borsod Basin (N Hungary). – *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/ 2004. –*

- Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series (Szeged)* 4, p. 89.
- RADÓCZ GY. 2004: Hozzászólás a Földtani Közlöny 133/2 (2003) számában megjelent „A Tardonai-domság szarmata üledék-sorának öskörnyezeti vizsgálata és szekvenciasztratigráfiai elemzése” c. tanulmányhoz. – *Földtani Közlöny* 134 (1), pp. 135–142.
- RADÓCZ GY. 2004: A Nyugat-borsodi alsó-badeni összlet és benne a „középső riolitufa” újabb vizsgálati eredményei. – *Földtani Közlöny* 134 (1), pp. 131–134.
- RAUCSIK B., VICZIÁN I. (eds) 2004: *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/2004, Field Guide.* – [Budapest], 43 p.
- RÁLISCH-FELGENHAUER E. 2004: A Közép-dunántúli szerkezeti egység formációi. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 175–188.
- RÁLISCH-FELGENHAUER E. 2004: A Tisza nagyszerkezeti egység triászának ösföldrajzi helyzete és kapcsolatai. – In: Wanek, F. (szerk.): *6. Bányászati-Kohászati-Földtani Konferencia, Petrosény, 20-23/05/2004.* Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, Kolozsvár, pp. 72–73.
- ROTÁR-SZALKAI, Á. 2004: The importance of monitoring ground-water level data to detect the effects of climate change. – *Workshop on Groundwater Dynamics and Global Change, Oslo, 14-16/04/2004. Abstract.*
- ROTÁR-SZALKAI, Á., EPER PÁPAI, I., MENTES, GY. 2004: Well level data analysis in Hungary near a fault region. – *15th International Symposium on Earth Tides, Ottawa, 02-06/08/2004, Abstract.*
- ROTÁR-SZALKAI, Á., HORVÁTH, I., MARSÓ, K., NAGY, P., Ó. KOVÁCS, L., SZÓCS, T., TÓTH, GY. 2004: Hydrogeological monitoring network at the Bábaapáti (Üvegputa) Site. [Vízföldtani megfigyelő-hálózat a Bábaapáti (Üvegputa)-telephelyen.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 219–220, (231–237.)
- ROTÁR-SZALKAI, Á., HORVÁTH, I., MARSÓ, K., MURÁTI, J., NAGY, P., Ó. KOVÁCS, L., SZÓCS, T., TÓTH, GY. 2004: Recharge and discharge conditions in the north-eastern Mórággy Block. (Utánpótlási és megcsapolási viszonyok a Mórággy-rög ÉK-i részén.) – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 407–417, (419–426.)
- SÁSDI L. 2004: Ausztriai bolyongás. A Totes Gebirgében. – *Mount Everest* 4, pp. 28–29.
- SÁSDI L. 2004: A Gerecse karsztjának földtani fejlődéstörténete. – *Karsztfelődés IX.*, pp. 215–228., Szombathely.
- SÁSDI L. 2004: A karrok világa. A Canin-plató. – *Mount Everest* 4, pp. 17–19.
- SCHAREK, P. 2004: Métodos de investigaciones geológico-ambientales y de riesgos geológicos, con su aplicabilidad en la Sierra Gorda – *Memoria, Primer Encuentro de Investigación sobre la Sierra Gorda*, pp. 233–240., Jalpan de Serra, Querétaro, Mexico
- SCHENK, V., BALLA Z., SCHENKOVÁ, Z., KOTTNAUER, P., DUDKO, A., MAROS, GY., PICHL, R., JECHUMTÁLOVA, Z., JECHUMTÁL, M. 2004: Earthquake hazard assessment of the Bábaapáti (Üvegputa) Site. [A Bábaapáti (Üvegputa)-telephely föld-rengéskockázatának értékelése.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 473–480, (481–485.)
- SELMECZI I., KÓKAY J. 2004: A Balatonfő-Velencei-hegység preszarmata képződményei. Kainozoikum. Preszarmata-miocén. (Pre-Sarmatian formations of the Balatonfő-Velence Hills. Cenozoic. Pre-Sarmatian Miocene.) – In: GYALOG L., HORVÁTH I. (szerk.): *A Velencei-hegység és a Balatonfő földtana.* Magyarázó a Velencei-hegység földtani térképéhez (1:25 000) és a Balatonfő-Velencei-hegység mélyföldtani térképéhez (1:100 000) = *Geology of the Velence Hills and the Balatonfő. Explanatory Book of the Geological Map of the Velence Hills (1:25 000) and the Geological Map of Pre-Sarmatian Surface of the Balatonfő-Velence Area (1:100 000).* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 86–89. (214–216.)
- SELMECZI I., SÜTŐ ZOLTÁNNÉ 2004: Felszíni alsó-pannóniai előfordulás Felcsúton. Szervesvázú mikroplankton és sporomorpha maradványok. – *Folia Musei Historico-Naturalis Bakonyiensis* 20, pp. 47–62.
- SELMECZI, I., BOHN-HAVAS, M., SZEGŐ, É. 2004: Prepannonian Miocene sequences of the SW edge of the Transdanubian Central Range. Litho- and biostratigraphy. – *Proceedings of the Fourth Romanian Symposium on Palaeontology, Cluj-Napoca, 5-7/09/2003/.* – *Acta Palaeontologica Romaniae* 4, pp., 463–466.
- SIEGL-FARKAS, Á. 2004: Organic microfacies and palynology of the Ajka Coal Formation of the Transdanubian Central Range in Hungary. – *Abstract Book. 56th Annual Meeting of the International Committee for Coal and Organic Petrology: Environmental management implications of organic facies studies, Budapest, 12-18/09/2004*, pp. 57–58.
- SÍKHEGYI F. 2004: Földtani alkalmazások. – In: ÁDÁM J., BÁNYAI L. (szerk.): *Műholdas helymeghatározás. 9.1. A GPS további alkalmazási területe.* Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 351–353.
- SÍKHEGYI F. 2004: Térképek a Kis-Balatonról. A bemutatott térképek általános áttekintése. – In: CSONGRÁDI J.-NÉ (szerk.): *Térképek a Kis-Balatonról – Maps of Little Balaton – Karten des Kleinen Balatons.* Nők a Balatonért Egyesület, Balatonfüred, pp. 6–8. (Nők a Balatonért Egyesület Kiskönyvtára; 8)
- SIKLÓSY, Z., DEMÉNY, A., GÁLNÉ SÓLYMOS, K., SZABÓ, CS., KÖRÖSI, L. 2004: Petrologic, geochemical and stable isotopic studies on the Upper Cretaceous travertine cone and red calcites (Vértes-Mts., Hungary) – Evidence for magmatic fluid influence. – *32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 20-28/08/2004, Abstracts, part 2. Poster and CD-ROM*, p. 1308–1309.
- SIKLÓSY, Z., DEMÉNY, A., SZABÓ, CS., GÁLNÉ SÓLYMOS, K., KÖRÖSI, L. 2004: Petrologic, geochemical and stable isotopic studies on the Upper Cretaceous travertine cone and red calcites (Vértes Mts, Hungary) – Evidences for magmatic fluid influence. – *7th Workshop of the European Society for Isotope Research, Seggau, 27/06-01/07/2004* – In: BOJAR, A., FRITZ, H., BOJAR, H.-P.: *ESIR (European Society for Isotope Research) VII. Isotope Workshop Volume, Berichte des Institutes für Erdwissenschaften Karl-Franzes-Universität Graz*; 8 (172), pp. 121–123.
- SOLT, P., DETRE, CS. H., BRAUN, T., DON, GY. 2004: New P / Tr interstellar spherule occurrence in the Bükk Mts. (NE Hungary) – *Act. Sci. Nat. Mus. Moraviae Occ. Trebic* 41. pp. 141.–142.
- SOMMER, S., JORDAN, G. 2004: Options for compiling an inventory of mining waste sites throughout Europe based on conclusions drawn from the – JRC Enlargement Project PECOMINES Inventory, Regulations and Environmental Impact of Toxic Mining Wastes in pre-Accession Countries, EUR 21186 EN.
- SÜMEGI, P., JUHÁSZ, I., BODOR, E., GULYÁS, S. 2004: Bronze age agricultural impacts in the Central part of the Carpathian basin – Université de Liège, Belgium BAR International Series 1271, pp. 107–111.

- SÜMEGI, P., DÁNIEL, P., KOVÁCS-PÁLFFY, P. 2004: The results of abiotic components analysis. – In: SÜMEGI, P., GULYÁS, S. (eds): *The Geohistory of Bátorliget Marshland. An Example for the Reconstruction of Late Quaternary Environmental Changes and Past Human Impact from the Northeastern Part of the Carpathian Basin*. Archaeolingua, Budapest, pp. 150–154.
- SYMEONIDIS, N. K., KAZÁR, E., ROUSSIAKIS, S. J. 2004: Shark-toothed dolphin remains (Mammalia, Cetacea, Squalodontidae) from the Early Miocene of Greece. *Ž Annalen des naturhistorischen Museums in Wien*, 105A, pp. 307–331.
- SZEBÉNYI G., GYALOG L., BOGÁTH I., WIND A. 2004: Autodeszk szoftverek egy földtani kutatás dokumentálása során. – *Cadvilág* 8 (5), pp. 42–45.
- SZEGŐ, É., SELMECZI, I. 2004: Miocene Foraminifera biozonation by BioGraph (Zala Basin, SW Hungary) – *Proceedings of the Fourth Romanian Symposium on Palaeontology, Cluj-Napoca, 5–7/09/2003/*. – *Acta Palaeontologica Romaniae* 4, pp. 467–473.
- SZILASSI P, JORDÁN GY, A. VAN ROMPEY, CSILLAG G. 2004: A területhasználat változás talajerózióra gyakorolt hatásának vizsgálata a Káli-medence példáján. – *2. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, 2–4/09/2004, Abstract kötet-CD.*, Szegedi Tudományegyetem TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, p. 212.
- SZŐCS, T., PACHECO, F. 2004: Dedolomitization induced by dissolution of CaSO₄ fertilizers in loess sediments of the Szigetvár area, SW Hungary. Abstract. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68 (11), p. A441.
- SZUROMINÉ-KORECZ, A., NAGYNÉ-BODOR, E. 2004: Új adatok a Felsőtárkány–Felnémet környéki miocén öskörnyezeti rekonstrukciójához sporomorpha és ostracoda vizsgálatok alapján. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 25.
- THAMÓ-BOZSÓ, E. 2004: Mineralogical examination of sediments from Lake Baikal. – Előadás, *CONTINENT meeting, Krakow, 16–18 January 2004*. (abstract: <http://continent.gfz-potsdam.de>).
- THAMÓ-BOZSÓ, E., FAGEL, N. 2004: Mineralogical investigation of late Quaternary sediments of Lake Baikal (Siberia). – *23rd IAS (International Association of Sedimentologists) Meeting of Sedimentology, 15–17/09/2004, Coimbra, Portugal, Abstracts Book*, p. 264.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., JUHÁSZ, GY., KOROKNAI, B. 2004: Tracing the sediment transport directions into Lake Pannon during the Late Neogene, based on mineralogical composition of sandstones in the Hungarian plain. – *23rd IAS (International Association of Sedimentologists) Meeting of Sedimentology, 15–17/09/2004, Coimbra, Portugal, Abstracts Book*, p. 265.
- TÓTH T., KUTI L., FÜGEDI U. 2003. Havonkénti vizsgálatok a Zabszék-mellett. A tóvíz, talajvíz, talaj, növényzet időbeli változásai. – *Természetvédelmi Közlemények*. 10, pp. 191–206.
- TÓTH-MAKK, Á., UNGER, Z., NÁDOR, A. 2004: 100 and 40 ky Milanković cycles in the fluvial Pleistocene sequence of the Great Hungarian Plain. – *Symposium of 125 year anniversary of Milutin Milanković*, pp. 34–36.
- TÓTHNÉ MAKK Á., UNGER Z., NÁDOR A. 2004: A csillagászati korbesorolás bevezetésének és alkalmazásának lehetőségei a Körös-medencei pleisztocén rétegsorban. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 129–142.
- TULLNER T., CSERNY T. 2004: A Balaton földtudományi adatbázisa – Geoscientific of Lake Balaton. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 47–53.
- TURCZI, G., ALBERT, G., HAVAS, G., TISZA, A. 2004: Construction and application of a geological 3D model at the Bataapáti (Üveghuta) site. [Földtani térmodell építése és alkalmazása a Bataapáti (Üveghutai)-telephelyen.] – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 285–292, (293–298.)
- TYLER, G., COSNIER, A., VELASQUEZ, S., BARTHA, A., BALLÓK, M. 2003: Concomitant Metals Analyser for Improving Productivity of an ICP-OES. – *Readout HORIBA Technical Reports No7*, pp. 38–43.
- UNGER Z. 2004: Statisztikai vetőnyomozás egy szénhidrogén kutatási területen. – *Földtani Közöny* 134 (3), pp. 423–441.
- UNGER Z. 2004: Székelyföld az úrból. – *GEO 2004. Magyar Földtudományi Szakemberek 7. Világatlákozója, Szeged, 28/08/-02/09/2004, Délvidéki tájakon. Program. Előadáskivonatok, Szeged*, p. 47.
- UNGER Z. 2004: Töredezett közettömbök nyomozása fraktálgeometriai elemekkel. – *Földtani Közöny* 134 (2), pp. 281–289.
- UNGER Z., SIKHEGYI F. 2004: The importance of remote sensing techniques in surface geologic mapping. – *Acta Geologica Hungarica* 47 (2–3), pp. 35–51.
- VAN-VLIET-LANOE, B., MAGYARI, Á., MELLIEZ, F. 2004: Neotectonic and seismic activity in Europe: The differentiation between co-seismic and periglacial deformations – *Global and Planetary Changes* 43, 103–127.
- VELLEDITS F., PELIKÁN P., HIPS K., HARANGI SZ., HAAS J., JÓZSA S., KOVÁCS S. 2004: Bükki egység. – In: HAAS J. (szerk.): *Magyarország geológiája. Triász*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 139–195.
- VETŐ I., HORVÁTH I., TÓTH GY. 2004: A magyarországi termálvizek geokémiájának vázlata. – *Magyar Kémiai Folyóirat* 109–110. (4), p. 199–203.
- VETŐ, I., FUTÓ, I., HORVÁTH, I., SZÁNTÓ, ZS. 2004: Late and deep fermentative methanogenesis as reflected in the H-C-O-S isotope of the methane-water system in deep aquifers of the Pannonian Basin (SE Hungary). – *Organic Geochemistry* 35 (6), pp. 713–723.
- VICZIÁN, I., ZELENKA, T., MOLNÁR, F. 2004: Clay deposits and the 'illite' at Korom Hill, Füzérradvány, Tokaj Mts. – In: RAUCSIK, B., VICZIÁN, I. (ed.): *Field guide. 2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 2004*, pp. 24–33.
- VIJDEA, M., SOMMER, S., JORDAN, G., MEHL, W. 2004: Use of remote sensing for mapping and evaluation of mining waste anomalies at national to multi-country scale. A case study to integrate remote sensing information with thematic data layers and national inventories on mining features in pre-accession countries. – *Joint Research Centre of the European Commission, Ispra, 2004*, EUR 21185 EN.
- VÖRÖS A., KORDOS L. 2004: Villány, Templom-hegy. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 44–51.
- VÖRÖS A., BUDAI T., KOVÁCS S., LELKES GY., PÁLFY J., PIROS O., SZABÓ I., SZENTE I. 2004: A pelsoi alemelet sztratotípusa a Balaton- felvidéken. – *7. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Beremend, 6–8/ 05/2004. Program, Előadáskivonatok, Kirándulásvezető*, p. 30.
- VRABEC, M., FODOR, L. 2004: Late Cenozoic tectonics of Slovenia: Structural styles at the northeastern corner of the Adriatic microplate. – *NATO Advanced Research Workshop. The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards, Veszprém, Hungary, 4–7/04/ 2004, Abstract volume*, pp. 129–133.

- WIJBRANS, J., NÉMETH, K., MARTIN, U., BALOGH, K. 2004: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of a Mio/Pliocene phreatomagmatic volcanic field in the Western Pannonian Basin, Hungary. – *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany, Lajosmizse, Kecskemét, Hungary, 21-26/09/2004*, p. 103.
- ZELENKA, T., KOVÁCS-PÁLFFY, P., TRAUER, N. 2004: Clay minerals in land movements at Hollóháza, Tokaj Mountains. – *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/ 2004*. – *Acta Mineralogica-Petrographica. Abstract Series (Szeged)* 4, p. 119.
- ZELENKA, T., KOVÁCS-PÁLFFY, P., TRAUER, N. 2004: The role of expanding clay minerals in land movements at Hollóháza, Tokaj Mts., Hungary. Field Stop 2. – *2nd Mid-European Clay Conference, Miskolc, 20-24/09/2004. Field Guide*, pp. 20-23.
- ZENTAY T., KUTI L., VERMES J., KALMÁR J. 2004: Futóhomok-fáciesek a Duna-Tisza köze területén. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 81-93.

Emlékezés Vigh Gusztávrá*

KÓPHÁZI FERENCNÉ¹, SIPOSS ZOLTÁN²

¹Laczkó Dezső Múzeum, 8200 Veszprém, Erzsébet sétány 1.

²Magyarhoni Földtani Társulat, 1027 Budapest, Fő u. 68.

Vigh Gusztáv geológus 1920. augusztus 20-án született Budapesten. Édesapja Vigh Gyula geológus, aki 1944–45-ben a Magyar Királyi Földtani Intézet igazgatóhelyettese, később igazgatója volt. Édesanyja Pap Julianna.

Elemi iskoláit Budapesten végezte, majd az Eötvös József Reálgimnáziumban érettségizett. 1938-tól a Pázmány Péter Tudományegyetem hallgatója, ahol summa cum laude eredménnyel doktorált 1943-ban a földtan-öslénytan és növényrendszertan tárgykból. (A disszertáció címe: A Gerecse hegység földtani és öslénytani viszonyai). Már egyetemi évei alatt bekapcsolódott a Földtani Intézet munkájába, ahol Papp Károly professzor tanítványaként és irányítása mellett térképezési munkát végzett. 1944-től geológus asszisztens. Ez év nyarán megnősült: felesége Somogyi Adrienne (e házasságából 4 gyermeke született: Gyula, Gusztáv, Adrienne, Mária). Az 1944. évi Budapestet ért bombázások miatt a Földtani Intézet a Dunántúlra (Balatonarácsra és Mosonmagyaróvárra) költözött. A II. világháború hadieseményei és a hivatalos kiürítések hatására történt intézkedések 1944 telén és 1945 tavaszán sok embert az országhatáron túlra sodort. Így Vigh Gusztáv és családja 1945. december 15-én ausztriai fogságba került. (1946 aug. 1-én szabadul). Munkaviszonya a B-listázás miatt a Földtani Intézetben megszűnt. 1947–1950 között az Igazságügyi Minisztérium alkalmazásában a III/e osztályon műszaki szakértőként dolgozik, a földreform végrehajtásával kapcsolatos feladatokat lát el, mint műszaki szakértő. Munkaterülete Veszprém és Baranya megye volt.

1950. okt. 20 és 1956. júl. 1 között a veszprémi Bakonyi Múzeum muzeológusa.

Veszprémbe bekapcsolódik a Természettudományi Társulat munkájába, ahol 120 népszerűsítő előadást tartott. 1952-ben a Balatoni Ünnepi Hét alkalmából tartott

* Vigh Gusztáv évtizedeken keresztül intézetünk munkatársa volt, elhunytakor nem jelent meg róla nekrológ, ezt a hiányosságot igyekszünk jóvátenni ezzel a megemlékezéssel.



Vigh Gusztáv
(1920–1984)

előadásért a Népművelődési Minisztérium kitüntetésben részesítette. Ebben az évben a Veszprém megyei Népújság levelezője volt. 1956. aug. 1-től 1984 augusztusában bekövetkezett haláláig ismét a már Magyar Állami Földtani Intézet tudományos munkatársa lett. Ezzel a II. világháború utáni változó, átalakuló, átszervezés alatt álló időszak után az eredeti munkahelyére került vissza.

A Vértes és Gerecse hegység jura időszaki képződményeit kutatta. E témában több cikke jelent meg (l. irodalomjegyzék). Sokat alkotott egyedül, de készségesen részt vett társkutatókkal, társszerzőkkel együtt a munkálataiban. Az intézet szaktitkárságán készített nagyléptékű

mezozoos alaphegységterképek szerkesztésében is részt vett. A Fülöp József professzor által szerkesztett tatai monográfia több fejezetét írta. 1960-tól terepi munkát végez: a Dorog-vidéki barnakőszén terület kutatásánál a peremi részek jura és kréta rétegeit vizsgálta és írta le, de a triász képződmények részletes feldolgozásában is részt vett.

1963-ban a franciaországi Alsó-kréta Kollokviumon Fülöp Józseffel és Gyovai Lászlóval Magyarországot képviselte.

1964-ben új házasságot köt Burián Márta környei tanítónővel.

1970-ben a Központi Földtani Hivatal „A földtani kutatás kiváló dolgozója” címmel tüntette ki.

1972-ben a Pest Megyei Természetvédelmi Bizottság tagja lett.

A dorogi publikációi az 1970-es években jelentek meg. Az 1970–80-as években a bakonyi (tithon) és a gerecsei (tithon–berriasi) lelőhelyek Ammonites-faunájának biosztratigráfiai értékelésével foglalkozott.

1980-ban nyugdíjba vonul, de továbbra is részt vesz a Földtani Intézet kutatásaiban.

Tagja volt a Magyarhoni Földtani Társulatnak (1938-tól).

Kiváló nyelvismeretét német és francia fordításainál kamatoztatta. Szabadidejében szívesen rajzolt és festett. Fennmaradt képeit (önarckép, első felesége arcképe, állatok és növények ábrázolása) leánya, Adrienne őrzi agárdi otthonában.

Kéziratos munkái a Földtani Intézet és a Veszprém Megyei Múzeumi Igazgatóság adattárában találhatóak, illetve beépültek a mezozoikumot kutató kollégák által készített cikkekbe és monografikus munkákba.

Jó és türelmes kolléga volt. Fiatal korát a háború és az azt követő újjáépítés, átalakulás problémái határozták meg. Ennek az átélt nehéz időszaknak köszönhetően mindig toleráns volt embertársaihoz.

1984 augusztusában halt meg, temetése augusztus 22-én volt Budapesten. Emléke kollégái szívében és munkáiban tovább él.

Irodalmi munkássága

- 1942: Óriás állatok világa. — *Földtani Értesítő* 2, pp. 1–13.
- 1943: A Gerecse hegység ÉNY részének földtani és őslénytani viszonyai. — *Földtani Értesítő* 3, pp. 301–359.
- 1943: Die Geologischen und Palaeontologischen Verhältnisse im Nordwestlichen Teil des Gerecse-Gebirges. — *Földtani Közöny* 73 (4–9) pp. 537–550.
- 1952: Új őslénytani leletek a Bakonyi Múzeumban Várpalotáról. — *Veszprémmegyei Népújság* 1952. jan. 24.
- 1953: Részletes felvétel és kövületgyűjtés a Gerecse Ny-i részében. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1943-ból*, pp. 39–42.
- 1953: Részletes térképezés és kövületgyűjtés a tardosi Széhegyen. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1944-ről*, pp. 27–28.
- 1956: Bauxit a barnakőszén telepek között. — *Veszprémmegyei Népújság* 1956. nov. 1.
- 1960: A Vértes-hegység juraidőszaki képződményei. (Fülöp Józseffel, Hámor Gézával és Hetényi Rudolfal) — *Földtani Közöny* 90 (1), pp. 18–28.
- 1961: A Gerecse hegység Ny-i felének földtani vázlata. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 49 (2) pp. 445–461.
- 1961: A gerecsei jurauledék fácieskérdései. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 49 (2) pp. 463–468.
- 1965: Teljes jura szelvény a Vértes hegységéből. (Fülöp Józseffel és Knauer Józseffel) — *Földtani Közöny* 95 (1), pp. 54–61.
- 1969: Jura c. fejezet. — In: NAGY G.: *Magyarász a Dorogi medence földtani térképéhez, 10 000-es sorozat. Készítőc.* — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, 50 p.
- 1969: *Pusztamarót. Magyarász a Dorogi medence földtani térképéhez, 10 000-es sorozat.* — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, 69 p.
- FÜLÖP J., JÁMBOR Á., SZENTES F., — 1969: General Geological Map of the Transdanubian Center. Kirándulásvezető melléklet. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa
- 1970: Oberjurasische–Berriasische Ammonidenfaunen aus dem Nordteil des Transdanubischen mittelgebirges. — *Annales Instituti Geologici Publici Hungarici* 54 (2), pp. 263–274.
- 1971: Pusztamarót. A Dorogi medence földtani térképe 10 000-es sorozat. Észlelési térkép. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa
- 1981: Új, valamint patológus Brachiopodák és Ammonitesek a tatai Kálvária-domb jura rétegeiből. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1979-ről*, pp. 333–355.
- 1984: Néhány bakonyi (tithon) és gerecsei (tithon–berriási) lelőhely Ammonites-faunájának biosztratigráfiai értékelése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 67. pp. 134–208.

Tasnádi Kubacska András, a muzeológus

András Tasnádi Kubacska, the Museologist

KECSKEMÉTI TIBOR

• ■■■■■

Osszefoglalás

A magyar muzeológia egyik legkiválóbb és legsokoldalúbb egyénisége Tasnádi Kubacska András. Muzeológusi munkássága két szakaszra osztható. Az első szakasz az 1931 és 1950 közötti éveket foglalja magába, amikor a Magyar Nemzeti Múzeum keretében működő Természet-tudományi Múzeum muzeológusa, osztályvezetője, majd főigazgatója. Itteni munkássága legkiemelkedőbb eredményei: a Föld- és Őslénytár gyűjteményeinek korszerű átrendezése, elméleti és módszertani tanulmányok írása a muzeológia körében, új szemléletű kiállítások rendezése (A Föld és élet fejlődéstörténete, A fajok eredete és az ember származása, Nagy magyar természettudósok, Afrika élővilága), a múzeum Tudománytörténeti Gyűjteményének megalapítása. Az életút második szakasza 1950 és 1973 közé esik. Ekkor a Magyar Állami Földtani Intézet Múzeumi Osztályának munkáját irányította. Számtottveően fejlesztette az Intézet gyűjteményeit. Európai jelentőségű leleteket tárt fel és juttatott a múzeumba: az ipolytarnóci őssallatok lábnyomait, valamint ősnövények lenyomatait őrző kőzetlapokat, a rudabányai előemberi leleteket, az első magyarországi dinoszaurusz lábnyomokat. A kor követelményeinek megfelelően átrendezte a gyűjteményeket, létrehozta, az országban elsőnek, az aktuálpalaeontológiai gyűjteményt. Munkássága eredményeként az Intézet fennállása 100 éves jubileumára (1969) egy európai színvonalú, részletesen és teljesen dokumentált, elsődlegesen a tudományos kutatásokat szolgáló múzeumot alakított ki. Életműve az egész magyar múzeumügy kiemelkedő teljesítményei közé tartozik!

Abstract

András Tasnádi Kubacska is one of the most prominent and polyvalent personalities in Hungarian museology. His activity in this field was bipartite. The first period comprises the years 1931–1950, when he was Curator, Head of Department, and finally Director-General of the Hungarian Museum of Natural History operating in the framework of the Hungarian National Museum. His main achievements were: up-to-date rearrangement of the collections of the Geological-Palaeontological Department, studies on the methodology of museology, arrangement of the new-type exhibitions (Evolution of the Earth and Life, The Origin of Species and the Descent in Man, Great Hungarian Naturalists, The Living World of Africa), founding of a History of Science Collection in the Museum. The second period comprises the years 1950–1973, when he directed the Museum Department of the Geological Institute of Hungary. He enriched and modernized considerably its collections, excavated and transported into the Museum several finds of European importance, such as the Ipolytarnóc prehistoric animal footprints and rock plates with imprints of fossil plants, the Rudabánya prehomínid remanants, the first dinosaur footprints discovered in Hungary. A. Tasnádi Kubacska rearranged the collections, and set up the first actuopalaeontological collection of the country. By the centenary of the Institute (1969) he has established a museum of European standard, fully and minutiously documented, oriented above all towards scientific research. His oeuvre is one of the standing achievements of Hungarian museology.

• ■■■■■

A magyar múzeumügy történetének egyik legkiválóbb, legsokoldalúbb és legszínesebb egyénisége Tasnádi Kubacska András. Mint a reneszánsz embere. Tudós, terepjáró geológus, szépíró, műfordító, művész, tervező, tipográfus, kiállításrendező, művészettörténész, muzeológus, diplomata, menedzser... Mindezt olyan invencióval, intuícióval és olyan fokon művelte, mely csak a legnagyobbak sajátja.

Gazdag tevékenységi köréből itt csak a muzeológusi tevékenység bemutatására vállalkozunk.

Ha életpályáját vizsgáljuk, azt látjuk, hogy élete, munkálkodása, szinte minden megnyilvánulása múzeumi intézményekhez, gyűjteményekhez kötődött. Alkatának, képzettségének és képességének az a közeg felelt meg legjobban, melyet a múzeumok változatos tudományos, muzeológiai és ismeretterjesztő (kiállítás, előadás, írás) lehetőségei és programjai kínáltak.

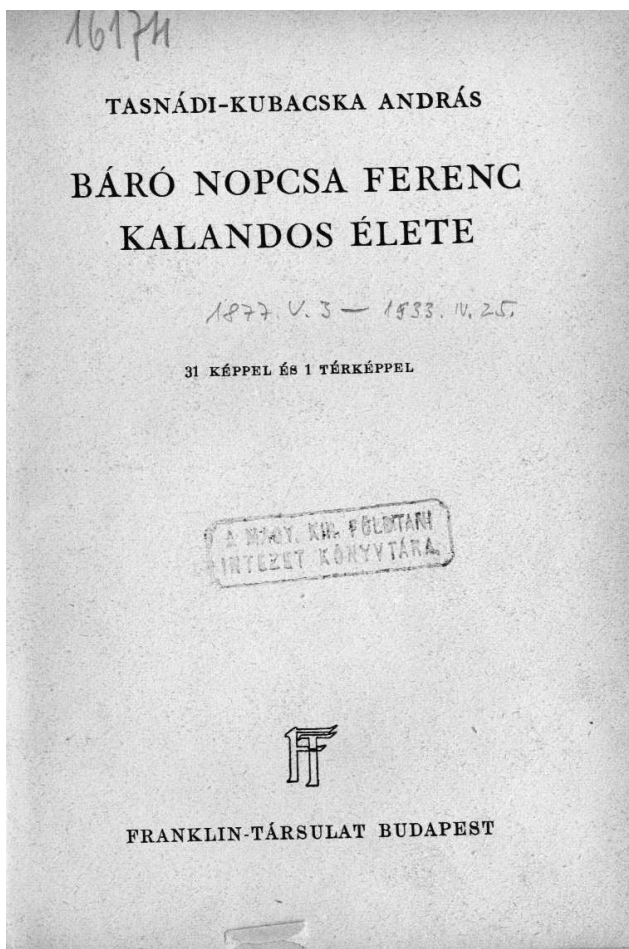
Muzeológusi tevékenységének meghatározó tényezői személyiségéből fakadtak. E tényezők között minden bi-

zonnal a legfontosabb a szakmai elkötelezettség. Ez magába foglalja a választott téma, tárgy iránti hűséget, szolgálatot, a lankadatlan szorgalmat, a mindig és mindenhol arról való gondolkodást. Mindez már kora ifjúságától megnyilvánult. Családi hatásként is, a természettudományos gyűjtemények, könyvek, tárgyak között érezte legjobban magát, ebből az ismeretkörből lett már korán tudós. Másik fontos tényező művészi és szépírói készsége. Különös hajlama volt a művészetek iránt, legyen az irodalom, képző-, szín- vagy zeneművészet. Írásai lenyűgöző stílusúak, olvasmányosak, szépírói kvalitásúak, műfordításai hűen követik szerzőik gondolatvilágát. Nagyszerű adottsága volt az ismeretek hatékony átadására. Rajongott a képzőművészetekért. Egy-egy kép vagy szobor, de még bútor előtt is hosszasan medítált. Egy újabb tényező: a rendszeret. Ez megnyilvánult a tudományos rendszerezésben, a gyűjtemények és kiállítandó tárgyak gondos elrendezésében, az ismeretek csoportosításában, de megjelenésében, öltözkézésben és a környezete mintaszerű rendezettségében is. De nem hagyhatjuk ki, mint tényezőt, a minden újra való nyitottságát sem. Nyitott volt: az őslénytan új ágainak, a paleobiológiának és a paleopatológiának meghonosítására,

az új kiállítástechnika (diorámák, dermoplasztika, folyamatok megjelenítése) bevezetésére.

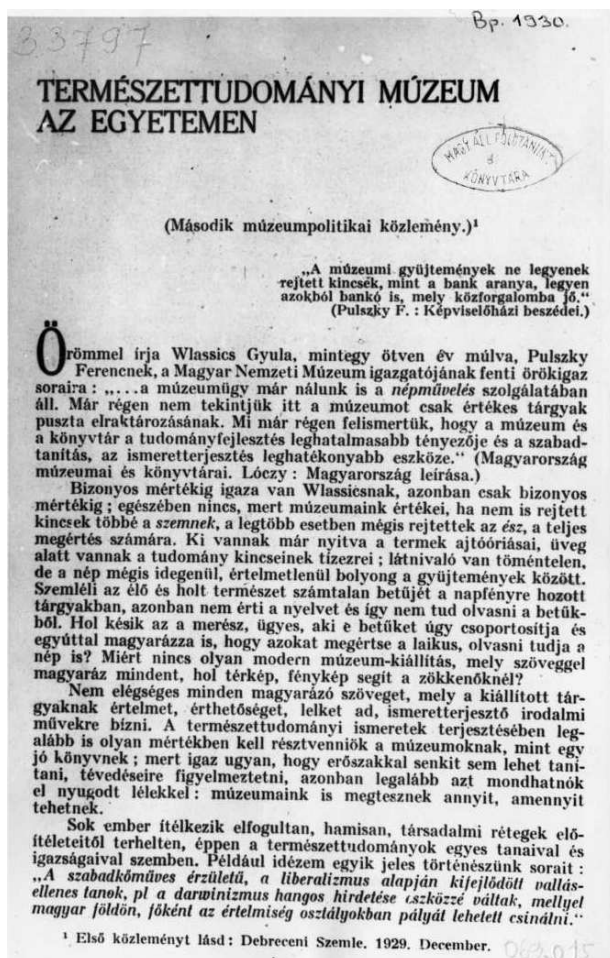
Muzeológusi munkássága két szakaszra osztható. Az első szakasz az 1931 és 1949 közötti éveket foglalja magába, amikor a Magyar Nemzeti Múzeum keretében működő Országos Természettudományi Múzeum, majd névváltozása után a Természettudományi Múzeum munkatársa, előbb az Ásvány-Őslénytárban, majd 1938-tól a Föld- és Őslénytárban. Egy ideig (1941–1944) a Magyar Nemzeti Múzeum elnökének titkára. A múzeumban végigjárja a szolgálati ranglétra fokait: muzeológus, osztályvezető, majd főigazgató. A periódus végén a Múzeumok és Műemlékek Országos Központja muzeológusa, 45 múzeum és gyűjtemény szakmai felügyelője.

E közel két évtizedes időszakban számos olyan hatás érte, melyek tanulmányait, tudományos és múzeumi tevékenységét, a szakmai közéletben játszott szerepét közvetlenül vagy közvetve befolyásolták, alakították. Közülük a legfontosabbak. A bécsi Collegium Hungaricumban töltött ösztöndíjas éve során (1929–1930) Abel Othenio paleobiológiai módszereinek és szemléletének elsajátítása. Nagy hatással volt rá báró Nopcsa Ferenc lenyűgöző



1. ábra. A Nopcsa Ferenc kalandos életéről írt oknyomozó művének (1938) címlapja

Figure 1. Front page of the book by A. TASNÁDI KUBACSKA on the adventurous life of Ferenc Nopcsa



2. ábra. Múzeumpolitikai tanulmányainak egyike (1930). Ő használta a múzeumpolitika kifejezést először a magyar szakirodalomban

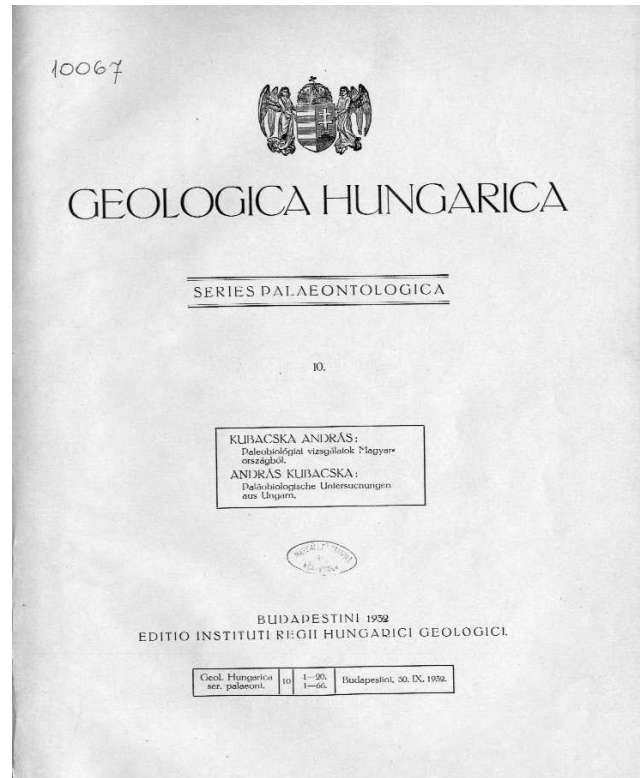
Figure 2. One of his papers on the policy of museum management. This term was introduced to the relevant Hungarian literature by him

palaeontológiai tudása, összefüggéseket láttató munkamódszere. A vele töltött órák, napok, hetek beszélgetései, a tudomány belső logikájáról folytatott elmélkedéseik baráti viszonyra emelték a mester és tanítványa kapcsolatát. (Jól tükrözi ezt a Nopcsa báróról írt remek könyve, mely egy tudományos életpálya oknyomozó története!) Korán megmutatkozó anatómiai érdeklődését olyan kiválóságok óráin és konzultációin elégíthette ki, mint a bécsi Rudolf Haberda, a pécsi Beöthy Konrád, valamint a budapesti Raitsits Emil anatómus professzorok. (E tanulmányok lettek alapjai a későbbi Palaeopathologia című út-törő kézikönyvnek.) Nem maradtak hatás nélkül a múzeumi kollégáival folytatott együttműködésai sem. Olyan külföldi iskolázottságú szakemberekkel dolgozott együtt, mint a kiváló zoológus és filogenetikus Pongrácz Sándor, a korszerű természettudományi múzeumokról elaborátumot író, evolucionista Fejérváry Géza, az élővilág és tektonika kapcsolatát hazánkban elsőként kutató Szalai Tibor, a nagyszerű gerinces paleontológus Kretzoi Miklós, a hazai muzeológia magasszintű irányítását végző Hóman Bálint elnök (mellette tanulta meg mint titkár az intézmény-irányítás nagy diplomáciai érzéket kívánó napi gyakorlatát). A gyűjteményezési munkában nagy hatással volt rá id. Noszky Jenő, akitől a gyűjtést, a gyűjtemények felállítását, fejlesztését, a muzeológiai rend kialakítását, a muzeológiai munkában elengedhetetlen igényességet tanulta meg. A tudománytörténet iránti érdeklődését felkeltő oknyomozó történelemszemléletet a történész Hóman Bálintól sajátíthatta el.

Muzeológiai törekvéseinek és tevékenységének ez időszakában nagyon sok eredménye volt. Közülük a legfontosabbak.

A korszerű követelményeknek megfelelően átrendezte a Föld- és Óslénytár gyűjteményeit. Munkatársaival együtt időrend, rendszer és lelőhely szerint állította fel és csoportosította a Tár több, mint 100 ezer darabos anyagát. Európai színvonalra emelte a gerinces gyűjtemény rendezettségét. Elkülönítette a faciológiai, valamint a természet különös játékként létrejött tárgyak, az ún. *lusus naturae* gyűjteményét. Mindkettő mindmáig egyedül álló a magyar földtani muzeológiában.

Hazánkban elsőként elméleti és módszertani tanulmányokat írt szaklapokban a muzeológiából. (S úgy tűnik ő volt az első, aki megsejtette a muzeológia önálló tudomány voltát!) A tanulmányok közül hármát cím szerint is meg kell említeni. A Debreceni Szemle 1930-as évfolyamában „Természettudományi Múzeum az egyetemen” címmel gondolatébresztő dolgozatot közölt, melyben az oktatási gyűjtemények és a múzeumok kapcsolatát elemezte. „Palaeobiologische Untersuchungen aus Ungarn” címmel a paleobiológia új módszereit mutatta be néhány, ma úgy mondanánk, esettanulmányban a *Geologica Hungarica* paleontológiai sorozatának 10. kötetében 1932-ben. A Természettudományi Múzeum új szemléletű kiállítását ismertette a Földtani Közlöny 1943. évfolyamában „Die neue paläontologische Ausstellung des Ungarischen Nationalmuseums” címmel.



3. ábra. Az első magyarországi paleobiológiai tanulmánykötet címlapja (1932)

Figure 3. Front page of the first collection of palaeobiological studies published in Hungary (1932)

Új szemléletű kiállításokat rendezett. Megalkotásukkal az a Pulszky Ferenc által már korábban hangoztatott gondolat vezette Tasnádi Kubacska Andrást (s ezt az 1935-ös kiállítás ismertetőjében idézi is!), mely szerint: „A múzeumi gyűjtemények ne legyenek rejtett kincsek, mint a bank aranya, legyen abból bankó is, mely közforgalomba jó”. A kiállítások közös vonása: az új tudományos eredmények beépítése, a fejlődéstörténeti mozzanatok kiemelése, az őskörnyezet rekonstrukciója, a folyamatok vizuális eszközökkel történő bemutatása, a tudományos eredmények művészi színvonalon, magas esztétikai igényteliséggel történő bemutatása. Utóbbi téren a legnagyobb újítása: a művészet ne csak dekoratív jelleggel, hanem funkcionálisan is szolgálja a tudományt. E célok megvalósítása érdekében kiváló festőművészeket, grafikusokat, szobrászokat vont maga köré (Andor Loránd, Szilágyi Margit, Istvánffy Hildegard, Szöke Lajos), akik magas színvonalon jelenítették meg elképzeléseiket. Kiállításai, a „Föld és az élővilág fejlődéstörténete” (1935), „A fajok eredete és az ember származása” (1941), a „Nagy magyar természettudósok” (1943, az első hazai tudománytörténeti kiállítás!), méltán arattak igen jelentős közönségsikert. Előkészítette az Állattár nagy szabású Afrika kiállítását, melyben először érvényesültek a korszerű állatökológia és állatföldrajz szempontjai. A főként Kittenberger Kálmán és Széchenyi Zsigmond által gyűjtött/vadászott gazdag nagygerinces anyag remek művészi kivitelezéssel dermoplastikai eljárással kikészítve került a közönség elé s méltán aratott nagy nemzetközi sikert. Saj-

nos a kiállítás megnyitásakor (1950) Tasnádi Kubacska András, állásából hatalmi szóval történt eltávolítása miatt, már nem volt a múzeum főigazgatója.

Megalapította a Természettudományi Múzeum Tudománytörténeti Gyűjteményét. A múzeumban az idők során dolgozó több száz kutató felhalmozódott kézírataiból, jegyzeteiből, leveleiből, fotóiból, műszereiből, eszközeiből és egyéb relikviáiból létrehozta az ország legjelentősebb ilyen gyűjteményét. Ez tovább gyarapodva ma a hazai biológia és geológia történeti dokumentumainak valóságos kincsesbányája.

Kimagasló eredményként könyvelendő el az az értékőrző, -óvó tevékenység, melyet a második világháború viszontagságai között a Magyar Nemzeti Múzeum épületében lévő természettudományi (ásvány, kőzet, ősmaradvány), régészeti és történeti kincsek megmentése érdekében, nem egyszer testi épsége kockáztatásával végzett (erről érdekes részleteket olvashatunk Fettich Nándor *Ostromnapló* c. könyvében).

Tasnádi Kubacska András kedvelte a Nemzeti Múzeumot, benne a Természettudományi Múzeumot. Kedvelte, mint munkahelyét, ahol szakmai pályája elindult s a csúcsgig jutott, ahol úttörő és nagyszerű terveit és elképzeléseit megvalósíthatta. Tanúsítja ezt az a néhány mondat, melyet a „Kalandozások az ősvilágban” című 1955-ben megjelent könyvből idézünk. „Különös, szinte megfoghatatlan rokonság az, amit a múzeum öreg épületével tartok. A kapcsolat most kezd romantikussá válni, hogy egy-két esztendeje nem tartozom a Nemzeti Múzeum házi tudósai közé. Ami érdekes volt, most kezd kibontakozni, ami számomra kedves volt, azt most kezdem felismerni... Senki életemben nem tudott úgy rábeszélni, hogy cselekedjem mindazt, ami a tudomány érdekében van, mint ez



4. ábra. Jellegzetes patások a Tasnádi Kubacska András által kezdeményezett Európa híru Afrika kiállítás (1950) egyik diorámájában. A dermoplastikai megjelenítés Öry Sándor főpreparátor kiválóságát, a szavanna háttér Andor Loránd festőművész kvalitásait dicséri

Figure 4. Characteristic Ungulata in one of the dioramas of the Africa Exhibition initiated by A. Tasnádi Kubacska that gained Europe-wide reputation. Dermoplastics were performed by Chief Preparator Sándor Öry, the savanna background was painted by Loránd Andor



5. ábra. Tasnádi Kubacska András bábfigurája. A szobrocskát Vértes László régész egy, az 1940-es évek végén rendezett farsangi esten bemutattott „Istenke fillérei” c. bábjátékra mintázta. A bábjáték szövegét is Vértes László írta

Figure 5. A puppet representing A. Tasnádi Kubacska, created by archaeologist László Vértes in the late 1940-ies for a carnival puppet show entitled „Goodness pennies”. The text was also written by L. Vértes



6. ábra Tasnádi Kubacska András bronz mellszobra a Magyar Természettudományi Múzeum főigazgatói irodájának előterében. Szöke Lajos szobrászművész alkotása

Figure 6. Bronze portrait of A. Tasnádi Kubacska in the foreground of the Director-General's office in the Hungarian Museum of Natural Museum (by Lajos Szöke)

a vaskos, megbízható, öreg cimborá, a Nemzeti Múzeum” (68. old.).

A Természettudományi Múzeum nem feledkezett meg a főigazgatói sorában az egyik legkiemelkedőbbéről. Kilenvededik születésnapjáról kiállítással emlékezett meg. A múzeum Baross utcai székházában felállított bronz mellszobra, egykori kedves munkatársa, Szöke Lajos szobrászművész alkotása, pedig állandóan emlékezteti a múzeum mai munkatársait nagyszerű teljesítményére.

Az életút második szakasza 1950 és 1973 közé esik. A nehézipari miniszter 1950-ben a Magyar Állami Földtani Intézet múzeuma vezetőjének nevezte ki. Itt dolgozott, az átszervezések során többször is új nevet kapott (Őslénytani-Múzeumi Osztály, Múzeumi Osztály, Gyűjteményi Osztály) szervezeti egységben 1973. évi nyugdíjba vonulásáig, lényegében 1977-ben bekövetkezett haláláig. Ugyanis nem tudván elszakadni kedvenc gyűjteményétől, egyre gyengülő látással is be-bejárta egykori munkahelyére.

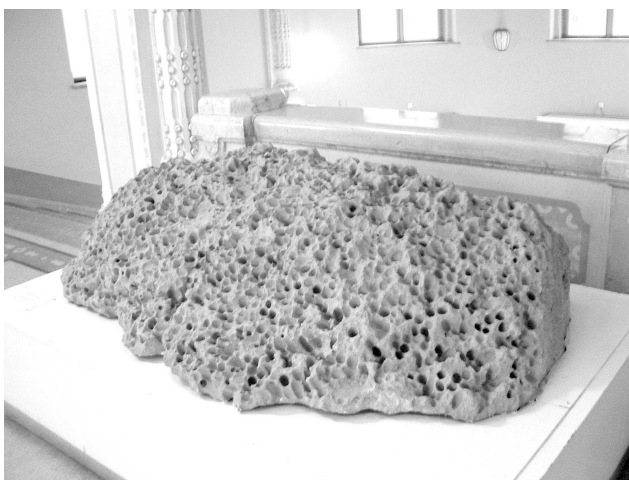
Az Intézet múzeumába kerülve újra kedves tárgyai közé került. Újult erővel látott munkához! Két évtizedes muzeológusi tapasztalatát az ország leggazdagabb földtani gyűjteményében hasznosíthatta. Terveit, elképzeléseit a Természettudományi Múzeuméhoz képest jobb anyagi körülmények között válthatta valóra. Bár közismert volt, neki a legmagasabb dotáció sem elég. (E sorok írója tanúja volt annak a jelenetnek, amikor egy költségvetési tárgyalás után így dohogott: „kilóttak a világűrbe kirakatot rendezni pénz nélkül!” A világűr az Intézet második emelete volt, a kirakat a kiállítás, a pénz összege pedig kb. háromszorosa volt annak, amit előző munkahelyén ugyanilyen feladatra kapott!)

Az 1950-es években a földtani kutatásokat erőteljesen igénylő nagy volumenű bányászati tevékenység nagyon sok muzeális értéket hozott napvilágra. Az Intézet múzeumába soha nem látott mennyiségben került be ásvány, kőzet és ősmaradvány. A múzeum raktári kapacitása kezdett szűk lenni. Ezen kétféle módon segített. Egyrészt, a hatalmas gyűjtemény kommasszálása után a duplumanyagot átengedte más intézményeknek, iskoláknak. Másrészt, a raktári kapacitást minél jobban kihasználó, új tároló szekrényeket tervezett és szereztetett be. Ezek sínen gördülő, változtatható magasságú fiókjával a szekrények légköbméretét a legteljesebb mértékben ki tudták használni, ezzel jelentős tárolókapacitás-bővülést eredményezve.

Tasnádi Kubacska András az Intézet múzeumában is kiemelkedő eredményeket mutatott fel. Igen sokat tett a múzeum gyűjteményeinek fejlesztéséért. Nagy szakértelemmel, tudatossággal, ambícióval, meggyerő gesztusaival páratlan értékekkel gyarapította részben gyűjtés, részben ajándékozások révén a kollektiókat. Nincs helyünk az általa megszerzett sok száz muzeális tárgy felsorolására. Itt csak a Vencei-hegységben gyűjtött óriási fluoritot, páratlan kvarckristályokat, a jellegzetes „kokárdaérc” gyönyörű példányát, az Erdőbényéről beszerzett andezit-geodák kvarckristályait, kalcitjait, szferoszideritjeit, a Gyöngyösorosziból származó ajándékba kapott egyedül álló wurzitot, fluoritot, ametisztet, antimonitot, rózsaszínű kalcit-drúzát, inezitet, baritot, greenockitot, kalkopiritet, galenitet emeljük ki. Nem egy ásványból változatos sorozatokhoz juttatta a múzeumot.

Neve szinte összeforrt a híres ipolytarnóci őszlatti lábnyomok, ősnövényleletek feltárásával, múzeumba szállításával, a lelőhely bemutatóhelyévé történő kiépítésével.

Az ő közvetítésével jutottak múzeumba, a később világhírűvé vált rudabányai előemberi leletek. Innen egyébként kapitális méretű természeket, valamint gyönyörű azuritokat, malachitokat, kupritokat, markazitokat is gyűjtött. Nevéhez fűződik a Pécs melletti vasasi kőszénbánya külfejtésében talált első magyarországi dinoszaurusz



7. ábra. A nagyvisnyói „likacsoskő” a Magyar Állami Földtani Intézet dísztermének előterében

Figure 7. The “Stone full of holes” next to the entrance to the Ceremonial Hall of the Geological Institute of Hungary

lábnyom feltárása. Kalandos körülmények között emelte ki és szállította a múzeumba az Intézet egyik legreprezentatívabb paleoökológiai leletét, a nagyvisnyói „likacsoskővet”. Az Intézet dísztermének előterében látható ez az egykori miocén tengerpartot alkotó hatalmas méretű karbon mészkő, melyben 2732, fűrókagylók által készített lyuk található.

Átszervezte a gyűjteményeket. Előbb 4, majd az anyag nagy arányú gyarapodása és differenciálódása miatt 7 gyűjteményt különített el. Utóbbiak a következő tagolást mutatták: ásvány-teleptani, kőzettani, rétegtani (ezt 15 részgyűjteményre bontotta), aktuálpaleontológiai, ősnövény-tani, tüskésbőrű és ősgerinces gyűjtemény. Itt is kialakított egy olyan gyűjteményt, mely az országban egyedül álló: az aktuálpaleontológiai. Nagyszabású tervei, beosztottjait is magával ragadó lendülete (a munkálatokban nagyon sok esetben, munkatársainak példát mutatandó, maga is részt vett!) nyomán 1969-re a 130 ezer darabos múzeumi anyag 370 szekrény 14 000 fiókjában volt mintaszerűen elhelyezve. Minden leltári tétel alátét-cédulával, azon részletes adatalással (a teleptani anyag esetében még kémiai elemzés adataival is!) volt ellátva.

Kiemelkedő kezdeményezése volt, hogy számba vetette, elkülönítette és nyomtatásban kiadatta a magyarországi gyűjteményekben fellelhető paleozoológiai típusanyag jegyzékét. A munkát Boda Jenő kiváló munkatársára bízta, aki azt elvégezve, *Catalogus originalium fossilium Hungariae, Pars Zoologica* címen jelentette meg 1964-ben a Magyar Állami Földtani Intézet gondozásában.

Itt is létrehozott egy Tudománytörténeti Gyűjteményt és nevéhez fűződik az Intézet díszterme kialakításának terve is.

A múzeum számára 1966-ban új Működési Szabályzatot készített. Ennek szemléletét, a tömeganyag és fűrésos kutatási anyag múzeumi fontosságának hangsúlyozását (erre addig senki sem figyelt fel muzeológus körökben!) jól jellemzi a következő néhány mondat. „A múzeumi munka lényege ma, hogy a terepen veszi kezdetét. Tömeges anyaggyűjtés folyik, hogy igen fontos statisztikai értékelésekkel lehetővé tegyék faunák elkülönítését, korok, szintek szétválasztását, földtani események részleteinek tisztázását. Egy-két esztendő leforgása alatt százezres példányszámú anyag kerül kimutatásokba, százezernyi ősmaradvány megy át a szakemberek munkaasztalán és mikroszkópja alatt: pollenvizsgálat, foraminifera vizsgálat, pliocén–pleisztocén gerinces mikrofaunák, fűrésanyagok. Értéktelen ez a tömegvizsgálati anyag múzeumi szempontból? Nem. Hiszen milliókba kerülő drága fűrésok, drága pénzen fizetett szakemberek kellene hozzá. Számos anyag kerül ennek a munkának eredményeképpen a múzeumi gyűjteményekbe” (TASNÁDI KUBACSKA 1969).

A Szabályzat két fontos pontja, mely a továbbiakban meghatározta az intézeti múzeum gyűjtőkörét: a Magyar Állami Földtani Intézet csak magyarországi anyagot birtokol, valamint nyilvános kiállítást nem tart fenn. (Az utóbbi, az évek során megmutatkozó nagy közönségigény megnyilvánulása miatt megváltozott!). Az utóbbi pont

alapján az Intézet múzeumából a látványos példányok a kiállításokat rendező múzeumokba kerültek. A legtöbb nagyemlős (közte az Igric-barlang medveleletei), a külföldi nagy hüllőleletek (Holzmaden, Solnhofen), a Coquand kollekció jura anyaga, Rozlozsnik Pál európai hírű Nummulites preparátumai (utóbbival Tasnádi Kubacska András jelen sorok íróját, aki mindig érezte atyai támogatását, nélkülözhetetlen összehasonlító anyaghoz juttatta) a Természettudományi Múzeum Föld- és Őslénytárába kerültek. Az ipari kőzettani gyűjteményt a Budapesti Műegyetem Földtani Tanszékének, néhány ősemberi leletet pedig a Magyar Nemzeti Múzeum Régészeti Osztályának adott át.

Nagy érdeme Tasnádi Kubacska Andrásnak, hogy az Intézet vezetésétől a múzeumi munkához szükséges személyi

feltételeket mindig ki tudta eszközölni, sokszor, nevének nevezve, kiharcolni. Ugyanis, az előbbieken említett jelentős eredményeket csak megfelelő személyi adottságok mellett lehetett elérni. Volt olyan év (1969), amikor a Múzeumi Osztályon 13 kutató, 3 technikus és 6 segéderő, összesen 22 fő dolgozott!

Eredményei abban csúcsonodtak ki, hogy 1969-re, a Magyar Állami Földtani Intézet fennállása 100 éves jubileumára egy európai színvonalú, részletesen és teljesen dokumentált, elsődlegesen a tudományos kutatásokat szolgáló, a különleges kiállítási példányokat a díszterembe bemutató múzeumot alakított ki.

Mindezen tevékenysége, bárhol is fejtette ki azt, az egész magyar múzeumügy kiemelkedő teljesítményei közé tartozik!

Irodalom — References

- BODA J. 1964: *Catalogus originalium fossilium Hungariae. Pars Zoologica.* — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 229 p.
- FETTICH N. 2000: *Ostromnapló. 1945. január 16 - február 19.* — Magyar Nemzeti Múzeum, 118 p.
- KUBACSKA A. 1930: Természettudományi Múzeum az egyetemen. — *Debreceni Szemle* 8, pp. 1-9.
- TASNÁDI KUBACSKA, A. 1932: Paläobiologische Untersuchungen aus Ungarn. — *Geol. Hung. Ser. Pal.* 10, pp. 1-20.
- TASNÁDI KUBACSKA A. 1938: *Báró Nopcsa Ferenc kalandos élete.* — Franklin Társulat, Budapest, 143 p.
- TASNÁDI KUBACSKA, A. 1943: Die neue paläontologische Ausstellung des Ungarischen Nationalmuseums. — *Földt. Közl.*, LXXIII, pp. 274-281.
- TASNÁDI KUBACSKA A. 1955: *Kalandozások az ősvilágban.* — Művelt Nép Kiadó, Budapest, 250 p.
- TASNÁDI KUBACSKA A. 1969: A Magyar állami Földtani Intézet Múzeuma. — In: FÜLÖP J. - TASNÁDI KUBACSKA A. *100 éves a Magyar Állami Földtani Intézet.* — Műszaki Kiadó, Budapest, pp. 251-265.

Geochronology of Mórággy Granite: Results of U–Pb, Rb–Sr, K–Ar, and ^{40}Ar – ^{39}Ar isotope study

KONSTANTINE SHATAGIN¹, IGOR CHERNYSHEV¹ and ZOLTÁN BALLA²
with a postscript by KÁROLY BREZSNYÁNSZKY²

¹Laboratory for isotope geochemistry and geochronology, IGEM RAS, 35, Staromonetny per., Moscow, 119017, Russia

²Geological Institute of Hungary, MÁFI, Stefánia út 14., Budapest, H–1143, Hungary

Keywords: absolute age, deformation, granites, Hungary, magmatism, metamorphism, South-eastern Transdanubia, Üveghuta, zircon

Abstract

The complex history of formation and later metamorphism of the Mórággy Granite has been studied by U–Pb, Rb–Sr, K–Ar, and ^{40}Ar – ^{39}Ar methods. The time of crystallisation 405 ± 4 Ma was determined by U–Pb dating of one perfectly concordant zircon fraction. The results on other separated zircon fractions imply later radiogenic Pb loss (caused by later metamorphism and exhumation of the granite) and the presence of some inherited components. As it follows from ^{40}Ar – ^{39}Ar data, K–Ar system in hornblendes was disturbed with the exception of one sample that gave plateau age 392.3 ± 1.4 Ma. The difference between the U–Pb zircon and the ^{40}Ar – ^{39}Ar plateau ages is interpreted as a result of slow cooling of the Mórággy Granite. K–Ar and Rb–Sr dating of biotites gave precise ages in a very narrow range of 318–320 Ma. Quite similar age 321 ± 22 Ma was obtained by Rb–Sr isochron dating of small whole-rock samples of mylonites. These results are interpreted as pointing to the time of deformation and associated metamorphism of the Mórággy Granite.

A review of the radiometric age determinations on the Mórággy Granite

The geochronological study of the Mórággy Granite (Figure 1) has been carried out for the last four decades. The results obtained are mostly K–Ar, Rb–Sr and Pb–Pb data on the rock-forming minerals (biotite, amphibole, potassium feldspar) and whole-rock samples. There are several U–Pb and Pb–Pb age determinations on zircons, some fission-track (FT) data are also available.

OVCHINNIKOV et al. (1965) presented first radiometric data for the Mórággy Granite, they studied by K–Ar method biotite (1 sample), potassium feldspar megacrysts (1 sample) and whole-rock (1 sample) samples from the quarries at the village of Kismórággy. The results were scattered between 325 Ma (biotite) and 280 Ma (potassium feldspar megacrysts and whole-rock samples). The formation age of the granite was determined as around 325 Ma.

KOVÁCH et al. (1968) determined Rb–Sr ages for various granites and for an aplite dyke in a wide area of Western, Central and Eastern Mecsek Mountains (Nyugotszent-erzsébet, Dinnyeberki, Pécs, Fazekasboda, Erdősmecke,

Kismórággy): 278 and 284 Ma isochron ages from biotite and 442 and 1150 Ma isochron ages from whole-rock samples. The biotite ages were interpreted in terms of a late magmatic-tectonic event which was provoked by the intrusion of the aplite dykes. The older of the whole-rock ages was explained by the origin of the magma from Pre-Cambrian rocks whereas the younger was regarded to be a mixed age.

ÁRVA-SÓS and BALOGH (1979) determined K–Ar ages in the range of 329–349 Ma for biotite separated from the granites from the Mórággy and Erdősmecke quarries. Biotite from an aplite dyke showed an age of 311 Ma. These Middle Carboniferous ages were related to the uplift (cooling) of the area.

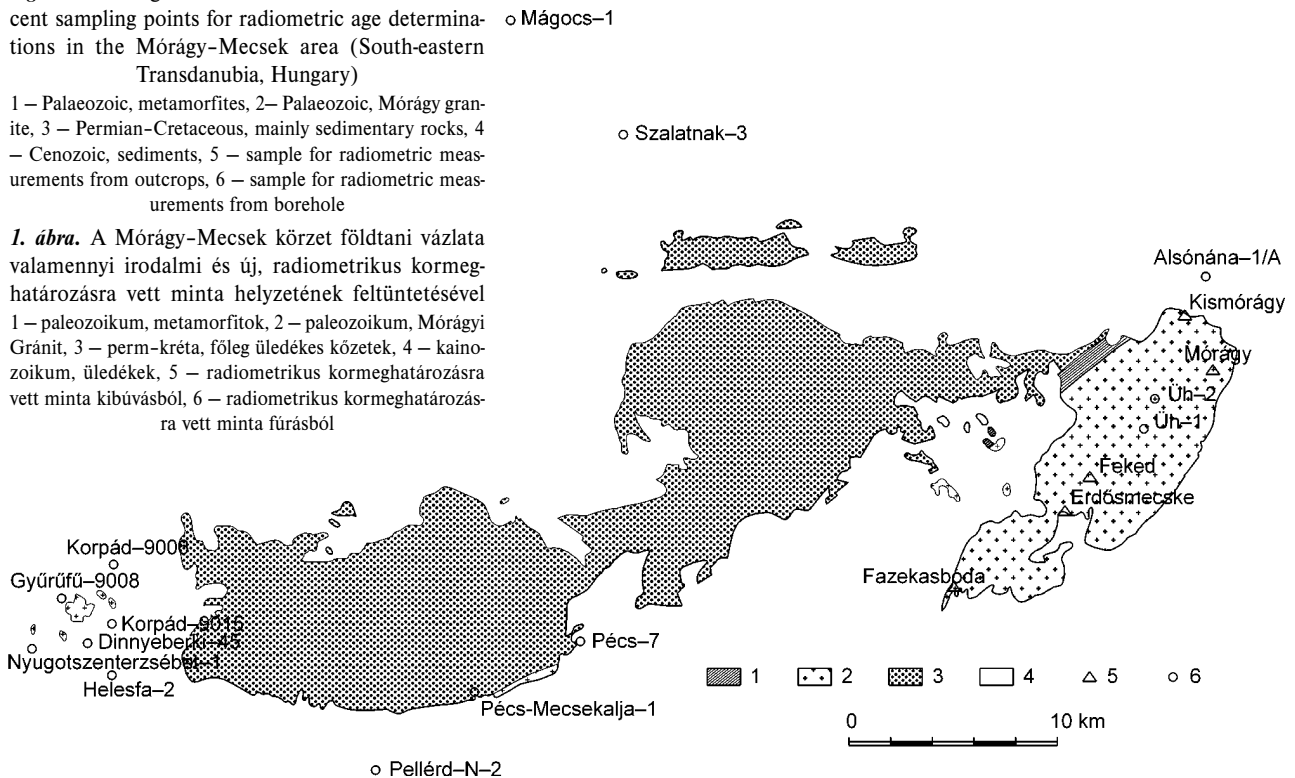
SVINGOR and KOVÁCH (1981) published a large set of Rb–Sr data both on surface exposure and borehole samples collected from a wide area. The dominant part of these ages fell into the interval of 290–370 Ma. The results can be subdivided into three groups:

(1) Whole-rock ages of the granitoid rocks (granodiorite–syenite) are scattered within a wide interval of 279–479 Ma. Limiting isochrons that frame the data point cluster gave 403 and 273 Ma. The younger of them was related to

Figure 1. Geological sketch with all historical and recent sampling points for radiometric age determinations in the Mórág-Mecsek area (South-eastern Transdanubia, Hungary)

1 – Palaeozoic, metamorfites, 2 – Palaeozoic, Mórág granite, 3 – Permian-Cretaceous, mainly sedimentary rocks, 4 – Cenozoic, sediments, 5 – sample for radiometric measurements from outcrops, 6 – sample for radiometric measurements from borehole

1. ábra. A Mórág-Mecsek körzet földtani vázlata valamennyi irodalmi és új, radiometrikus kormeghatározásra vett minta helyzetének feltüntetésével 1 – paleozoikum, metamorfitok, 2 – paleozoikum, Mórági Gránit, 3 – perm-kréta, főleg üledékes kőzetek, 4 – kainozoikum, üledékek, 5 – radiometrikus kormeghatározásra vett minta kibúvásból, 6 – radiometrikus kormeghatározásra vett minta fúrásból



the last (retrograde) metamorphic event, whereas the older, to the beginning of the magmatism. Three of the nine ages for the Erdősmecske–Mórág granite (479 ± 117 , 388 ± 164 and 365 ± 153 Ma) displayed too big analytical error, the age of the rest 6 samples varied between 295–361 Ma. In the data distribution there was a gap between 332 and 356 Ma. This may point to the existence of two age populations (see below).

(2) Whole-rock ages of the leucocratic dykes (Erdősmecske Quarry, Boreholes Nyugotszenterzsébet-2, Pellérd-N-2, Pellérd-N-4, Helesfa-2) fell into the interval of 252–354 Ma. The limiting isochrons resulted in 349 and 266 Ma. The age of 3 aplites from Erdősmecske was also 309–354 Ma such as that of the country granites (2 of them is below and 1 above the age gap around 340–350 Ma).

(3) Biotite from the Erdősmecske Quarry (3 samples) displayed ages between 325–365 Ma in agreement with K–Ar biotite ages by ÁRVA-SÓS and BALOGH (1979). These data approximately correspond to the Rb–Ar ages of the whole-rock samples of the Erdősmecske–Mórág granites (2 above and 1 below the age gap around 340–350 Ma).

SVINGOR and KOVÁCH (1981) concluded from the interpretation of the above data that the Mórág Granite formed by granitisation in the following three steps: (1) the oldest igneous event occurred about 430–400 Ma ago; (2) the main phase of the granitisation accompanied by intense metasomatism and leucocratic dyke formation took place around 335 Ma; (3) tectonic activity which took place 285–237 Ma ago resulted in local re-crystallisation and aplite generation in some blocks.

BALOGH et al. (1983) reported K–Ar ages between 318 and 352 Ma (mean: 334 ± 11 Ma) on biotite separated from the granite samples from the Mórág and Erdősmecske quarries. These are in agreement with the earlier (ÁRVA-SÓS, BALOGH 1979) biotite K–Ar ages. These ages were related to the uplift after the granitisation.

BALOGH et al. (1983) published also the first U–Pb radiometric ages (365 ± 8 Ma) using zircon and titanite (Mórág Quarry) which was interpreted as the age of the magmatic crystallisation.

BUDA (1985) described Rb–Sr ages (determined in Pisa, Italy) of 306 ± 5 and 310 ± 5 Ma of biotite of the granite from the Mórág and Kismórág quarries. These are somewhat younger than biotite ages, mentioned above, which was explained by later processes. For microcline (Erdősmecske), a K–Ar age of 288–298 Ma was determined which was related to the low closure temperature of this mineral.

DUNKL (1990) performed fission-track (FT) analysis on zircon, titanite and apatite which gave information about the late thermal history of the granite body. The FT data for zircon and titanite are “old” (250–215 Ma), indicating the lack of Alpine metamorphism related to the Cretaceous orogeny. Apatite having much lower closure temperature displays younger ages (84–48 Ma), implying a weak thermal influence during the Alpine orogeny and/or Cretaceous alkaline basalt magmatism.

BUDA (1998) reported new age data in connection with the exploration at Üveghuta with no interpretation. Biotite separated from monzonitic rocks of Borehole Úh-1 dis-

played K–Ar ages of 330.5 and 318.8 ± 12 Ma which are consistent with the earlier data.

KLÖTZLI et al. (1999) and BUDA et al. (1999) published U–Pb ages measured on individual zircon crystals from the granite samples from the Mórógy and Erdősmecke quarries. They supposed a two-stage magmatic evolution (elongated, prismatic zircons: 377 ± 5 Ma, tabular zircons: 363 ± 13 Ma). Much older ages (619 ± 18 Ma) were related to the zircon crystals inherited from the Cadomian crustal fragments.

BUDA (1999) and BUDA et al. (1999) regarded the Pb–Pb model ages (375–350 and 350–300 Ma) to be proofs of the two-stage model of the magmatic evolution mentioned above.

CHERNYSHEV et al. (2002) first conducted a complex — K–Ar mineral and Rb–Sr mineral and whole-rock — study with a conclusion that the 317–319 Ma ages reflect a subsequent — most probably metamorphic — event. The data are included into the database of following chapters of this contribution, that is why they are not discussed here in more details.

KLÖTZLI et al. (2004) published new Pb–Pb and U–Pb–Th (SHRIMP) ages determined on individual zircon crystals (elongated, prismatic zircons: 354 ± 5 Ma, tabular zircons: 339 ± 10 Ma). Zircons originated from the granite samples of the Mórógy and Erdősmecke quarries. The older age was interpreted in terms of an early phase of the magmatic crystallisation whereas the younger age may represent emplacement (intrusion) of the granitoid magma. The very old ages (~500, ~620, 1150–1200 Ma) of some zircon grains can be related to the presence of an inherited component originated from earlier crustal fragments.

It can be concluded, that the following age intervals can be distinguished:

- 252 Ma and older for leucocratic dykes; no interpretation available (Rb–Sr method in Hungary is not free of problems).

- 273–298 Ma for granites; the only interpretation was given by KOVÁCH, SVINGOR (1981) in terms of latest (retrograde) metamorphism (but, again, Rb–Sr method in Hungary is not free of problems).

- 300–377 Ma for granites with various “centres” of the data; interpretations are of two kinds:

- magmatic event, from the “formation” (melting?) of granite, through beginning of the crystallisation and magmatic crystallisation up to the cooling; in the frame of this concept two igneous phases are delineated with a boundary between them around 350 Ma;

- metamorphic event.

- >500 (up to 1200) Ma: inherited from old crustal fragments.

The idea of the metamorphic origin of the ages between 316–326 Ma is the most consistent with the recent detailed geological and tectonic observations (BALLA et al. 2004; Maros et al. 2004). That is why in the Laboratory for isotope geochemistry and geochronology of IREM RAS (Institute of Ore Deposits, Petrography,

Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences) which put forward this conclusion (CHERNYSHOV et al. 2002) new radiometric analyses were performed. The results of these analyses are presented and discussed below.

Analytical approach

General approach to dating multiple events

The dating multiple events acted upon a rock is usually targeted on two goals. One is the determination of primary age of the rock; for this purpose it is useful to apply some isotope method that is proved to be reliable in distinguishing between the open and closed behaviour of an isotope system in use. The other goal is the studying of secondary ages; this approach is based on differences in the stability of different isotope systems at some conditions, and commonly utilizes several isotope methods at a time.

It was decided to study several minerals for the purpose of the detailed timing Mórógy Granite. Zircon with its U–Pb isotope system was selected as the mineral most capable of giving the time of magmatic crystallisation (RODDICK and BEVIER 1995; MCCLELLAND and MATTINSON 1996; CONNELLY 2000; SCHMITZ and BOWRING 2001). Hornblende was chosen as the mineral with K–Ar isotope system, which could be checked for integrity when studied by ^{40}Ar – ^{39}Ar step-heating method (MCDUGALL and HARRISON 1988). Biotite was selected as the mineral, whose K–Ar and Rb–Sr isotope systems might be reset by a superimposed process rather easily (VILLA 1998; GILETTI 1991) giving the time of the later event. Also, whole-rock samples of granites were studied following the classical approach of Rb–Sr isochron dating of granitic magmatism (FAURE 1986).

Isotope methods

K–Ar and ^{40}Ar – ^{39}Ar methods

Potassium content was determined by flame photometry after acid digestion of mineral fractions. Argon extraction and its isotope composition measurement were performed on a modified MI–1201–IG mass-spectrometer connected on line with low-blank argon extraction system. Radiogenic ^{40}Ar content was determined by isotope dilution technique with ^{38}Ar monoisotope as a spike.

^{40}Ar – ^{39}Ar study was performed at the Trofimuk United Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy, Russian Academy of Sciences (RAS) Siberian Branch, Novosibirsk, Russia. The hornblende samples along with monitors were irradiated by fast neutrons. Argon extraction was carried out by step-heating method up to the 1200 °C temperature. Isotope composition of the extracted argon was measured on the Micromass VG–5400 mass spectrometer in a static mode (BRAGIN et al. 1999).

Rb–Sr method

All the samples were spiked by ^{84}Sr – ^{85}Rb -enriched tracer prior to digestion. Whole-rock sample powders were digested in Milestone® Ethos Plus microwave oven in a mixture of concentrated HF (3 ml) and HNO_3 (3 ml). Teflon TFM 100 ml vessels and Milestone® 1000/10 rotor were used for this purpose. Prior to microwave digestion the samples were boiled in HNO_3 to dissolve sulfides. Microwave digestion was carried out at 220 °C for 20 minutes, no residue was visible after the operation.

Mineral fractions (with the exception of apatite) were digested in HF– HNO_3 mixture at atmospheric pressure in Teflon vessels on a hot plate at 110 °C overnight. Apatite was digested in concentrated HNO_3 in Teflon vessels under the same conditions. After evaporation of the solutions, samples were dissolved in concentrated HCl and evaporated again. Next they were dissolved in 2.45N HCl eluent and loaded to chromatographic columns for Rb and Sr separation. The columns were filled with 3.5 ml of Dowex 50×8 cation-exchange resin.

Measurements of Rb and Sr isotope compositions were carried out on a Micromass® Sector 54 seven-collector mass spectrometer. Rubidium was loaded to an outer Ta-filament of a triple-filament assembly and measured by static multi-collector method. Strontium, along with 1 µl of 10% H_3PO_4 solution, was loaded to a Ta-filament of a single-filament assembly and measured by a static multicollector method. Strontium data are fractionation corrected to $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$. During two periods of the study (May, 2002 and February–March, 2004) SRM–987 standard $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ value was 0.71016 and 0.71028, respectively. The presented data are normalised to the accepted SRM–987 value of 0.71025.

$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ ratio as well as Rb and Sr contents were determined by isotope dilution method. Uncertainty of the $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ ratio was calculated from analytical errors of the measured $^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb}$ and $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios and mostly depends on the first value (KOSTITSIN and ZHURAVLEV 1987).

U–Pb method

Chemical dissolution of zircon was carried out in concentrated HF. The mixture of the mineral and the acid was kept in PTFE bombs at 205–210 °C for several days. The resulting solution was split into two aliquots; one was spiked by ^{208}Pb – ^{235}U isotope tracer for determination of uranium and lead concentrations, the other one was treated unspiked for determination of lead isotope composition. After evaporation of the solutions and conversion to an appropriate chemical form, U and Pb were extracted on microcolumns filled with BioRad AG1×8, 200–400 mesh anion exchange resin. Blank level for Pb was less than 80 pg, for U, less than 20 pg.

Measurement of isotope ratios was carried out on thermal ionisation multicollector mass spectrometer Finnigan MAT–262 in Geological Institute, RAS Cola Science Centre, Apatity, Russia. Quality of the measurement was controlled by repetitive analyses of SRM–982 standard of lead isotope composition and U500 standard of uranium isotope composition, both standards are from the National

Institute of Standards and Technology (NIST), USA. Mass discrimination during Pb and U measurements was $0.12\pm 0.04\%$ and $0.23\pm 0.04\%$ per atomic mass unit, respectively.

Analyses of common lead isotope composition were carried out for correcting zircon U–Pb data for the common lead. The isotope composition was measured with an accuracy of $\pm 0.03\%$ for all the isotope ratios (^{206}Pb – ^{204}Pb , ^{207}Pb – ^{204}Pb , and ^{208}Pb – ^{204}Pb) on a MC–ICP mass spectrometer Neptune (ThermoFinnigan, Germany). Very high precision of Pb-isotope data was achieved due to the mass discrimination correction to ^{205}Tl – $^{203}\text{Tl}=2.3889$. Chemical separation of Pb was done after chemical digestion of feldspars in a mixture of concentrated HF and HNO_3 . Quality of common lead isotope composition data was controlled by regular measurement of SRM–981 standard of lead isotope composition (NIST, USA).

Age calculations and diagram plotting were performed in an Isoplot/EX program by LUDWIG (1991), the calculations basically follow an algorithm invented by YORK (1969). All analytical errors are expressed as 2σ of the mean value except those associated with K–Ar data.

Samples

For the purpose of dating Mórágý Granite, 23 samples of granitoids were collected from drill cores. Ten samples represent granodiorites, five samples – monzodiorites, and the rest of the collection are mylonites and one aplite. Monzodiorites differ from granodiorites not only in lower quartz and higher amphibole contents but also in optical properties (pleochroism and absorption) of the rock-forming biotite. Most rocks are gneissic, re-crystallised, partially mylonitised and bear evidence of low-temperature alteration. Only few samples have retained magmatic texture and massive structure. Other rocks have gneissic, lenslike-banded structure and composite texture combining magmatic and metamorphic (blastic and cataclastic) fabrics. In all those samples, crystals of magmatic minerals are deformed, partially or completely granulated, cataclased, and re-crystallised. Potassium feldspar and plagioclase occur individually while quartz aggregates and biotite flakes form nearly monomineral subparallel lenses and bands. The gneissic and lenslike-banded textures are emphasised by the presence of fine-grained zones and bands of the same orientation which were formed during mylonitisation and subsequent blastesis, metasomatism, and hydrothermal alteration. The newly formed metamorphic minerals (epidote, secondary biotite, occasionally sericite) compose a significant part of these zones.

Three different sizes of samples were used in the study. Most of the samples were medium-weight, some 0.5–1.5 kg; several samples has been taken as relatively large, 5–10 kg pieces of core. Mylonites and aplites were sampled as very small chips of rock, less than 25–50 g cut out from cores.

Each sample was crushed in a steel mortar to <1 mm particle size. On the next step, large- and medium-weight samples were split, and 1/8 to 1/32 fractions as well as the whole small samples were then grinded to a fine powder in a disk mill. The bigger splits of large- and medium-weight samples were sieved and separated to mineral fractions by standard electromagnetic separation and heavy-liquid technique. Each mineral fraction was then thoroughly hand-picked under a binocular microscope. During the hand-picking zircon fractions were separated to morphological types on the basis of grain shape, colour, and transparency.

For the Rb–Sr and K–Ar study three biotite fractions from samples Üh–22A, Üh–22B, and Üh–2A were selected. Only large dark brown grains were picked up to avoid contamination of primary biotite by chlorite and secondary biotite which is finer grained. The sample Üh–22A, and its biotite, represents least altered Mórógy granitoid variety, whereas Üh–22B and Üh–2A – more altered one. Biotites from least and more altered rocks differ in a degree of deformation which is not clearly seen under binocular microscope, but is easily recognised when checked in thin sections.

Hornblende fractions for ⁴⁰Ar–³⁹Ar analyses were separated from large samples Üh–18, Üh–23, Üh–27, and Üh–31A. The samples differ one from another in a degree of secondary alteration of hornblende, and Üh–23 is the least altered variety in this respect. The more altered hornblendes are partially re-crystallised and replaced by secondary chlorite. The least altered hornblende is also partially replaced by chlorite, however it is not deformed and re-crystallised.

Zircons for U–Pb isotope study were separated from large samples. Two morphological varieties are mostly presented: long prismatic and short prismatic, the latter are in some cases isometric, with equally developed prism and pyramid facets. Intermediate varieties are also presented. Mineral and fluid inclusions are abundant in all types of zircon. Despite their forms, all the grains poses signs of superimposed processes — they are fractured, full of fluid inclusions along the cracks, and sometimes contain clusters of confusedly oriented inclusions which cut through growing zones. However, grains of all the morphologic types has very good faceting and do not bear signs of re-sorption. Internal optical heterogeneity is most likely a primary magmatic growing zonation.

Analytical results

Results of the K–Ar dating of minerals are presented in Table 1. Isotope ages of three biotites appear to be the same within analytical errors. The age of potassium feldspar is clearly younger than that of the biotites.

Step-heating ⁴⁰Ar–³⁹Ar study of hornblende samples (Table 2) has revealed complex distribution of ages obtained for different gas fractions. Hornblende Üh–18 is characterised by a smooth “down-ladder” structure of age spectrum (Figure 2, a). Sample Üh–27, unlike the former,

Table 1. K–Ar isotope dating data for minerals from Mórógy granitoids

Sample	Depth (m)	Mineral	K, wt.%±1σ	⁴⁰ Ar _{rad.} , ng/g±1σ	T, Ma±1σ
Üh–22A	395.1–395.3	biotite	7.19±0.06	178.4±1.4	326±4
		K-feldspar	11.26±0.09	243.5±2.0	288±4
Üh–22B	465.7–466.0	biotite	7.17±0.06	171.8±1.4	316±4
Üh–2A	157.4–157.7	biotite	7.16±0.06	172.5±1.4	318±4

has age spectrum that is more like “up-ladder” (Figure 2, c), although it also has a fraction of high-temperature gas with rather young age. Age spectrum of Üh–31A hornblende is very similar to a “U-shape” with surprisingly old (over 2400 Ma) last high-temperature step (Figure 2, d). The only sample with long enough (over 80% of the ³⁹Ar extracted) flat part of the age spectrum (plateau) is Üh–23 (Figure 2, b); its plateau age is 392.3±1.4 Ma.

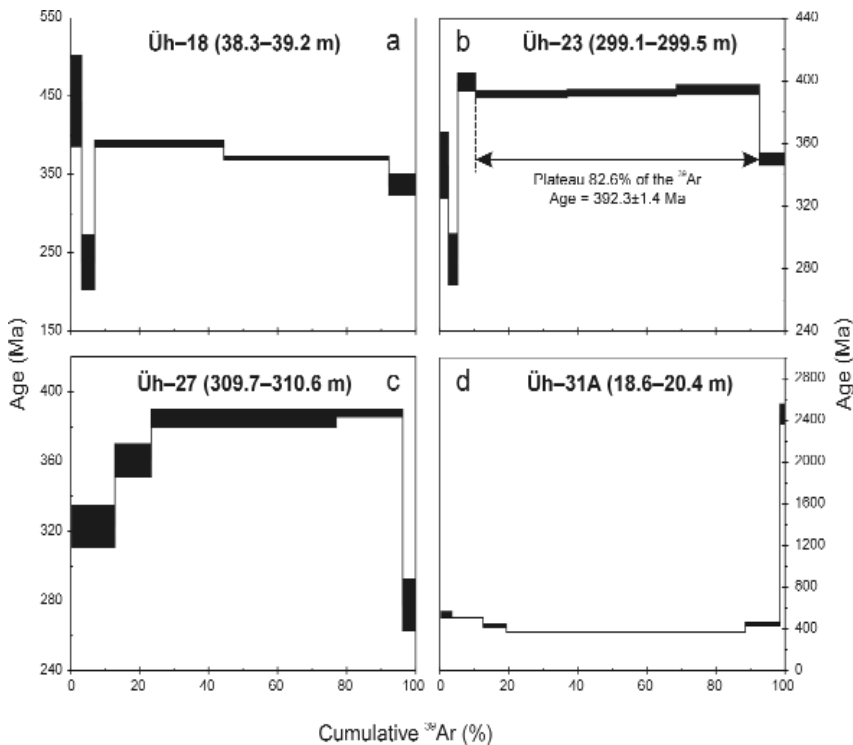
Mineral Rb–Sr isotope data for samples Üh–22A and Üh–22B are presented in Table 3. Both mineral isochrons for the samples (Figure 3, a, b) are characterised by excessive scatter of analytical points. Although the isochron lines go straight through the biotite points, other minerals do not fit the lines. The point labels on the diagram are some 3–5 times bigger than analytical errors, so deviation from the isochrons for some of the points is 10–30 times larger than the errors. For the sample Üh–22A isochron Rb–Sr age is 317.6±1.1 Ma and MSWD=1014 (MSWD = Mean Square Weighted Deviate). For the sample Üh–22B mineral isochron gives Rb–Sr age of 319.5±1.8 Ma and MSWD=82. Notable is that both Rb–Sr ages are indistinguishable within their uncertainties. No simple regularity can be observed in the analytical point scatter.

Rb–Sr isotope results for whole-rock samples are presented in Table 4 and on an isochron diagram at Figure 3, c. Distribution of the analytical points is very complex to approximate the whole set by a common line. At least three groups of points — and respective lines — can be distinguished. One is that comprises points of mylonite small samples; the group stretches along an isochron with age of 321±22 Ma (MSWD=85). Another group comprises points of most of the granodiorite samples; the points are situated above the former isochron along a line (292±25 Ma, MSWD=8.6), that is nearly parallel to that of mylonites. And the last more or less obvious group comprises points of monzodiorites and three of granodiorites that do not fit the first two groups; their approximating isochron (479±55 Ma, MSWD=100) goes steeper relative to mylonite and granodiorite lines. Within analytical errors the first two age estimations are indistinguishable.

Common lead isotope composition was determined in feldspars from five heavy-weight samples (Table 5). The data were obtained for both plagioclase and potassium feldspar from each sample, with the exception of sample Üh–31A, for which only potassium feldspar was analysed. Lead isotope composition in coexisting feldspars of a given sample are markedly different. ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb and ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb ratios of potassium feldspar are systematically lower than that of the plagioclase. For the reason that this isotope dis-

Table 2. ^{40}Ar - ^{39}Ar stepwise heating data for hornblendes from Mórógy granitoids

Step	T °C	AGE, Ma $\pm 2\sigma$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ $\pm 2\sigma$	$^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ $\pm 2\sigma$	$^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ $\pm 2\sigma$	$^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ $\pm 2\sigma$	Cumulative ^{39}Ar , %
Granodiorite Üh-18 (38.3–39.2 m)							
1	550	443.5 \pm 58.2	52.0 \pm 7.7	0.835 \pm 0.030	8.40 \pm 0.39	0.472 \pm 0.028	2.9
2	700	236.2 \pm 35.9	26.1 \pm 4.2	0.308 \pm 0.011	1.63 \pm 0.29	0.603 \pm 0.017	6.7
3	820	389.3 \pm 4.7	44.9 \pm 0.6	0.634 \pm 0.003	14.9 \pm 0.1	0.086 \pm 0.002	44.3
4	950	370.0 \pm 2.4	42.5 \pm 0.3	0.625 \pm 0.002	14.5 \pm 0.1	0.045 \pm 0.001	92.3
5	1150	335.9 \pm 13.2	38.2 \pm 1.6	0.763 \pm 0.013	15.2 \pm 0.1	0.364 \pm 0.006	100
Granodiorite Üh-23 (299.1–299.5 m)							
1	500	345.7 \pm 21.5	39.4 \pm 2.7	0.497 \pm 0.023	13.3 \pm 0.5	0.850 \pm 0.033	2.17
2	600	285.0 \pm 16.5	31.9 \pm 2.0	0.233 \pm 0.010	3.31 \pm 0.10	0.408 \pm 0.008	4.85
3	700	399.3 \pm 6.1	46.2 \pm 0.8	0.432 \pm 0.006	7.27 \pm 0.05	0.251 \pm 0.003	10.1
4	790	391.3 \pm 2.4	45.1 \pm 0.3	0.696 \pm 0.002	13.5 \pm 0.03	0.042 \pm 0.001	36.8
5	860	392.2 \pm 2.2	45.3 \pm 0.2	0.693 \pm 0.002	13.2 \pm 0.02	0.019 \pm 0.001	68.6
6	970	394.1 \pm 3.2	45.5 \pm 0.4	0.692 \pm 0.002	13.2 \pm 0.02	0.049 \pm 0.001	92.7
7	1100	349.7 \pm 4.2	39.9 \pm 0.5	0.645 \pm 0.002	12.5 \pm 0.03	0.173 \pm 0.002	100
Monzodiorite Üh-27 (309.7–310.6 m)							
1	600	322 \pm 12	37.6 \pm 1.6	0.256 \pm 0.014	0.200 \pm 0.417	0.116 \pm 0.005	12.5
2	770	360.8 \pm 9.5	42.5 \pm 1.2	0.242 \pm 0.005	0.084 \pm 0.175	0.079 \pm 0.004	23.1
3	900	385.2 \pm 5.3	45.7 \pm 0.7	0.867 \pm 0.002	0.017 \pm 0.035	0.026 \pm 0.002	76.9
4	1030	388.2 \pm 5.3	46.1 \pm 0.7	1.050 \pm 0.004	0.047 \pm 0.099	0.038 \pm 0.002	96.3
5	1200	277.0 \pm 14.8	31.9 \pm 1.8	1.120 \pm 0.011	0.273 \pm 0.570	0.367 \pm 0.007	100
Granodiorite Üh-31A (18.6–20.4 m)							
1	500	522.2 \pm 29.2	63.8 \pm 4.1	0.453 \pm 0.045	2.60 \pm 0.10	0.711 \pm 0.017	3.09
2	650	494.1 \pm 5.5	59.9 \pm 0.7	0.115 \pm 0.003	0.451 \pm 0.066	0.225 \pm 0.002	12.2
3	770	411.5 \pm 17.1	48.7 \pm 2.2	0.361 \pm 0.010	7.77 \pm 0.09	0.335 \pm 0.008	19.0
4	850	352.0 \pm 2.0	41.0 \pm 0.1	0.579 \pm 0.003	15.8 \pm 0.1	0.081 \pm 0.001	74.8
5	920	356.8 \pm 6.1	41.6 \pm 0.8	0.606 \pm 0.004	15.6 \pm 0.1	0.247 \pm 0.003	88.6
6	1000	429.3 \pm 16.1	51.1 \pm 2.1	0.726 \pm 0.010	21.4 \pm 0.2	0.324 \pm 0.008	98.6
7	1150	2458 \pm 100	552 \pm 41	2.20 \pm 0.14	2.79 \pm 0.77	8.61 \pm 0.40	100

**Figure 2.** Hornblende ^{40}Ar - ^{39}Ar age spectrums for Mórógy granitoids

a) granodiorite Üh-18 (38.3–39.2 m); b) granodiorite Üh-23 (299.1–299.5 m); c) granodiorite Üh-27 (309.7–310.6 m); d) granodiorite Üh-31A (18.6–20.4 m). Rectangular height represents $\pm 2\sigma$ error of a step age

2. ábra. A Mórógyi Gránit amfiboljának ^{40}Ar - ^{39}Ar korspektrumai.

a) granodiorit, Üh-18 (38,3–39,2 m); b) granodiorit, Üh-23 (299,1–299,5 m); c) granodiorit, Üh-27 (309,7–310,6 m); d) granodiorit, Üh-31A (18,6–20,4 m). A téglalpok magassága egy-egy lépcsőhöz tartozó kor $\pm 2\sigma$ hibáját mutatja

Table 3. Rb-Sr isotope data for mineral fractions of Mórággy granitoids

Sample	Composition	Rb	Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	±2σ	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	±2σ
		(ng/g)	(ng/g)				
Üh-22A	apatite	1.16	525.00	0.0064	0.0024	0.706976	0.00002
	plagioclase	21.70	1264.00	0.0496	0.0020	0.707932	0.000018
	sphene	3.69	104.00	0.1024	0.0055	0.707997	0.000035
	K-feldspar	231.00	1105.00	0.6047	0.0019	0.709745	0.000023
	hornblende	140.00	244.00	1.6620	0.0043	0.715590	0.000030
	biotite	615.00	7.99	222.78	0.5400	1.71425	0.00027
Üh-22B	sphene	4.53	94.80	0.1384	0.0071	0.707869	0.000028
	amphibole	34.80	214.00	0.4710	0.0056	0.709749	0.000034
	biotite	605.00	8.86	197.53	0.48	1.60556	0.00051

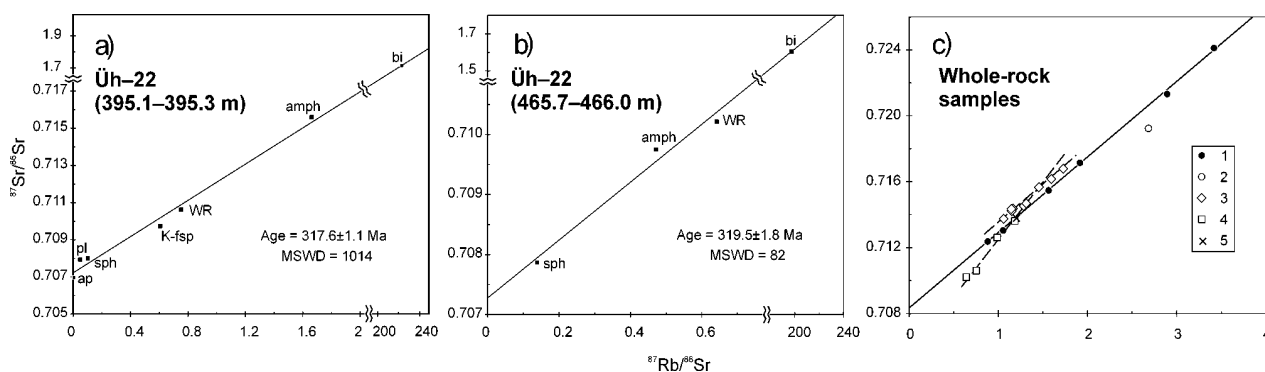


Figure 3. Rb-Sr isochron diagrams for selected mineral fractions and whole-rock samples from Mórággy granitoids

a) monzodiorite Üh-22A (Borehole Üh-22, 395.1-395.3 m) mineral fractions and whole-rock sample: WR = whole-rock, bi = biotite, amph = amphibole, K-fsp = potassium feldspar, sph = sphene, pl = plagioclase, ap = apatite; b) monzodiorite Üh-22B (Borehole Üh-22, 465.7-466.0 m) mineral fractions and whole-rock sample (same labeling as in a); c) whole-rock samples of different volume: 1 - mylonites, 2 - aplite, 3 - granodiorites, 4 - monzodiorites, 5 - diorite

3. ábra. A Mórággyi Gránit egyes ásványfrakcióinak és teljeskőzet-mintáinak Rb-Sr izokrónádiagramjai.

a) monzodiorit, Üh-22A (Üh-22 fúrás, 395,1-395,3 m), ásványfrakciók és teljeskőzetminta: WR = teljeskőzetminta, bi = biotit, amph = amfibol, K-fsp = káliföldpát, sph = titanit, pl = plagioklász, ap = apatit; b) monzodiorit, Üh-22B (Üh-22 fúrás, 465,7-466,0 m), ásványfrakciók és teljeskőzetminta (jelölés mint az a) ábrán); c) különböző nagyságú teljeskőzetminták: 1 - milonitok, 2 - aplit, 3 - granodioritok, 4 - monzodioritok, 5 - diorit

Table 4. Rb-Sr isotope data for whole-rock samples of Mórággy granitoids

Sample	Depth (m)	Composition	Rb	Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	±2σ	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	±2σ
			(ppm)	(ppm)				
Medium-weight whole-rock samples								
Üh-4A	237.8-237.8	monzodiorite	177	432	1.184	0.003	0.713621	0.000011
Üh-4B	252.4-252.6	monzodiorite	194	568	0.988	0.004	0.712611	0.000015
Üh-22A	395.1-395.3	monzodiorite	204	785	0.753	0.003	0.710610	0.000016
Üh-22B	465.7-466.0	monzodiorite	190	856	0.642	0.013	0.710212	0.000013
Üh-2A	157.4-157.7	granodiorite	219	493	1.285	0.003	0.714521	0.000012
Üh-2B	246.5-246.7	granodiorite	192	478	1.165	0.003	0.714367	0.000014
Üh-2C	268.8-269.1	granodiorite	180	455	1.149	0.005	0.714223	0.000018
Üh-23A	178.4-148.6	granodiorite	206	454	1.314	0.004	0.714685	0.000014
Üh-23B	206.6-206.9	granodiorite	189	517	1.058	0.003	0.713741	0.000012
Üh-23C	299.5-299.7	granodiorite	188	474	1.147	0.003	0.714339	0.000014
Large-weight whole-rock samples								
Üh-18	38.3-39.2	granodiorite	229	384	1.727	0.005	0.716783	0.000015
Üh-18A	48.3-49.0	granodiorite	199	395	1.455	0.005	0.715666	0.000019
Üh-23	299.1-299.5	granodiorite	197	497	1.148	0.004	0.714362	0.000017
Üh-27	309.7-310.6	monzodiorite	227	547	1.203	0.004	0.713775	0.000015
Üh-31A	18.6-20.4	granodiorite	213	387	1.593	0.005	0.716167	0.000015
Small-weight whole-rock samples								
Üh-25A	106.8	aplite	202	218	2.682	0.001	0.719236	0.000063
Üh-25B	108.2	mylonite	104	342	0.881	0.001	0.712370	0.000030
Üh-25C	130.9	mylonite	223	613	1.053	0.001	0.713042	0.000042
Üh-26A	105.1	mylonite	184	156	3.417	0.002	0.724111	0.000115
Üh-26B	125.6	mylonite	222	370	1.733	0.001	0.716808	0.000057
Üh-26C	161.6	mylonite	269	406	1.915	0.001	0.717144	0.000057
Üh-29A	100.2	mylonite	341	341	2.892	0.001	0.721320	0.000076
Üh-29B	137.2	mylonite	183	338	1.564	0.001	0.715476	0.000050

Table 5. Lead isotope composition in feldspars from Mórógy granitoids

Sample	Depth (m)	Composition	Mineral	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
Üh-18	38.3-39.2	granodiorite	K-feldspar	18.118	15.615	38.196
			plagioclase	18.281	15.620	38.361
Üh-18A	48.3-49.0	granodiorite	K-feldspar	18.117	15.616	38.204
			plagioclase	18.263	15.611	38.315
Üh-23	299.1-299.5	granodiorite	K-feldspar	18.115	15.613	38.186
			plagioclase	18.151	15.611	38.209
Üh-27	309.7-310.6	monzodiorite	K-feldspar	18.087	15.607	38.159
			plagioclase	18.301	15.618	38.456
Üh-31A	18.6-20.4	granodiorite	K-feldspar	18.106	15.607	38.162

Analytical error for all presented isotope ratios is less than 0.03% (2σ). It was determined by repetitive measurements of SRM-981 isotope standard, in which ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 16.9406, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.4988, and ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 36.7224 were obtained.

Table 6. U–Pb zircon isotope data for Mórógy granitoids

Fraction No.	Fraction mass, mg	Pb, ppm	U, ppm	Measured ratios ²⁾			Atomic ratios ³⁾				Rho ⁴⁾ / ²³⁵ U	Ages, Ma ⁵⁾	
				²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±2σ, %	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±2σ, %		²⁰⁷ Pb*/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*
Granodiorite Üh-18 (38.3-39.2 m)													
1	2.1	37.7	619.0	234	8.5931	3.5708	0.3457	0.7	0.04659	0.7	0.54	301	294
2	1.2	81.1	1340.7	210	8.0886	3.2912	0.3332	0.7	0.04481	0.7	0.55	292	283
3	1.6	97.9	1614.5	196	7.7445	3.0800	0.3291	0.7	0.04380	0.7	0.53	289	276
Granodiorite Üh-18A (48.3-49.0 m)													
1	4.05	43.3	794.0	481	11.968	5.3408	0.3507	1.0	0.04791	0.5	0.48	305	302
2	5.4	73.2	1353.5	505	12.145	5.3827	0.3508	0.5	0.04771	0.5	0.86	305	300
3	4.05	30.1	557.0	488	11.908	5.2264	0.3523	0.5	0.04734	0.5	0.8	306	298
4	4.75	80.3	1533.6	571	12.639	5.4122	0.3432	0.5	0.04655	0.5	0.93	300	293
Granodiorite Üh-23 (299.1-299.5 m)													
1L	3.55	35.0	387.5	235	8.4751	3.4883	0.5292	1.1	0.06871	1.1	0.78	431	428
1R	3.55	65.9	1107.4	238	8.5558	3.5215	0.3478	1.0	0.04544	1.0	0.81	303	286
2	2.6	45.1	722.3	168	7.0654	2.7527	0.3215	1.1	0.04280	1.1	0.94	283	270
3	2.6	55.8	1103.3	421	11.321	4.6563	0.3181	0.5	0.04307	0.5	0.74	280	272
4	2.9	85.2	1651.0	421	11.337	4.6641	0.3239	1.0	0.04397	1.0	0.49	285	277
Monzodiorite Üh-27 (309.7-310.6 m)													
1	0.6	50.2	694.5	1694	15.743	4.6094	0.4909	1.0	0.06486	0.9	0.95	406	405
2	1.2	87.9	1476.1	1948	16.286	3.6029	0.3801	0.5	0.05116	0.5	0.86	327	322
3	1.25	83.0	1420.1	1178	15.056	3.7531	0.3732	0.5	0.05012	0.5	0.79	322	315
Granodiorite Üh-31A (18.6-20.4 m)													
1L	2.55	21.1	396.1	4671	17.647	8.6127	0.3882	0.5	0.05260	0.5	0.74	333	330
2L	2.95	34.0	668.9	3166	17.226	8.8082	0.3694	0.5	0.05014	0.5	0.69	319	315
1R	2.55	42.6	825.8	4271	17.563	8.5805	0.3754	0.5	0.05088	0.5	0.87	324	320
2R	2.95	24.8	489.4	3326	17.295	8.8051	0.3684	0.5	0.05001	0.5	0.79	318	315

¹⁾ In cases of selective dissolution L stands for leachate and R for restite

²⁾ All isotopic ratios are corrected for blank (80 pg for Pb and 20 pg for U) and 0.12±0.04% per a.m.u. mass-discrimination

³⁾ Common lead corrected values, each sample were corrected for the respective value determined in K-feldspar (Table 5)

⁴⁾ Rho = coefficient of correlation between ²⁰⁷Pb*/²³⁵U and ²⁰⁶Pb*/²³⁸U errors

⁵⁾ Ages were calculated with internationally accepted constants 238=1.55125 10-10 yr-1, 235=9.8485 10-10 yr-1 and ²³⁸U/²³⁵U=137.88

crepancy may be due to the secondary plagioclase alteration potassium feldspar lead isotope data were used for common lead correction of U–Pb zircon data.

U–Pb zircon isotope data are presented in Table 6. For each sample, at least two zircon fractions were analysed. All the data were corrected for common lead isotope composition determined by analysis of potassium feldspar. It was strongly necessary for those zircons with low ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb ratio value, which is characteristic of very high common lead content.

Sample Üh-18 (Figure 4, a). Three zircon points are equally discordant and quite far from upper intercept of a

discordia and concordia at 323±180 Ma. Although the discordia MSWD value of 2.2 looks acceptable, the age estimation appears to be very unreliable.

Sample Üh-18A (Figure 4, b). Four zircon points do not fit any common line and are equally discordant. No age estimation is possible.

Sample Üh-23 (Figure 4, c). Four different zircon fraction were analysed. First fraction was treated by fractional dissolution procedure. The restite of the fraction 1 zircon and other zircons of the sample are clustered near a concordia point 280 Ma and are all discordant. Leachate of the

fraction 1 zircon is nearly concordant at the 428-431 Ma level. No common line — and age estimation — is possible.

Sample Üh-27 (Figure 4, d). Three analysed fractions of zircon from the sample stretch along acceptable discordia with an upper intercept at 409 ± 88 Ma and $\text{MSWD}=2.8$. The fraction 1 zircon is perfectly concordant, its age is 405 ± 4 Ma.

Sample Üh-31A (Figure 4, e). Only two fractions were analysed, both by fractional dissolution method. No surprise that four resulting points perfectly fit a discordia ($\text{MSWD}=0.16$). The upper intercept of the discordia is at 360 ± 31 Ma.

The two most concordant zircon points Üh-27-1 and Üh-23-1L considered together allows to construct a new

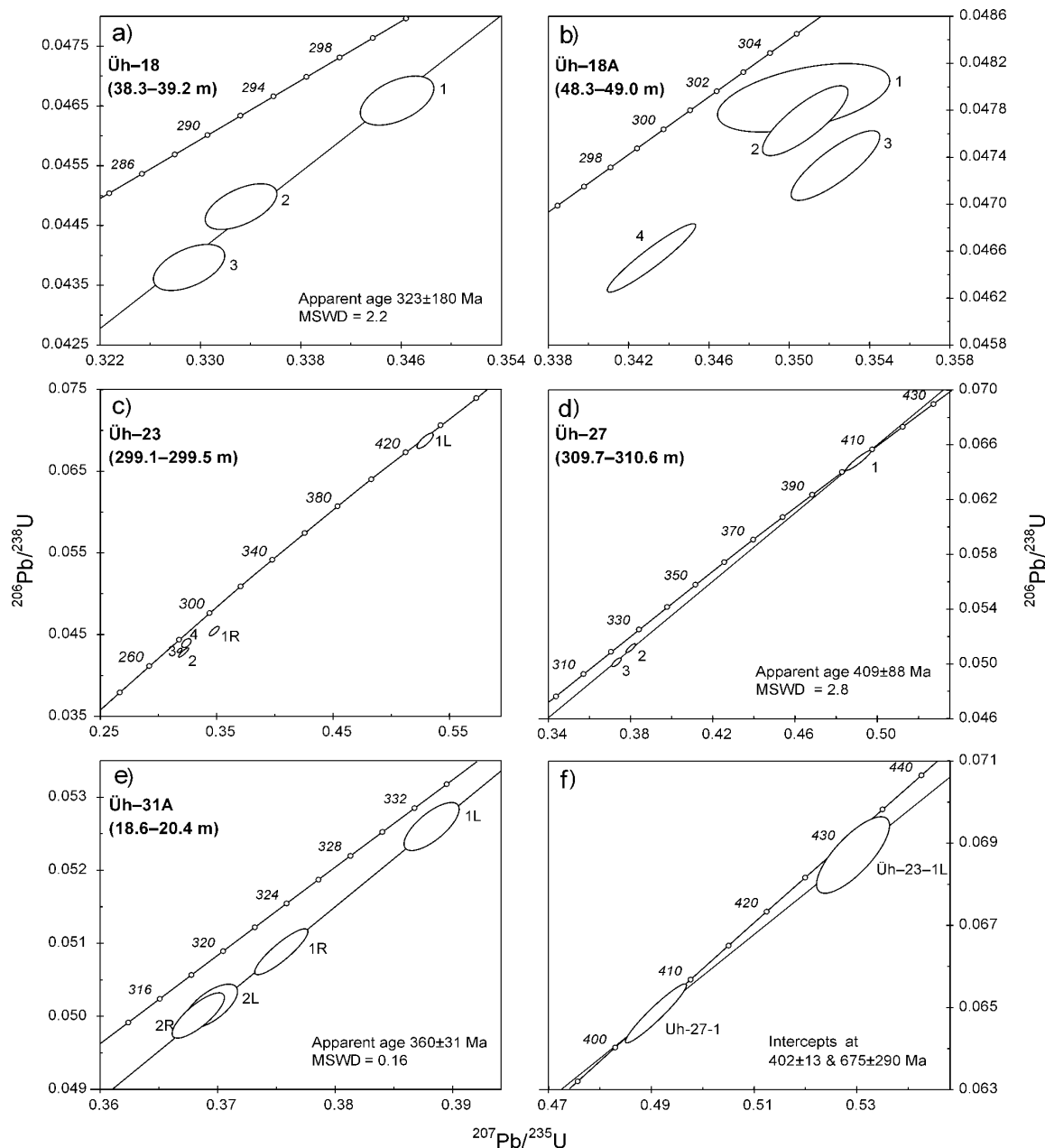


Figure 4. U-Pb concordia diagram for zircons from Mórággy granitoids

The concordia is represented by the lines with ticks labeled by ages (Ma); discordias (applicable not for all zircon sets) are straight lines approximating analytical points, each discordia has upper and lower intercepts with the concordia; in simplest interpretation, the upper intercept points to the time of zircon formation, and the lower one, to the time of metamorphism. a) Üh-18 (Borehole Üh-18, 38.3-39.2 m); b) Üh-18A (Borehole Üh-18, 48.3-49.0 m); c) Üh-23 (299.1-299.5 m); d) Üh-27 (309.7-310.6 m); e) Üh-31A (Borehole Üh-31A, 18.6-20.4 m); f) two most concordant zircons from samples Üh-23 and Üh-27. Ellipses represent analytical errors ($\pm 2\sigma$) and degree of correlation between them (Rho)

4. ábra. A Mórággyi Gránit cirkonjaira kapott U-Pb konkordiadiagram

A konkordiát korokkal (M év) ellátott tuskékkal jelzett vonalak képviselik; a diskordiák (amelyek nem minden circonsorozatra adhatók meg) az elemzési pontokat közelítő egyenesek; minden diskordiának van egy alsó és egy felső metszéspontja a konkordiával; a legegyszerűbb értelmezés szerint a felső metszéspont adja a cirkon képződési idejét, az alsó pedig a metamorfózis korát. a) Üh-18 (Üh-18 fúrás, 38,3-39,2 m); b) Üh-18A (Üh-18 fúrás, 48,3-49,0 m); c) Üh-23 (299,1-299,5 m); d) Üh-27 (309,7-310,6 m); e) Üh-31A (Üh-31A fúrás, 18,6-20,4 m); f) a két legkonkoránsabb cirkon az Üh-23 és az Üh-27 mintából. Az ellipszisek az elemzési hibákat ($\pm 2\sigma$) és korrelációjukat (Rho) mutatják

discordia. Lower intercept of that line is at 402 ± 13 Ma, and upper intercept at 675 ± 290 Ma.

Discussion

As the result of the undertaken study of Mórógy granitoids several different isotope ages were obtained. This suggests a complex history of the rocks that in turn makes it necessary to estimate significance of the data obtained. The discussion follows a simple approach that isotope systems (K–Ar, Rb–Sr and U–Pb) in the granitoids record several distinct events associated with the emplacement and crystallisation of granitic magma, later transformation of the rocks, and final exhumation to the surface.

Age of emplacement

Following the simple logic one might decide that the emplacement age should be not less than the oldest isotope age obtained. In the current data set the oldest are U–Pb ages of the zircon-1 from sample Üh-27 and the zircon-1L from sample Üh-23, Rb–Sr age on several whole-rock samples of monzodiorites and granodiorites, and ^{40}Ar – ^{39}Ar plateau age of the hornblende from sample Üh-23. These isotope ages differ one from another not only in values but also in a degree of reliability.

The youngest of the group is ^{40}Ar – ^{39}Ar plateau age of the hornblende, it must be associated with time of the cooling of the granite below the closure (or blocking) temperature of K–Ar system in amphiboles. The closure temperature of K–Ar system in amphibole is rather low and depends on the cooling rate (DODSON 1973). Anyway, it is below the granitic solidus (HARRISON 1981). Thus the plateau age can be the emplacement age only in case of rapid cooling of the pluton.

The closure temperature of the U–Pb system in zircon is much higher than that of K–Ar system in amphibole, it is well above granitic liquidus (CHERNAK and WATSON 2001). The latter, in combination with low Zr solubility in granitic melt (WATSON and HARRISON 1983), often leads to the preservation of excess age in inherited zircons (*e.g.* RODDICK and BEVIER 1995; PIDGEON et al. 1996). Considered in that respect, U–Pb ages of the two mentioned zircons must be interpreted cautiously. The sample Üh-27 zircon is perfectly concordant if compared to sample Üh-23 zircon, then the date 405 ± 4 Ma appears to be more reliable. The older zircon Üh-23 age is probably the consequence of some inherited component in the mineral. This suggestion is in agreement with the fact that Üh-23 zircon contains large cores in its grains.

The Rb–Sr monzodiorite-granodiorite age appears to be erroneous for the following reason. The age was calculated for the isochron with very broad scatter of points which position then might well be accidental. A closer look at the part of the diagram where mylonite and the mix line cross discovers the fact that points here fit both line

with equal (low) quality. Without the mentioned points the “isochron” disappears turning into two-points line with more gentle inclination which is more like that of the other two whole-rock isochrons. The considered accident is the good case of how poor the “by-eye approximations” may be. Another reason to dismiss any age significance of the mix line is that the age is much older than U–Pb zircon age of 405 ± 4 Ma even taking into account the huge Rb–Sr age estimation uncertainty of ± 55 Ma.

Although magmatic crystallisation of zircon in granitoids takes place relatively early in comparison with rock-forming minerals, the U–Pb zircon ages are commonly very close to what one considers as the emplacement age. The age 405 ± 4 Ma then is the best estimation of Mórógy pluton formation time. The significant difference between the U–Pb age and ^{40}Ar – ^{39}Ar plateau age of Üh-23 hornblende might be due to slow cooling of the pluton after emplacement. The conjunctive mood of the last suggestion is mainly because of deficiency in ^{40}Ar – ^{39}Ar data.

Age of a superimposed event

The idea of at least one late superimposed event in the history of Mórógy Granite is based on the fact that all the studied isotope systems were disturbed. Most of the analysed zircons are discordant and cluster below the concordia near its 280–330 Ma interval. There is a significant difference between ^{40}Ar – ^{39}Ar plateau age of hornblende and biotite K–Ar and Rb–Sr ages that in turn are indistinguishable within analytical errors. ^{40}Ar – ^{39}Ar age spectrums of other hornblendes suggest disturbance of the K–Ar system.

The perfect coincidence between K–Ar and Rb–Sr ages of the biotites allows one to conclude that the 318–320 Ma age is an age of some real process. This process disturbed both isotope systems and restarted the isotope clocks. A hint about the disturbing process nature is given by the mylonite isochron the age of which is very close to the mineral age. Most likely the process was the deformation and associated metamorphism of the granitoids leading in its extreme to formation of mylonites. Most probably this was the process which bent and broke biotite grains.

Broken ^{40}Ar – ^{39}Ar age spectrums of hornblendes allow concluding that K–Ar isotope system of the mineral was disturbed by some later post-crystallisation process. The hornblendes differ in the degree of secondary alteration (replacement by chlorite) and re-crystallisation. As the sample Üh-23 hornblende is the least re-crystallised, although moderately replaced by secondary chlorite, the most straightforward conclusion must be that the disturbance was caused by the re-crystallisation. Any connection between the re-crystallisation and the deformation of granitoids is not obvious, however, positive answer seems to be the simplest explanation.

The below-concordia position of the points of most of the studied zircon fractions implies post-crystallisation radiogenic lead loss and respective decrease in Pb/U-ratios.

The process is commonly believed to be the consequence of metamorphism or exhumation. In the proposed simple two-events-history model the points should fit a common line with the upper intercept at 405 Ma and the lower intercept at about 320 Ma, which is not the case — most of the points are well below 320 Ma. Therefore, a good deal of radiogenic lead loss should be regarded as the consequence of exhumation, not the metamorphism. Recent Pb-loss models assume that an accumulation of crystallographic defects caused by radioactive decay of U and Th is necessary for appreciable Pb loss in zircon under normal crustal conditions (MEZGER and KROGSTADT 1997). In addition, BORIANI and VILLA (1995) have suggested that elevated temperature drives annealing in zircons and thus may preclude Pb loss from zircons during metamorphic events. Integrating both models implies that Pb can only be lost upon exhumation that has occurred after sufficient time has passed to accumulate defects. It further infers that ancient lower intercepts defined by TIMS (thermal ionisation mass spectrometry) analyses must represent mixing of two zircon populations rather than penetrative Pb loss (CONNELY 2000).

With all the foregoing in mind one might suggest 318–320 Ma time to be the age of the superimposed event appeared as deformation-induced metamorphism of the granitoids. It is difficult to discuss probable processes that could have taken place before the metamorphism. It is quite possible that some events really occurred between 405±4 and 318–320 Ma but their fingerprints reflected in isotope systems were erased by the last metamorphism.

Overall picture

In the framework of the discussed isotopic results the following history of the Mórógy Granite may be drawn. The Mórógy Granite was formed 405±4 Ma from a granitic magma that inherited some older zircons from its source or scrapped them from the conduit on its way up in the crust. After the emplacement the pluton was cooling slowly, such that K–Ar isotope system in amphibole closed about ten million years after, at 392±2 Ma. Over 70 million years later — at 318–320 Ma — the granitoids underwent deformation which lead to metamorphic recrystallisation and alteration of the rocks. During the event K–Ar, Rb–Sr, and U–Pb isotope systems in the rocks and minerals were disturbed to a different degree. The degree of the disturbance depended on the proximity

to zones, where deformation was relaxing and granitoids were turning to mylonites. In the mylonitic zones all the preceding isotope information was erased not only as the result of grinding of the rocks, but also due to the interaction with a mobile fluid. The mobile fluid interacting with the granites is a highly speculative assumption without which — for “dry” conditions — it is very difficult to explain, how mylonites got their new nearly equilibrium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀ ratio values. The last event reflected in the isotopic systems of Mórógy granitoids — the most speculative from the isotope geologist point of view, yet obvious — was their exhumation to the surface. This last event led to Pb-loss from zircon crystallographic defects that started to develop in the upper crustal conditions due to dropping temperature.

Conclusions

The following history of the Mórógy granitoids is proposed:

- 405±4 Ma: intrusion of magma and crystallisation;
- 390–395 Ma: cooling to the temperature of amphibole K–Ar isotope system closure;
- 318–320 Ma: deformation and metamorphic alteration of the granitoids;
- recently: exhumation of the granitoids to the surface.

Despite the appearing simplicity of the suggested time model, it is not equally supported by the facts collected to date. The timing of the emplacement and cooling of the granitoids is based on just the two ages obtained for two different samples. To improve reliability of the conclusion it would be necessary to continue studying zircons, which is the only way to obtain the crystallisation age, and to widen (broaden, extend) studying K–Ar system of amphiboles, which promises success in dating the cooling of the granitoids.

Acknowledgements

Authors kindly acknowledge Tamara Bayanova (RAS Cola Science Centre, Apatity) and Victor Ponomarchuk (RAS Siberian Branch, Novosibirsk) for providing their analytical facilities for U–Pb and ^{40}Ar - ^{39}Ar studies, respectively.

References — Irodalom

- ÁRVA-SÓS E., BALOGH K. 1979: A mecsek hegységi gránitok és a környező metamorf kőzetek K–Ar módszeres vizsgálata (in Hungarian: Study of the granites of the Mecsek Mountains and metamorphic rocks in their surrounding by K–Ar method). – *Földtani Kutatás* 22 (4), pp. 33–36.
- BALLA, Z. 2004: General characteristics of the Bábaapáti (Üveghuta) Site (South-western Hungary) [A Bábaapáti (Üveghutai) telephely általános jellemzése]. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003-ról*, pp. 73–91.
- BALOGH, K., ÁRVA-SÓS, E., BUDA, GY. 1983: Chronology of granitoid and metamorphic rocks of Transdanubia (Hungary). – *Anuarul Institutului de Geologie și Geofizică* 61, pp. 359–364.
- BORIANI, A., VILLA, I. 1995: How to date regional metamorphism: Ivrea Zone Serie dei Laghi (Southern Alps). – *Terra Abstracts: Terra Nova* 7, Abstract Supplement 1, p. 270.
- BRAGIN, V.YU., REUTSKY, V.N., LITASOV, K.D., MAL'KOVETS, V.G., TRAVIN, A.V., MITROKHIN, D.V. 1999: Paleomagnetism and ^{40}Ar – ^{39}Ar -dating of Late Mesozoic volcanic pipes of Minusinsk Depression (Russia). – *Physics and Chemistry of the Earth* 24 (6), pp. 545–549.
- BUDA GY. 1985: Variszkuszi korú kollíziós gránitoidok képződése (in Hungarian: Forming of Variscan collision granites). – *Manuscript*, Candidate dissertation, Eötvös Loránd University, Budapest.
- BUDA GY. 1998: Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Telephelykutatás Üveghuta körzetében. Összefoglaló jelentés az Üveghuta–2., 3., 4., 5., 6. és 8. sz. mélyfúrások gránitoid kőzeteinek vizsgálatáról (in Hungarian: Final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the nuclear power plant. Site exploration in the surroundings of Üveghuta. Conclusive report on the study of granitoid rocks from Boreholes Üveghuta–2, 3, 4, 5, 6 and 8). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- BUDA GY. 1999: Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Telephelykutatás Üveghuta körzetében. Összefoglaló jelentés az Üveghuta–22, –23 és –24. sz. fúrások gránitoid kőzeteinek vizsgálatáról (in Hungarian: Final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the nuclear power plant. Site exploration in the surroundings of Üveghuta. Conclusive report on the study of granitoid rocks from Boreholes Üveghuta–22, –23 and –24). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- BUDA, GY., LOVAS, GY., KLÖTZLI, U., COUSEN, B. I. 1999: Variscan granitoids of the Mórággy Hills (South Hungary). – *Beihefte zur European Journal of Mineralogy* 11 (2), pp. 21–32.
- CHERNIAK, D. J., WATSON, E. B. 2001: Pb diffusion in zircon. – *Chemical Geology* 172 (1–2), pp. 5–24.
- CONNELLY, J. N. 2000: Degree of preservation of igneous zonation in zircon as a signpost for concordancy in U–Pb geochronology. – *Chemical Geology* 172 (1–2), pp. 25–39.
- CERNŰSOV, I. 2002: Jelentés a Mórággyi Gránit K–Ar és Rb–Sr izotópos kormeghatározásáról (in Hungarian: Report on the K–Ar and Rb–Sr isotope age determination of the Mórággy Granite). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- DODSON, M. H. 1973: Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. – *Contributions to Mineralogy and Petrology* 40 (3), pp. 259–274.
- DUNKL I. 1990: A fission track módszer és alkalmazása geokronológiai kérdések megoldásában (in Hungarian: The fission track method and its implication to the solving geochronological problems). – *Manuscript*, Candidate dissertation, Miskolc University, Miskolc.
- FAURE, G. 1986: *Principles of isotope geology*. – John Wiley & Sons, New York, 608 p.
- GILETTI, B. J. 1991: Rb and Sr diffusion in alkali feldspars, with implications for cooling histories of rocks. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55 (5), pp. 1331–1343.
- HARRISON, T. M. 1981: Diffusion of ^{40}Ar in hornblende. – *Contributions to Mineralogy and Petrology* 78, pp. 324–331.
- KLÖTZLI, U. S., BUDA, G., KOLLER, F. 1999: Geochronological evidence for the derivation of the Mecsek Mountains, South Hungary, from Variscan Central Europe. – *Abstract of 77. Jahrestagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft im Rahmen der MinWien vom 28. August bis 1. September 1999., Wien. Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zur European Journal of Mineralogy* 11, p. 126.
- KLÖTZLI, U. S., BUDA, G., SKIÖLD, T. 2004: Zircon typology, geochronology and whole rock Sr–Nd isotope systematics of the Mecsek Mountain granitoids in the Tisia Terrane (Hungary). – *Mineralogy and Petrology* 81, pp. 113–134.
- KOSTITSIN, YU. A., ZHURAVLEV, A. Z. 1987: Analysis of errors and optimisation of the isotope dilution technique (in Russian, with English abstract: Analiz pogreshnostei i optimizatsia metoda izotopnogo razbavlenia). – *Geokhimiya* 1987 (7), pp. 1024–1036.
- KOVÁCH Á., BALOGH K., SÁMSONI Z. 1968: Rubidium-stroncium adatok a Mecsek hegység gránitjai korának kérdéséhez (in Hungarian: Rubidium-strontium data to the problem of the age of the granites of the Mecsek Mountains). – *Földtani Közöny* 98 (2), pp. 205–212.
- LUDWIG, K. R. 1991: Isoplot – a plotting and regression program for radiogenic isotope data; version 2.53. – *U.S. Geological Survey Open-File Report* 91–445, 39 p.
- MAROS, GY., KOROKNAI, B., PALOTÁS, K., FODOR, L., DUDKO, A., FORIÁN-SZABÓ, M., ZILAHÍ-SEBESS, L., BÁN-GYÖRY, E. 2004: Tectonics and structural history of the north-eastern Mórággy Block (A Mórággyi-rög ÉK-i részének tektonikája és szerkezetalakulása). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003-ról*, pp. 371–394.
- MCCLELLAND, W. C., MATTINSON, J. M. 1996: Resolving high precision U–Pb ages from Tertiary plutons with complex zircon systematics. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60 (20), pp. 955–9965.
- MCDUGALL, I., HARRISON, T. M. 1988: *Geochronology and thermochronology by the ^{40}Ar – ^{39}Ar method*. – Oxford University Press, New York, 115 p.
- MEZGER, K., KROGSTADT, E. J. 1997: Interpretation of discordant U–Pb zircon ages: an evaluation. – *Journal of Metamorphic Geology* 15 (1), pp. 127–140.
- OVCHINNIKOV, L. N., PANOVA, M. B., SHANGAREEV, F. L. 1965: Absolutnyi vozrast nekotoryh geologicheskikh obrazovanií Vengrii (in Russian with English abstract: Absolute age of some geological formations of Hungary). – *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungarici* 9 (3–4), pp. 305–312.
- PIDGEON, R. T., BOSCH, D., BRUGUIR, O. 1996: Inherited zircon and titanite U–Pb systems in an Archaean syenite from Southwestern Australia: implications for U–Pb stability of titanite. – *Earth and Planetary Science Letters* 141 (1–4), pp. 187–198.

- RODDICK, J. C., BEVIER, M. L. 1995: U-Pb dating of granites with inherited zircon: Conventional and ion microprobe results from two Paleozoic plutons, Canadian Appalachians. — *Chemical Geology* 119 (1-4), pp. 307-329.
- SCHMITZ, M. D., BOWRING, S. A. 2001: U-Pb zircon and titanite systematics of the Fish Canyon Tuff: an assessment of high-precision U-Pb geochronology and its application to young volcanic rocks. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65 (15), pp. 2571-2587.
- SVINGOR, É., KOVÁCH, Á. 1981: Rb-Sr isotopic studies on granodioritic rocks from the Mecsek Mountains, Hungary. — *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungarici* 24 (2-4), pp. 295-307.
- VILLA, I. M. 1998: Isotopic closure. — *Terra Nova* 10 (1), pp. 42-47.
- WATSON, E. B., HARRISON T. M. 1983: Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. — *Earth and Planetary Science Letters* 64 (5), pp. 295-304.
- YORK, D. 1969: Least-square fitting of a straight line with correlated errors. — *Earth and Planetary Science Letters* 5 (2), pp. 320-324.

Postscript

Results outlined in the contribution lead to a conclusion on the pre-Variscan age of the Mórógy Granite which is in contradiction with the concept published in Hungary and abroad but is coherent with numerous earlier opinions.

Professor Dr. F. Finger (Salzburg University) submitted a review. In agreement with Dr. R. Handler and Dr. A. Gerdes (Salzburg University), he expressed an opinion that „methods used are definitely not state of the art (analysis of big multi-grain fractions), also the presented Ar–Ar hornblende ages look not very reliable, because not enough heating steps were performed to safely rule out that the high ages reflect excess argon”. Moreover, the results would totally contradict the recent geochronological work by KLÖTZLI et al., on the Variscan age of the Mórógy Granite. In conclusion the reviewer wrote: „I cannot say with certainty that the results of Shatagin et al. are incorrect, but for the time being would recommend caution with their publication”.

The authors however regard that results of any method cannot be evaluated based on its modernity. On big multi-grain zircon fractions a lot of ages were and are determined all over the world, which are in good agreement with data from other methods. Authors' „Variscan” age data are with no exception discordant, i.e. they do not reflect real ages. At the same time, their concordant age data are obviously pre-Variscan. The concordance of the „pre-Variscan” age and clear discordance of the „Variscan” ages have not been taken into account by the reviewer. The zircon evaporation and the ion-microprobe analyses used by KLÖTZLI et al. (2004) are much less informative than the conventional U–Pb method since they give no possibility to evaluate whether the U–Pb system is open or closed. According to the authors' opinion the statement of the reviewer concerning the Ar–Ar data has nothing to support it.

The opinions outlined are so different even in a methodological sense that it should be obvious: further disputes and investigations are needed. Those can be inspired by this contribution that is why the Editorial Board decided to publish it.

A Mórógyi Gránit geokronológiája: U-Pb, Rb-Sr, K-Ar és ^{40}Ar - ^{39}Ar izotópvizsgálatok eredményei

KONSZTANTIN SATAGIN¹, IGOR CSERNÜSOV¹ ÉS BALLA ZOLTÁN²
BREZSNYÁNSZKY KÁROLY² utószavával

¹Laboratory for isotope geochemistry and geochronology, IGEM RAS, 35, Staromonetny per., Moscow, 119017, Russia

²Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: abszolútkor, cirkon, deformáció, Délkelet-Dunántúl, gránitok, magmatizmus, Magyarország, metamorfózis, Uveghuta

Összefoglalás

A Mórógyi Gránit komplex kialakulási történetét és későbbi metamorfózisát U-Pb, Rb-Sr, K-Ar és ^{40}Ar - ^{39}Ar módszerrel vizsgáltuk. A 405 ± 4 millió éves kristályosodási kort egy kiválóan konkordáns cirkonfrakció U-Pb kormeghatározásával állapítottuk meg. Egy másik leválasztott cirkonfrakció eredményei későbbi radiogénódom-vesztésre mutatnak (amely a gránit későbbi metamorfózisával és kitakaródásával kapcsolatos), továbbá bizonyos átöröklött komponensek jelenlétére. Amint az az ^{40}Ar - ^{39}Ar adatokból következik, az amfibolok K-Ar rendszere megbomlott, kivéve egyetlen mintát, amely $392,3 \pm 1,4$ millió éves platókort mutatott. Az eltérés az U-Pb cirkon- és az ^{40}Ar - ^{39}Ar platókorok között a Mórógyi Gránit lassú lehűlésével hozható összefüggésbe. A biotitok K-Ar és Rb-Sr kormeghatározása igen szűk tartományba, 318–320 közé eső adatokat eredményezett. Igen hasonló – 321 ± 22 millió éves – kort kaptunk Rb-Sr izokron alapján milonitok kisméretű teljeskőzet-mintáira. Ezeket az eredményeket a deformáció és az ezzel kapcsolatos metamorfózis idejével hoztuk kapcsolatba.

A Mórógyi Gránit radiometrikus kormeghatározásainak áttekintése

A Mórógyi Gránit geokronológiai vizsgálata négy évtizedes múltra tekint vissza. A koradatok legnagyobb csoportját a különböző kőzetalkotó ásványokon (biotit, amfibol, kálföldpát) és a teljes kőzeten végzett K-Ar, Rb-Sr és kevés Pb-Pb mérés képviseli. A másik fő adats csoportot a cirkonon végzett U-Pb és Pb-Pb meghatározások jelentik. Kisebb számban hasadvány nyom (FT) korok is rendelkezésre állnak.

Az első radiometrikus koradatokat OVCSINNIKOV et al. (1965) szolgáltatották, akik a kismórógyi kőfejtők gránitjából származó biotiton (1 minta), kálföldpát-megakristályon (1), valamint teljes kőzeten (1) végeztek K-Ar kormeghatározást. Az eredmények 335 millió év (biotit) és 280 millió év (kálföldpát-megakristály és teljes kőzet) között szóródtak. A szerzők a gránit képződési korát 325 millió év körülinek határozták meg.

KOVÁCH et al. (1968) — nagy területről származó (Nyugotszenterzsébet, Dinnyeberki, Pécs, Fazekasboda, Erdősmecke, Kismórógy) — gránitmintákból és egy aplit-

telérből szeparált biotiton Rb-Sr módszerrel 2 izokron-kort (278 és 284 millió év) határoztak meg, amely adatokat a „gránitmasszívumot ért utolsó lényeges magmatektonikai hatás — amely időben az aplittelérek benyomulásához is köthető — időpontjaként értékelték. A teljes kőzeten meglehetősen idős izokron-korok adódtak (442 és 1150 millió év), amelyek közül az idősebbet a gránittömeg prekambriumi kőzetekből történő származásával magyarázták, míg a fiatalabbat keverékkorként értelmezték.

ÁRVA-SÓS, BALOGH (1979) a mórógyi és erdősmecke kőfejtőkbiől gyűjtött 4 gránit minta biotit szeparátumán K-Ar módszerrel 329 és 349 millió év közti korokat határoztak meg, egy aplittelér biotitja pedig 311 millió évet adott. A szerzők a kapott középső-karbon korokat a terület kiemelkedéséhez (hűléséhez) kapcsolták.

SVINGOR, KOVÁCH (1981) Igen nagy területről származó, felszíni és fúrasi mintákban meghatározott, nagyszámú Rb-Sr koradatot közöltek. E Rb-Sr korok meghatározó hányada a 290–370 millió éves tartományba esik. Vizsgálati eredményeik 3 csoportba oszthatók:

(1) A granitoid kőzeteken (granodiorit-szenit) meghatározott koradatok (teljes kőzet) a 279–479 millió év közti,

igen tág tartományban szórnak. Az adatokra illesztett határoló izokronok 403, illetve 273 millió évet adtak, amelyek közül a fiatalabbat az utolsó (retrográd) metamorf esemény koraként értelmezték a szerzők, míg az idősebb kort a magmatizmus kezdetéhez kapcsolták. A mórággyi–erdősmecekei granitoidok 9 adatából 3-nak túl nagy az elemzési hibája (479 ± 117 , 388 ± 164 és 365 ± 153 millió év), míg a többi 6 minta kora 295–361 millió év. Az adateloszlásban hézag van 332 és 356 millió év között, amely esetleg két halmaz jelenlétére mutat 340–350 millió év körüli határral (l. alább).

(2) A leukokrata telérekéből (erdősmecekei kőfejtő, illetve Nyugotszenterzsébet–2, Pellérd–N–2 és Pellérd–N–4, Helesfa–2 fúrások) meghatározott koradatok (szintén teljes kőzeten mérve) a 252–354 millió év közti tartományba estek. Ezen adatokra illesztett határoló izokronok 349, illetve 266 millió évet eredményeztek. 3 erdősmecekei aplit kora 309–354 millió év, hasonlóan a befogadó gránithoz (2 a 340–350 millió év körüli határ alatt, 1 pedig a fölött van).

(3) Az erdősmecekei kőfejtő gránitjából (3 minta) származó biotitok 325–365 millió éves adatokat mutattak, ami összhangban van az ÁRVA-SÓS és BALOGH (1979) által közölt biotit K–Ar korokkal. Ezen adatok nagyjából megegyeznek a mórággyi–erdősmecekei terület fentebb említett, grániton meghatározott Rb–Sr teljeskőzet-koradataival is (2 a 340–350 millió év körüli határ fölött, 1 pedig az alatt van).

SVINGOR, KOVÁCH (1981) a vizsgálati adatokat összesítő értelmezése szerint a Mórággyi Gránit többfázisú gránitosodás eredményeként jött létre: a legkorábbi magmás esemény kb. 430–400 millió évvel ezelőtt történt (1), a gránitosodás fő — intenzív metasomatózissal és leukokrata telérkőzetek képződésével kísért — időszaka mintegy 335 millió éve ment végbe (2), végül 285–270 millió éve a kiújuló tektonikai aktivitás egyes blokkokban lokális átkristályosodást és aplitképződést eredményezett (3).

BALOGH et al. (1983) a mórággyi és erdősmecekei kőfejtőkből gyűjtött gránitminták biotitszeparátumain K–Ar módszerrel 318 és 352 millió év közti korokat határoztak meg (átlag: 334 ± 11 millió év), amely eredmények lényegében megegyeznek a korábban közölt biotit K–Ar korokkal (ÁRVA-SÓS, BALOGH 1979). E korokat a gránitképződés után végbement kiemelkedéshez (alacsonyabb hőmérsékletű kéregregióba kerüléssel) kapcsolták a szerzők. BALOGH et al. (1983) publikációjában található az első, cirkonon és titanon (mórággyi kőfejtőben gyűjtött gránitból) U–Pb módszerrel meghatározott radiometrikus kor is (365 ± 8 millió év), amelyet a magmás kristályosodás dátumaként értelmezték a szerzők.

BUDA (1985) a mórággyi és kismórággyi kőfejtőkből származó gránitból szeparált biotiton 306 ± 5 és 310 ± 5 millió éves korokat közölt kandidátusi értekezésében, amely adatokat a Rb–Sr módszerrel határoztak meg. E korok a fentebb ismertetett biotitkoroknál némileg fiatalabbak, amit utólagos folyamatok hatásával magyarázott a szerző. Mikroklinből (Erdősmeceke) K–Ar módszerrel 288–298 millió éves kort határoztak meg, amely adat részint a mikroklin alacsony záródási hőmérsékletével hozható összefüggésbe.

DUNKL (1990) cirkonon, titanon és apatiton végzett hasadványnyom (FT) analízisei a gránittest késői hőttörténetéről adtak információt. Ezek értelmében a Mórággyi Gránitot bizonyosan nem érintette számottevő metamorfózis a kréta tektonogenezis során, amit az „idős” cirkon és titanit FT korok (250–215 millió év) jeleznek. A lényegesen alacsonyabb „záródási hőmérsékletű” apatitok koradatai (84–48 millió év) gyenge hőhatást jeleznek, ami összefügghet az alpi orogenezissel, illetve a területen igen jellemző kréta magmatizmussal.

Az üveghutai kutatásokhoz kapcsolódva BUDA (1998) közölt újabb koradatokot, részletesebb értelmezés nélkül. Az Üh–1 fúrás monzonitos kőzeteiből szeparált biotiton a korábbi biotit K–Ar adatokkal egyező $330,5$ és $318,8\pm 12$ millió éves K–Ar korok adódtak.

KLÖTZLI et al. (1999) és BUDA et al. (1999) mórággyi és erdősmecekei gránitmintákból szeparált cirkonok egyedi kristályain U–Pb módszerrel meghatározott korait közölték. Az adatok alapján kétféle magmás fejlődést valószínűsítettek (nyúlt, prizmás cirkonok: 377 ± 5 , zömök, táblás cirkonok: 363 ± 13 millió év), az igen idős korokat (619 ± 18 millió év) pedig átöröklött, kadomi kéregfragmentumokból származtatható cirkonkristályokkal hozták összefüggésbe.

BUDA (1999) és BUDA et al. (1999) az Üh–2 és Üh–3 fúrásokból származó káliföldpát-megakristályokon meghatározott Pb–Pb modell korokat (375 – 350 , illetve 350 – 300 millió év) a már említett kétféle magmás fejlődési modell újabb bizonyítékának tekintették.

CSERNÜSOV et al. (2002) elsőként végzett komplex — K–Ar ásványi and Rb–Sr ásványi és teljeskőzet- — kor meghatározást azzal a következtetéssel, hogy a 317 – 319 millió éves korok későbbi — valószínűleg metamorf — eseményt rögzítenek. Az adatok a jelen cikk további részének alapjául szolgáló adatbázisba kerültek, ezért itt nem részletezzük azokat.

KLÖTZLI et al. (2004) újabb, Pb–Pb és U–Pb–Th (SHRIMP) módszerrel egyedi kristályokon meghatározott cirkonkorokat közölték (nyúlt, prizmás cirkonok: 354 ± 5 , zömök, táblás cirkonok: 339 ± 10 millió év). A cirkonok a mórággyi és az erdősmecekei kőfejtők gránitmintáiból származtak. Értelmezésük szerint az idősebb kor a magmás fejlődés korai fázisához köthető, míg a fiatalabb kor a granitoid magma benyomulását (az intrúzió korát) képviselheti. Az egyes cirkonszemcséken kapott igen idős korok (~ 500 , ~ 620 , 1150 – 1200 millió év) „átöröklött”, korábbi kéregmaradványokból származó cirkonok jelenlétével magyarázhatók.

A fentiek alapján az a következtetés vonható le, hogy az eddigi elemzések nyomán az alábbi korintervallumok különböztethetők meg:

— 252 millió év és idősebb, leukokrata kőzettelérek; értelmezés nincs (a hazai Rb–Sr módszeres meghatározás nem problémamentes).

— 273–298 millió év, gránitkőzetek; az egyetlen értelmezést SVINGOR, KOVÁCH (1981) adta, mely szerint ez az utolsó (retrográd) metamorf esemény kora (a Rb–Sr módszeres korok hazai meghatározása nem problémamentes).

— 300–377 millió év, gránitkőzetek, az adatok különböző „súlypontjaival”; kétféle interpretáció ismeretes:

— magmás esemény, a gránit képződésétől, a kristályosodás kezdetén, magmás kristályosodáson át egészen a lehűlésig; e koncepció keretében két magmás fázist különítettek el, határukat kb. 350 millió évre téve;

— metamorf esemény.

— >500 millió év (egészen 1200-ig): idős kéregmaradványokból átöröklődve.

A 316–326 millió éves kor metamorf eredetére vonatkozó feltételezés az, amely a legjobban egyezik az új, részletes földtani és tektonikai vizsgálatokkal (BALLA 2004; MAROS et al. 2004). Ezért az IGEM laboratóriumában, amely ezt a feltevést körvonalazta (CSERNÜSOV et al. 2002), folytattuk le az új radiometrikus elemzéseket. Eredményeikről az alábbiakban számolunk be.

Elemzési módszerek

Többszörös események kormeghatározásának elvi megközelítése

A kőzetekre hatással volt többszörös események kormeghatározása általában két célt szolgál. Az egyik a kőzet elsődleges korának megállapítása, ennek érdekében célszerű bizonyos izotópos módszereket alkalmaznunk, amelyekről bebizonyosodott, hogy eredményesen különböztetik meg a használt izotóprendszer nyitott és zárt viselkedését. A másik cél a másodlagos korok meghatározása, amely arra alapul, hogy bizonyos körülmények közepette különböző izotóprendszerek eltérő stabilitást mutatnak, és amely általában több izotópos módszer egyidejű alkalmazására támaszkodik.

Úgy döntöttünk, hogy a Mórógyi Gránit részletes kormeghatározásához többféle ásványt tanulmányozunk. A cirkont, U–Pb rendszerével, a magmás kristályosodás korát leginkább jellemző ásványként (RODDICK, BEVIER 1995; McCLELLAND, MATTINSON 1996; CONNELLY 2000; SCHMITZ, BOWRING 2001) választottuk ki. Az amfibolt olyan K–Ar rendszerrel rendelkező ásványként jelöltük ki, amely a lépcsős hevítéssel működő ^{40}Ar – ^{39}Ar módszerrel integritás ellenőrzéséhez használható (McDOUGALL, HARRISON 1988). A bitotitot olyan ásványnak tekintettük, amelynek K–Ar és Rb–Sr izotóprendszerében szuperponálódott folyamat hatására könnyen új egyensúly áll be (VILLA 1998; GILETTI 1991), ami lehetőséget ad későbbi folyamatok kormeghatározásához. Végül a teljeskőzetmintákat a gránitmagmatizmus klasszikus izokrón Rb–Sr kormeghatározásának (FAURE 1986) érdekében vizsgáltuk.

Izotópos módszerek

K–Ar és ^{40}Ar – ^{39}Ar módszer

A káliumot lángfotometriával határoztuk meg az ásványfrakciók savas feltárása után. Az argon kivonása és izotóp-összetételének meghatározása egy módosított MI–1201–IG tömegspektrométeren történt, amelyet egy ala-

acsony háttérértéket biztosító argonleválasztó rendszerrel kapcsolunk sorba. A radiogén ^{40}Ar koncentrációját izotóphígításos módszerrel, ^{38}Ar monoizotóp nyomjelzővel határoztuk meg.

Az ^{40}Ar – ^{39}Ar vizsgálatot az Orosz Tudományos Akadémia (OTA), Szibériai Tagozat, Trofimuk Egyesült Földtani, Geofizikai és Ásványtani Intézetében (Novoszibirszk, Oroszország) végezték. Az amfibolmintákat ismert K–Ar korú ellenőrző mintákkal együtt gyors neutronokkal sugárolták be. Az argont 1200 °C-ig tartó lépcsős hevítéssel választották le. A leválasztott argon izotóp-összetételét Micromass VG–5400 tömegspektrométeren statikus üzemmódban (BRAGIN et al. 1999) határozták meg.

Rb–Sr módszer

Minden egyes mintát feltárás előtt ^{84}Sr – ^{85}Rb -ban dúsított nyomjelzőt adtunk. A teljeskőzetminta-porokat Milestone® Ethos Plus mikrohullámú feltáróban tartuk föl tömény HF (3 ml) and HNO_3 (3 ml) keverékében. E célból 100 ml-es TFM teflon csészéket és Milestone® 1000/10 rotort használtunk. A mikrohullámos feltárás előtt a mintákat HNO_3 -ban főztük, hogy így kioldjuk a szulfidokat. A mikrohullámos feltárás 220 °C-on 20 percig tartott, s utána nem volt látható maradék.

Az ásványfrakciókat (az apatit kivételével) HF– HNO_3 keverékben légköri nyomáson tartuk föl tefloncsészékben, egy éjszakán át 110 °C-on tartva azokat. Az apatitot tömény HNO_3 -ban tefloncsészékben, ugyanolyan körülmények közepette tartuk föl. Az oldatok bepárlódása után a mintákat tömény HCl-ben oldottuk, majd újra bepároltuk, 2,45N HCl-ben oldottuk, majd kromatográfiai oszlopokra vittük fel a Rb és Sr elválasztása érdekében. Az oszlopokat 3,5 ml Dowex 50×8 kationcserélő gyantával töltöttük föl.

A Rb és Sr izotópösszetételt egy Micromass® Sector 54 hétkollektoros tömegspektrométeren határoztuk meg. A rubídiumot egy három fűtőszálas készülék külső Ta fűtőszájlára vittük, és statikus multikollektoros módszerrel mértük. A stronciumot — 1 ml 10%-os H_3PO_4 -oldattal együtt — egy egy fűtőszálas készülék Ta fűtőszájlára vittük föl, és statikus multikollektoros módszerrel mértük. A stronciumadatokat a frakcionáció figyelembevételével $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0,1194$ értékre korrigáltuk. A vizsgálatok két szakasza (2002 májusa és 2004 február–márciusa) során az SRM–987 standard $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ értéke 0,71016 és 0,71028 volt. Az alább bemutatott adatokat az SRM–987 elfogadott 0,71025 értékére normalizáltuk.

A $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ arányt, akárcsak a Rb- és Sr-koncentrációkat izotóphígításos módszerrel határoztuk meg. A $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ bizonytalanságát a mért $^{85}\text{Rb}/^{87}\text{Rb}$ és $^{84}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ hányadok elemzési hibájából számítottuk, s az főleg az első értéktől függ (KOSTITSIN, ZHURAVLEV 1987).

U–Pb módszer

A cirkon vegyi oldását tömény HF-ben valósítottuk meg. Az ásvány és a sav keverékét PFTE-bombákban 205–210 °C-on, több napig tartottuk. A kapott oldatot két részre osztottuk. Az egyikhez ^{208}Pb – ^{235}U izotóp-nyom-

jelzővel adtunk az urán- és ólomkoncentrációk meghatározásához, a másikat nyomjelző nélkül kezeltük az ólomizotóp-összetétel meghatározásához. Az oldatok bepárlása és a maradék megfelelő vegyi formájúvá alakítása után az U-t és a Pb-ot BioRad AG1×8, 200-400 mesh méretű anioncserélő gyantával töltött mikrooszlopokra vittük. A háttérszint az Pb esetében 80 pg, az U-ében 20 pg alatt volt.

Az izotóphányadokat az Orosz Tudományos Akadémia, Kolai Tudományos Központ (Apatitü) Földtani Intézetének Finnigan MAT-262 multikollektoros hőionizációs tömegspektrométerén (TIMS) mérték. A mérések minőségét az SRM-982 ólomizotóp- és az U500 uránizotóp-standard ismételt mérésével ellenőrizték, mindkettőt az USA Nemzeti Szabványügyi és Technológiai Intézetből (National Institute of Standards and Technology, NIST) kapták. A tömegdiszkrimináció a Pb esetében atomegységenként $0,12 \pm 0,04\%$, az U esetében pedig $0,23 \pm 0,04\%$ volt.

A közönséges ólom izotópösszetételét annak érdekében határozattuk meg, hogy a circonból kapott U-Pb adatokat a közönséges ólom figyelembevételével korrigáljuk. Az izotópösszetételt valamennyi izotóphányad ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ és $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) esetében $\pm 0,03\%$ hibával határozták meg egy Neptune (ThermoFinnigan, Németország) típusú MC-ICP tömegspektrométeren. Az ólomizotóp-adatok rendkívül nagy pontosságát azzal érték el, hogy a tömegdiszkriminációt $^{205}\text{Tl}/^{203}\text{Tl}=2,3889$ értékre korrigálták. A Pb vegyi leválasztását a földpátok tömény HF és HNO_3 keverékben történt vegyi föltárása után folytatták le. A közönséges ólom izotópösszetételét az SRM-981 ólomizotóp-standard (NIST, USA) rendszeresen ismételt mérésével ellenőrizték.

A korszámítás és a diagramrajzolás LUDWIG (1991) Isoplot/EX programjának felhasználásával történt, a számítások jórészt a YORK (1969) által bevezetett algoritmust követték. Valamennyi elemzési hibát a középérték 2σ szórásaként fejezték ki, kivéve a K-Ar adatokét.

Minták

A Mórági Gránit kormeghatározásához 23 gránitmintát vettünk fűrómagokból. Tíz minta granodioritból áll, öt monzodioritból, a többi milonit és egy aplít. A monzodiorit nemcsak abban különbözik a granodiorittól, hogy kevesebb benne a kvarc, és több az amfibol, hanem a kőzetalkotó biotit optikai jellegeiben is (pleokróosság és abszorpció). A kőzetek zöme gneiszes, átkristályosodott, részben milonitosodott, és alacsony hőmérsékletű átalakulást szenvedett. Csak kevés mintán maradt meg a magmás szövet és a tömeges szerkezet. A többi kőzet szerkezete gneiszes, lencsésen-sávós, szövete komplex, magmás és metamorf (blasztos és kataklasztos) jellegű. Mindezen mintákban a magmás ásványok kristályai deformálódtak, részben vagy teljesen granulálódtak, kataklázist és átkristályosodást szenvedtek. A káliföldpát és a plagioklász egyedi kristályokban, míg a kvarc szemcsék és a biotitpikkelyek halmazokként közel monomine-

ralikus és egymással közel párhuzamos lencsákat és sávokat alkotnak. A gneiszes és a lencsésen-sávós szerkezetet ugyanolyan irányú finomszemű zónák és szélek emelik ki, minat amelyek milonitosodás és későbbi blasztézis, metasomatózis és hidrotermális elváltozás hatására keletkeztek. Az újonnan keletkezett metamorf ásványok (epidot, másodlagos biotit, szórványos szericit) e zónákban jelentős szerepet játszanak.

Vizsgálatainkban háromféle mintaméretet alkalmaztunk. A minták nagy része közepes, 0,5-1,5 kg súlyú volt; néhány mintát viszonylag nagy, 5-10 kg súlyú magdarabként vettünk. A milonitokat és aplitokat igen apró, 25-50 g-nál kisebb kőzetdarabokkal mintáztuk.

Minden egyes mintát acélmozsárban törtünk <1 mm méretre. A következő lépésben a nagy- és közepes méretű mintákat többszörösen feleztük, majd az $1/8-1/32$ frakciókat, akárcsak a teljes kisméretű mintákat, tárcsásmalomban finom porrá őröltük. A nagy- és közepes méretű minták nagyobb részeit szitáltuk és standard elektromágneses szétválasztással és nehézfolyadékos technikával ásványfrakciókra bontottuk. Minden egyes ásványfrakciót binokuláris mikroszkóp alatt kézzel válogattunk szét. A válogatás során a circonfrakciókat morfológiai típusokra bontottuk a szemcsék alakja, színe és átlátszósága alapján.

Rb-Sr és K-Ar vizsgálatra az Üh-22A, az Üh-22B és az Üh-2A minta egy-egy biotitfrakcióját választottuk ki. Csak a nagyméretű, sötétbarna szemcséket emeltük ki, hogy elkerüljük a primer biotit klorittal és finomabb szemcsés másodlagos biotittal való szennyezését. Az Üh-22A minta és biotitja a mórági granitoidok legkevésbé elváltozott anyaga, míg az Üh-22B és az Üh-2A erősebben elváltozott. A gyengébben és erősebben elváltozott kőzetek biotitja eltér a deformáció fokában, amely azonban nem ismerhető föl világosan binokuláris mikroszkóp alatt, viszont könnyen észlelhető vékonycsiszolatban.

Az $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ elemzésekre szánt amfibolfrakciókat a nagyméretű Üh-18, Üh-23, Üh-27 és Üh-31A mintákból válogattuk le. Ezek a minták az amfibol másodlagos elváltozásában egymástól különböznek, ebben a vonatkozásban az Üh-23 a legkevésbé elváltozott. Az erősebben elváltozott amfibol részlegesen átkristályosodott, és másodlagos klorittal helyettesítődött. A legkevésbé elváltozott amfibol is kloritosodott, azonban nem deformálódott és nem kristályosodott át.

Az U-Pb izotópvizsgálatra a circonokat nagyméretű mintákból válogattuk le. Többnyire két változat van jelen: hosszúoszlopos és rövidoszlopos, az utóbbi szemcséi néha izometrikusak, az oszlop- és a gúlapok egyforma fejlettségével. Átmeneti változatok szintén előfordulnak. Az ásvány- és folyadékzárványok valamennyi circontípusban bőségesek. Alakjuk ellenére minden szemcse szuperonálódott folyamatok hatását mutatja: töredezték, repedés menti folyadékzárványokkal vannak tele, és néha furcsán orientált zárványokat tartalmaznak, amelyek metszik a növekedési zónásságot. Azonban valamennyi morfológiai típusba tartozó szemcse igen jól fejlett lapokkal

rendelkezik, és nem mutat reszorpciós jelenségeket. A belső optikai heterogenitás valószínűleg primer magmás növekedési zónássággal kapcsolatos.

Elemzési eredmények

Az ásványokon K-Ar módszerrel kapott koradatokat az 1. táblázatban közöljük. A három biotit izotópkora az elemzési hibahatáron belül azonosnak látszik. A káliföldpát kora világosan kisebb, mint a biotitoké.

Az amfibolminták lépcsős hevítésű ⁴⁰Ar-³⁹Ar vizsgálata (2. táblázat) a különböző gázfrakciók korának bonyolult eloszlását tárta föl. Az Üh-18 amfibolra a korszpektrum simított „lefelé lépcsőzetes” szerkezete mutatja (2. ábra, a). Az Üh-27 minta az előzőtől eltérően inkább „felfelé lépcsőzetes” szerkezetet mutat (2. ábra, c), bár szintén tartalmaz nagyhőmérsékletű, eléggé fiatal korú frakciót. Az Üh-31A amfiboljának korszpektruma „U alakúhoz” közelít,

1. táblázat. A Mórággyi Gránit ásványainak K-Ar izotópos koradatai

Minta	Mélység (m)	Ásvány	K, wt.%±1σ	⁴⁰ Ar _{rad.} , ng/g±1σ	T, Ma±1σ
Üh-22A	395,1-395,3	biotit	7,19±0,06	178,4±1,4	326±4
		káliföldpát	11,26±0,09	243,5±2,0	288±4
Üh-22B	465,7-466,0	biotit	7,17±0,06	171,8±1,4	316±4
Üh-2A	157,4-157,7	biotit	7,16±0,06	172,5±1,4	318±4

utolsó magashőmérsékletű lépcsőjének meglepően idős (több mint 2400 millió éves) korával (2. ábra, a). Az egyetlen minta, amelynek korszpektrumában elég hosszú (a leválasztott ³⁹Ar több mint 80%-át átfogó) lapos szakasz (plató) van, az Üh-23 (2. ábra, b); platókora 392,3±1,4 millió év.

Az Üh-22A és az Üh-22B minta Rb-Sr izotópadatát a 3. táblázatban mutatjuk be. A minták mindkét ásvány-izokrónjára (3. ábra, a, b) az elemzési pontok nagy szórása jellemző. Bár az izokrónok egyenesen futnak át a biotit-pontokon, a többi ásvány nem esik ezekre az egyenesekre. A pontok jelei 3-5-szörte nagyobbak, mint az elemzési hibák, így egyes pontok esetében az eltérés az izokrónról 10-30-szor nagyobb a hibánál. Az Üh-22A minta esetében az izokrón Rb-Sr kor 317,6±1,1 millió év, és a négyzetes középhiha 1014. Az Üh-22B esetében az ásványizokrón 319,5±1,8 millió éves Rb-Sr kort ad (a négyzetes középhiha 82). Megjegyezzük, hogy bizonytalansági tartományon belül ez a két kor nem különbözik egymástól. Az elemzési pontok szóródásában nem figyelhető meg valamilyen egyszerű szabályszerűség.

A teljeskörzet-mintákra kapott Rb-Sr izotópadatokat a 4. táblázatban és a 3. ábra, c izokrónogramján mutatjuk be. Az elemzési pontok eloszlása túl bonyolult ahhoz, hogy az egész sorozatot egyazon közös vonallal írjuk le. A pontoknak legalább három csoportja különíthető el, a

2. táblázat. A Mórággyi Gránit amfiboljának lépcsős hevítéssel kapott ⁴⁰Ar-³⁹Ar adatai

Lépcső	T °C	AGE, Ma ± 2σ	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar ± 2σ	³⁸ Ar/ ³⁹ Ar ± 2σ	³⁷ Ar/ ³⁹ Ar ± 2σ	³⁶ Ar/ ³⁹ Ar ± 2σ	Halmazott ³⁹ Ar, %
Granodiorit Üh-18 (38,3-39,2 m)							
1	550	443,5 ± 58,2	52,0 ± 7,7	0,835 ± 0,030	8,40 ± 0,39	0,472 ± 0,028	2,9
2	700	236,2 ± 35,9	26,1 ± 4,2	0,308 ± 0,011	1,63 ± 0,29	0,603 ± 0,017	6,7
3	820	389,3 ± 4,7	44,9 ± 0,6	0,634 ± 0,003	14,9 ± 0,1	0,086 ± 0,002	44,3
4	950	370,0 ± 2,4	42,5 ± 0,3	0,625 ± 0,002	14,5 ± 0,1	0,045 ± 0,001	92,3
5	1150	335,9 ± 13,2	38,2 ± 1,6	0,763 ± 0,013	15,2 ± 0,1	0,364 ± 0,006	100
Granodiorit Üh-23 (299,1-299,5 m)							
1	500	345,7 ± 21,5	39,4 ± 2,7	0,497 ± 0,023	13,3 ± 0,5	0,850 ± 0,033	2,17
2	600	285,0 ± 16,5	31,9 ± 2,0	0,233 ± 0,010	3,31 ± 0,10	0,408 ± 0,008	4,85
3	700	399,3 ± 6,1	46,2 ± 0,8	0,432 ± 0,006	7,27 ± 0,05	0,251 ± 0,003	10,1
4	790	391,3 ± 2,4	45,1 ± 0,3	0,696 ± 0,002	13,5 ± 0,03	0,042 ± 0,001	36,8
5	860	392,2 ± 2,2	45,3 ± 0,2	0,693 ± 0,002	13,2 ± 0,02	0,019 ± 0,001	68,6
6	970	394,1 ± 3,2	45,5 ± 0,4	0,692 ± 0,002	13,2 ± 0,02	0,049 ± 0,001	92,7
7	1100	349,7 ± 4,2	39,9 ± 0,5	0,645 ± 0,002	12,5 ± 0,03	0,173 ± 0,002	100
Monzodiorit Üh-27 (309,7-310,6 m)							
1	600	322 ± 12	37,6 ± 1,6	0,256 ± 0,014	0,200 ± 0,417	0,116 ± 0,005	12,5
2	770	360,8 ± 9,5	42,5 ± 1,2	0,242 ± 0,005	0,084 ± 0,175	0,079 ± 0,004	23,1
3	900	385,2 ± 5,3	45,7 ± 0,7	0,867 ± 0,002	0,017 ± 0,035	0,026 ± 0,002	76,9
4	1030	388,2 ± 5,3	46,1 ± 0,7	1,050 ± 0,004	0,047 ± 0,099	0,038 ± 0,002	96,3
5	1200	277,0 ± 14,8	31,9 ± 1,8	1,120 ± 0,011	0,273 ± 0,570	0,367 ± 0,007	100
Granodiorit Üh-31A (18,6-20,4 m)							
1	500	522,2 ± 29,2	63,8 ± 4,1	0,453 ± 0,045	2,60 ± 0,10	0,711 ± 0,017	3,09
2	650	494,1 ± 5,5	59,9 ± 0,7	0,115 ± 0,003	0,451 ± 0,066	0,225 ± 0,002	12,2
3	770	411,5 ± 17,1	48,7 ± 2,2	0,361 ± 0,010	7,77 ± 0,09	0,335 ± 0,008	19,0
4	850	352,0 ± 2,0	41,0 ± 0,1	0,579 ± 0,003	15,8 ± 0,1	0,081 ± 0,001	74,8
5	920	356,8 ± 6,1	41,6 ± 0,8	0,606 ± 0,004	15,6 ± 0,1	0,247 ± 0,003	88,6
6	1000	429,3 ± 16,1	51,1 ± 2,1	0,726 ± 0,010	21,4 ± 0,2	0,324 ± 0,008	98,6
7	1150	2458 ± 100	552 ± 41	2,20 ± 0,14	2,79 ± 0,77	8,61 ± 0,40	100

3. táblázat. A Mórággyi Gránit ásványfrakcióinak Rb-Sr izotópadatai

Minta	Összetétel	Rb (ng/g)	Sr (ng/g)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
Üh-22A	apatit	1,16	525,00	0,0064	0,0024	0,706976	0,00002
	plagioklász	21,7	1264,00	0,0496	0,0020	0,707932	0,000018
	titanit	3,69	104,00	0,1024	0,0055	0,707997	0,000035
	kálföldpát	231,00	1105,00	0,6047	0,0019	0,709745	0,000023
	amfibol	140,00	244,00	1,6620	0,0043	0,715590	0,000030
	biotit	615,00	7,99	222,78	0,54	1,71425	0,00027
Üh-22B	titanit	4,53	94,80	0,1384	0,0071	0,707869	0,000028
	amfibol	34,80	214,00	0,4710	0,0056	0,709749	0,000034
	biotit	605,00	8,86	197,53	0,48	1,60556	0,00051

megfelelő vonalakkal. Az egyik az, amely a kisméretű minták milonitjaiból áll; ez a csoport egy 321 ± 22 millió éves (négyzetes középhibája 85) izokrón mentén nyúlik el. Egy másik csoportba tartozik csaknem valamennyi granodioritminta; a pontok az előzőek fölött, egy 292 ± 25 millió éves (négyzetes középhibája 8,6) izokrón mentén szóródnak, közel párhuzamosan a milonitokéval. Végül a harmadik, többé-kevésbé nyilvánvaló csoport monzodioritokból és három granodioritból áll, amelyek nem illeszkednek az előbbiekhöz; izokrónjuk (479 ± 55 millió év, négyzetes középhiba 100) meredekebb a milonit- és a granodioritvonalhoz képest. Elemzési hibájuk figyelembevételével az első két kor nem különbözik egymástól.

4. táblázat. A Mórággyi Gránit teljeskőzet-mintáinak Rb-Sr izotópadatai

Minta	Mélység (m)	Összetétel	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$
Közepes súlyú teljeskőzetminták								
Üh-4A	237,8–237,8	monzodiorit	177	432	1,184	0,003	0,713621	0,000011
Üh-4B	252,4–252,6	monzodiorit	194	568	0,988	0,004	0,712611	0,000015
Üh-22A	395,1–395,3	monzodiorit	204	785	0,753	0,003	0,710610	0,000016
Üh-22B	465,7–466,0	monzodiorit	190	856	0,642	0,013	0,710212	0,000013
Üh-2A	157,4–157,7	granodiorit	219	493	1,285	0,003	0,714521	0,000012
Üh-2B	246,5–246,7	granodiorit	192	478	1,165	0,003	0,714367	0,000014
Üh-2C	268,8–269,1	granodiorit	180	455	1,149	0,005	0,714223	0,000018
Üh-23A	178,4–148,6	granodiorit	206	454	1,314	0,004	0,714685	0,000014
Üh-23B	206,6–206,9	granodiorit	189	517	1,058	0,003	0,713741	0,000012
Üh-23C	299,5–299,7	granodiorit	188	474	1,147	0,003	0,714339	0,000014
Nagy súlyú teljeskőzetminták								
Üh-18	38,3–39,2	granodiorit	229	384	1,727	0,005	0,716783	0,000015
Üh-18A	48,3–49,0	granodiorit	199	395	1,455	0,005	0,715666	0,000019
Üh-23	299,1–299,5	granodiorit	197	497	1,148	0,004	0,714362	0,000017
Üh-27	309,7–310,6	monzodiorit	227	547	1,203	0,004	0,713775	0,000015
Üh-31A	18,6–20,4	granodiorit	213	387	1,593	0,005	0,716167	0,000015
Kis súlyú teljeskőzetminták								
Üh-25A	106,8	aplit	202	218	2,682	0,001	0,719236	0,000063
Üh-25B	108,2	mylonit	104	342	0,881	0,001	0,712370	0,000030
Üh-25C	130,9	mylonit	223	613	1,053	0,001	0,713042	0,000042
Üh-26A	105,1	mylonit	184	156	3,417	0,002	0,724111	0,000115
Üh-26B	125,6	mylonit	222	370	1,733	0,001	0,716808	0,000057
Üh-26C	161,6	mylonit	269	406	1,915	0,001	0,717144	0,000057
Üh-29A	100,2	mylonit	341	341	2,892	0,001	0,721320	0,000076
Üh-29B	137,2	mylonit	183	338	1,564	0,001	0,715476	0,000050

5. táblázat. A Mórággyi Gránit földpátjainak ólomizotóp-összetétele

Minta	Mélység (m)	Kőzet	Ásvány	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
Üh-18	38,3–39,2	granodiorit	kálföldpát	18,118	15,615	38,196
			plagioklász	18,281	15,620	38,361
Üh-18A	48,3–49,0	granodiorit	kálföldpát	18,117	15,616	38,204
			plagioklász	18,263	15,611	38,315
Üh-23	299,1–299,5	granodiorit	kálföldpát	18,115	15,613	38,186
			plagioklász	18,151	15,611	38,209
Üh-27	309,7–310,6	monzodiorit	kálföldpát	18,087	15,607	38,159
			plagioklász	18,301	15,618	38,456
Üh-31A	18,6–20,4	granodiorit	kálföldpát	18,106	15,607	38,162

A bemutatott izotóphányadok analitikai hibája 0,03%-nál (2) kisebb. Ezt az SRM-981 izotópszenderd ismételt mérésével határoztuk meg, amelyen $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16,9406$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,4988$, and $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36,7224$ értékeket kaptunk.

A közönséges ólom izotóppozsételét (5. táblázat) öt nagysúlyú minta földpátjából határoztuk meg. Az adatokat valamennyi mintából mind plagioklászra, mind kálföldpátra kaptuk, kivéve az Üh-31A mintát, amelynek csak kálföldpátját elemeztük. Az egyazon minta földpátjaira kapott ólomizotóp-összetételek szisztematikusan eltérnek egymástól. A $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ és $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ hányadok rendszeresen kisebbek a kálföldpátokban, mint a plagioklászokban. Abból kiindulva, hogy ez az izotóppozsétételekben mutatkozó eltérés esetleg a plagioklászok másodlagos elváltozásából származhat, ahhoz, hogy az U-Pb cirkonadatokat a közönséges ólom jelenlétét figyelembe vevő módon korrigáljuk, a kálföldpátokból kapott adatokat használtuk.

6. táblázat. A Mórógyi Gránit cirkonjának U-Pb izotópadatai

Frakció ¹⁾ No.	Frakció tömege, mg	Pb, ppm	U, ppm	Mért hányad ²⁾			Atomhányad ³⁾				Rho ⁴⁾ / ²³⁵ U	Kor, M év ⁵⁾	
				²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U	±2σ, %	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U	±2σ, %		²⁰⁷ Pb*/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*
Granodiorit Üh-18 (38,3-39,2 m)													
1	2,1	37,7	619,0	234	8,5931	3,5708	0,3457	0,7	0,04659	0,7	0,54	301	294
2	1,2	81,1	1340,7	210	8,0886	3,2912	0,3332	0,7	0,04481	0,7	0,55	292	283
3	1,6	97,9	1614,5	196	7,7445	3,0800	0,3291	0,7	0,04380	0,7	0,53	289	276
Granodiorit Üh-18A (48,3-49,0 m)													
1	4,05	43,3	794,0	481	11,968	5,3408	0,3507	1,0	0,04791	0,5	0,48	305	302
2	5,4	73,2	1353,5	505	12,145	5,3827	0,3508	0,5	0,04771	0,5	0,86	305	300
3	4,05	30,1	557,0	488	11,908	5,2264	0,3523	0,5	0,04734	0,5	0,8	306	298
4	4,75	80,3	1533,6	571	12,639	5,4122	0,3432	0,5	0,04655	0,5	0,93	300	293
Granodiorit Üh-23 (299,1-299,5 m)													
1L	3,55	35,0	387,5	235	8,4751	3,4883	0,5292	1,1	0,06871	1,1	0,78	431	428
1R	3,55	65,9	1107,4	238	8,5558	3,5215	0,3478	1,0	0,04544	1,0	0,81	303	286
2	2,6	45,1	722,3	168	7,0654	2,7527	0,3215	1,1	0,04280	1,1	0,94	283	270
3	2,6	55,8	1103,3	421	11,321	4,6563	0,3181	0,5	0,04307	0,5	0,74	280	272
4	2,9	85,2	1651,0	421	11,337	4,6641	0,3239	1,0	0,04397	1,0	0,49	285	277
Monzodiorit Üh-27 (309,7-310,6 m)													
1	0,6	50,2	694,5	1694	15,743	4,6094	0,4909	1,0	0,06486	0,9	0,95	406	405
2	1,2	87,9	1476,1	1948	16,286	3,6029	0,3801	0,5	0,05116	0,5	0,86	327	322
3	1,25	83,0	1420,1	1178	15,056	3,7531	0,3732	0,5	0,05012	0,5	0,79	322	315
Granodiorit Üh-31A (18,6-20,4 m)													
1L	2,55	21,1	396,1	4671	17,647	8,6127	0,3882	0,5	0,05260	0,5	0,74	333	330
2L	2,95	34,0	668,9	3166	17,226	8,8082	0,3694	0,5	0,05014	0,5	0,69	319	315
1R	2,55	42,6	825,8	4271	17,563	8,5805	0,3754	0,5	0,05088	0,5	0,87	324	320
2R	2,95	24,8	489,4	3326	17,295	8,8051	0,3684	0,5	0,05001	0,5	0,79	318	315

¹⁾ Szelektív kioldás esetén L = oldat, R = oldási maradék.

²⁾ Minden izotóphányadot üres mintára (Pb = 80 pg és U = 20 pg) és atomtömegegységenként 0,12±0,04% tömegdiszkriminációra korrigáltunk.

³⁾ A közönséges ólomra korrigált értékek, minden egyes mintát a megfelelő káliföldpátkban mért értékre (5. táblázat) korrigáltunk.

⁴⁾ Rho = A ²⁰⁷Pb*/²³⁵U és ²⁰⁶Pb*/²³⁸U hányadra kapott hibák korrelációs együtthatója.

⁵⁾ A korokat a nemzetközileg elfogadott ²³⁸U/²³⁵U = 137,88 állandókkal számítottuk.

Az U-Pb cirkonadatokat a 6. táblázatban láthatjuk. Minden egyes mintából legalább két cirkonfrakciót vizsgáltunk. Valamennyi adatot a közönséges ólom káliföldpátkból kapott izotóppozsetételeivel korrigáltuk. Ez különösen fontos volt a kis ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb hányaddal rendelkező minták esetében, amely igen magas közönséges-ólom-tartalomnál jellemző.

Üh-18 minta (4. ábra, a). A három cirkonpont egyformán diszkordáns és messze esik a diszkordia felső metszéspontjától és a 323±180 millió évnél lévő konkordiától. Bár a diszkordia négyzetes középhibája (2,2) elfogadhatónak látszik, a kor igen kevésbé tűnik valószínűnek.

Üh-18A minta (4. ábra, b). A négy cirkonpont nem esik semmiféle közös vonalra, és egyformán diszkordáns. Nincs lehetőség kormeghatározásra.

Üh-23 minta (4. ábra, c). Négy különböző cirkonfrakciót elemeztünk. Az első frakciót frakcionális kioldással kezeltük. Az 1. cirkonfrakció oldási maradéka és a minta egyéb cirkonjai egy 280 millió év körüli konkordiapont környékén csoportosulnak, s mind diszkordáns. Az 1. cirkonfrakció kilúgozott része közel konkordáns a 428-431 millió éves szint környékén. Közös vonal vagy kormeghatározás nem lehetséges.

Üh-27 minta (4. ábra, d). Három elemzett cirkonfrakció egy elfogadható diszkordia mentén húzódik, felső met-

széspontja 409±88 millió év körül van (négyzetes középhibája 2,8). Az 1. cirkonfrakció kiválóan konkordáns, kora 405±4 millió év.

Üh-31A minta (4. ábra, e). Csak két frakciót elemeztünk, mindkettőt frakcionális kioldással. Nem meglepő, hogy a négy eredménypont tökéletesen illeszkedik a diszkordia felső metszéspontja 360±31 millió évnél van.

A két leginkább konkordáns cirkonpont — az Üh-27-1 és az Üh-23-1L — lehetővé teszi egy új diszkordia megszerkesztését. Ennek alsó metszéspontja 402±13, a felső 675±290 millió évnél van.

Értékelés

A mórógyi granitoidok lefolytatott vizsgálatának eredményeképpen több különböző izotópkort kaptunk. Ez arra mutat, hogy a kőzetek bonyolult fejlődésmenten estek át, ami viszont szükségessé teszi, hogy értelmezzük a kapott adatok jelentését. Az értékelés során azt az egyszerű elvet követjük, hogy a granitoidokban lévő izotóprendszerek (K-Ar, Rb-Sr és U-Pb) több elkülönülő eseményt rögzítenek, amelyek e következők lehetnek: a gránitmagma benyomulása és kristályosodása, a kőzetek későbbi deformációja, végül a kitakaródás.

A benyomulás kora

Egyszerű logikát követve arra a felismerésre juthatunk, hogy a benyomulás kora nem lehet kisebb, mint a izotópkorok legidősebbike. Adatsorunkban a legidősebbek a következő korok: az Üh–27 minta 1. és az Üh–23 minta 1L cirkonfrakciója, több, monzodioritból és granoditból vett teljesközetmintán kapott Rb–Sr kor, végül az Üh–23 minta amfibolján kapott ^{40}Ar – ^{39}Ar platókor. Ezek az izotópkorok egymástól nemcsak értékeikben, hanem megbízhatóságukban is különböznek.

E csoporton belül a legfiatalabb az amfibol platókora, ez bizonyára a gránit lehűlését tükrözi az amfibolokban lévő K–Ar rendszer záródási hőmérséklete alá. Az amfibolokban lévő K–Ar rendszer záródási hőmérséklete elég alacsony, és a lehűlési sebességtől függ (DODSON 1973). Mindenképpen a gránitszolidusz alatt van (HARRISON 1981). Ezért a platókor csak abban az esetben jelezheti a benyomulás korát, ha a pluton lehűlése gyors volt.

A cirkonban lévő U–Pb rendszer záródási hőmérséklete sokkal magasabb, mint az amfibolokban lévő K–Ar rendszeré, jóval a gránitlikvidusz fölé esik (CHERNIAK, WATSON 2001). Az utóbbi, a Zr alacsony oldódási képességével a gránitmagmában (WATSON, HARRISON 1983) gyakran vezet arra, hogy átöröklött cirkonokban kortöbblet marad meg (l. pl. RODDICK, BEVIER 1995; PIDGEON et al. 1996). Ebből a szempontból a két említett U–Pb cirkonkort óvatosan kell értelmeznünk. Az Üh–27 minta cirkonja tökéletesen konkordáns az Üh–23 minta cirkonjához képest, ezért a 405 ± 4 millió éves adat reálisabbnak tűnik. Az Üh–23 cirkon idősebb kora valószínűleg átöröklött komponensek jelenlétét tükrözi. Ez a feltevés összhangban van azzal a ténnyel, hogy az Üh–23 cirkonszemcséiben nagy magok vannak.

A monzodiorit–granodiorit kevert Rb–Sr korát hibásnak véljük az alábbi indoklással. Ezt a kort egy igen széles szóródási sávval jellemezhető izokronából kaptuk, ahol az egyes pontok helyzete véletlenszerű lehet. Ha közelebbről szemügyre vesszük a diagramnak azt a részét, ahol a milonitos és a kevert vonal metszi egymást, megállapíthatjuk, hogy itt a pontok mindkét vonalhoz egyformán rosszul illeszkednek. E pontok nélkül az izokron eltűnik, s egy kétpontos vonallá alakul át, amely laposabban dől és amely jobban hasonlít a másik két teljesközet-izokronra. Ez az eset jól mutatja, hogy milyen bizonytalan eredményt adhat a „szemre való közelítés”. Egy másik megfontolás ahhoz, hogy a kevert vonalnak bármilyen korjelentőséget tulajdonítsunk, abban rejlik, hogy a kor jóval idősebb, mint a 405 ± 4 millió éves U–Pb cirkonkor, még a Rb–Sr kor nagymértékű (± 55 M éves) hibájára gyelemmel is.

Bár a cirkon magmás kristályosodása a granitoidokban viszonylag korán megy végbe a kőzetalkotó ásványokhoz képest, az U–Pb cirkonkorok általában igen közel állnak a feltételezett benyomulási korokhoz. A 405 ± 4 millió év ezért a legjobb közelítése a mórági intrúzió képződési korának. Az U–Pb kor és az Üh–23 amfibol platókorának eltérése a pluton benyomulás utáni lassú lehűlésével állhat

kapcsolatban. Az utóbbi állítás feltételes módja főleg azt tükrözi, hogy kevés az ^{40}Ar – ^{39}Ar adat.

Egy szuperponálódott esemény kora

Az a gondolat, hogy legalább egy késői, szuperponálódott esemény volt a Mórági Gránit történetében, arra a tényre támaszkodik, hogy valamennyi izotóprendszer zavart. A vizsgált cirkonok nagy része diszkordáns, és pontjaik a konkordia alatt, annak 280–330 millió éves tartományban helyezkedik el. Jelentős eltérés van az amfibol ^{40}Ar – ^{39}Ar platókora, valamint a K–Ar és Rb–Sr biotitkorok között, amely utóbbiak viszont az elemzési hibakorláton belül nem különböznek egymástól. A többi amfibol ^{40}Ar – ^{39}Ar korszpektruma arra mutat, hogy a K–Ar rendszer zavart.

A K–Ar és Rb–Sr biotitkorok jó egyezése lehetővé teszi, hogy föltételezzük: a 318–320 millió éves kor egy reális folyamatot jelez. Ez a folyamat zavarta meg mindkét izotóprendszert, s indította újra az izotópórakat. A megzavaró folyamat jellegét illetően az ásványkorokhoz igen közel álló milonitizokron ad képet. A folyamat valószínűleg a granitoidok deformációja és ezzel kapcsolatos metamorfózis volt, amely szélső esetben milonitképződésre vezetett. Feltehetőleg ugyanez a folyamat eredményezte a biotitpikkelyek meghajlását és töredezését.

Az amfibolok szakadozott ^{40}Ar – ^{39}Ar korszpektruma lehetővé teszi, hogy arra következtessünk: az ásvány K–Ar rendszerét valamilyen későbbi, kristályosodás utáni folyamat zavarta meg. Az amfibolok a másodlagos elváltozás (kloritosodás) és az átkristályosodás fokában különböznek egymástól. Mivel az Üh–23 amfibol a legkevésbé átkristályosodott, bár közepesen kloritosodott, a legnyilvánvalóbb következtetés az, hogy a zavart az átkristályosodás okozta. A granitoidok átkristályosodása és deformációja között nincs egyértelmű kapcsolat, azonban ilyen kapcsolat feltételezése a legjobb magyarázatnak tűnik.

A vizsgált cirkonfrakciók döntő többségének konkordia alatti helyzete arra mutat, hogy a kristályosodás után a radiogén ólom mennyisége és emiatt a Pb/U hányad is lecsökkent. Az ilyen folyamatot többnyire metamorfózis vagy kitakaródás következményének tekintik. Az ilyen egyszerű, kéteseményes fejlődésben a pontoknak egy közös vonalra kellene esniük, amelynek felső metszéspontja 405, az alsó pedig 320 millió év körül van. A valóságban azonban nem ez a helyzet: a pontok többsége 320 millió év alá esik. Ezért a radiogén ólom mennyiségében fellépő csökkenés jelentős részét kitakaródás és nem metamorfózis következményének kellene tekintenünk. A korszerű Pb-vesztés modellben azt tételezik föl, hogy az U és Th radioaktív bomlásának hatására fellépő kristályrács hibák felhalmozódása szükséges ahhoz, hogy a cirkonból a Pb normál földkéregbeli viszonyok mellett távozzon el (MEZGER, KROGSTADT 1997). Emellett BORIANI, VILLA (1995) feltételezte, hogy a cirkon meglágyulását magas hőmérséklet idézi elő, ezért Pb-vesztés tételezhető fel metamorf folyamatok során is. A két modell összevonásával arra juthatunk, hogy a Pb meny-

nyisége a kitakaródás során csak akkor csökkenhetett, ha elég idő telt el ahhoz, hogy a rácshibák felhalmozódhasanak. További következtetés, hogy a TIMS (hőionizációs tömegspektrometria = Thermal Ionisation Mass Spectrometry) elemzéssel kimutatott ősi alsó metszéspontok inkább két cirkonpopuláció keveredésére, mintsem átható Pb-vesztésre mutatnak (CONNELY 2000).

Mindezt figyelembe véve a 318-320 millió éves korról föltételezhető, hogy az a granitoidok deformáció által kiváltott metamorfózisaként fellépő szuperonálódott eseményt jelzi. Nehéz olyan valószínű folyamatokat értékelni, amelyek a metamorfózis előtt mentek végbe. Erősen valószínű, hogy 405±4 és 318-320 millió év között valóban voltak további események is, azonban ezek nyomát az izotóprendszerben eltörölte az utolsó metamorfózis.

Összkep

Az értékelt izotóperedmények keretében a Mórággy Gránitra az alábbi fejlődésment vázolható föl. A Mórággy Gránit 405±4 millió évvel ezelőtt keletkezett olyan gránitmagmából, amely a forrásából származó vagy a felemelkedési útvonalon a földkéreg anyagából magába szedett idősebb cirkonokat örökölt át. Benyomulása után a pluton lassan hűlt le, s ennek során az amfibol K-Ar izotóprendszer kb. tíz millió évvel később, 392±2 millió év körül záródott be. Több mint 70 millió évvel később — 318-320 millió év körül — a granitoidokat deformáció érte, amely a kőzetek metamorf átkristályosodására és elváltozására vezetett. Ennek során a kőzetekben és ásványokban lévő K-Ar, Rb-Sr és U-Pb izotóprendszer különböző fokú zavarokat szenvedtek el. A zavartság foka attól függött, milyen közel voltak a deformáció feloldódási övei, ahol a granitoidok milonitokká alakultak. A milonitos övekben minden korábbi izotópinformáció törlődött, nemcsak a kőzetek feloldódása, hanem mozgékony fluidummal fellépő kölcsönhatás következtében. A granitoidokkal kölcsönhatásba lépő mozgékony fluidum feltételezése erősen hipotetikus, azonban e nélkül — „száraz” körülményekre — igen nehéz lenne megmagyarázni, hogyan került a milonitok ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀ hányada közel az egyensúlyi értékhez. A mórággyi grani-

toidok izotóprendszerében rögzített utolsó — az izotópgeológusok szemszögéből nézve a leginkább spekulatív, de azért eléggé nyilvánvaló — esemény a kőzetek kitakaródása lehetett. Ez az utolsó esemény vezetett arra, hogy a cirkon kristályrácshibáiból, amelyek a felsőkéreg viszonyai közegette fellépő hőmérsékletcsökkenés során kezdtek kialakulni, Pb távozhatott el.

Következtetések

A mórággyi granitoidok alábbi fejlődésmentét tételezzük föl:

- 405±4 M év: magma benyomulása és kristályosodása;
- 390-395 M év: lehűlés az amfibol K-Ar rendszerének záródási hőmérsékletére;
- 318-320 M év: a granitoidok deformációja és metamorf elváltozása;
- földtörténeti közelmúlt — a granitoidok kitakaródása a felszínen.

A felvázolt időrendi modell látszólagos egyszerűsége ellenére nem minden eleme támasztható alá egyformán. A granitoidok benyomulási és lehűlési korát mindössze két különböző mintára kapott két kor alapján határoztuk meg. Ahhoz, hogy e következtetés megbízhatóságát javítsuk, szükséges volna a cirkonokat tovább vizsgálni, ez a kristályosodási kor megállapításának egyetlen útja. Szélesíteni kellene az amfibolok K-Ar rendszerének tanulmányozását, ez ígér eredményt a granitoidok lehűlésének megismerésében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők hálás köszönetüket fejezik ki Tamara Bajánovának (OTA, Kolai Tudományos Központ, Apatitü) az U-Pb és Viktor Ponomarczuknak (OTA, Szipériai Tagozat, Novoszibirszk) az ^{40}Ar - ^{39}Ar elemzési lefolytatásához rendelkezésre bocsátott vizsgálati eszközökért.

Utószó

A cikkben közölt eredményekből az a következtetés adódik, hogy a Mórággyi Gránit pre-variszkuszi korú, ami ellentétben áll az utóbbi évtizedekben hazai és külföldi kiadványokban megjelent felfogással, de összecseng számos korábbi véleményel.

Dr. F. Finger professzor (Salzburgi Egyetem) lektori véleménye szerint, amelyet Dr. R. Handler és Dr. A. Gerdes urakkal (Salzburgi Egyetem) is egyeztetett, a cirkonok kormeghatározása túlhaladott módszerrel (sokszemcsés frakciókon) történt, s az amfibolokból az Ar-Ar korok meghatározása során a hevítési lépcsők száma nem volt elég ahhoz, hogy bizonyítsák: az argontöbblet valóban idősebb kort jelez. A kapott adatok ellentmondanak KLÖTZLI et al., U és mások adatainak arról, hogy a Mórággyi Gránit variszkuszi korú. Végezetül a lektor a következőket írta: „nem mondhatom biztosan, hogy Satagin et al. eredményei nem pontosak, de egyelőre óvatosságot javasolnék a nyilvánosságra hozatalukkal”.

A szerzők szerint viszont egy módszer eredményei nem ítéletők meg azon az alapon, elég modern-e az illető módszer. Sokszemcsés cirkonfrakciókon világszerte nagyszámú koradatot kaptak és kapnak ma is, amelyek más módszerek

adataival jó összhangban vannak. A szerzők „variszkuszi” koradatai kivétel nélkül diszkordánsak, azaz nem az eredeti kort tükrözik, két konkordáns koradatuk azonban biztosan pre-variszkuszi. A „pre-variszkuszi” kor konkordanciáját és a „variszkuszi” korok világos diszkordanciáját a lektor figyelmen kívül hagyja. A KLÖTZLI et al. (2004) által használt cirkon-elpárologtatás és ionos-mikroszondás vizsgálat jóval kevésbé informatív, mint a szokványos U–Pb módszer, mivel nem ad lehetőséget arra, hogy értékeljék az U–Pb rendszer nyitottságát-zártságát. A szerzők véleménye szerint az Ar–Ar korok meghatározásával kapcsolatban a lektor által mondottak minden alapot nélkülöznek.

A fentiek olyan véleménykülönbséget tükröznek már a módszereket illetően is, hogy nyilvánvaló: további vitákra és vizsgálatokra van szükség. Ezeket a cikk ösztönözheti, ezért a Szerkesztőbizottság annak közlése mellett foglalt állást.

Éghajlatváltozások geokémiai hatásai Magyarország középső és keleti részén

Geochemical fingerprints of climatic changes in Central and Eastern Hungary

FÜGEDI ÜBUL, SZURKOS GÁBOR és VERMES JÁNOS

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: arzén, dolomit, éghajlatváltozás, hideg éghajlat, ivóvíz, karbonátasványok, pleisztocén, redoxi-potenciál, talajvíz, vashidroxidok

Összefoglalás

Magyarország valamennyi településén sikerült a vezetékes ivóvíz arzén-koncentrációját 50 µg/l alá szorítani. A regionális dúsulás természetes eredetű: a pleisztocénben a Kárpát-medence egyfajta regionális geokémiai csapdaként működött, majd az éghajlat változásával ez a csapda „kinyílt”, és a benne zárt arzéntartalom felszabadult. A folyamat döntő tényezője a redoxi-viszonyok változása volt. A száraz és hideg éghajlat másik geokémiai következményként a szél dolomitport fújta Dunántúli-középhegységéből a Duna-Tisza közére. Ezért itt a szikesedést mészakumuláció kíséri, míg a Tiszántúlon, ahová a dolomitporból nem jutott, ez elmarad. A redukció még nem ért véget; a vizoldható arzén utánpótlása folyamatos.

Key words: arsenic, boreal environment, carbonates, climate change, dolomite, drinking water, Eh, ground water, iron hydroxides, Pleistocene

Abstract

The arsenic concentration of conduit water was successfully pressed down under 50 µg/l in every settlement of Hungary. The regional enrichment has a natural origin: in the Pleistocene the Carpathian Basin acted as a kind of a regional geochemical trap, then – with the changes in climate – this trap “opened” and the included arsenic content was discharged. A determinant factor of this process is the change in the redox conditions. Another geochemical consequence of the dry and cold climate is that wind blew dolomite dust from the Transdanubian Range to the Danube-Tisza Interfluve. Thus, here the salinisation is accompanied by lime accumulation, while in the Trans-Tisza area, to where no dolomite dust was transported, it does not occur.

Arzénos ivóvíz Magyarországon

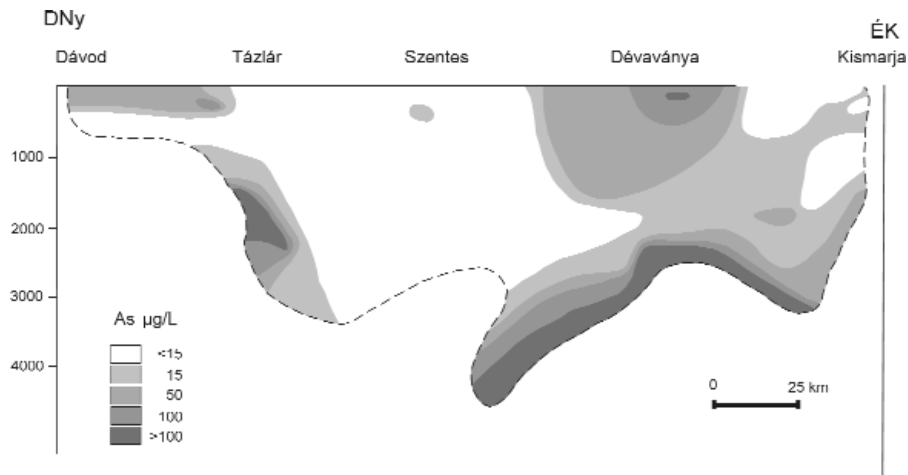
1981 áprilisában ismerték fel, hogy az ivóvízként hasznosított rétegvizek arzéntartalma Magyarország számos településén — főleg a Nagyalföld déli és keleti részén — az akkor érvényes egészségügyi határérték (50 µg/l) többszöröse is lehet. Mintegy 600 000 ember ivott ilyen vizet. Több évtized alatt részben arzénmentesítő eljárásokkal, részben az arzénmentes területekről csővezetéken szállított víz hozzákeverésével gyakorlatilag mindenütt sikerült az ivóvíz arzéntartalmát a magyar határérték alá csökkenteni. Időközben azonban beléptünk az Európai Unióba, és ezért az ivóvíz megengedhető arzéntartalmát kénytelenek vagyunk 10 µg/l-ben maximálni.

Ahhoz, hogy javíthassuk az arzénmentes vizek fel-tárásának és termelésbe vonásának esélyeit, alapvető az

arzéndúsulások genetikájának ismerete. A vizsgálatok igazolták ugyan, hogy a regionális dúsulás természetes eredetű; kialakulásának idejét és mechanizmusát azonban a témával foglalkozó szerzők rendkívül változatos módokon képzelték el.

A jelenséget először leíró közegészségügyi szakemberek (CSANÁDY et al. 1985) úgy vélték, hogy az arzén az Erdélyi-érchegység lepusztult és a medencébe hordott, érces kőzeteiből jut a vízbe, de nem találtak magyarázatot arra, miért van az, hogy egyes helyeken kioldódik, másutt viszont nem.

ERDÉLYI (1990, 1991) szerint az arzén fő forrásai a medence peremén és a Magyar-középhegységben több helyütt húzódó, szigetív típusú (eocén, illetve miocén korú) andezitek. Úgy vélte, minél több andezit volt a Pannon-medence egyes részmedencéinek lehordási terü-



1. ábra. A felszín alatt vizek arzéntartalma ($\mu\text{g/l}$) a Dávod–Kismarja szelvényben (TÓTH et al. 1985 után)

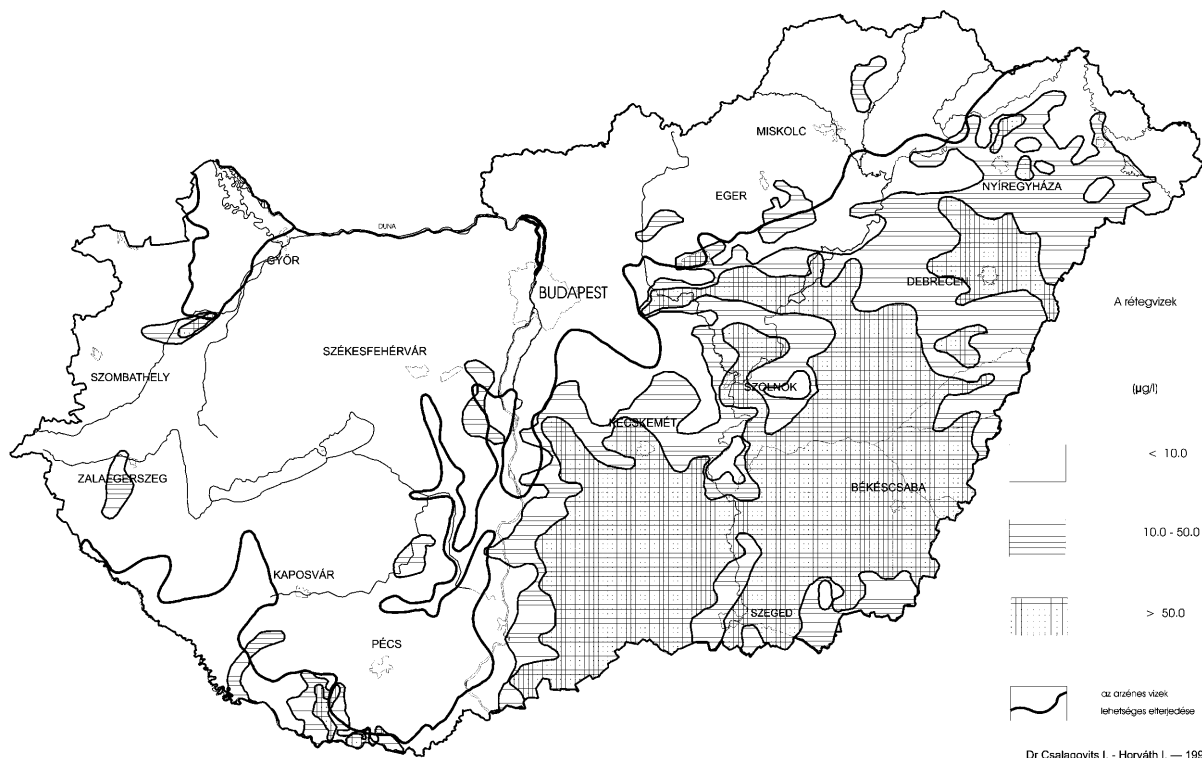
Figure 1. Arsenic content ($\mu\text{g/l}$) of artesian waters in the Dávod–Kismarja section of the Great Hungarian Plain (after TÓTH et al. 1985)

letein, annál több most ezen részmedencék rétegvizeiben az arzén. Ő is lehetségesnek tartotta, hogy az arzén egy részét az Erdélyi-érchegységben beszivárgó vízzel kerül a medencébe.

SZEDERKÉNYI (1990) a medencealjzat karbonátos kőzeteinek metamorfózisából származtatta a rétegvizek arzéntartalmát, és úgy vélte, hogy az a mélytörések mentén áramlik fel. A feláramlási hipotéziseket TÓTH et al. (1985) cáfolták meg, amikor kimutatták, hogy a fiatal üledékek

rétegvizeiben az arzén két szintben dúsul: egyrészt közvetlenül az aljzat fölött (ez lehet metamorfogén), másrészt a felszín közelében. A kettő között, közepes mélységben a víz (többnyire) gyakorlatilag arzénmentes (1. ábra).

CSALAGOVITS (1999) szerint az arzén a fiatal, holocén–pleisztocén folyóvízi üledékekben a vasoxi-hidroxidok felületén kötődött meg, és azért szabadul fel, mert ezek eltemetődve a talajvízszint alá, tehát redukzív körülmények közé kerültek. Felfigyelt a jégkorszaki üledékek és az



2. ábra. A vizsgált településeken mért legnagyobb arzéntartalom és az 50 m-nél vastagabb negyedidőszaki üledékek elterjedése (CSALAGOVITS 1996 után)

Figure 2. Pleistocene layer thickness and arsenic content of artesian waters (after CSALAGOVITS 1996)



3. ábra. Magyarország ártéri üledékeinek arzéntartalma (ÓDOR et al. 1998 után)
 Figure 3. Arsenic in the overbank sediments of Hungary (after ÓDOR et al. 1998)

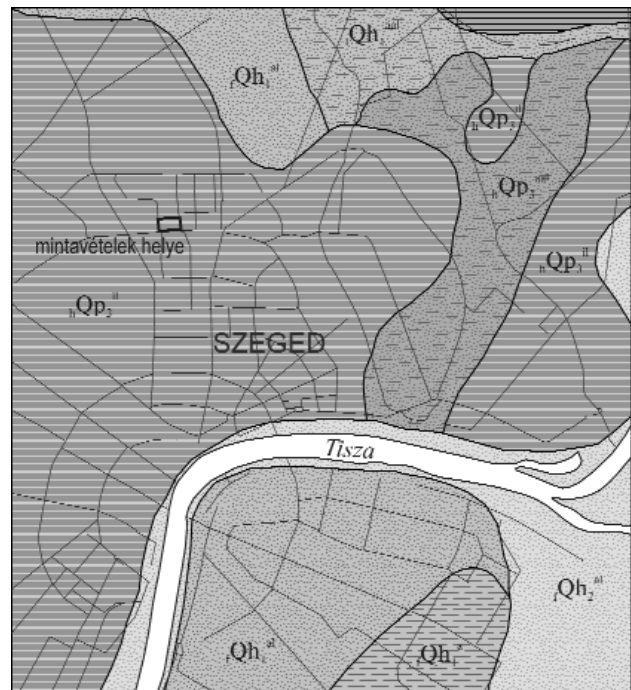
arzénos vizek elterjedésének kapcsolatára: utóbbiak zömével ott várhatók, ahol a pleisztocén rétegek vastagsága 50 m-nél több (2. ábra).

VARSÁNYI, Ó. KOVÁCS (2002) szerint az arzén fémorganikus komplexekben mobilizálódik. Kimutatták, hogy az arzén és a többi, vízben oldott komponens együttmozgásának nincsenek regionális, az egész medencére érvényes szabályai; az elemtársulás áramlási rendszerként más és más.

Ennek látványos példjaként a Gödöllői-dombság környékének pleisztocén üledékeiben a víz arzéntartalma normális (3. ábra). A domsorról lefolyó és a peremen beszivárgó többlet víz ezekből az üledékekből már kiöblítette az arzént. Hasonló, bár kisebb területű „kimosódásokat” más hegységperemeken is megfigyelhetünk.

Arzén a fiatal üledékekben

Magyarország geokémiai atlaszának (ÓDOR et al. 1997) összeállítása során figyeltünk fel arra a — CSALAGOVITS (1999) hipotézisét alátámasztó — jelenségre, hogy az arzén koncentrációja több száz km²-es, összefüggő területeken a talajban és a felszín közeli, laza üledékekben is jóval nagyobb az Európában szokásosnál — nem csak az értelepek környékén, hanem a medence kellős közepén is (3. ábra). Hasonló eredményekre jutottak a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani



4. ábra. A szegedi mintavételei terület

${}_rQh_2^{al}$ = folyóvízi kőzetliszt, Qh^{al} = tavi agyagos kőzetliszt, Qh^a = öntésagyag,
 ${}_rQh_1^{al}$ = folyóvízi kőzetliszt, ${}_hQp_3^{al}$ = agyagos kőzetliszt (agyagos lősz),
 ${}_hQp_3^{al}$ = infúziós lősz

Figure 4. Area of investigations in Szeged

${}_rQh_2^{al}$ = fluvial siltstone, Qh^{al} = lacustrine argillaceous siltstone, Qh^a = alluvial clay
 ${}_rQh_1^{al}$ = fluvial siltstone, ${}_hQp_3^{al}$ = argillaceous siltstone (argillaceous loess),
 ${}_hQp_3^{al}$ = infusion loess

Kutatóintézete (MTA Taki) és a Budapest Fővárosi Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás (BFNTÁ) kutatói (NÉMETH et al. 1997, VÁRALLYAI et al. 2003) is. A felszíni dúsulások zöme a Duna–Tisza közének déli részén található. Ezek környezeti veszélyének megítéléséhez leginkább azt kell meghatároznunk, hogy az arzén mennyire mobilis a felszín közelében. Az analógia elve alapján ez a mélyebb helyzetű dúsulások kialakulásának tisztázását is elősegítheti.

Mintáinkat a dél-alföldi anomália peremén, Szegeden gyűjtöttük. A Makkosházi körülről északra a felszínen a Duna–Tisza közti hátságrol áthalmozott, fiatal folyóvízi üledékek települnek (4. ábra). Ezekből királyvízzel és salétromsavval is a beavatkozási határérték feletti arzénkoncentrációkat oldhatunk ki, desztillált vízzel azonban csak e mennyiségek töredéke mobilizálható (1. táblázat). A mintaterületen tehát az arzén a talajban és alatta is oxidált, ásványosan kötött állapotban van jelen: nem mozgékony, a környezetet nem veszélyezteti.

Meszes-dolomitos talajok Közép-Magyarországon

Magyarország geokémiai atlaszát (ÓDOR et al. 1998) végiglapozva láthatjuk, hogy az ország középső részének fő geokémiai jellegzetessége nem az arzén felhalmozódása, hanem a talajok nagy mésztartalma. Ez a jelenség kiválóan látszik a talajvédelmi információs monitoring (TIM) rendszer elemzéseiből is (NÉMETH et al. 1997). A „meszes” talajok (2. geokémiai nagytáj) elterjedése Komáromtól Szegedig folyamatos. E tojásdad alakzat (5. ábra),

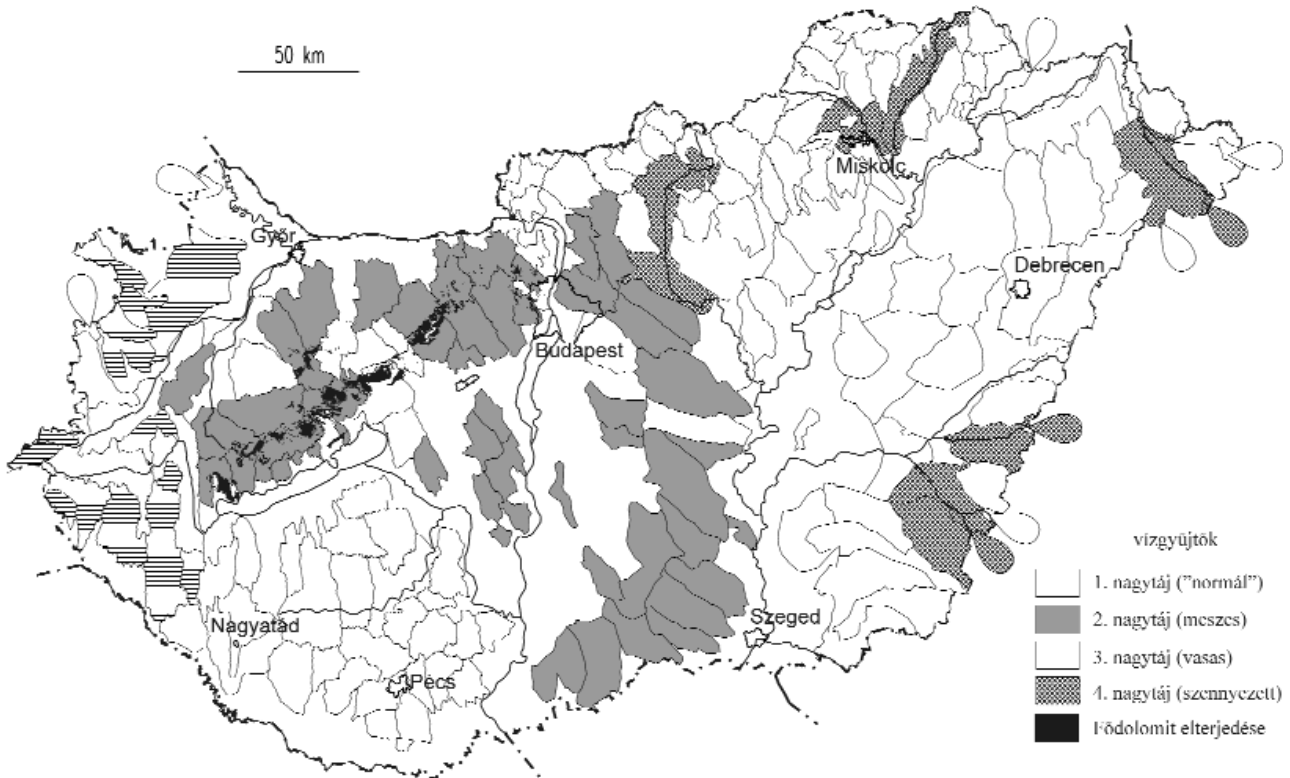
hossztengelye gyanúsán közel áll az uralkodó, északnyugati szélirányéhoz. A felszín közeli, laza üledékekre jellemző, hogy erőteljesen felhalmozódik a kationok közül a Ca (vele a Sr) és a Mg (vele a Ba) — az anionok közül pedig a karbonát (vele a szulfát és a foszfát). Ezekből a talajokból minden más ion kiszorul; mikrotápelem-ellátottságuk kirívóan rossz.

A Duna–Tisza közti homoktípusokat a különböző szerzők más és más földtani folyamatokból származtatják: volt, aki egykor erre kanyargott Duna-ágak allúvi-umából, és volt, aki eolikus úton. Ez utóbbi nézet szerint a Duna mostani völgyében lerakott ártéri üledéket kapta fel és fújta ide a szél. Látszólag mindkét elmélet adós marad a mészanyag eredetének magyarázatával, holott többen (KREYBIG 1944, PÉCSI 1967, 1969) felhívták a figyelmet arra, hogy a Duna üledékeiben rendszeresen találunk karbonátszemcséket, a Tiszáéban viszont nem. MOLNÁR (1980) megállapította, hogy a Duna–Tisza közén nem csak a homokban, de a löszben is sok (nem ritkán 20–30%) a karbonátásvány. Ennek forrásaként (az áthalmozó mechanizmus tisztázása nélkül) a dunai homokban rendszeresen előforduló mészkő- és dolomitkavicsokat, valamint ősmaradványokat (Nummulites, Foraminifera) jelölte meg — e homokok karbonáttartalma azonban mindössze 5–10%. KUTI et al. (2003) egyértelművé tette, hogy a Duna–Tisza közti hátságon a szikesedést — a talajvíz ingadozási zónájában — kísérő mészakkumulációhoz szükséges kalcium és a magnézium törmelékes mész- és dolomitszemcsékből oldódik ki. Mind a kalcit, mind a dolomit kristályos; a szemcsék a felszíni viszonyok között korrodálódnak (KUTI et al. 1999). A Tiszántúlon, ahol nem találunk törmelékes kar-

1. táblázat. Az arzén koncentrációja a szegedi terület talaj és talajvíz mintáiban

Table 1. As concentration of the soil and groundwater samples at the investigated site, Szeged

Talajminta – Soil sample				
Száma, mélysége Number and depth		2. F, 2,0–2,5 m	3. F, 2,0–2,5 m	
As-koncentráció, királyvizes kioldás As concentration, dissolution by nitrohydrochloric acid		55 mg/kg	55 mg/kg	
Ellenőrző mintavétel: száma, mélysége Number and depth of controll sample		2/AF, 2,0–2,5 m	3/AF, 2,0–2,5 m	
As-koncentráció, salétromsavas kioldás As concentration, dissolution by nitric acid		16,4 mg/kg	27,7 mg/kg	
As-koncentráció, 1:10 deszt. vizes kioldás As concentration, dissolution by 1:10 distilled water		<0,01	<0,01	
As	„B”	15 mg/kg	15 mg/kg	
	„C1”	20 mg/kg	20 mg/kg	
	„C2”	40 mg/kg	40 mg/kg	
Talajvízminta – Groundwater sample				
Száma Number		1. F	3. F	5. F
As-koncentráció As concentration		0,004 mg/l	0,0035 mg/l	0,0035 mg/l
As háttérkoncentráció értéke Value of As background concentration	„A”	0,005 mg/l	0,005 mg/l	0,005 mg/l



5. ábra. Magyarország geokémiai nagytájai és a földolomit elterjedése

Figure 5. Geochemical provinces of Hungary and the spreading area of the Hauptdolomit

1 – province ("normal"), 2 – province ("carbonatic"), 3 – province ("ironic"), 4 – province ("polluted"), Black rectangle: spreading area of the Hauptdolomit

bonátszemcséket, a szikesedést nem kíséri mészakumuláció (KUTI et al. 2002) — az arzénos rétegvizek azonban mindkét, geokémiailag oly különbözőnek tűnő környezetben előfordulnak.

A Dunántúli-középhegység tekintélyes részét felépítő felső-triász földolomit felszíni elterjedése (5. ábra) jó közelítéssel megegyezik a meszes talajok krumpliformájának kistengelyével. E kőzet fő jellemzője, hogy egyes változatai porlanak: a dolomitkristályokat cementáló kalcit viszonylag könnyen mállik, a kőzet maradéka pedig murvává, majd porrá esik szét. E folyamat a pleisztocénban erősödött fel, és fő oka a fagy volt (SCHEUER 1969). Az eljegesedések idején növénytakaró (és ezzel talaj) hiányában a dolomitport könnyedén elhordta a szél, és az belekeveredett az ülepedő löszbe, illetve homokba. A melegebb időszakokban (mint például most) a növényzet és a finomabb törmelék lemosó csapadék az efféle kipurzást teljesen meggátolja.

A hideg, száraz éghajlat különlegessége, hogy a felszín közelében együtt fordulhat elő a szélhordta karbonátos és a helyben képződő limonitos fázis: nincs elég víz a karbonátásványok beoldásához. Jelen éghajlati viszonyaink mellett, mint ezt a Bodroglközben vizsgálódva (BARTHA et al. 1987) megállapítottuk, a háromfázisú zónában e két fázis legfeljebb váltakozva jelenhet meg: a homokosabb rétegekben, ahol a szemcsék kiszáradnak, a vashidroxidok, a finomabb szemű üledékekben pedig,

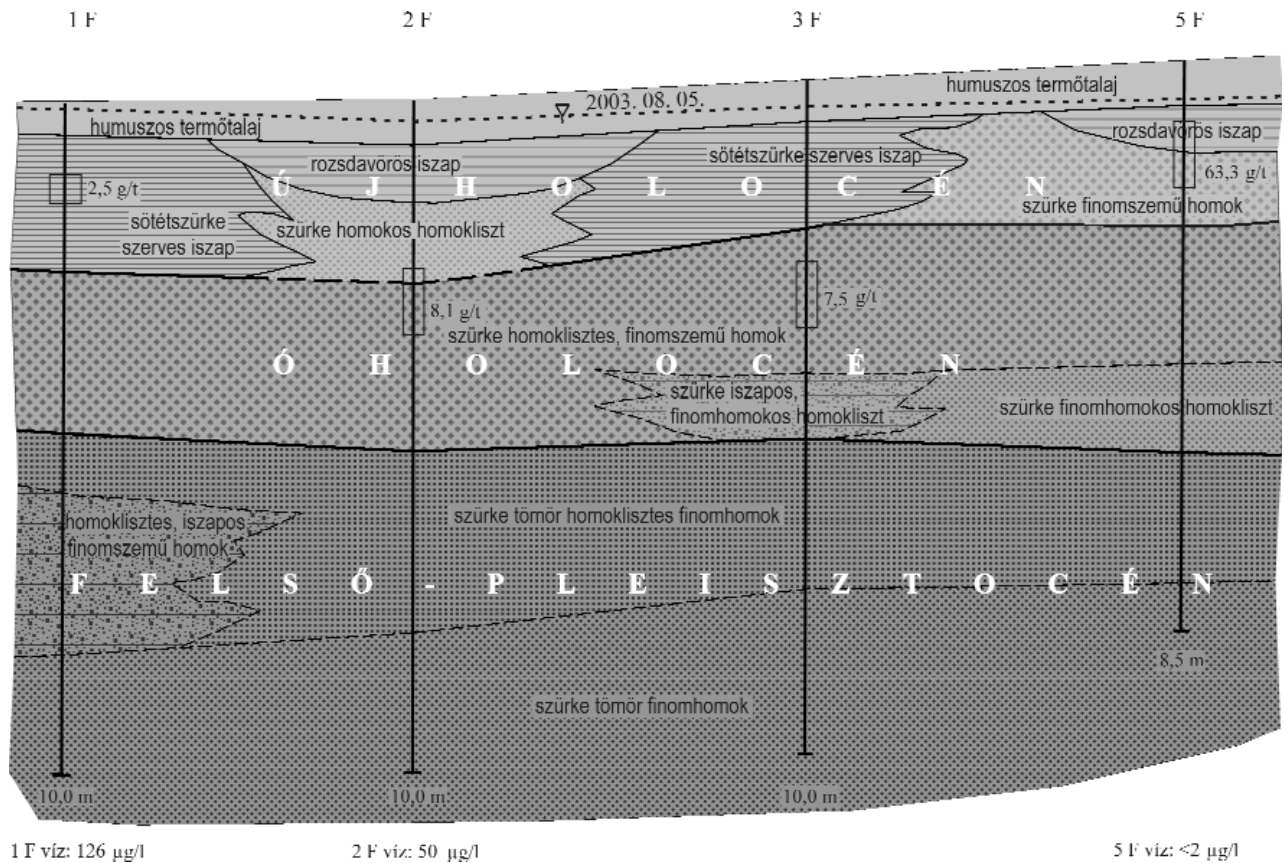
ahol a kapilláris víz redukív környezetet teremt, a karbonátásványok válhatnak ki.

Éghajlat és Eh

Az arzén szempontjából az eljegesedés geokémiai jelentősége a redoxi-állapot drasztikus átalakítása. A glaciális időszakokban a víz általában fagyott. Csökken a növényzet, és a biológiai rováására tért nyer a fizikai mállás, amit felerősít a fázisállapot gyakori változása. A jégkristályok között a pórusokban mindenhol találunk levegőt. Mivel a gyéresebb növényzet miatt a szerves anyag is kevesebb, a közeg egyértelműen oxidatív.

A változó vegyértékű elemek oxidált állapotukban jóval kevésbé mobilisak, mint redukált alakban. Közülük a leggyakoribb, a vas (vele a mangán és a kobalt) ilyenkor kicsapódik, és az oxi-hidroxidokon — mint ezt CSALAGOVITS (1994) megállapította — megkötődnek, apránként felhalmozódnak az As(V)-ionok.

A homokos üledékekben a talajvíz szintje fölötti, háromfázisú zónában az így lekötött arzén a felmelegedés után is megőrződhet, mint ezt Magyarország geokémiai atlaszának arzéntérképén láthatjuk. Ez az állapot lehetővé teszi számunkra, hogy a jelenkori, a redoxi-viszonyokat megváltoztató folyamatokból következtethessünk a mélyebb szinteken végbement átalakulásokra. A redukív



6. ábra. A nagyatádi mintaterület földtani szelvénye

Figure 6. Geological-geochemical cross-section of the Nagyatád investigation area

környezet kialakulásának hatásait Nagyatád környékén vizsgáltuk.

50 µg/l fölött van, ahol már minden szürke, ott 2 µg/l alatt.

Felszínközeli redukció napjainkban

A Rinya vízgyűjtőjén az arzén háttérkoncentrációja 30 g/t. A mélyebb helyzetű laposok gyakorta elmocsarasodnak. Így, ha feltételezésünk igaz, az egykor volt oxidatív állapot nyomait őrző (vörös színű) rétegekben a háttérnél több, a redukált (szürke) üledékekben annál kevesebb arzént kell találnunk. Szelvényünkben (6. ábra) az iszap egykori, vörös színét már csak kisebb lencsék őrzik, a rétegsor uralkodóan szürke. Ahogy az üledék kifakul, úgy tűnik el belőle az arzén: a vörös lencsében 50 g/t fölött, a szürke iszapokban 10 g/t alatt fordul elő. A redukció jelentősen befolyásolja a talajvíz összetételét is; ahol a rétegsorban van még vörös üledék (tehát nem minden arzén oldódott ki), a talajvíz arzéntartalma

Éghajlatváltozások geokémiai nyomai

Megállapíthatjuk, hogy az éghajlat változása lényegesen befolyásolja a földtani folyamatokat. A mérsékelt éghajlat felmelegedésének fő hatása a talajvíz savasodása; ennek eredményeként képződik a terra rossa, laterit, bauxit stb. A száraz hideg viszont nem annyira a pH-t, mint inkább a redoxi-viszonyokat tolja el, és a felszín közelében erősen oxidatív körülményeket alakít ki. Újabb felmelegedés hatására a kicsapódott oxi-hidroxidok lebomlanak, a rajtuk megkötött elemek mobilizálódnak. A száraz hidegben stabil karbonátszemcsék kioldódnak, és anyaguk zömmel a talajvíz ingadozási zónájába halmozódik át.

Irodalom — References

- BARTHA A., FÜGEDI P. U., KUTI L. 1987: Fiatal, laza üledékek mikrotápelem vizsgálata a Bodrogtóközben. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1985. évről*, pp. 165–186.
- CSALAGOVITS, I. 1999: Arsenic-bearing artesian waters of Hungary. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1992–1993/II.* pp. 85–92.
- CSANÁDY M., BOZSAI G., DEÁK ZS. 1985: Arzén előfordulása alföldi rétegvizekben. — *Egészségtudomány* 29, pp. 240–249.
- ERDÉLYI M. 1990: A tiszántúli arzénos rétegvíz hidrogeológiája. In: Szederkényi T. (red.) 1990: Az arzéntartalom származása és alakulásának kérdései Békés megye vízmű kútjaiban. — *Az MTA Szegedi Akadémiai Bizottságának Kiadványai*, Szeged, pp. 71–86.
- ERDÉLYI M. 1991: A tiszántúli arzénos rétegvíz hidrogeológiája. — *Földrajzi Értesítő* 1991 (3–4): 231–251.
- KREYBIG L. 1944: Magyar tájak talajismereti és termelési technikái leírása. — I. rész, A Tiszántúl. 221 p.
- KUTI L., GEREI L., ZENTAY T., VATAI J. 1999: Az ásványi összetétel szerepe a bugaci és fülöpi mintaterületek homoktalajaiban. — *Agrokémia és talajtan* 45 (1999), No. 3–4, pp. 249–259.
- KUTI L., ZENTAY T., KERÉK B. 2002: A bugaci és a fülöpi mintaterület felszinközeli üledékeinek kalcium-karbonát tartalma. — *MÁFI ÉJ 1997–1998-ról* (2002), pp. 107–117.
- KUTI L., TÓTH T., KALMÁR J., KOVÁCS-PÁLFFY P. 2003: Szikes talajok ásványi összetétele és recens ásványképződés Apajpusztán és Zabszék térségében. — *Agrokémia és talajtan* 52 (2003) 3–4, pp. 275–292.
- MOLNÁR B. 1980: Hiperszalin tavi dolomitképződés a Duna–Tisza közén. — *Földtani Közöny* 110, pp. 45–64.
- NÉMETH T., SZABÓ J., PÁSZTOR L., BAKACSI ZS., ÓDOR L., HORVÁTH I., FÜGEDI U. MARTH P., SZALAI L.: A magyarországi talajok alapterheltségi szintjének leírása, a talajok környezeti hátterértékeinek (az emberi tevékenységekkel közvetlenül nem érintett talajok minőségi értékeinek) megadása. — *Kézirat*, Budapest, 1997. 46 p. <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/annotaciok/csop2/nemeth.htm>
- ÓDOR, L., HORVÁTH, I., FÜGEDI, U. 1997: Low-density geochemical mapping in Hungary. — *Journal of Geochemical Exploration* 60 (1997), pp. 55–66.
- ÓDOR L., HORVÁTH I., FÜGEDI U. 1998: Magyarország geokémiai atlasza. — <http://www.mafi.hu/microsites/geokem/Fomenu.htm>
- PÉCSI M. (szerk.) 1967: *A Dunai Alföld*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 218.
- PÉCSI M. (szerk.) 1969: *A Tiszai Alföld*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 248.
- SCHUEER GY. 1969: Talajfagyjelenségek dolomitfelszíneken. — *Földrajzi Értesítő* 18 (2), pp. 177–191.
- SZEDERKÉNYI T. 1990: A DK-tiszántúli rétegvizek arzéntartalmának mélységi (medencealjzati) eredetéről. — In: Szederkényi T. (red.) 1990: Az arzéntartalom származása és alakulásának kérdései Békés megye vízmű kútjaiban. *Az MTA Szegedi Akadémiai Bizottságának Kiadványai*, Szeged.
- TÓTH GY., EGERER F., NAMESÁNSZKY K. 1985: Magyarország Vízgeokémiai Atlasza. (Hydrogeochemical Atlas of Hungary.) M=1:1 000 000. — MÁFI kiadvány. *Kézirat*.
- VÁRALLYAI L., KOVÁCS B., PROKISCH J., SZEGVÁRI I. 2003: TIM minták vizsgálata statisztikai módszerekkel. — <http://www.date.hu/acta-agraria/2003-10/varallyai.pdf>
- VARSÁNYI, I., Ó. KOVÁCS, L. 2002: Factors influencing the As content of subsurface water in the Pannonian Basin, Hungary. — In: BOCANEGRA, E., MARTÍNEZ, D., MASSONE, H. (eds.): *Proc. Groundwater and Human Development Congress 2002, mar del Plata, Argentina*, pp. 1533–1541. CD-ROM, ISBN 987-544-063-9.

A Tari Dácittufa Formáció típuszelvényének felülvizsgálata

New data on stratigraphic position of the Tar Dacite Tuff Formation

ZELENKÁ TIBOR¹, PÓKA TERÉZ², MÁRTONNÉ SZALAY EMŐKE³ és PÉCSKAY ZOLTÁN⁴

¹Magyar Geológiai Szolgálat, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

²MTA FKK Geokémiai Kutatólaboratórium, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

³Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

⁴MTA Atomfizikai Kutató Intézet, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

T á r g y s z a v a k : Miocén savanyú vulkanizmus, miocén riolittufa szintek, Tari Dácittufa Formáció, Galgavölgyi Riolittufa Formáció

Összefoglalás

A tari Fehérkő-bánya a Mátra és a Cserhát miocén vulkáni összletének határán, egy vulkanotektonikus árokban helyezkedik el, amelyet K-i irányban 30–210°-os, míg Ny-i irányban egy 50–230°-os törésvonal határol. Az árok külső szegélye mentén a Garábi Slír Formáció van a felszínen, amelyet az árokban, a miocén vulkanitok alatt, 300–400 m mélységben tártak föl a mélyfúrások. Az árok réteggösszlete DNY-i irányban dől 10–20°-kal. A Fehérkő-bánya dácittufája a legfelső szinten települ.

Ezideig a tari Fehérkő-bányát a Tari Dácittufa Formáció (kárpatiai, középső dácittufa) típus feltárásának tekintették. Integrált földtani, kőzettani, geokémiai, paleomágneses és K/Ar izotóp vizsgálataink azonban azt igazolták, hogy a tari Fehérkő-bánya feltárása a szarmata korú Galgavölgyi Riolittufa Formációhoz sorolható. Javasoljuk, hogy a Tari Dácittufa Formáció elnevezés fenntartása mellett annak egy új típus lelőhelyet válasszunk. Ez lehetne a Tar-35 fúrás 375–471 m-ében feltárt középső dácittufa, vagy a tari Gömör-hegy régi kőfejtője.

Keywords: Miocene silicic volcanism, Miocene rhyolite tuff horizons, Tar Dacite Tuff Formation, Galgavölgy Rhyolite Tuff Formation

Abstract

Tar, Fehérkő-bánya is situated at the border of the Miocene volcanic sequences of the Mátra and the Cserhát Mts., in a volcanotectonic graben bordered by 30–210° and 50–230° directed faults in the East and in the West, respectively. At either side of the graben schlier is exposed, while it is in the depth of 300–400 m in the graben. The strata of the graben are tilted towards SW by 10–20°.

So far, Tar, Fehérkő-bánya has been regarded as the stratotype locality for the Tar Dacite Tuff Formation (the Middle Karpatian dacite tuff). Our new results of an integrated geological, petrological, geochemical, palaeomagnetic and K/Ar isotope study suggest that Tar, Fehérkő-bánya belongs to the Galgavölgy Rhyolite Tuff Formation of Sarmatian age.

We are proposing that the name Tar Dacite Tuff Formation should be retained, but a new type locality be selected. This can be either the middle dacite tuff of the Tar-35 borehole (375–471 m) or that of the old quarry of Tar, Gömör-hegy.

Bevezetés

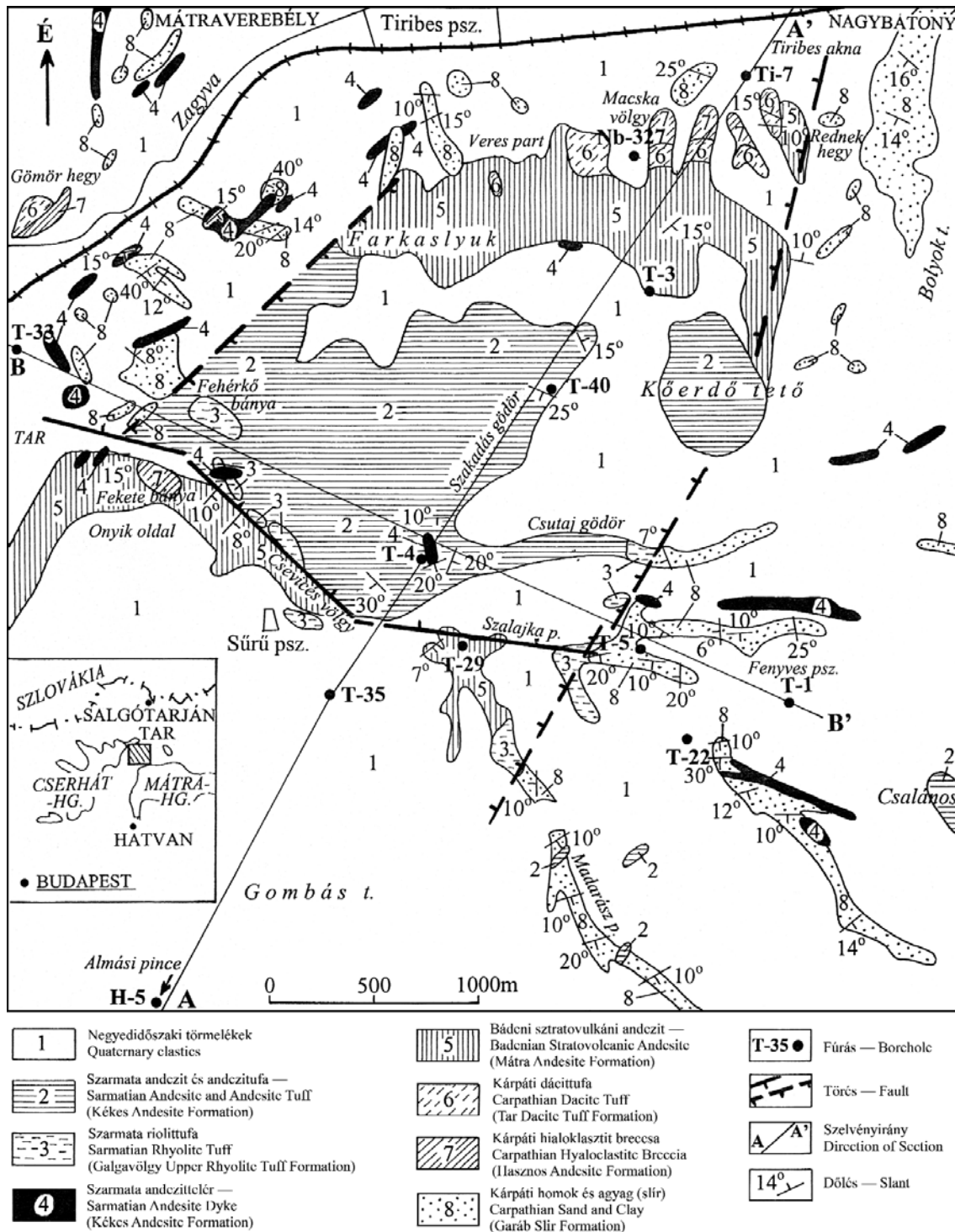
A tari Fehérkő-bánya dácittufája, mint a középső dácittufa szint egyik jellemző feltárása szerepel az irodalomban, ennek alapján korábban ezt a feltárást fogadták el a Tari Dácittufa Formáció típus feltárásának (HÁMOR 1985).

A szerzők az OTKA T 030541 téma keretében 1999–2002. években földtani-vulkanológiai reambulációt végeztek a Cserhát hegység miocén vulkáni területén. A kutatói kollektíva a közös terepbejárás és helyszíni mintavétel mellett a geokémiai és kőzettani, valamint a

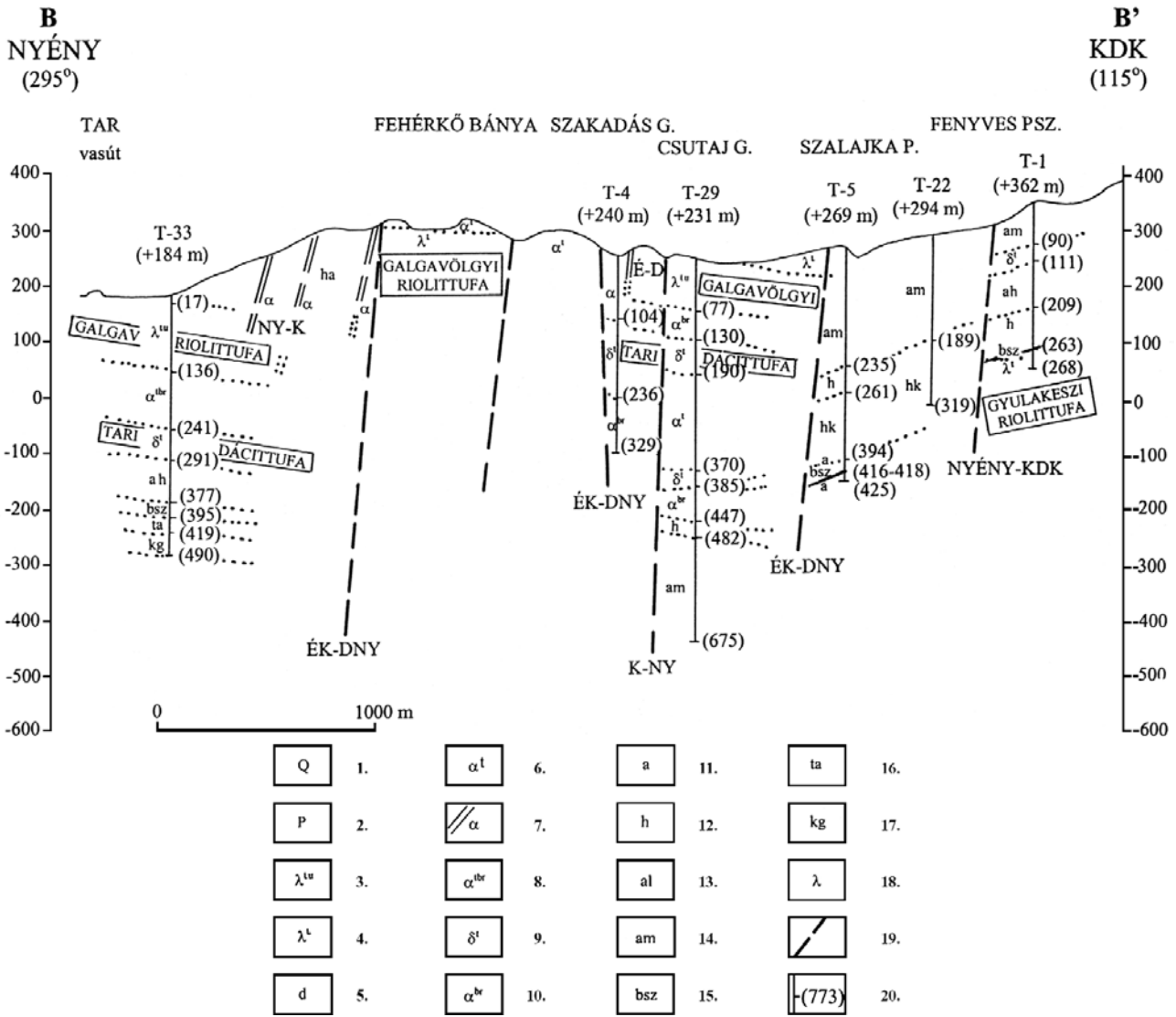
geokronológiai (paleomágneses mérések és a K/Ar kor meghatározás) módszerek koordinált és integrált alkalmazásával kerestek választ a hegységgel kapcsolatos nyitott kérdések megoldására (PÓKA et al. 2002). A tari Csevicés-völgyben felszínre kerülő összletek több vonatkozásban (az alsó andezit összlet kora és típusa, a riolittufák kora és típusa, a Mátra és a Cserhát hegységek vulkano-tektonikus kapcsolata) kulcsszerepet játszottak a képződmények egymáshoz viszonyított helyzetének megítélésénél, ezért már 2000-ben részletes vizsgálatokat kezdtek a területen. A tari Fehérkő-bányában, illetve a

Csevicés-völgyben először 2000-ben, majd 2001-ben végzett paleomágneses mérések hívták föl fel a figyelmet arra, hogy a tufa kárpáti emeletnél fiatalabb korú lehet, mivel nem észlelhető rotáció a feltárásban. Az egyidejűleg végzett K/Ar radiogén kormeghatározások adatai, valamint a földtani felépítést jelző felszíni és fúrásos kőzettani adatok ezt a megállapítást megerősítették. Mindezek alapján a korábban Tari Dácittufa Formáció típusfeltárásának tekin-

tett Fehérkő-bánya dácittufájának rétegtani helyzetét át kellett értékelni. A földtani térkép reambulációja az eredeti térképezés (SCHRÉTER 1940) közzétett jellegét (1. ábra) igazolta, de a formáció besorolás figyelembevételével azok egymásutánosságát pontosítottuk. A területre eső korábbi 10 db szénkutató mélyfúrás szelvényei alapján a képződmények térbeli helyzetét tisztázni lehetett (2., 3. ábra).



1. ábra. A tari Csevicés-völgy környezetének földtani térképe (SCHRÉTER 1940 után)
Figure 1. Geological map of the district of Tar Csevicés valley (after SCHRÉTER 1940)



2. ábra. Csapásmenti keresztmetszvény a tari Csevicés-völgy–Szalajka-völgy irányában. (szerkesztette: Zelenka T.)

1. — negyedidőszaki törmelékek, 2. — pannóniai sekélyvízi üledékek, 3. — szarmata riolittufit, *Galgavölgyi Riolittufa Formáció*: 4. — szarmata riolittufit, 5. — szarmata riolittufa, 6. — szarmata diatomit, *Kékesi Andezit Formáció*: 7. — szarmata andezitufa, szarmata andezit telér, *Mátrai Andezit Formáció*: 8. — badeni sztratovulkáni andezit, *Tari Dácittufa Formáció*: 9. — kárpáti dácittufa, *Hasznosi Andezit Formáció*: 10. — hialoklasztit breccsa (kárpáti), 11. — agyag (kárpáti–badeni), 12. — homok (badeni–kárpáti), 13. — aleurit, 14. — agyagmárga, 15. — barnaszéntelep, 16. — tarkaagyag (ottnangi), 17. — konglomerátum, *Gyulakeszi Riolittufa Formáció*: 18. — ottnangi alsó riolittufa, 19. — törések, 20. — fúrás (rétegmélységgel)

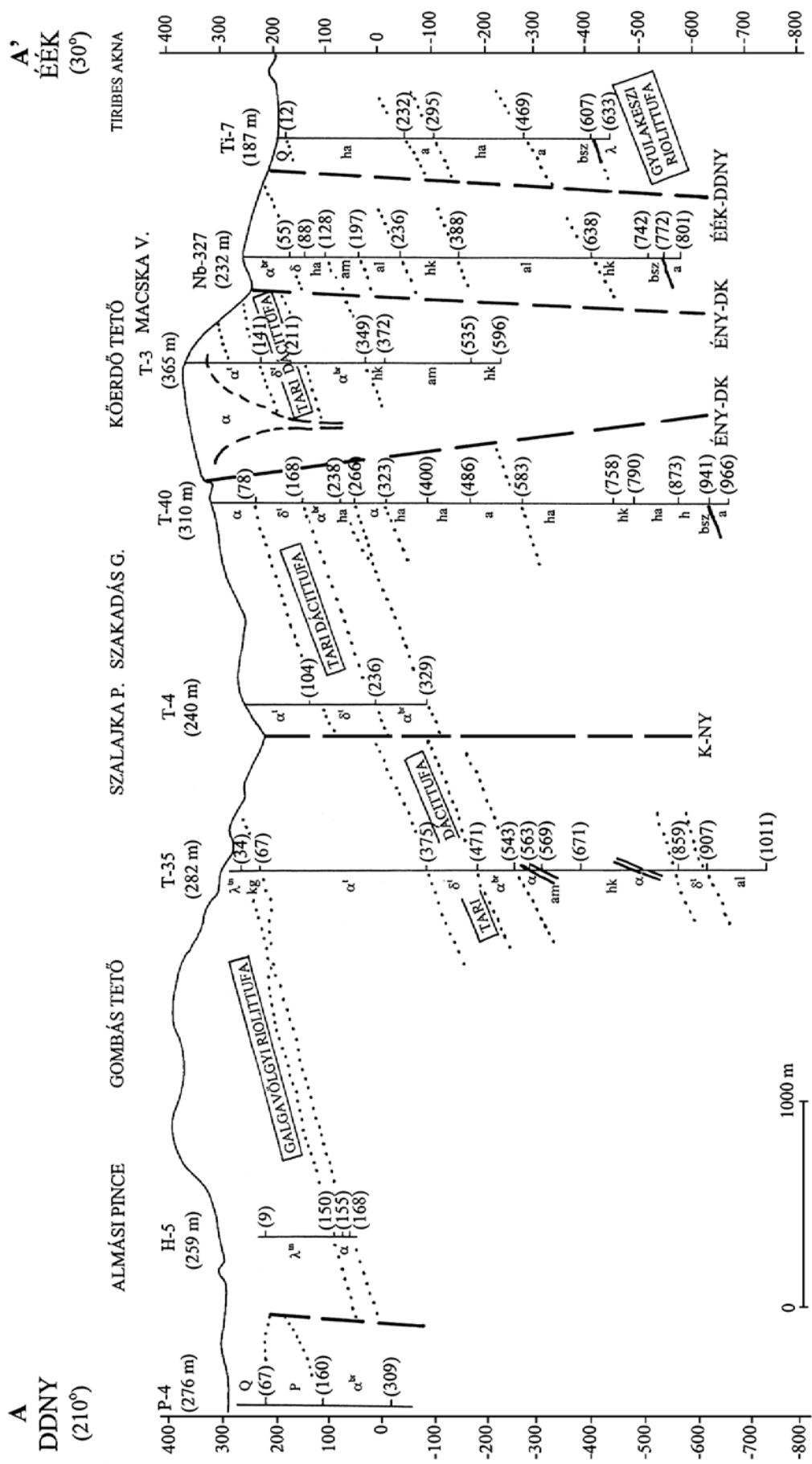
Figure 2. Cross section with strike direction trough Tar Csevicés and Szalajka valley (compiled: T. Zelenka 2002)

1 — Quaternary clastics, 2 — shallow water sediments (Pannonian), 3 — rhyolite tuffite (Sarmatian), *Galgavölgy Rhyolite Tuff Formation*: 4 — rhyolite tuffite (Sarmatian), 5 — rhyolite tuff (Sarmatian), 6 — diatomite (Sarmatian), *Kékes Andesite Formation*: 7 — andesite tuff (Sarmatian), andesite dyke (Sarmatian), *Mátra Andesite Formation*: 8 — stratovolcanic andesite (Badenian), *Tar Dacite Tuff Formation*: 9 — dacite tuff (Karpatian), *Hasznos Andesite Formation*: 10 — hyaloclastite breccia (Karpatian), 11 — clay (Karpatian–Badenian), 12 — sand (Badenian–Karpatian), 13 — aleurite, 14 — claymarl, 15 — brown coal seam, 16 — variegated clay (Ottngian), 17 — conglomerate, *Gyulakeszi Rhyolite Tuff Formation*: 18 — lower rhyolite tuff (Ottngian). 19 — faults 20 — boreholes (with depth of layers)

A tari Fehérvő-bánya a Mátra és a Cserhát miocén vulkáni összletének határán, egy vulkanotektonikus árokban helyezkedik el, amelyet K-i irányban 30–210°-os, míg Ny-i irányban egy 50–230°-os törésvonal határol. Az árok külső szegélye mentén a Garábi Slír Formáció van a felszínen, amelyet az árokban, a miocén vulkanitok alatt, 300–400 m mélységben tártak föl a mélyfúrások. Az árok réteggösszlete DNy-i irányban dől

10–20°-kal. A Fehérvő-bánya dácittufája a legfelső szinten települ.

A képződmények egymásutániságának megértéséhez az egyes vulkáni formációk részletes leírását adjuk. Ebből világosan kiderül, hogy a különböző szinten települt tufák, lávák mind ásvány-kőzettani, mind fizikai (paleomágneses) tulajdonságaik alapján elkülönülnek, összhangban a földtani települési jellegeikkel.



3. ábra. Dőlésmenti keresztmetszély Hasznos-Tár-Mátraverebély-Tiribes irányában. (szerkesztette: ZELENKÁ T. 2002)
 Figure 3. Cross section along with dip direction trough Hasznos-Tár-Mátraverebély-Tiribes. (compiled: T. ZELENKÁ 2002)

A területen kifejlődött formációk jellemzése

A területet is érintő széleskörű földtani szakirodalom (főleg SCHRÉTER 1940, ID. NOSZKY 1927, MEZŐSI 1966, KUBOVICS 1963, VARGA 1975, HÁMOR 1985, PRAKFAI 1998) feldolgozása, a terület részletes földtani bejárása és a kutatófúrások dokumentációja alapján a legfontosabb rétegtagok az alábbiakban jellemezhetők:

Gyulakeszi Riolittufa Formáció

A fehéres szürke, horzsaköves, biotitos riolitártufa kissé összesült, hullott rétegei a Salgótarjáni Barnakőszén Formáció alatt települnek. A tari területen nincs felszíni kibúvása, csak ettől ÉK-re, Nagybátony Szorospataknál és Kisterenye Aranyhegynél vannak feltárásai. A tari területen a szénkutató fúrások (Tar-1 263 m, Tar-5 425 m, Tar-33 419 m, Tiribes-1 608 m mélyen), mind feké képződményben álltak le. A kőzettani vizsgálatok szerint a nem összesült ignimbrites, illetve freatomagmás zeolitos alsó riolittufa biotitot, barna amfibolt, riolit és andezit litoklasztokat tartalmaz. A tari területtől É-ra, Kisterenyénél felszíni ignimbrites tufa feltárások korábbi paleomágneses vizsgálatai reverz polaritást és közel 80°-os Ny-i rotációt mutattak (MÁRTON E., MÁRTON P. 1996), míg K/Ar kormeghatározással 17,1±1,6 M éves kor adódott (PÉCSKAY 1999). (A cikkben szereplő összes K/Ar koradat esetében a megadott hibahatárok 1 s, — kb. 68%-os — valószínűségi értéket jelentenek.)

Garábi Slir Formáció

SCHRÉTER (1940) Nagybátony környékéről írt monográfiájában jelzi, hogy a Farkaslyuk andezittufa tömege ÉNy-i oldalán ÉK–DNy-i csapású töréssel határolódik le és a középső-miocén slír (apoka) van a felszínen, melynek dőlése az eróziós árkokban alul 180°/10°, míg felül 145°/14°–150°/20° között változik. DNy-ra a nagybátony–tari vasútvonal mentén 120°/10°–135°/12°-os a slír dőlése, itt makrofaunát is leírtak belőle. A tari Csevecsés-völgy bal oldalán, a szőlőben a slír dőlése 180°/13°-os és 195°/50°–60°-os vető határolja az andezittufa felé. A slír összlet a Salgótarjáni Barnakőszén Formáció felett települ és a Tar-33 fúrás szelvényében közel 100 m vastag, a Tar-35 fúrásban 316 m vastag és fiatal andezit telérekkel átjárt; a Tar-40. fúrásban 618 m, a Tar (Nagybátony)–327 fúrásban pedig 716 m vastag.

Hasznosi Andezit Formáció

Felszínen a mátraverebélyi Farkaslyuk É-i oldalán, a Verespart területén található. (SCHRÉTER 1940). A Formáció kárpáti korát és vulkanológiai helyzetét (a Mátra-vulkán intermedier bevezető szakasza) elsőként

KUBOVICS I. (1963) ismerte föl. Legújabb vizsgálataink szerint a nagybátonyi Sulyom-tető alján és a tari Gömör-hegy D-i oldalán, a 21. sz. út bevágásában van feltárva a lávapados andezit hialoklasztit breccsa (1. fotó) kb. 25 m vastagságban, mely az alsó andezit szinthez tartozik. Mélyfúrásokban a jól követhető szintben hialoklasztitos tarka andezit breccsa formájában jelenik meg köz-



1. fotó. Hialoklasztit breccsa lávapadokkal (Hasznosi Andezit Formáció) Gömör-hegy D-i oldalán (Tar)

Photo 1. Hyaloclastite breccia with lava layer (Hasznosi Andesite Formation). S-side of Gömör-hegy (Tar)

betelepült andezit lávapadokkal. A formáció anyagát a különböző fúrások a következő vastagságban harántolták: Tar-3 138 m, Tar-4 95 m, Tar-35 72 m, Tar-327 55 m, Tar-40 127 m.

Tari Dácittufa Formáció

SCHRÉTER (1940) a mátraverebélyi Veresparton és Rednek-hegyen, valamint attól É-ra a nagybátonyi Sulyom-tetőn 180°/10°-os dőlésű, fiatal andezittelérekkel átjárt, biotitos, plagioklászos, piroxénos, horzsaköves „riolitufát” (dácittufát) írt le. Ez utóbbi helyen a sok „apoka” (slír) zárvány alapján egy kitörési központ (feltörési csatorna) közelségét tételezi fel. A tari Gömör-hegy tetején tektonikus helyzetben horzsaköves, biotitos, piroxénos nem összesült dácittufa van feltárva, mely sok andezit litoklasz-

tot tartalmaz (2. fotó). E kőzetanyag K/Ar kora $15,9 \pm 0,6$ M év (PÉCSKAY 2002). A tari területen mélyült mélyfúrásokban RAVASZNÉ BARANYAI (in: HÁMOR 1985) több helyről horzsaköves piroxénes riolittufát dokumentált, míg a Fehérkő-bánya tufáját — helyesen — horzsaköves, amfi-



2. fotó. Andezit litoklasztos, nem összesült középső riolittufa, Gömör-hegy, tető (Tar)

Photo 2. Non-welded middle dacite tuff with andesite lithoclasts, top of the Gömör-hegy (Tar)

bolos, biotitos dácittufának írta le. A fúrási dokumentációk szerint nem a kárpáti korú Tari Dácittufa Formáció van a tari Ferkőbányában és a tari Csevicés-völgyben a felszínen feltárva. A nagy vastagságú kárpáti dácittufa az alsó hialoklasztitbreccsás andezit összletre (kárpáti) települ és a fedője a rétegvulkáni mátrai középső andezit (badeni) (3. ábra). A valódi kárpáti korú dácittufa vastagsági értékei a Tar környéki fúrásokban: Tar-35: 94 m, Tar-40: 90 m, Tar-3: 70 m, Tar-4: 132 m, Tar-29: 60 m, a Tar-33: 50 m.

A dácittufa vastagsági értékei és a kőzettani jellegek alapján ezen a területen feltételezhető egy ignimbrites kitörési központ működése. Mivel a Tar-4 és Tar-35 fúrásból dácit lávára utaló leírás is szerepel, a vastagsági viszonyokat figyelembe véve, a Szakadástető-Szalajkapaták találkozási terület az eltemetett kitörési központ közeli zónájának tekinthető.

A korábbi térképezési munkákkal (SCHRÉTER 1940, SZENTES 1969.) összhangban a kárpáti dácittufa felszíni kibúvása csak a tari Gömör-hegyen, a Mátraverebély-Tiribes közötti Verespart és Rednek-hegy területén, valamint a nagybányai Sulyom-tetőnél ismert. Itt mindenütt piroxénben dús horzsaköves biotitos dácittufa van feltárva, melynek fekéjében kárpáti vörösés andezit hialoklasztit breccsa, fedőjében pedig badeni piroxénes andezittufa települ $180^\circ/10^\circ$ -os dőléssel (3. ábra)

Mátrai Andezit Formáció

A Mátrai badeni korú középső andezit összlet uralkodóan hialoklasztit breccsás andezit és piroxénandezit lávapadok váltakozásából áll (3. fotó). A vizsgált területen a tari Csevicés-völgy mindkét oldalá-



3. fotó. Andezites hialoklasztit breccsa és piroxénandezit lávapad (Mátrai Andezit Formáció) Feketekőbánya, Tar, Csevicés-völgy

Photo 3. Andesitic hyaloclastic breccia and pyroxenandesitic lava bench. Feketekőbánya, Tar, Csevicés valley



4. fotó. Andezit lávapad (0,4 m vastag) hialoklasztit breccsában (Mátrai Andezit Formáció), feltárás a Csevicés-völgy DNY-i oldalán

Photo 4. Andesite lava bench (of 0.4 m thick) in the hyaloclastite breccia of Mátra Andesite Formation. SW outcrop of Csevicés valley, Tar

nak talpi részén felszínre került (Feketekőbánya). SCHRÉTER (1940) szerint ezek egy része fiatalabb andezittelérekkel átjárt. A Csevicés-völgy Ny-i végénél az andezit hialoklasztit breccsába települt, a kiemelkedő kereszttrétegzett tufa jól követhető szintet alkot, a vízi felhalmozódást bizonyítva. A fúrások alapján a középső andezit összlet jelentős, de változó vastagságú (2. és 3. ábra, Tar-33: 105 m, Tar-4: 104 m, Tar-29: 53 m, valamint a Tar-35: 314 m vastag). A kútkönyvi leírások szerint az andezittufa, hialoklasztit breccsa, tufitrétegek között 0,5–8,0 m vastag fekete, porfíros szövetű andezit lávapadok települnek. Ezek a képződmények részben utólag kovásodtak, limonitosodtak, agyagásványosodtak. A finoman rétegzett breccsa dőlése $60^\circ/20^\circ$, ahol kereszttrétegzett $100^\circ/10^\circ$ -os. A Csevicés-völgy DNY-i feltárásában 40 cm vastag andezitpad betelepülés jelentkezik (4. fotó).

A Feketekőbánya piroxénandezitjén végzett legújabb K/Ar kormeghatározás $14,7 \pm 0,8 - 15,03 \pm 0,6$ M éves kort adott.

Lajtamésző Formáció

A fúrási dokumentációk szerint (Tar-35) 40 m vastagságot elérő aleuritós riolittufa és 3–5 cm-es andezit- és jáspiskavicsos konglomerátumból áll, felette molluszka-maradványos tufitos rétegek települnek. NOSZKY J. és SCHRÉTER Z. megfigyelése alapján a tari Csevicés-völgy bal oldalán homokos és meszes rétegek fejlődtek ki. Ez az összlet a Zagyvaárok ÉNy-i részén a Gömörhegy–Kőszirt-hegynél és Meszes-tetőnél a felszínen található.

Galgavölgyi Riolittufa Formáció

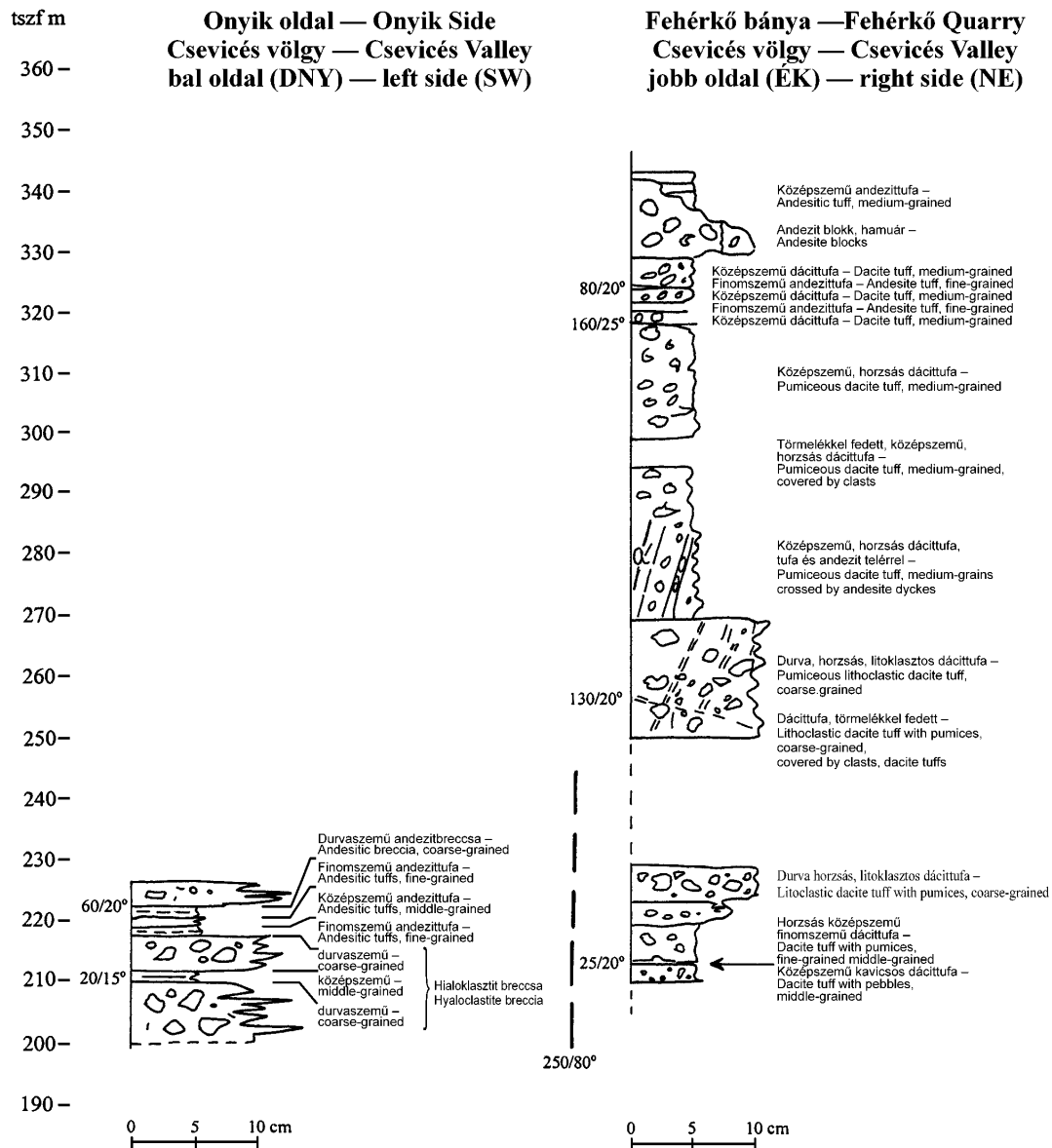
A tari Fehérkő-bánya anyagát SCHAFARZIK (1904) szürkésfehér, közép szemű, biotitos „tajtköves” dácittufának nevezi. MAURITZ (1910) szürkésfehér horzsaköves kvarc, biotit, szanidin, plagioklász tartalmú hiperszténes riolittufának, esetleg dácittufának írja le a Mátra hegység É-i oldalán feltárt tufákat.

A tari Fehérkő-bánya külfejtése és siklója több mint 120 m vastagságban tárja fel a nem összesült ignimbrites fehér, horzsaköves, biotitos, amfibolos közép szemű tufát (4. ábra). A feltárt szelvény alján alapi torlóár jellegű fehér, finomszemű riolittufa települ $25^\circ/20^\circ$ -os dőléssel (5. fotó). Fő tömege közép szemű ignimbritis, míg a tetején ugyancsak finomszemű, vékony riolittufa réteg található. A tufa 1–10 cm-es amfibolandezit, riolit és slír litoklasztokat tartalmaz, melyek sokszor a gázkifúvási csatornában dúsulnak. Az alsó szinten helyenként nagy tömegben cm-es méretű gabbró jellegű, durvakristályos magmatit litoklasztok is megjelennek az andezit litoklasztokkal együtt (ezek az alaphegységet alkotó bükki zóna mezozoos ofiolit összletéből származhatnak). A kőzet pados elválási felületének dőlése $130^\circ/20^\circ$.

A vizsgált területen mélyült fúrások a Tari Dácittufa és a Mátrai Andezit Formáció rétegei fölött jelentős vastagságban tárták fel az amfibolos, biotitos összesült és finomszemű tufát, valamint annak tufitos összletét (2. és 3. ábra). (A Tar-33 fúrásban 119 m vastag zöldessárga, rétegzett, riolit kavicsos slír és andezit litoklasztos tufa van; a Tar-35 fúrásban 30 m vastag fehéres szürke finomszemű horzsaköves összesült tufa és áthalmazott riolittufa, a Tar-29 fúrásban 77 m vastag riolittufit, a Hasznos-5 fúrásban 141 m vastag riolittufit, a Hasznos-4 fúrásban pedig 117 m vastag diatómás riolittufa van).

A felszínen a Csutajgödör, Szalajka- és Madarász-patakban az ÉÉK-DDNy-i tektonikus zóna mellett az amfibolos, horzsaköves riolittufa a felszínen is megtalálható (SCHRÉTER 1940, MEZŐSI 1966). A Szalajka-patak áthalmazott dácittufájában korábban szarmata kövületeket is említettek (MEZŐSI 1966).

A Fehérkő-bánya 10 cm-t meghaladó horzsakövei és 10 cm-es dácitos, andezites litoklasztjai alapján közeli kitörési központot lehet feltételezni (6. fotó).



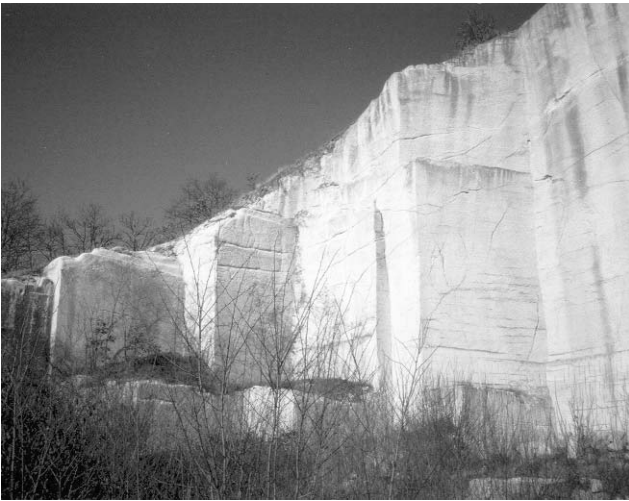
4. ábra. A tari Csevicés-völgy feltárásainak áttekintő szelvénye (szerkesztette: ZELENKA T. 2002)

Figure 4. Columnar section of the outcrops in the Tar Csevicés valley. (compiled: T. ZELENKA 2002)



5. fotó. Torlóár jellegű, fehér, finomszemű riolittufa a Fehérkő-bánya külfejtésének alsó szintjében

Photo 5. White rhyolite tuff of fine-grained with base surgecharacter on the base of the quarry of Fehérkő-bánya



Vizsgálataink szerint a tari Fehérvölgy és a Csevicés-völgy dácittufa feltárásai reverz polaritásúak, de nincs rajtuk rotáció. Az ugyanonnan vett dácittufa mintákon végzett radiogén kormeghatározás szerint koruk $13,5 \pm 0,7$ – $13,9 \pm 0,6$ M év, illetve a tufában levő andezit litoklaszton $13,0 \pm 0,6$ M év (alsó-szarmata).

A tari Fehérvölgy tufájának fő- és nyomelem (+ RFF) analízisét felkérésünkre a MÁFI kémiai laboratóriumában készítették ICP MS módszerrel. Összehasonlítással az 1. (a, b, c) táblázatban megtalálható az alsótoldi (Középső-Cserhát) feltárásból származó, biztosan középső dácittufa, valamint a gyularakodói (Bátonyterenye) biztosan alsó riolittufa összetétele is. Az SiO_2 és az összes alkália arányát tekintve mindhárom tufaszint dácitos összetételű, azonban a tari Fehérvölgy tufájának összes alkália mennyisége ezen belül a legnagyobb. Az SiO_2 és K_2O arány szerint a tari Fehérvölgy tufája a nagy K-tartalmú sorozatba tartozik, míg a középső dácittufa a normál és nagy K-tartalmú sorozat határán, az alsó riolittufa pedig a normál K-tartalmú sorozatba sorolható (PÓKA et al. 2002).

A ritkaföldfémértékek normálása az N-MORB- és C-CRUST-értékek szerint történt (5. ábra). Az N-MORB-ra történt normálás esetében a tari Fehérvölgy tufájánál a RFF-ek lefutása leginkább az 1-es értékhez közelít. A kontinentális kéregre (C-CRUST) normált értékeknél a nehéz RFF-ek esetében kisebb különbség mutatkozik a három tufaszint között, ui. az alsó és középső tufaszint dúsabb nehéz földfémekben, mint a tari Fehérvölgy tufája. Ugyanakkor a könnyű RFF-ek lefutása igen hasonló és a tari Fehérvölgy tufájának értékei állnak legközelebb a kontinentális kéreghez (5. ábra). Ez a kőzetkémiai és geokémiai kép alátámasztja a vizsgált feltárás elkülönülését, illetve a felső riolittufához tartozását.

Kékesi Andezit Formáció

Mezősi J. már 1966-ban jelzi, hogy a tari Fehérvölgy feletti feltárásokban a horzsaköves riolittufa padok váltakoznak a sötét színű finomszemű piroxénes andezittufa

6. fotó. Fehér horzsaköves dácittufa a Fehérvölgy külfejtésében
Photo 6. White pumiceous dacite tuff of quarry of Fehérvölgy

1a. táblázat. A három riolittufaszint típusmintáinak főelem-összetétele

	Alsó riolittufa, Gyularakodó, Bátonyterenye	Középső dácittufa, Alsótold, Középső-Cserhát	Felső dácittufa, Fehérvölgy, Tar, Csevicés-völgy
SiO_2	65,2	65,5	65,1
TiO_2	0,274	0,325	0,380
Al_2O_3	15,7	15,7	16,3
Fe_2O_3	2,21	2,80	1,83
FeO	0,266	0,81	0,909
MnO	0,018	0,0458	0,0418
CaO	2,23	3,26	3,04
MgO	0,747	1,48	0,914
Na_2O	2,54	1,81	2,36
K_2O	2,37	2,92	3,09
$+\text{H}_2\text{O}$	5,26	4,91	4,41
CO_2	0,217	0,037	<0,02
P_2O_5	<0,02	<0,15	0,104
SO_3	0,109	0,181	0,0308
$\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	13,27	13,70	11,00
$\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$	27,10	22,40	21,06

Elemzők: Ballókné, Szabóné, Szalka E., Horváth Zs. (2001), MÁFI.

1b. táblázat. A három riolittufaszint típusmintáinak RFF analitikai értékei

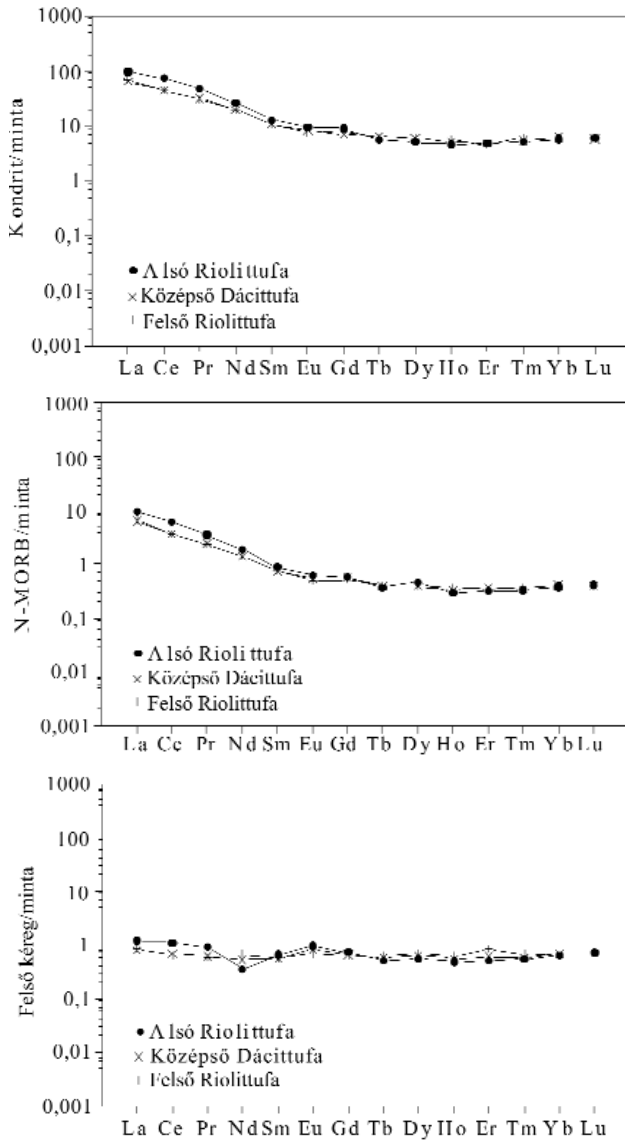
	Alsó riolittufa, Gyularakodó, Bátonyterenye	Középső dácittufa, Alsótold, Középső-Cserhát	Felső dácittufa, Fehérvölgy, Tar, Csevicés-völgy
La	35,7	24,7	23,5
Ce	69,6	41,6	42,6
Pr	6,42	4,29	4,35
Nd	19,1	14,0	13,7
Sm	2,96	2,53	2,47
Eu	0,83	0,64	0,72
Gd	2,75	2,41	2,47
Tb	0,33	0,35	0,37
Dy	1,94	2,35	2,25
Ho	0,39	0,49	0,44
Er	1,19	1,29	1,39
Tm	0,18	0,22	0,19
Yb	1,42	1,42	1,53
Lu	0,23	0,23	0,22
La/Yb	25,1	17,4	15,1

Elemző: Dr. Bartha András (2001), MÁFI

1c. táblázat. A három riolittufaszint típusmintáinak néhány nyomelem-koncentrációja

ppm	Alsó riolittufa, Gyularakodó, Bátonyterenye	Középső dácittufa, Alsótold, Középső-Cserhát	Felső dácittufa, Fehérvölgy, Tar, Csevicés-völgy
Sr	230	230	209
Ba	817	750	648
U	3,51	4,15	5,40
Zr	148	141	151
Ta	0,93	0,96	0,84
Y	11,9	11,1	12,0
Pb	63,0	21,2	17,9
Zn	45,6	–	33,9
Cu	5,23	–	6,74
As	1,86	<1,0	9,46
Sb	0,17	0,65	0,52
W	1,57	27,0	3,27

Elemző: Dr. Bartha András (2001), MÁFI



5. ábra. A Cserhát riolit tuffa formációinak kondritra, N-MORB-ra és felső kéregre normált (TYLOR ET MC LENNAN, 1985) RFF-el-oszlása
 Fig. 5. Distribution of RFF on chondrite, N-MORB and upper crust normalized of Cserhát Rhyolite Tuff formations

régekkel. A váltakozás legalább 3 szintben, kb. 0,2–0,5 m-es, $80^{\circ}/25^{\circ}$ -os dőlésű padokban jelentkezik a Bánya-tetőn (7. fotó). Az andezittufa rétegei egészen a Farkaslyuk tetőig követhetők 100 m összes vastagsággal, többnyire $DK/15^{\circ}$ dőléssel. Ennek anyagára több helyen hamuár és láva blokkok 0,1–1,0 m-es tömbjei következnek (8. fotó), amelyeket korábban agglomerátumnak írtak le. Az andezittufák között az egykori völgyekbe lefolyó piroxénandezit lávaárak padjai követhetők. A kőzettani vizsgálatok szerint a tufa hiperszténes augitandezit összetételű és andezit liloklasztokat tartalmaz. A *tari Fehérkő-bánya feletti andezit lávaár K/Ar kora Pécskay 2001-ben készült mérése szerint $12,5 \pm 0,6$ – $13,1 \pm 0,51$ M év.* A Kőerdő-tetőn az ép piroxénandezit lávatarak ennek az összetételnek felel meg és feltehetően az egykori kitörési központ közelében helyezkedik el.



7. fotó. Fehér horzsaköves riolit tufa (felső riolit tufa) váltakozása szürke piroxénés andezittuffával, Fehérkő-bánya-tető

Photo. 7. Alternation of the white pumiceous rhyolite tuffs (Upper Rhyolite Tuff) and the grey pyroxenic andesite tuffs of fine-grained on the top of quarry of Fehérkő-bánya



8. fotó. Hamuár és láva blokkok Farkaslyuk-tetőn (Tar, Csevicés-völgy)

Photo 8. Tephra stream and lava blocks on the top of Farkaslyuk (Tar, Csevicés valley)

A vizsgált területen számos piroxénandezit telért ismerünk, ezeket 5–25 m vastagságban fúrások is harántolták 75–80°-os dőléssel. Az ép teléreket korábban kőbányászati célra több helyen fejtették. Másutt a teléreket kloritos bon-tásúnak és kovás-opálos erek járják át őket. SCHRÉTER (1940) és MEZŐSI (1966) leírásával összhangban Tar és Mátraverebély között a slír összletben négy ÉK–DNy-i csapású, három K–Ny-i csapású és egy ÉNy–DK-i csapású piroxénandezit telér található. Ezeket a teléreket MAURITZ (1910) olivin pszeudomorfózákat tartalmazó hiperszténes augitandezitként írta le. A tari Csevicés-völgy jobboldalán egy Ny–K-i irányú andezit telér vető mellett jelentkezik, míg egy ÉK–DNy-i csapású andezit telér opál–kalcedon üregkitöltéses. A Fehérkő-bányánál egy K–Ny-i irányú, 190°/85° dőlésű andezittelér metszi a felső tufát. A Csevi-cés-völgy baloldalán a középső hialoklasztit breccsás andezitet két andezit telér metszi. A Szakadágödör és Csutajgödör között egy ÉÉNy–DDK-i csapású telér húzódik, mely az andezittufát metszi. A terület K-i határánál, a Csutaj területén egy K–Ny-i csapású telér található.

Szerkezeti helyzet

Szerkezetileg figyelemre méltó helyzetű a Kőerdő-tető–Farkaslyuk tömege. SCHRÉTER (1940) azt írja, hogy a tulajdonképpeni Mátra fő zömétől ÉK–DNy-i vetődé-sekkel elválasztva, s ahhoz képest 300 m-rel „lejjebb súly-lyesztve” települ ez az egység.

Tektonikai elemzésünk szerint az alábbi tektonikai egységeket lehet megkülönböztetni:

— Tarnál az ÉK–DNy-i irányú szerkezet a Zagyva völgyének baloldalán végig nyomozható Tiribespusztáig. Itt a Garábi Slír Formáció a felszínen van, DK-re dől 12–15°-kal. A slír összletet három–négy ÉK–DNy-i csapású üde piroxénandezit kőzettelér metszi, kontak-tizálva azt. A területen mélyült fúrások a slír eróziós helyzetére utalnak.

— A tari Fenyvespuszta–Sűrűpuszta között egy ÉÉK–DDNy-i tektonikus szerkezet a Kőerdő-tető K – Rednek-hegy – Sulyom-tető irányában Ny felé lehatárolja az andezit kibúváásokat. A törés mellett az áthalmozott fiatal dácittufa tektonikus helyzetű és mintegy km csapáshosszban nyomozható. Tőle K-re a kőszénteleges összlet felett a Garábi Slír Formáció összlete van a felszínen, mely É-on Tiribespusztánál DDNy/14–16°-kal dől, Kőerdő-tetőnél a fedő piroxénandezit láva-tufa, a tari Fehérkő-bányánál a felső riolittufa (összesült és nem összesült) van felszínen,

amely É-on, Tiribespusztánál DDNy/14–20°-kal, közép-tájon Fenyvespuszta–Szalajka-völgyben DDNy/10–25°-kal, D-en a Madarász-patak völgyében DDK/10–20°-kal dől.

— A fenti két szerkezeti rész között 2,0–2,5 km széles és legalább 5 km hosszú vulkano-tektonikus árok húzódik, amelyet vulkáni összletek töltenek ki. A felszínen Sűrűpusztánál (Tar–35 fúrás) a középső dácittufa (összesült és nem összesült változatban), Kőerdő-tetőnél a fedő piroxénandezit láva-tufa, a tari Fehérkő-bányánál pedig a felső tufa (Galgavölgyi Riolittufa Formáció) található.

— A tari Csevicés-völgy DK–ÉNy-i csapású, oldal-irányú elmozdulási szerkezettel (195/50–60°) prefor-mált.

— Farkaslyuk ÉNy-i oldalán SCHRÉTER (1940) K–Ny-i csapású É/80°-ra dőlő vetőt írt le, mely után még ÉÉK/15°-os dőlésű andezittufa, majd É felé egy újabb párhuzamos vető után az „apoka”-slír-összlet következik.

Következtetés és javaslat

A terület részletes földtani felvételével sikerült a korábbi ásvány-kőzettani és földtani települési helyzetet Tar környékén tisztázni. Ez alapján a tari Fehérkő-bánya dácittufa feltárása nem a középső dácittufa szint típusszelvénye, hanem a földtani-tektonikai, a kőzettani (kőzetkémiai), a paleomágneses (nincs rotáció és reverz a polaritás) és a K/Ar radiogén koradatok (13,0–13,9 M év) alapján szarmata korú, tehát a Galgavölgyi Riolittufa Formációhoz tartozik. Ezért a Tari Dácittufa Formáció (kárpáti középső dácittufa szint) típus szelvényének kijelölésére javasoljuk a Tar–35 fúrás 375–471 m közötti szakaszát, illetve a tari Gömör-hegy felhagyott kőbányáját, a Tari Dácittufa Formáció név változatlan megtartásával.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA — a T 030541 téma keretében, a Cserhát-hegység reambulációs kutatásához kapcsolódva — finanszírozta. Dr. Less György és dr. Balla Zoltán alapos, tételes lektori észrevételeit a végleges anyag összeállításánál köszönettel figyelembe vettük. Külön köszönet illeti a Bükk Nemzeti Park Igazgatóságának illetékeseit, hogy lehetővé tették az Ipolytarnóci Védett Terület vendégházában két alkalommal a témához kapcsolódó workshop megrendezését.

Irodalom — References

- HÁMOR G. 1985: A Nógrád–Cserháti kutatási terület földtani viszonyai. — *Geologica Hungarica series Geologica* 22.
- KUBOVICS I. 1963: Az ÉNy-Mátra földtani és vulkanológiai viszonyai. — *Földtani Közönlöny* 93 (4.) pp. 466–480.
- MAURITZ B. 1910: A Mátra hegység eruptív kőzetei. — *Math. Term. Tud. Közl.* 30 (4). pp. 133–247.
- MÁRTON, E., MÁRTON, P. 1996: Large scale rotations in North Hungary during the Neogene as indicated by palaeomagnetic

- data. — In: MORRIS, A., TARLING, D. H. (eds), Palaeomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region. *Geol. Soc. Spec. Publ.* No. 105, 153–173.
- MEZŐSI J. 1966: *Tar (Fenyvespuszta) 10 000 földtani térkép magyarázója* — MÁFI, Budapest, pp. 1–62.
- ID. NOSZKY J. 1927: *A Mátra hegység geomorphológiai viszonyai.* — A Debreceni Tisza István Tud. Társ. Honism. Biz. Kiadv., Karcag.
- PÓKA, T., ZELENKA, T., MÁRTON, E., PÉCSKAY, Z., SEGHEDI, I. 2002: Miocene volcanism of Cserhát Mts (N. Hungary): an integrated volcanotectonic–geochronologic study. — *Proceedings of the XVII. Congress of Carpathian–Balkan Geological Association, Bratislava, 2002.* Geologica Carpathica, Vol. 53. Spec. Issue.
- PRAKFULVI P. 1998: *A Tari csevicék kutatástörténete és földtana.* — Tar. Polgármesteri Hiv. kiadványa.
- SZENTES GY. 1967: *Földtani leírás az L-34-4-B-a-1-es kiegészítő térképlaphoz.* — MGSZ Adattár T-1764.
- SCHRÉTER Z. 1940: *Nagybátony Környéke.* — Magyar Tájak földtani leírása II. Kiadja MKFI Bp.
- VARGA GY. 1975: *A Mátra hegység földtana.* — *MÁFI Évkönyve 57 (1)* Műszaki Könyvkiadó Budapest, 575 p.

A móri Antal-hegyi középső- és késő-eocén „lithothamniumos mészkő” mikrofáciés és őskörnyezeti vizsgálata

*Microfacies and palaeoenvironmental analysis
of the Middle to Late Eocene "Lithothamnium-bearing limestone" of the Antal Hill at Mór
(Vértes Mountains, Hungary)*

PÁLFALVI SAROLTA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: eocén, mikrofáciés, nagyforaminifera vörösalga, bryozoa, paleoökológia, karbonátrámpa

Összefoglalás

A Vértes DNy-i részén, Mór fölött elhelyezkedő Antal-hegyen és környékén, a „lithothamniumos mészkő” a középső-eocén Padragi Márgára települ, kora nannoplankton- és nagyforaminifera-vizsgálatok szerint középső–késő-eocén. A néhány felszíni feltárásból, valamint a Mór M-13 fúrás karbonátos rétegeiből származó minták vékonycsiszolatos vizsgálata alapján a mikrofáciés típusa vörösalga-nagyforaminifera-bryozoa grainstone/packstone. Jellemző ősmaradványok a vörösalgák közül a Melobesioideae-k és a *Sporolithon*, a nagyforaminiférák közül a Discocyclinidae-k, Orbitoclypeidae-k, *Operculina gomezi*, *Acervulina* és az apró *Nummulites*ek, valamint az uralkodóan vékony, elágazó formájú bryozoa-k. A vizsgált taxonok normál tengeri, hullámbázis alatti, viszonylag kis hidrodinamikai energiával jellemzett, gyengén átvilágított környezetben élhettek. A foszsziliák megtartási állapota, valamint a szöveti jellegek lejtőn való gravitációs (esetleg viharok hatására történt) áthalmozásra és változó intenzitású áramló közegre utalnak. Az üledékképződés helye egy prográdáló karbonátos rámpa medencéjéhez csatlakozó lejtőjének alsó része lehetett. Hasonló fáciés előfordul a késő-eocén korú „budai lejtő” karbonátos üledékeiben, de eltérő – transzgressziós – rétegtani helyzetben.

Key words: Eocene, microfacies, larger foraminifera, red algae, bryozoa, palaeoecology, carbonate ramp

Abstract

The "Lithothamnium-bearing Limestone" of the Antal Hill and its surroundings, nearby Mór, at the SW part of the Vértes Mountains, central Hungary (Figure 1), overlies the Middle Eocene Padrag Limestone and it was formed in the Middle to Late Eocene, according to the biostratigraphical studies of the nannoplankton (BALDI-BEKE, personal communication) and the larger foraminifera (KECSKEMÉTI 1998; LESS, personal communication). On the basis of the microfacies analysis of the thin sections, originated from the borehole M-13, (Figure 2), from the outcrops on the Antal Hill, and from a small quarry, S of the Rudolf Meadow (Figure 3), the microfacies type is red algal-larger foraminiferal-bryozoan grainstone/packstone (Figure 4). This facies contains red algae, such as Melobesioideae and *Sporolithon* (Figure 6), larger foraminifera, such as Discocyclinidae, Orbitoclypeidae, *Operculina gomezi*, *Acervulina* and small *Nummulites* (Figure 7), and mostly erect rigid delicate or robust branching bryozoans (Figure 8). The studied taxons lived in normal marine environment, under fair weather wave base in low energy and weak light conditions. The preservation of the fossils and the textural characteristics refer to gravitational (or storm induced) redeposition and current agitation. The place of the sediment accumulation might be the lower slope of a prograding carbonate ramp. Similar facies can be found in the carbonates of the Late Eocene "Buda palaeoslope" (KÁZMÉR 1993; FODOR et al. 1994), but they are in a different stratigraphical position in a transgressive succession.

Bevezetés

Mórtól ÉK-re, a Vértes DNy-i részén, az Antal-hegyen és a tőle K-re eső Rudolf-réten kisebb kibukkanásokban és felhagyott kőfejtőkben, fejtőgödörökben táruul fel a középső- és késő-eocén korú „lithothamniumos mészkő”.

BEUDANT (1825) a Mór környéki nummuliteses mészkövet még jurának tartotta, STACHE (1862) ismerte fel az eo-

cén mészkősvát a Bakony és a Vértes ÉNy-i oldalán. A XX. század elején Mór környékén is megindult a kőszénkutatás, amelyhez kapcsolódva az Antal-hegyen BÖCKH H. és KOCH A. végeztek terepbejárást. Ennek eredményeként BÖCKH (1902) középső-eocén *Nummulina lucasana* (*N. perforatus* A) és *N. tchihatcheffi* (*N. millecaput* A)-tartalmú rétegeket írt le a triász képződmények fedőjeként. KOCH (1903) a középső-eocén széndúsabb rétegek fedőjébe he-

1. táblázat. Az Antal-hegyen előforduló eocén képződmények rétegtani helyzete és kora a különböző szerzők szerint
Table 1. Stratigraphical setting and age of the Eocene sediments in the Antal Hill, according to different authors

	TELEGDI ROTH (1935)	SZÓTS (1938)	SZÓTS (1956)	GIDAI (1971)	BERNHARDT (1985)
felső-eocén		ortofragminás-nummulinás mészkő	nummulinás-ortofragminás-lithothamniumos mészkő	nummuliteses, discocyclinás mészkő, mészmárga, tufás homokkő	nummuliteses, discocyclinás, lithothamniumos mészkő
középső-eocén	„fő”-nummulinás mészkő	Nummulina perforata-s márga	foraminiferás-molluszkumos agyagmárga	foraminiferás-molluszkás agyagmárga	foraminiferás márga
	Nummulina perforata-s márga				
	osztreás pad	kőszételepes összet.			
	„fornai” félígsósvízi márga				Nummulites perforatusos, N. striatusos rétegcsoport
	szénteleges rétegcsoport				
tarka agyag					
Paleocén-alsó-eocén	szénformáció	szénformáció	nummuliteses-molluszkumos agyagmárga	molluszkás márga	
			osztreás pad	barnakőszén rétegcsoport	
			molluszkumos márga		
			kőszénösszet		
			tarkaagyag és édesvízi rétegek	édesvízi rétegcsoport	
			tarka agyag és homok	tarkaagyag	

lyezte a „lucanas” mészkövet, és felette szintén középső-eocén, „fornaihoz” hasonló osztreás, csigakövéletes márgát észlelt. A *N. tchihatcheffis* rétegeket felső-eocénnek tartotta, benne *Orbitoideseket* (*Discocyclina*) és *Heterostegidákat* talált nagyobb számban. TAEGER (1909) monográfiájában behatóan foglalkozott a vértesi eocénnel, szelvényein az Antal-hegyet felépítő rétegeket felső-eocén „főnummulitmészként” ábrázolta, a nyugati lejtőn fornai márgát jelölt.

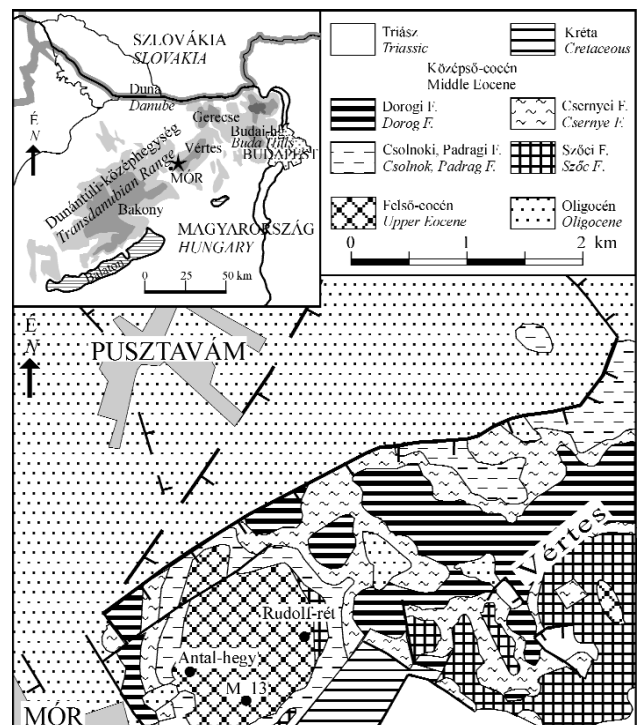
TELEGDI ROTH (1935) az Antal-hegyen és környékén végzett felvétel során észlelt foraminiferás agyagmárgát középső-oligocénnek tartotta, és a „kiscelli agyag”-gal azonosította, amely diskordánsan települ az általa közölt eocén rétegsor (1. táblázat) „fő-nummulinás mészkő”-ből álló zárótagjára.

SZÓTS (1938) értekezésében részletesen foglalkozott az Antal-hegy paleogén képződményeivel (1. táblázat). Az Antal-hegyen és a Kis-Antal-hegyen „közép és felső eocén ortofragminás-nummulinás mészkövet írt le. Két szintet különböztetett meg. Az alsó szint az Antal-hegy É-i oldalán bukkan ki, a középső-eocén legmagasabb részét képviseli, durva kristályos, kevés, glaukonitosodott *Nummulitest* tartalmaz,

1. ábra. Az Antal-hegy és környéke földtani térképe a kvarter képződmények elhagyásával (BUDAI et al. 2002 nyomán) és a vizsgált rétegsorok helyének feltüntetésével

Figure 1. Geological map of the Antal Hill and its surroundings, without Quaternary sediments (after BUDAI et al. 2002), and with the location of the measured sections

szerkezete a csákberényi „*N. striatus*” mészmárgára hasonlít. A felső szint néha halványzöld, glaukonitos márgás mészkő, tömördek foraminiferával, leggyakoribb az *Orbitoides* (*Discocyclina*) *papyracea*. A mészkövet „csíkos” (szalagosan



biotitos) andezittufa borítja. A foraminiferás agyagmárgát TELEGDI ROTH (1935) véleményével egyezően ő is középső-oligocénnek tartotta, később (SZŐTS 1956) azonban a lutetiai emeletbe helyezte, a bartoni nummulieszes-ortofragminás-lithothamniumos mészkő alá (1. táblázat).

1967-ben mélyült a Mór–13 fúrás, amelynek mintáiból makrofauna-, mikrofauna-, nagyforaminifera-, nannoplankton- és palynológiai vizsgálatok készültek, amelyeknek eredményeit GIDAI (1971) foglalta össze (1. táblázat).

Az 1970-es évek első felében Csima Kálmán (BOGÁTH, CSIMA 1976) végzett térképezést az Antal-hegyen. BERNHARDT (1985) a Mór–Bodajk 1:20 000-es térkép-magyarázójában részletes leírást adott az Antal-hegy egyes képződményeiről, rétegtani helyzetükről (1. táblázat), ősmaradvány-tartalmukról, korukról (1. táblázat).

A jelenlegi munka célja az Antal-hegyi eocén karbonátos rétegek mikrofácies-vizsgálata és öskörnyezeti rekonstrukciója. A vizsgált feltárások és az M–13 fúrás helye az 1. ábrán látható.

A Mór M–13 fúrás rétegsora

Ma a fúrás anyaga már nem található meg teljes egészében, a szépvízéri fúromagraktárban már csak egy-egy reprezentáns kőzetmintát, valamint kiiszapolt mikrofaunát tartalmazó mintákat őriznek. Ezért a rétegsor leírásához saját megfigyeléseimen kívül GIDAI (1971) munkájára is támaszkodtam:

13,0–15,0 m: Világos, szürkésfehér, biodetrituszos mészkő. Nagy mennyiségben tartalmaz vörösalga töredékeket, rodolitokat és nagyforaminiferákat.

15,0–28,5 m: Tufás, meszes, agyagos-aleuritos homokkőrétegek váltakoznak szürkészöld, tufás, glaukonitos, biodetrituszos, nagyforaminiferákat (pl. *Operculina gomezi*) tartalmazó mészkőpadokkal.

28,5–32,8 m: Szürkészöld, glaukonitos, biodetrituszos mészkő, sok *Nummulites* (köztük *N. millecaput* A formát is) és *Discocyclinát* tartalmaz.

32,8–52,5 m: Padragi Formáció. Szürke, aleuritos agyagmárga, vékonyhéjú apró molluscákkal és kevés Pteropodával. Uralkodóan nagyforaminifera-mentes, de elvéve egy-egy *Operculina alpina* előfordul.

52,5–70,0 m: A Csolnoki és Padragi Formációk átmenete. Szürke aleuritos agyagmárga, amely általában csak gyéren tartalmaz nagyforaminiferákat, 52,5 méteren azonban tömeges mennyiségű *Nummulites striatus* fordul elő. Alsó szakaszán erősen glaukonitos, és biotitszemcséket is tartalmaz.

70,0–73,5 m: Csolnoki Formáció. Sötétszürke aleuritos-homokos agyagmárga, amely tömeges mennyiségben tartalmaz *Nummulites striatust*, Mollusca-héjakat és kevés *N. perforatust*.

73,5–83,5 m: Csernyei Formáció. Agyagos-homokos aleurolit és márga. Nagy mennyiségben tartalmaz Mollusca-héjat és -héjtöredéket, valamint korallokat és miliolinákat.

83,5–101,0 m: A Dorogi Formáció Annavölgyi Tagozata. 3 telepéből álló szentelepes összlet, Mollusca-héjtöredékeket tartalmazó agyagos-homokos aleurolit közbetelepülésekkel.

101,0–126,5 m: A Dorogi Formáció Bajnai Tagozata. Szürke aleuritos agyag és homokkő, legalul tarka agyag.

Az M–13 fúrás eocén képződményeinek kora, és litosztratigráfiai helyzete

A Dorogi, a Csernyei, a Csolnoki és a Padragi Formáció nannoplankton-vizsgálatok alapján a középső-eocén felső-lutetiai és bartoni emeleiteit képviselik (BÁLDINÉ in: GIDAI 1971). A 32,8–13,0 m közötti meszes és tufás képződményekből álló rétegekből csak a 17,0 m-ről vett minta tartalmazott kormeghatározásra alkalmas nannoplankton (*Isthmolithus recurvus* DEFL.). Ennek alapján a 17,0–13,0 m közötti rétegek már biztosan a késő-eocénben (NP 19-20) keletkeztek (Báldiné szóbeli közlés). A 32,8–29,0 m között előforduló vastag vázú nagyforaminiferák, ill. a *Nummulites millecaput* a középső-eocénre jellemzőek (KECSKEMÉTI 1998; Less szóbeli közlés), ami valószínűsíti, hogy a mészkő rétegek lerakódása már a középső-eocén végén megkezdődött.

A középső- és felső-eocén határa a 29,0–17,0 m közötti intervallumra esik, pontosabb kijelölése korjelző ősmaradványok hiányában egyelőre nem lehetséges. A kőzetet litológiai jegyek alapján sem lehet mindig egyértelműen megkülönböztetni a Szóci Mészkő Formáció amúgy is változatos kifejlődésű típusaitól, pl. a Vértesben nagy területen elterjedt glaukonitos, *Discocyclinákat* és apró *Nummuliteseket* tartalmazó biodetrituszos mészkőtől. Ezért indokoltnak tűnik a teljes karbonátos rétegsor besorolása a Szóci Mészkő Formációba. A tufás homokkő- és márga-betelepülésekkel tarkított rétegösszletet tagozat rangon érdemes elkülöníteni.

Az Antal-hegyen és Rudolf-réten található felszíni feltárások

Az Antal-hegyen több kisebb, a mészkőrétegeket pár m vastagságban feltáró kibukkanás, felhagyott kőbánya található (BOGÁTH, CSIMA 1976). A vizsgált minták (A11–15.) az Antal-hegy ÉNy-i részén levő három kisebb felhagyott kőfejtőből származnak. Az itt található rétegek általában kemény, sárgásfehér, gyakran zöldes árnyalatú, vörösalgás, nagyforaminiferás, biodetrituszos, pados mészkőből, vagy mészmárgából állnak. Változó mennyiségben tartalmaznak glaukonitot és biotitot.

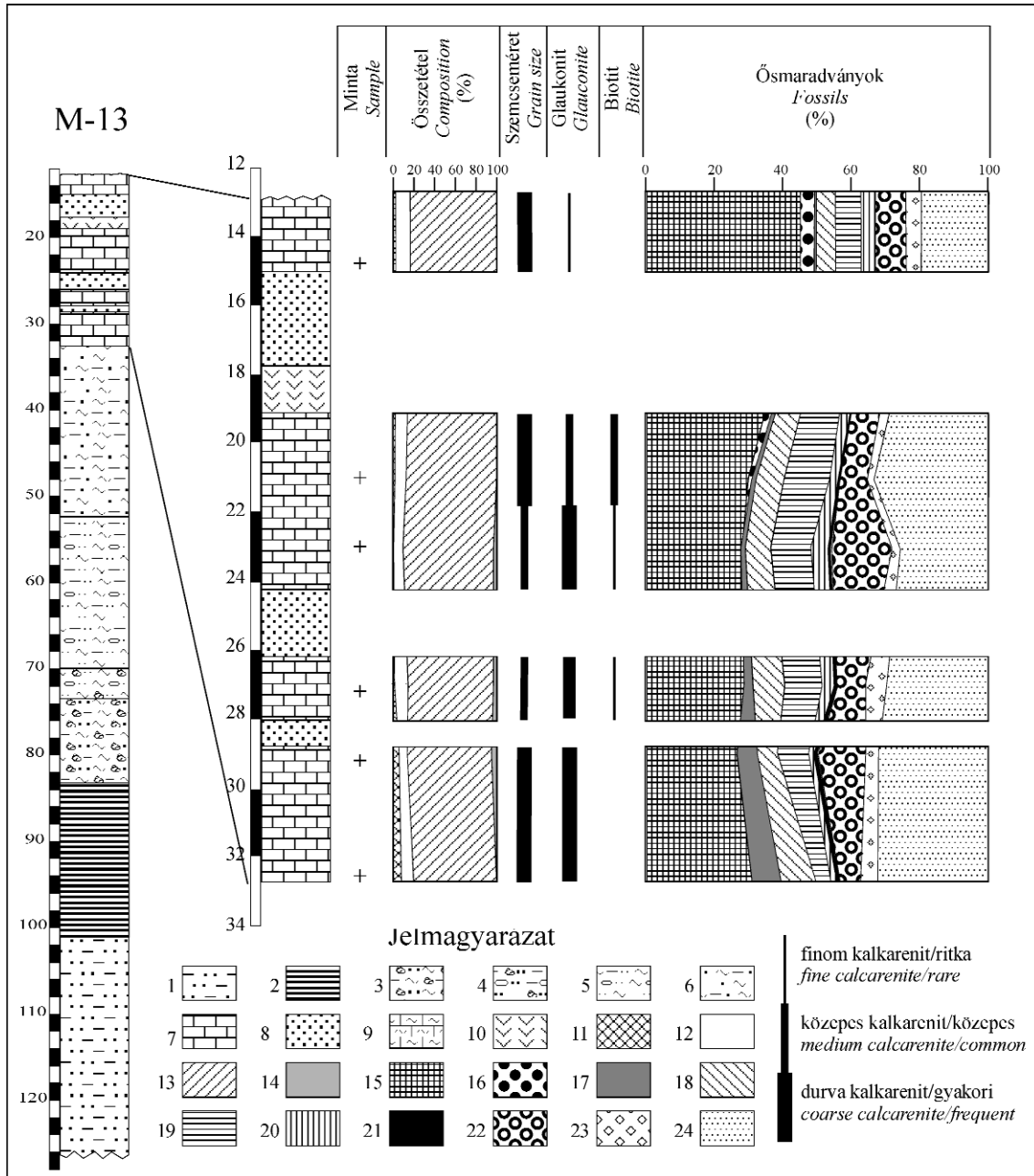
A Rudolf-réten, a vadászháztól délre, egy kis felhagyott kőfejtőben kb. 3 m vastag rétegsor tanulmányozható. Az alsó 2 m vastagpados, biodetrituszos mészkőből és benne egy kb. 10 cm vastag, tufás márga-betelepülésből áll. A mészkő vörösalga-töredékeket, rodolitokat, *Discocyclinákat* és apró *Nummuliteseket* tartalmaz. A feltárás felső részén lemezes, vékonyréteges márga-, mészmárga- és tufás, agyagos-homokos márgarétegek váltakoznak.

Mikrofációs-vizsgálatok

Módszerek

A mikrofációs vizsgálatok mintái az M-13 fúrás 32,7–15,0 m közötti szakaszából, valamint az említett Antal-hegyi és Rudolf-réti feltárásokból származnak. 18 db 5×5 és 2×3 cm-es vékonycsiszolat mikrofációs-elemzését

végeztem el félkvantitatív módszerrel, BACCELLE, BOSELLINI (1965) összehasonlító táblázatainak segítségével. A legfontosabb ősmaradványok mennyiségi változásainak pontosabb követése érdekében 10 db csiszolatot pontszámlálásos módszerrel is megvizsgáltam, mintánként 500 pontot leszámolva. A mikrofációs-típusok meghatározásához DUNHAM (1962), valamint EMBRY és KLO-

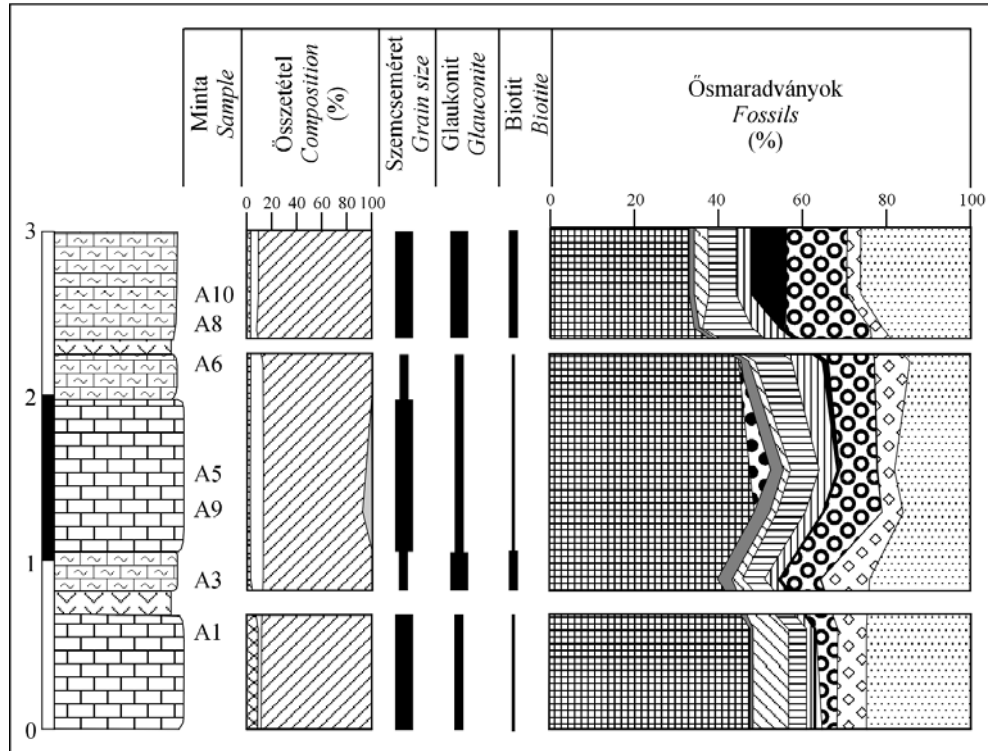


2. ábra. Az M-13 fúrás eocén rétegsora és mikrofációs vizsgálatának eredményei

1 – Bajnai T.; 2 – Annavölgyi T.; 3 – Csernyei F.; 4 – Csolnoki F.; 5 – Csolnoki és Padragi Formációk átmenete; 6 – Padragi F.; 7 – mészkő; 8 – tufás homokkő; 9 – mészmárga; 10 – tufás márga; 11 – mikrit, mikropátit; 12 – pátit; 13 – bioklaszt; 14 – intraklaszt; 15 – Corallinaceae; 16 – rodolit; 17 – Acervulina; 18 – Nummulites; 19 – Orthophragmina; 20 – Operculina; 21 – plankton foraminifera; 22 – bryozoa; 23 – Echinodermata; 24 – egyéb

Figure 2. Lithostratigraphic column and results of the microfacies analysis of the borehole M-13

1 – Bajna Mb; 2 – Annavölgy Mb; 3 – Csernye Fm; 4 – Csolnok Fm; 5 – transition between Csolnok and Padrag Fm; 6 – Padrag Fm; 7 – limestone; 8 – tuffaceous sandstone; 9 – calcareous marl; 10 – tuffaceous marl; 11 – micrite, microspar; 12 – sparry calcite; 13 – bioclast; 14 – intraclast; 15 – Corallinaceae; 16 – rhodolith; 17 – Acervulina; 18 – Nummulites; 19 – Orthophragminae; 20 – Operculina; 21 – planktic foraminifera; 22 – Bryozoa; 23 – Echinodermata; 24 – others



3. ábra. A Rudolf-réttől D-re eső feltárás rétegsora és mikrofácies vizsgálatának eredményei
Jelmagyarázat a 2. ábrán

Figure 3. Lithostratigraphic column and results of the microfacies analysis of the outcrop S of Rudolf Meadow

For legend see Figure 2

VAN (1972) nevezéktanát használtam. A vizsgálat eredményei a 2–3. ábrákon láthatók.

Eredmények

A vizsgált minták mikrofácies-típusa vörösalga-nagyforaminifera-bryozoa grainstone/packstone (4. ábra).

A biogén komponensek uralkodóan vörösalga-, bryozoa- és echinodermata-töredékek, brachiopodák (5. ábra), gazdag de gyakran töredékes nagyforaminifera faunával és kevés kis bentosz foraminiferával. A plankton foraminiferák az M–13 fúrás vizsgált szakaszán ritkák, a Rudolf-réten azonban, főleg a feltárás mészmárga-rétegeiben viszonylag gyakoriak. A kisforaminiferák alárendelt szerepet játszanak a nagyforaminiferákhoz képest, Miliolinák, Textulariinák és Rotaliinák egyaránt előfordulnak, de helyenként a Miliolinák aránya kissé megnövekszik.

A bioklasztok gyakran irányítottan, a rétegzéssel párhuzamosan helyezkednek el (4. ábra, a). Az egyes rétegeken belül közepesen vagy jól osztályozottak, méretük általában közepes vagy durva kalkarenit. Koptatottságuk változó. A vázak egy része mikrites kitöltésű (4. ábra, b). A vörösalgákon gyakran fúró szervezetek (*Entobia?*) tevékenységének nyomai láthatók. Néhány mintában (pl. A10. és A12. minta) 5–10 mm vastag, plankton foraminiferákban dús, finom kalkarenites, és nagyforaminifera-héjtöredékekben gazdag durva kalkarenites rétegek váltakozása figyelhető meg (4. ábra, c).

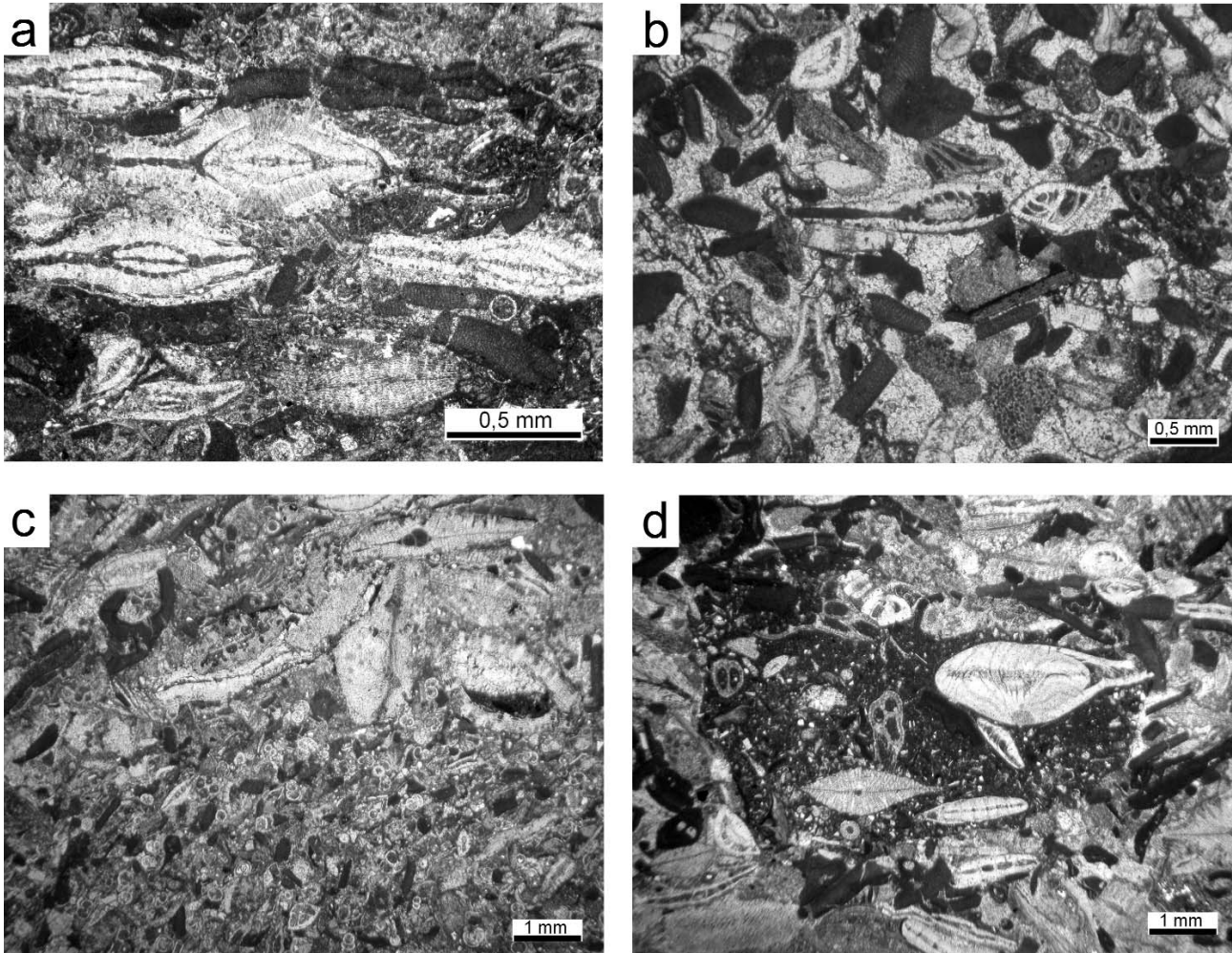
A glaukonit, változó mennyiségben, kerekded szemcsék formájában, ill. vázkitöltésként figyelhető meg. Minden minta tartalmaz kevés, általában finom-közepes homok méretű kvarcsemmet is. Egyes rétegekben biotit-szemcsék is találhatóak. Néhány mintában *Operculina*–*Orthophragma* wackestone szövetű intraklaszt is előfordul (4. ábra, d).

A kötőanyag mozaikpátos, ill. helyenként drúzás kalcit, az echinodermata-vázalemegek körül gyakran szintaxiális cement található (6. ábra, b). Minden minta tartalmaz többkevesebb mikritet is.

Az egyes minták közötti eltéréseket a legfontosabb biogén komponensek arányának változásai, valamint a bioklasztoknak a különböző mintákban megfigyelhető szemcseméretbeli különbségei adják (2. és 3. ábrák).

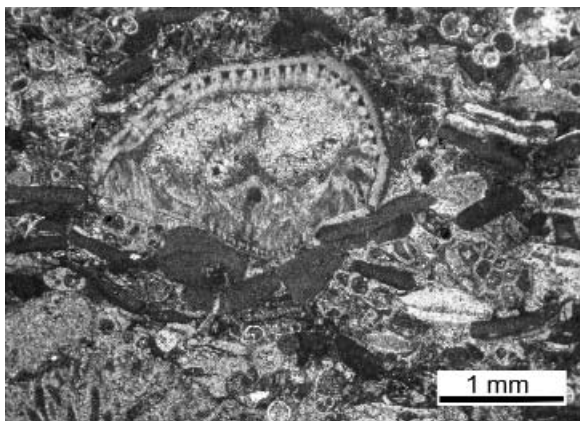
Vörösalgák

A minták 20–40% mennyiségben bekérgező és elágazó vörösalga-töredéket tartalmaznak. A törmelék koptatottsága változó, szögletes, viszonylag jó megtartású alakok és erősen mikritesedett, gyakran közepesen-jól koptatott bioklasztok is előfordulnak. A vörösalgák uralkodóan a *Corallinaceae* családba tartoznak, de ezeken kívül majdnem minden minta tartalmaz *Sporolithon* (korábban *Archaeolithothamnium*, *Sporolithaceae*)-töredéket (6. ábra, a) is. Egyes rétegekben rodolitok is talál-



4. ábra. a) *Operculina gomezi* COLOM et BAUZÁ vázak és vörösalga-töredékek rétegzéssel párhuzamos elrendeződésben. A8. minta. b) Nagyforaminifera-Bryozoa-vörös alga grainstone, a foraminifera kamrák mikrites kitöltésűek. A13. minta. c) Plankton foraminiferákat tartalmazó finom kalkarenites réteg felett nagyforaminiferás, durva kalkarenites réteg. A10. minta. d) *Operculinákat* és *Discocyclinát* tartalmazó wackestone szövetű intraklaszt. A9. minta

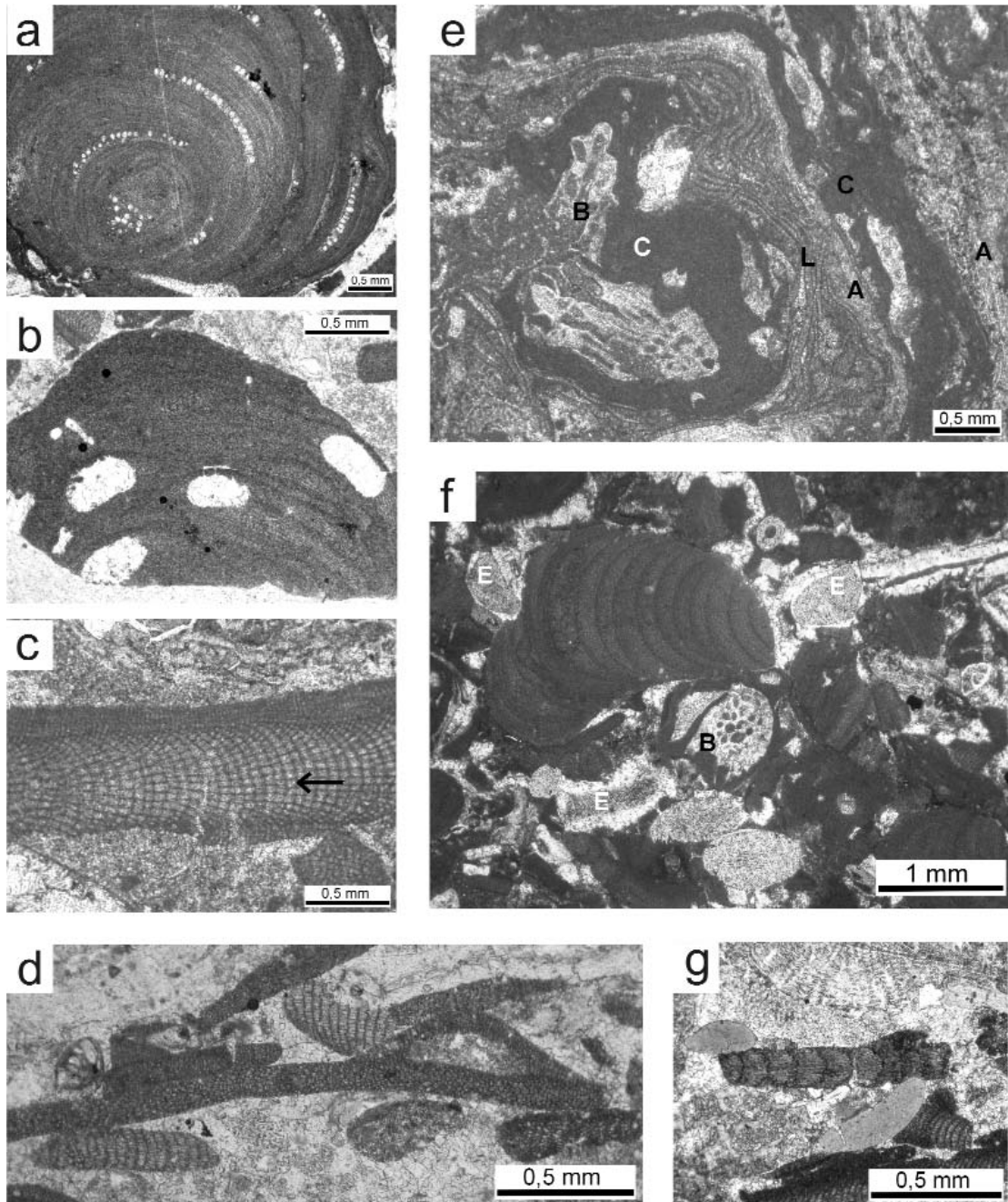
Figure 4. a) Shells of *Operculina gomezi* COLOM et BAUZÁ and red algal fragments oriented parallel to bedding. Sample A8. b) Larger foraminiferal-bryozoan-red algal grainstone, the foraminiferal shells are filled with micrite. Sample A13. c) Larger foraminiferal, coarse calcarenitic layer above fine calcarenitic layer, containing planktic forams. Sample A10. d) Intraclast with *Operculina-Discocyclina* wackestone texture. Sample A9



5. ábra. Brachiopoda-váz metszete. A10. minta

Figure 5. Oblique section through a brachiopod shell. Sample A10

hatóak. A Corallinaceae-k pontosabb taxonómiai besorolása töredékes, helyenként mikritesedett voltak miatt nem mindig lehetséges. A meghatározott taxonok közül leggyakoribbak a Melobesioideae-k (6. ábra, b), ezek főleg *Lithothamnion*- (6. ábra, d) és *Mesophyllum*- (6. ábra, c) kéreg- és ágtöredékek. Az M-13 fúrás 15. méterénél gyakori a Mastophoroideae alcsaládba tartozó *Lithoporella melobesioides* is, ami általában vegyes kérgeket alkot más Corallinaceae-val. Egyes mintákban (M-13: 32,7–27,0 m és A1.) viszonylag nagyobb számban fordulnak elő a tagolt, nem kalcitósodó „nodusokkal” kapcsolódó, hajlékony Corallinoideae-ágtöredékek (6. ábra, g). A rodolitok multispecifikusak, a vörösalgákon kívül bekéregző foraminiferák (pl. *Acervulina linearis*) és Bryozóák is részt vesznek a felépítésükben (6. ábra, e).



6. ábra. a) *Sporolithon aschersoni* (SCHWAGER) MOUSSAVIAN et KUSS, a sporangiumok önállóan, szabályos sorokba rendeződve találhatóak. A9. minta. b) Melobesioideae-töredék, többnyílású conceptaculumokkal. M-13 fúrás, 15,0 m. c) *Mesophyllum* koncentrikus hypothallussal és a filamentumok közötti sejttösszeolvadással (nyíl). A9. minta. d) *Lithothamnion* sugaras hypothallussal, és többnyílású conceptaculummal. M-13 fúrás, 15,0 m. e) Multispecifikus rodolith részlete Bryozoa-töredék (B) körül. C = Corallinaceae, L = *Lithoporella melobesioides* (FOSLIE) FOSLIE, A = *Acervulina linearis* HANZAWA. M-13 fúrás, 15,0 m. f) Corallinaceae-töredékek és bekéregzés Bryozoa (B) körül, E = Echinodermata-váz-töredék szintaxiális cementtel. A1. minta. g) Corallinoideae-töredék. M-13 fúrás, 29,0 m

Figure 6. a) *Sporolithon aschersoni* (SCHWAGER) MOUSSAVIAN et KUSS, sporangia are arranged in regular rows. Sample A9. b) Melobesioideae fragment with multiporate conceptacles. M-13, 15.0 m. c) *Mesophyllum* with coaxial hypothallus and cell fusion (arrow). A9. d) *Lithothamnion* with non-coaxial hypothallus and multiporate conceptacles. M-13, 15.0 m. e) Detail of a multispecific rodolith with bryozoan core. C = Corallinaceae, L = *Lithoporella melobesioides* (FOSLIE) FOSLIE, A: *Acervulina linearis* HANZAWA. M-13, 15.0 m. f) fragments of Corallinaceae and encrustation around a Bryozoa (B), E = echinoderm fragments with syntaxial cement. Sample A1. g) Fragment of a Corallinoideae. M-13, 29.0 m

Nagyforaminiferák

A vizsgált mintákban 15–25%, nagyrészt töredékes nagyforaminifera fordul elő. Leggyakoribbak az orthophragminák, a *Nummulites*, és az *Operculina*, egyes mintákban, főleg az M–13 fúrásban a mészkőösszlet alsó részén nagy mennyiségben található *Acervulina* (7. ábra, a). Ezeken kívül néhány *Eorupertia* (7. ábra, b), *phaerogypsina* (7. ábra, c) és *Victoriella* is előfordul.

Az Orthophragminák közül néhány minta kivételével a Discocyclinidae család képviselői a leggyakoribbak, mellettük Orbitoclypeidae-k (korábban Asterocyclinidae-k: LESS 1987 — 7. ábra, d) is találhatóak, az M–13 fúrásban, 15,0 méternél ezek válnak uralkodóvá. A *Nummulitesek* többnyire kisméretű formák. A mintákban axiális és ferde metszetekben láthatók, ezért, valamint sokszor töredezett voltak miatt is, pontosabb meghatározásuk általában nem lehetséges. Az M–13 fúrásban 32,7 méternél néhány *N. millicaput* A forma is található (7. ábra, e). Az *Operculinák* közül a belső kanyarulataiban involut *Operculina goezi* gyakori (4. ábra, a).

Bryozoák

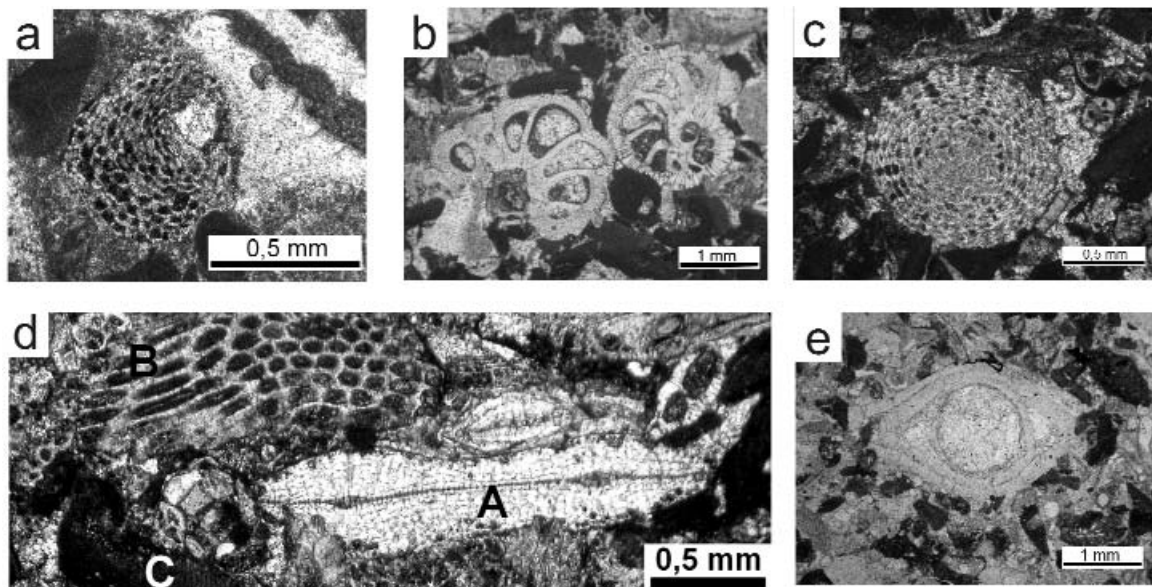
A vizsgált minták változó mennyiségben (4–18%) tartalmaznak Bryozoa-töredékeket (8. ábra, a–c), a Rudolf-réti feltárás felső részén és az M–13 fúrásban 23,0 méternél a leggyakoribbak. A pontosabb taxonómiai besorolásra a töredékes, véletlenszerű metszeteket tartalmazó vékonycsiszolatok nem alkalmasak. Többféle morfológiai típust lehet elkülöníteni. Leggyakoribbak a vékony ágszerű formák, a Rudolf-réti feltárásban gyakoriak még a vastagabb elágazó vagy

legyezőszerű telepek. A kevés bekéregző forma általában vörösalgákkal együtt fordul elő kéregtöredékekben vagy rodolitokban.

Paleoökológia

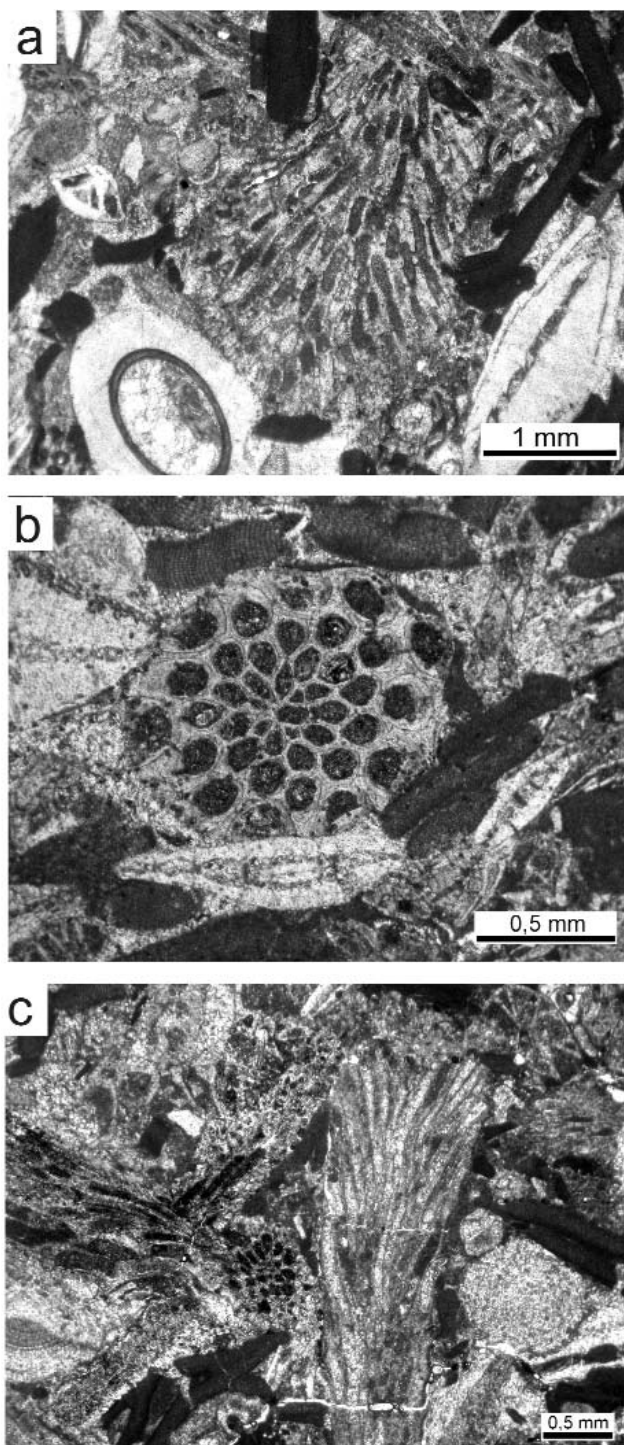
A vörösalga-nagyforaminifera-bryozoa ősmaradvány-együttes dominanciája normál tengeri körülményekre, hullámbázis alatti, nagyobb vízmélységre utal. A *Nummulitesek* és Orthophragminák előfordulása trópusi, szubtrópusi klímát jelez (LESS 1987).

A vörösalgák a fotikus zónához kötöttek, de mivel a kék fényt hasznosítják, nagy mélységben, egészen a zóna leg-aljáig megtalálhatóak, és igen gyenge fényviszonyok között is képesek fotoszintézisre. Elterjedésüket a fényviszonyok, az aljzat minősége, a vízhőmérséklet, és a hidrodinamikai viszonyok együttes hatása befolyásolja. Kedvező feltételek mellett az egyes taxonok elterjedése tág határok közt változhat. Bár 200 m mélységben is találtak élő egyedeket (ADEY, MACINTYRE 1973), trópusi vizekben általában 80–90 m vízmélységig jellemzőek (MINNERY 1990). A *Sporolithon* trópusi/szubtrópusi klímán fordul elő (ADEY, MACINTYRE 1973; WRAY 1977; BOSENCE 1983), általában gyenge fényviszonyok között, 20–30 m-nél mélyebb vízben (ADEY, MACINTYRE 1973; MINNERY 1990), bár fénytől védett helyeken sekélyebb vízben is megtalálhatóak (WRAY 1977; BOSENCE 1983). A Melobesioideae-k nagyobb arányú előfordulása a Mastophoroideae-k mennyiségéhez képest szintén inkább mélyebb vízi környezetre utal (ADEY, MACINTYRE 1973). A tagolt Corallinoideae család képviselői ugyanakkor inkább a 30–40 m-nél sekélyebb, nagy energiájú környezetekben fordulnak elő (GHOSE 1977; WRAY 1977).



7. ábra. Nagyforaminiferák: a) *Acervulina* sp. A1. minta. b) *Eorupertia*. A1. minta. c) *Sphaerogypsina globula* (REUSS). A13. minta. d) *Asterocyclina* (A) Bryozoa (B) és Corallinoideae (C)-töredékekkel. A10. minta. e) *Nummulites millicaput* BOUB. A, juvenilis alak. M-13 fúrás, 32,7 m

Figure 7. Larger foraminifera: a) *Acervulina* sp. Sample A1. b) *Eorupertia*. Sample A1. c) *Sphaerogypsina globula* (REUSS). Sample A13. d) *Asterocyclina* (A) with bryozoan (B) and Corallinoideae (C) fragments. Sample A10. e) *Nummulites millicaput* BOUB. A, juvenile form. M-13, 32.7 m



8. ábra. a) Bryozoa-ágtöredék ferde metszete. A9. minta. b) Bryozoa-ág keresztmetszete. A10. minta. c) Vékony elágazó bryozoaák hossz és ferde metszetei A12. minta

Figure 8. Oblique section through bryozoan branch fragment. Sample A9. b) Transversal section through bryozoan branch. Sample A10. c) Longitudinal and oblique sections of delicate branching bryozoans. Sample A12

A rodolitok képződéséhez szükség van bizonyos hidrodinamikai energiára. Alakjukat a taxonómiai összetétel és az energiaviszonyok befolyásolják. A nagyobb méretű, szabálytalanabb alakú, oszlopos formák (Rudolf-rét, A5.

minta) általában nyugodtabb vízben, kevesebb átfordulással keletkeztek, a kisebb, kompaktabb alakok (M–13 fúrás, 15,0 m) nagyobb energiájú közegre, gyakori átfordulásra utalnak (BOSELLINI, GINSBURG 1971; BOSENCE 1983b).

A vörösalgák nagyrészt töredékeként találhatók meg a vizsgált mintákban. Ez részben bioerózió következménye, de részben lehet áthalmazás eredménye is.

A nagyforaminiferák szimbionták, a vizsgált taxonok recens megfelelői diatómákkal élnek szimbiózisban (LEUTENEGGER 1984). Oligotróf körülmények között egyeduralkodókká válhatnak. Előfordulásuk a fotikus zónára korlátozódik. A nagyforaminiferák mélység szerinti eloszlásával számos szerző (LEUTENEGGER 1984; HALLOCK, GLENN 1986; HOTTINGER 1983, 1997) foglalkozott. Elterjedésük alsó határát általában a fényviszonyok határozzák meg, a felső határt egyéb tényezők (pl. hidrodinamikai viszonyok, aljzat, tápanyagok mennyisége) is befolyásolják. (HOTTINGER 1983). Az Antal-hegyi eocénben gyakori, vékonyhéjú, laposabb *Operculina* és az *Orthophragminák* mélyebb, hullámbázis alatti csendesebb vízben, gyengébb fényviszonyok között (HALLOCK, GLENN 1986; HOTTINGER 1983) élhettek. Ma az Akabai-öbölben (HOTTINGER 1983) végzett vizsgálatok alapján a *Nummulites*-félék előfordulásának alsó határát 90 m-re teszik, legnagyobb mélységben, 130 m-en az *Operculina ammonoides* fordul elő. A *Discocyclina*-félékről feltételezik, hogy ennél mélyebben is képesek voltak megélni, optikai lencseként funkcionáló kalcit egykristály oszlopokat tartalmazó vázuk segítségével (FERRANDEZ-CAÑADELL, SERRA-KIEL 1992).

A vizsgált mintákban található nagyforaminiferák gyakran töredékesek, ami áthalmazásra utal. A vizsgált taxonok ökológiai igényei, valamint a mikrites alapanyagú, wackestone szövetű intraklasztokban való előfordulás azonban azt jelzik, hogy az áthalmazás nem a kifejezetten sekély régiókból történt, hanem viszonylag mélyebb vízi, hullámbázis alatti, kis energiájú területekről.

A Bryozoa heterotróf, nem fényhez kötött szervezetek, nagyobb gyakoriságot és alakgazdagságot általában mélyebb vízi környezetben érnek el (BONE, JAMES 1993; AMINI et al. 2004). Jelenleg a hűvös, mérsékelt övi karbonátos környezetek legfőbb karbonátgyártói, mint pl. Dél-Ausztrália kontinensperemén, ami ma a legnagyobb összefüggő terület, ahol mérsékelt övi karbonátképződés folyik. Az itt kialakult nagy energiájú, növekvő hajlásszögű rámpa középső és külső részén, 100–350 m-ig a bryozoa üledékek jellemzőek (BONE, JAMES 1993). Elterjedésüket a vízmozgás erőssége, a vízhőmérséklet, az aljzat minősége, és a tápanyaggal való ellátottság határozza meg (BONE, JAMES 1993; AMINI et al. 2004). Bár az egyes morfortípusok, viszonylag széles elterjedési zónáik miatt csak korlátozottan alkalmazhatók vízmélység becslésre, morfortípus társulások alapján azonban hasznos (paleo)ökológiai információk nyerhetők, pl. a tasmániai selfen a különböző morfortípus társulások eltérő mélységövezetekre jellemzőek (AMINI et al. 2004).

A vizsgált mintákban a vékony, ill. helyenként vastagabb elágazó formák dominanciája a bekérgező vagy ro-

bosztusabb alakokhoz képest közepes vagy gyenge vízmozgást és lassú üledékképződési sebességet jelezhet, tasmániai selfen a középső vagy külső selfre jellemző (AMINI et al. 2004). Meleg klímán a Bryozoák a fotikus zóna alatt, vagy olyan környezetben válnak gyakorivá, ahol a fényhez kötött szervezetek valamilyen okból visszaszorulnak (POMAR 2001). Az M–13 fúrás vizsgált rétegsorában megfigyelhető, hogy legnagyobb számban a rétegsor középső szakaszán, a tufás-homokos betelepülések környékén fordulnak elő. Ezt okozhatta, hogy a tufaszórások következtében a víz átlátszósága csökkent, ill. a tápanyagok mennyisége megnövekedett.

Képződési környezet

A Vértesben a karbonátos üledékek képződése már a középső-eocénben, a késő-lutetiai–bartoni transzgresszióhoz kapcsolódva megkezdődött. A Szőci Mészke Formáció különböző fáciesű kifejlődései egy kis hajlásszögű karbonátos rámpán rakódtak le (PÁLFALVI 2004). Bár a Vértes nagy részén a felső-eocén üledékek erodálódtak, az Antal-hegyi előfordulás arra utal, hogy a karbonátképződés a rámpán, időnként vulkáni tevékenységgel megszakítva, a késő-eocénben is folytatódott. A nagyforaminiferák és a vörösalgák a fotikus zónában éltek, általában az eocén karbonátos rámpák hullámbázis alatti, kisebb energiájú középső és külső részének domináns faunáját és flóráját képezték (BUXTON, PEDLEY 1989; POMAR 2001; PÁLFALVI 2004).

A Pusztavám környékén és az Oroszlányi-medence DNY-i részén előforduló, középső-eocén, nagyforaminiferákat csak gyéren, elvétve tartalmazó aleuritos agyagmárga (Csolnoki és Padragi Formációk átmenete) lerakódása a fotikus zóna legalján, mélyszublitorális, esetleg időszakosan sekély batiális medencében történt (MONOSTORI 2002). Az Antal-hegyen kis vastagságban, a vizsgált karbonátos képződmények fekvésében megjelenő középső-eocén Padragi Márga valószínűleg sekély batiális képződési környezetre utal.

A medenceüledékek felett megjelenő karbonátok a vértesi karbonátrámpa medencéhez csatlakozó lejtőjének alsó részén (a külső rámpán) rakódhattak le, a rámpa progradációjának következtében. A kőzet grainstone szövete, és a bioklasztok rétegzéssel párhuzamos elhelyezkedése áramló közegre utal. A biogén elegyrészek, pl. az Orthophragminák gyakori töredékes volta, az *Operculina*–*Orthophragmina* wackestone szövetű intraklasztok, a grainstone szövetű mintákban előforduló mikrites kitöltésű vázak a lejtőn való gravitációsan (esetleg nagyobb viharok hatására) történt, viszonylag kis távolságú üledékáthalmazást jeleznek.

A késő-eocénben (NP 19–20) a Vértestől ÉK-re eső területeken, pl. a Budai-hegységben és a Bükkben, KÁZMÉR (1993) és VARGA (1985) írt le az Antal-hegyihez hasonló mikrofáciesű karbonátos üledékeket.

KÁZMÉR (1993) a Szépvölgyi Mészke budai előfordulásából legelterjedtebb fáciesként autochton, alga-foraminifera-bryozoa packstone/grainstone szövetű kőzeteket említ, amelyek hullámbázis alatti, helyenként áramlasmosta területen rakódtak le. Hasonló típusok a vértesi középső-eocén rámpán is, az Antal-hegytől K-re eső Katonacsapáson is előfordulnak. KÁZMÉR (1993) a bryozoa márgából Bryozoa–alga–extraklaszt–Foraminifera-grainstone, valamint Bryozoa-grainstone/packstone/floatstone szövetű mikrofácieseket írt le. Képződési környezetnek a nagyobb mennyiségű áthalmozott vörösalgatörmelék és terrigén eredetű kőzettörmelék, valamint autochton bryozoa faunát tartalmazó grainstone fáciesnél az áramlások uralta jól átvilágított öv alsó határát jelölte meg, és ez — bár az ősmaradvány-tartalomban és az extraklasztokban vannak eltérések — az Antal-hegyi mészkehez hasonló keletkezési körülményeket jelent. Az uralkodóan autochton bryozoa-telepeket tartalmazó típusok ennél mélyebb, nyugodtabb vízű területen rakódtak le (KÁZMÉR 1993). A késő-eocén–oligocén korú, sekély batiális Budai Márgában vörösalgás–nummuliteses mészke anyagú allopapikus mészke padokat figyelt meg (KÁZMÉR 1993).

VARGA (1985) a bükki előfordulásokról vörösalgás, echinoideás grainstone/packstone, intraklasztos, bioklasztos wackestone és nagyforaminiferás floatstone szövetű priabonai mészkeket különített el a Budai Márga fekvésében, ill. hasonló mikrofáciesű, lejtőn történt áthalmozásból keletkezett allopapikus mészkepadokat, mészkepadokat a Budai Márgában.

A „budai lejtőn” (KÁZMÉR 1993; FODOR et al. 1994), ill. a Bükkben előforduló Szépvölgyi Mészke Formáció és a felette megjelenő Budai Márga bryozoa tagozata egy növekvő hajlásszögű karbonátos lejtő különböző környezeteit képviselik, amelyen az Antal-hegyi karbonátos üledékekhez képest mélyebb vízi fáciesek (Bryozoa-grainstone/packstone/floatstone) is megtalálhatóak. Eltérés van az Antal-hegyen található középső–késő-eocén mészke rétegtani helyzetében is. A Szépvölgyi Mészke közvetlenül a triász karbonátos aljzatra, vagy a késő-eocén korú szárazföldi összletre települ, és a rákövetkező Budai Márgával együtt a priabonában egy gyors, legalább kétütemű transzgressziót képvisel (VARGA 1985), míg az Antal-hegyi mészke a Padragi Márga fölött regressziós helyzetben jelenik meg.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Less Györgynek a terepen nyújtott segítségéért, valamint a nagyforaminiferákkal kapcsolatos hasznos beszélgetésekért, tanácsokért. A lektorálásért Kázmér Miklóst illeti köszönet. A vizsgálatokhoz támogatást nyújtott Fodor László T 042799 és Kázmér Miklós T 030794 számú OTKA pályázata, valamint a MÁFI Vértes–Gerecse térképezési projektje.

Irodalom — References

- ADEY, W. H. and MACINTYRE, I. G. 1973: Crustose Coralline Algae: A Re-evaluation in the Geological Sciences. — *Geological Society of America Bulletin* 84, pp. 883–904.
- AMINI, Z. Z., ADABI, M. H., BURRETT, C. F. and QUILTY, P. G. 2004: Bryozoan distribution and growth form associations as a tool in environmental interpretation, Tasmania, Australia. — *Sedimentary Geology* 167, pp. 1–15.
- BACCILLE, L. and BOSELLINI, A. 1965: Diagrammi per la stima viva della composizione percentuale nelle rocce sedimentarie. — *Annali di Università di Ferrara (N. S.), sez. 9, 4 (3)*, pp. 59–62.
- BERNHARDT B. 1985: *Magyarázó a Bakony hegység 20 000-es földtani térképsorozatához. Mór-Bodajk*. — MÁFI, Budapest, 103 p.
- BEUDANT, F. S. 1825: *Mineralogische und geognostische Reise durch Ungarn im Jahre 1818*. — Leipzig, 597 p.
- BOGÁTH I., CSIMA K. 1976: Földtani alapadatok a Mór 20 000-es térképlaphoz. Feltárásleírások. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Isz. T. 17373, 278 p.*
- BONE, Y. and JAMES, N. P. 1993: Bryozoans as carbonate sediment producers on the cool-water Lacedpede Shelf, southern Australia. — *Sedimentary Geology* 86, pp. 247–271.
- BOSELLINI, A. and GINSBURG, R. N. 1971: Form and Internal Structure of recent Algal Nodules (Rhodolites) from Bermuda. — *Journal of Geology* 79 (6), pp. 669–682.
- BOSENCE, D. W. J. 1983: The Occurrence and Ecology of Recent Rhodoliths — A Review. — In: PERYT, T. M. (ed.) *Coated Grains*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 218–242.
- BÖCKH H. 1902: Levél a móri szenterületről. Selmezbánya, 1902, okt. 18. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Isz. V.v. 24*.
- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., FODOR L., KERCSMÁR Zs., MAROS Gy., MINDSZENTY A., PÁLFALVI S., PEREGI Zs. és SELMECZI I. 2002: Kírándulásvezető — Hegységek és előterek földtani kutatása. — *A MFT vándorgyűlése a Vértesben, Bodajk, 2002. jún. 27–29, térképmelléklet*.
- BUXTON, M. W. N. and PEDLEY, H. M. 1989: A standardized model for Tethyan Tertiary carbonate ramps. — *Journal of the Geological Society, London*, 146, pp. 746–748.
- DUNHAM, R. J. 1962: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. — In: HAM, W.E (ed.) *Classification of carbonate rocks*. — *Memoir of the American Association of Petroleum Geologists* 1, pp. 108–121.
- EMBRY, A. F. and KLOVAN, J. E. 1972: Absolute water depth limits of Late Devonian paleoecological zones. — *Geologische Rundschau* 61, pp. 672–686.
- FERRANDEZ-CAÑADELL, C. and SERRA-KIEL, J. 1992: Morphostructure and paleobiology of *Discocyclus Gumbel*, 1870. — *Journal of Foraminiferal Research* 22 (2), pp. 147–165.
- FODOR L., MAGYARI Á., FOGARASI A. és PALOTÁS K. 1994: Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. — *Földtani Közöny* 124, pp. 129–305.
- GIDAI L. 1971: Adatok a Mór-Pusztavám környéki eocén földtani viszonyainak megismeréséhez. — *Földtani Intézet Évi Jelentése 1970*, pp. 115–127.
- GHOSE, B. K. 1977: Paleocology of the cenozoic reefal foraminifers and algae — a brief review. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 22, pp. 231–256.
- HALLOCK, P. and GLENN, E. C. 1986: Larger Foraminifera: a tool for palaeoenvironmental analysis of cenozoic carbonate depositional facies. — *Palaios* 1, pp. 55–64.
- HOTTINGER, L. 1983: Processes determining the distribution of larger Foraminifera in space and time. — *Utrecht Micropaleontological Bulletin* 30, pp. 239–253.
- HOTTINGER, L. 1997: Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations. — *Bulletin de la Société Géologique de France* 168, pp. 491–505.
- KÁZMÉR M. 1993: A budai felsőeocén karbonátos képződmények öskörnyezeti és ösföldrajzi vizsgálata. — Kandidátusi értekezés. *Kézirat, ELTE TTK Őslénytani Tanszék*, 121 p.
- KECSKEMÉTI T. 1998: Magyarország epikontinentális eocén képződményeinek rétegtana. — In: BÉRCI I., JÁMBOR Á. (eds) *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt, MÁFI, Budapest, pp. 403–417.
- KOCH A. 1903: Véleményes jelentés Mór környéke geológiai viszonyairól, szén kutatásra való tekintetből. — *Kézirat, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Isz. V.v. 1*.
- LESS Gy. 1987: Az európai Orthophragminák őslénytana és rétegtana. — *Geologica Hungarica series Palaeontologica* 51, 373 p.
- LEUTENEGGER, S. 1984: Symbiosis in benthic foraminifera: specificity and host adaptations. — *Journal of Foraminiferal Research* 14 (1), pp. 16–35.
- MINNERY, G. A. 1990: Crustose Coralline Algae from the Flower Garden Banks, Northwestern Gulf of Mexico: controls on distribution and growth morphology. — *Journal of Sedimentary Petrology* 60 (6), pp. 992–1007.
- MONOSTORI M. 2002: Eocén környezetek a Vértes előterében ostracodák alapján. — Hegységek és előterek földtani kutatása. — *A MFT vándorgyűlése a Vértesben, Bodajk, 2002. jún. 27–29, Előadaskivonatok*, pp. 13–14.
- PÁLFALVI S. 2004: Palaeoenvironments on a Middle Eocene carbonate ramp in the Vértes Mountains, Hungary. — *Hantkeniana* 4, pp. 63–81.
- POMAR, L. 2001: Types of carbonate platforms: a genetic approach. — *Basin Research* 13, pp. 313–334.
- STACHE G. 1862: Uebersicht über die Verbreitung und den Charakter der Eocänablagerungen des Bakonyer Inselgebirges. — *Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt* 12, *Verhandlungen*, pp. 210–212.
- SZÓTS E. 1938: A móri Antalhegy óharmadkori képződményei. Bölcsészeti doktori értekezés. — *Földtani Szemle melléklete*, Budapest, 42 p.
- TAAGER H. 1909: A Vérteshegység földtani viszonyai. — *Földtani Intézet Évkönyve* 17 (1), pp. 1–256.
- TELEGDI-ROTH K. 1935: Adatok a Déli Vértes és az Északi Bakony földtani viszonyaihoz. — *Földtani Intézet Évi Jelentése 1925–28*, pp. 115–125.
- VARGA P. 1985: Biogén mészkőképződés a Bükkben a késői eocén és a korai oligocén folyamán. — *Őslénytani Viták* 31, pp. 87–92.
- WRAY, J. L. 1977: Calcareous Algae — *Developments in Paleontology and Stratigraphy* 4, 185 p.

Töréses szerkezetek modellezési módszerei

Modelling methods of fracture tectonics

ALBERT GÁSPÁR

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: háromdimenziós modellek, matematikai módszerek, töréses tektonika, térinformatika

Összefoglalás

A ma folyó szerkezetföldtani kutatások csaknem mindegyikében megtalálható valamilyen formában a 3D modell. Ennek oka nemcsak az aktuális divatirányzatokban keresendő, hanem abban a jogos igényben is, hogy a legújabb informatikai technológiákat alkalmazva nagymennyiségű földtani adatot jelenítsünk meg közérthető formában. A háromdimenziós modellezés, mint a geo-informatikának egyik legfiatalabb ága, nem rendelkezik kiforrott módszertannal. Számos irányzata létezik, amelyeket többnyire a modell célja (rétegtan, szerkezetföldtan, víz- és szénhidrogén-földtan stb.), illetve névleges méretaránya (lokális vagy észlelési, regionális és litoszféra modellek) szerint csoportosíthatunk. Mindegyik modell más-más technológiát igényel, ezért az adatkezelési módszerek is különbözőek. Az alábbiakban a szerkezetföldtani tematikájú modellek előállításának módszereit mutatjuk be, amelyek főleg észlelési és regionális méretarányban alkalmazhatók. A bemutatott példákon keresztül rávilágítunk a digitális módszerekből adódó automatizálható műveletekre és azok kockázatára. Ennek megvalósítása érdekében a terepi észlelési pontok eredeti adataiból kiindulva, koordinátageometriai módszerek, valamint interpolációs eljárások alkalmazásával, modellező szoftverekkel szemléletesen megjeleníthető geometriai felületeket állítottunk elő. Térinformatikai adatbázis-kapcsolattal rendelkező modellek technológiai háttere nemcsak lehetővé, de szükségessé is teszi egy regionális modell objektumainak egyedi azonosítóval való ellátását; ennek kapcsán merült fel a szerkezetföldtani elemek szemléletes, leíró jellegű egyedi azonosító-rendszerének gondolata, amelyet a cikk részletesen is tárgyal.

Keywords: three-dimensional models, mathematical methods, fracture tectonics, GIS

Abstract

Most of the recently launched tectonic research projects include 3D modelling. This is not only because it's in fashion, but the righteous need to visualise geological data in a commonly comprehensive way, using the latest information technology. As one of the youngest branch of the geo-informatics, 3D modelling does not have a mature know-how. It has many schools which can be classified according to mostly the aims (stratigraphy, tectonics, groundwater and hydrocarbon-geology, etc.) and the nominal scale of the model (local, regional and lithosphere-models). Since each of them uses different technology, the data-managing methods are also different. Below, the construction methods of tectonic models will be discussed which are mainly used in local and regional scale. Through the demonstrated cases we reveal the possibilities of automatic processes – offered themselves from the digital data – and the risk of them. To work this out, we generated illustrative geometric surfaces in modelling softwares from the original field data, using coordinate geometry and interpolation. The technological background of GIS-based models makes not only possible, but necessary to label the entities with unique identifiers; apropos of this came up the idea of a descriptive identification-code system for the tectonic elements, which will be explained in the contribution below.

Bevezetés

Háromdimenziós földtani modellek megjelenése nem kötődik az informatikai forradalomhoz. Az első kézzel rajzolt modellek a tömbszelvény-szerkesztés kartográfiai és mérnöki szabályainak alkalmazásával jöttek létre, és már a számítógép-korszak előtt is sok földtani kutatásnak voltak

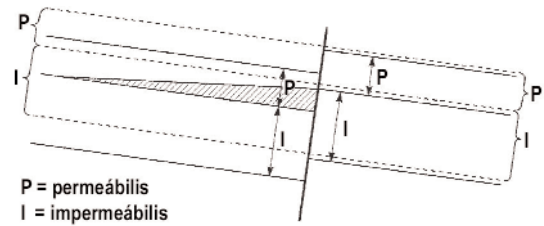
kiegészítői. Földtani modelleket akkor is és most is azért készítenek, hogy térbeli információkat a kétdimenziós módszereknél (szelvények, térképek) szemléletesebb formában jelenítsenek meg. Mivel ez kiemelt feladata a modellezésnek, a vizuális megjelenítés nem kerülhet háttérbe a technikai követelményekkel szemben. Ennek az elvnek speciális alkalmazásai a látvány-modellek, amelyekben

sokszor akkora hangsúlyt kap a megjelenítés, hogy a modell adattartalma torzul. Ezek a modellek többnyire alkalmazatlanok tudományos elemzésekre. Mégis hasznosak a földtudományok szempontjából, mivel a látványos 3D-megjelenítésen keresztül a földtani információ eljuthat a szakmán kívüli közönséghez is; ezáltal a földtani információ értéke megnő, és a földtudomány szerepe felértékelődik. Tudományos igényű modellek esetében a vizualizáció és az adattartalom torzítatlanságának szempontjai kiegyenlített viszonyban vannak. A földtani modellezésnek ma több irányzata is létezik, amelyek technológiájukban és megjelenítési módjukban eltérnek egymástól; ezek egyike a tektonikai modellezés (GROSHONG 1999). E tanulmány célja ezen belül is a töréses szerkezetek modellezési módszereinek összefoglalása.

A megjeleníteni kívánt földtani szerkezetek térbeli kiterjedésének ábrázolására gyakran alkalmaznak tömb-szelvényeket. Ezek látványos formái eleget tesznek a vizualizációs igényeknek, azonban nem alkalmasak adatelemzési célokra. Ennek legfőbb oka, hogy nem, vagy csak nagyon pontatlanul olvasható le róluk adat. A virtuális 3D modellek megjelenése előtt adatelemzési célokra a papíron jól megjeleníthető vízszintes és függőleges metszetek voltak a legalkalmasabbak. Ettől a jól bevált módszertől nehéz elszakadni akkor is, ha 3D modellben dolgozunk. E kétdimenziós paradigma azonban a 3D modell szerkesztését és kiértékelését nagyon le tudja lassítani. A szelvények és vízszintes metszetek, vagy akár a háromdimenziós állóképek is csak az adatok egy szűk tartományát jelenítik meg. Az adatok korlátozása a földtani értelmezést is korlátozza, ugyanakkor a 3D modellezési környezet 2D-ra vetítése értékes időt von el. A virtuális tér számos lehetőséget kínál az elemzőnek, hogy a rendelkezésre álló adatokat minél több módon vegye szemügyre. E lehetőségek közé tartozik a nézőpont mozgatása, forgatása, az ortogonális (párhuzamos) és perspektivikus vetítés váltogatása, melyek nyilvánvalóvá tehetnek dolgokat, amik egy egyszerű szelvény szerkesztése során fel sem merülnek.

A 2D megjelenítéshez való ragaszkodást sokáig indokoltá tette a 1990-es évek közepéig csak keveseknek elérhető fejlett információs technológia. A 3D szemlélet másik, mai napig is élő korlátja a tudományos publikációk papíron történő terjesztése. Ez utóbbit a multimédiás és internetes kiadványok lehetősége szintén kezdi háttérbe szorítani. A 2D/3D paradigmaváltás átmeneti időszakában azonban tudománytörténeti szempontból érdekes hibrid eljárások is születtek. Ezek egyike, amely a 3D tektonikai modellek előzményei közé sorolható, az Allan-féle vetőábrázolás, vagy Allan-diagram (ALLAN 1989), melynek célja, hogy 2D-ban (papíron) jól elemezhető módon egyszerre ábrázoljuk az elvetett és a kimozdult kőzetblokkok rétegfelépítését (1. ábra). Alkalmazása a 1990-es évek első felében volt népszerű, főleg olajrezervoárok kutatásában. Napjainkban az információs technológia fejlődésével egyre elérhetőbbé váló 3D modellek elavulttá tették ezt a módszert.

A földtudományi célú térinformatikai adatbázisok felhasználásával szerkesztett 3D modell tehát nemcsak a



1. ábra. Két vető által létrehozott hidraulikus csapda elméleti modelljének Allan-diagramja

A papír síkja az egyik vető felszínének felel meg. Szaggatott vonal a kimozdult blokk réteghatárait, folytonos vonal az elvetett blokk réteghatárait jelöli. A kitöltött rész a hidraulikus csapdát jelöli (BAGTZOGLU 2003 nyomán)

Figure 1. Allan Diagram of a hypothetical normal fault-induced trap. The paper is the plane of one of the faults. The dashed lines represent layer contacts on the hanging wall and the solid lines represent layer contacts on the footwall. Cross hatched area represent potential perched water zone (after BAGTZOGLU 2003)

látványos megjelenítéssel nyújt többet az egyszerű térkép-nél, illetve szelvény-nél, hanem a tematikus elemzések gyors és könnyen módosítható elvégzésével is. Általános tapasztalat, hogy egyre több térbeli adat kerül földtani adatbázisokba, amelyek kiértékelése a hagyományos 2D módszerekkel (szelvények, térképek szerkesztése) túl időigényes. Ahhoz, hogy ezek az adatok a sokszor igen szűk határidőn belül kiértékelhetők legyenek, mindenképp cél-szerű gyorsabb technológiát alkalmazni.

Mivel a földtani modellezés szerteágazó műfaja a litoszféramodellektől kezdve, a regionális rétegtani korrelációs modelleken át, a lokális építésföldtani modellekig terjedhet, legfontosabb feladat a modell céljának körvo-nalazása, vagyis annak eldöntése, hogy a modellt mire fogjuk használni. Ugyanez szükséges ahhoz is, hogy fej-lesztői környezetet válasszunk. A bemutatandó model-lezési módszerek nem kötődnek egy szoftverhez sem, de a technológiai okok, valamint a töréses szerkezetek geomet-riai tulajdonságai miatt bizonyos szoftverek alkalmasabbak a tárgyalt tematikájú modellek elkészítésére. Általánosan azonban kimondható, hogy minden igénynek megfelelő modellező szoftver nem létezik.

Az alábbiakban a szerkezetföldtani modellek, ezen belül is a töréses szerkezetek kategóriájába sorolható tek-tonikai elemeket megjelenítő 3D modellek észlelési és re-gionális méretarányban történő előállításának módszerei kerülnek bemutatásra. Töréses szerkezetek közé elsősor-ban a normálvetők, feltolódások, csapásirányú vetők és nem azonosítható vagy összetett kinematikájú vetők sorol-hatók.

Háromdimenziós földtani modellek esetében az ész-lelések gyakorisága és a méretarány közti összefüggés megfelel a földtani térképekkel szemben támasztott elvi követelményeknek, amelyek szerint a térkép minden négy-zetcentiméterére egy észlelési pont esik. Ez a háromdimen-ziósi térre vonatkoztatva azt jelenti, hogy a méretarányosan megjelenített modell (pl. gipszmodell) minden köbcen-timéterére átlagosan 1 megfigyelési pont kell, hogy jusson. Mai gyakorlatban ritkán építünk valós méretarányval ren-delkező gipszmodelleket, viszont a virtuális térben létreho-

zott (névleges méretarányal rendelkező) 3D modellekre is érvényesek a fenti összefüggések (1. táblázat). Ez a pontossági követelmény azonban mind a térkép mind a modell-szerkesztési gyakorlatban ritkán teljesül.

1. táblázat. A földtani modellek névleges méretarányát meghatározó észlelések gyakorisága

Table 1. Frequency of observations determining the nominal scale of geological models

	Névleges méretarány	Észlelési pontok száma 1 km ³ -enként
Regionális	1: 250 000	0,06
	1:200 000	0,13
	1:100 000	1
	1:50 000	8
	1:25 000	64
Észlelési	1:10 000	1000
	1:5000	8000
	1:1000	1 000 000
	1:500	8 000 000
	1:100	1 000 000 000

A virtuális modell méretaránya tehát egy elméleti fogalom, amit a földtani megfigyelések részletességével és gyakoriságával lehet jellemezni. A lokális vagy észlelési méretarány felső határaként megközelítőleg a feltárásdokumentálásokról gyakran alkalmazott 1:100-as méretarány adható meg (e fölötti méretarányok már mikromodellek). Alsó határa — és egyben a regionális modellek felső határa — az 1:10 000-es méretarány. A regionális modellek alsó méretaránya megközelítőleg 1:250 000-es; e modelleknek már nem szigorú követelménye az adatok torzítatlansága.

Mérési adatok korrekciója

A szerkezeti elemekhez köthető terepi észlelések számszerűsíthető értéke többnyire kompasszal végzett mérésekből származik. Ebből adódóan a mért szögértékek a Föld mágneses meridián vonalaihoz viszonyított irányiszögek. Ha a mérési adatokat valamilyen vetületi rendszerben akarjuk megjeleníteni, azok a mérés helyétől függően korrigálандók a vetületi meridiánkonvergencia és a mágneses elhajlás értékével.

Az alábbi számítások derékszögű koordináta-rendszerben x , y , z paraméterekkel megadott koordinátaértékekre lettek kidolgozva. A derékszögű koordináta-rendszer északi tengelye vetülettől függően eltérhet a valós földrajzi, illetve a mágneses északtól. Ennek mértéke a vetületi kezdőmeridiántól való távolsággal növekszik. A Magyarországon használatos Egységes Országos Vetület (EOV) kezdőmeridiánja a Gellért-hegyen átmenő hosszúsági kör (MIHÁLYI 1995). Ettől keletre és nyugatra a koordináta-rendszer északi tengelye nem a földrajzi északot mutatja. A vetületi meridiánkonvergencia mértéke a nyugati országhatár közelében -2° körüli, a keleti határ közelében

$+2^\circ$ körüli érték (2. táblázat). Az adatok pontos orientációjához azonban figyelembe kell venni a mérés idején aktuális mágneses elhajlást is, amely Magyarország területén 1995. január 1-re meghatározott asztronómiai

2. táblázat. Kompasszal mért szögirányok torzulásai EOV rendszerbe illesztéskor 2005-ben

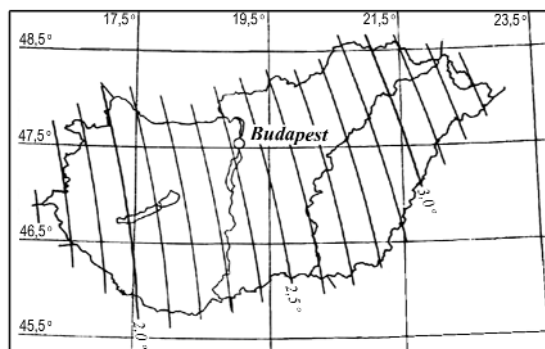
Table 2. Distortion of angular directions in the process of integration into the EOV (Hungarian National Grid) system for 2005

Mérési pont	Meridiánkonvergencia	Mágneses elhajlás 2005. január 1-ét*	Mért szögek elforgatása EOV- rendszerben
Szentgotthárd	-2,05	2,49	4,54
Sopron	-1,82	2,60	4,42
Keszthely	-1,32	2,68	3,99
Veszprém	-0,81	2,83	3,65
Pécs	-0,60	2,84	3,44
Tatabánya	-0,45	2,97	3,42
Budapest	0,00	3,10	3,10
Salgótarján	0,56	3,31	2,75
Eger	0,97	3,39	2,42
Miskolc	1,25	3,50	2,25
Sárospatak	1,84	3,69	1,84

*Az 1995.0 epochára és a $\Phi = 45,5^\circ$; $\Lambda = 16^\circ$ referenciapontra vonatkoztatott formulával számolva

értékek (1995.0 epocha) alapján $1^\circ 50' - 3^\circ 20'$ közötti érték volt keleti irányban (2. ábra). A mágneses deklináció mértéke azonban évről-évre változik, aminek mértékét szintén a földrajzi helyzet befolyásolja. Ezek figyelembevételével a terepi csapás- és dőlésirány-észlelések a koordináta-rendszerbe illesztéskor korrigálандók.

A korrekció mértéke EOV rendszerű térkép vagy modell esetén a 2. táblázatban olvasható. A terepi mérések pontossága azonban nem közelíti meg azt az értéket, amely a precíz korrekciót indokoltá tenné, ezért a gyakorlatban



2. ábra. A mágneses deklináció normál tere Magyarország területén az 1995.0 epochára. A mágneses izovonalak köze $0,1^\circ$ (KOVÁCS, KÖRMENDI 1999 alapján)

Figure 2. Normal field of the magnetic declination at the 1995.0 epoch in Hungary. Magnetic isolines represent 0.1° (after KOVÁCS, KÖRMENDI 1999)

elfogadható, ha csak egész fokértékekkel módosítjuk az adatokat.

Ugyanilyen, de fordított irányú módosítás indokolt abban az esetben, ha az alábbiakban ismertetett dőlésirány-számítási módszerek eredményeként kapott értékeket a továbbiakban felszíni adatokkal együtt használjuk fel (pl. sztereogram-kiértékelésekben).

Gyakorlati szempontból fontos, hogy Magyarországon nemcsak EOVS területet alkalmaznak földtani térképek készítésére. A jelenleg érvényben lévő földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 1996. évi LXXVI. törvény szerint a topográfiai térképművek 1:10 000 méretarányig EOVS-ben, ennél kisebb méretarányokban Gauss-Krüger, és UTM (Unified Transverse Mercator) vetületben készülnek és kerülnek aktualizálásra. Ennek megfelelően a különböző méretarányú földtani térképek alapját más-más vetületben készített alaptérkép képezheti, melyekre a 2. táblázat adatai nem vonatkozathatók.

Törékes szerkezetek modellezése egyszerű síkként

A sík definiálásának módjai

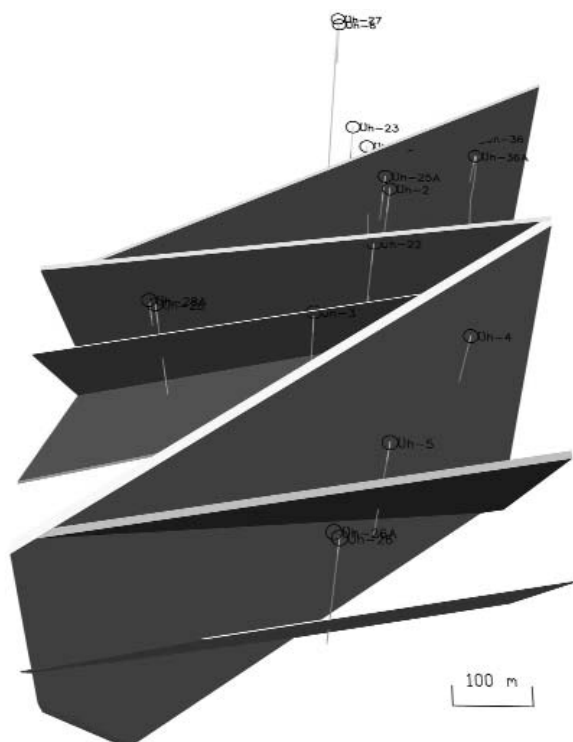
Ezt a módszert csak nagy méretarányú modelleknél célszerű használni, mivel a törések geometriája nagy kiterjedésben ritkán feleltethető meg egy szabályos síknak. Kiseb méretarányú modelleknél (pl. regionális földtani modellek, medencemodellek) ezeket a szerkezeteket szabálytalan felületmodellként lehet értelmezni (1. képsőbb).

Nagy méretarányú modellek többnyire jól megkutatott területekről készülhetnek, ahol a felszíni észleléseken kívül fúrásadatokból, szeizmikus illetve geoelektromos észlelésekből következtetni lehet a felszín alatti szerkezetekre is. Ilyen területeken a törések szabályos síkkal való modellezésének három módszerét különböztethetjük meg (TURCZI et al. 2004):

- egy észlelési ponton, adott dőlésszöggel és dőlésiránnyal megadható síkok;
- két észlelési ponton, adott dőlésszöggel és égtáj szerinti dőlésiránnyal megadható síkok;
- három észlelési ponttal megadható síkok.

A fentiekben a dőlésirány a koordináta-rendszer északi irányához viszonyított, óramutató járásával megegyezően növekvő irányszög (azimut). Ha a törések zónákban észlelhetők, a megszerkesztett síkokhoz megfelelő vastagságot rendelve virtuális törésvonalak jönnek létre (3. ábra), amelyek például vízföldtani modellek szerkesztésénél bizonyulhatnak hasznosnak.

Célunk az, hogy a modellterbe egyszerűen beilleszthető síkokat kapjunk valamilyen számszerűsített paraméter formájában. A fent felsorolt három módszer közül az első nem okoz problémát, mivel adva vannak egy beillesztési pont koordinátái (x , y , z), valamint a síkot jellemző adatok (dőlésirány, dőlésszög). Ahhoz, hogy a modellterben ez



3. ábra. Példa a virtuális törésvonalak 3D modelljére. A törések egyszerű síkok modellezésének módszerével lettek előállítva

Figure 3. A sample for virtual 3D fracture zone model. Fractures were generated by simple plane-modelling methodology

megjelenjen, a beillesztési pontra egy geometriai objektumot kell elhelyezni, majd megfelelő irányba forgatni és dönteni. A síkot reprezentáló alakzat leggyakrabban négy-szög vagy kör. A beillesztés műveletét célszerű automatizálni, mivel a kézi bevitel lassú, és hibát eredményezhet. Az automatizálás módszere az alkalmazott modellezési környezettől függ.

Ahhoz, hogy az automatikus feldolgozásnál egységesen kezelhessük a megjelenítendő síkokat, a második és harmadik módszer kiindulási adataiból célszerű kiszámítani egy beillesztési pontot, illetve a sík dőlésirányát és dőlésszögét. Így mindhárom módszer visszavezethető az első típusra. Mivel egy sík matematikai definícióját több módon is meg lehet közelíteni, ki kell választanunk azt, amellyel legkönnyebben tudunk kezelni valós földrajzi koordinátákat, illetve értelmezni törési síkok dőlésirányát és dőlésszögét a virtuális térben. A gyakorlati alkalmazások terén a szerkezetföldtan hagyományosan szögekkel definiál egy síkot, ami megfelel a Gauss-féle gömbi paraméterezés módszerének. Ennek a módszernek legismertebb alkalmazási területei a felsőgeodézia, illetve a csillagászat, ahol a paraméterek megfelelnek a föld, illetve éggömb szélességi és hosszúsági köreinek (pl. BIRÓ 1985). Az alkalmazási módszerek hasonlósága a számítási módokban is hasonlóságot eredményez, aminek következményeként az alább vázolt módszerek közül sok gömbháromszögletre vezethető vissza.

Két észlelési ponton, adott dőlésszöggel és égtáj szerint kétértékű dőlésiránnyal megadható síkok paramétereinek számítása

Két térbeli ponthoz végtelen számú sík rendelhető, melyek csak annyiban közösek egymással, hogy a két ponton áthaladó egyenest mindegyikük tartalmazza. Ebből következően, ha az egyenest mint forgástengelyt tekintjük, a végtelen számú megoldást úgy is megkaphatjuk, hogy egy tetszőlegesen kiválasztott síkot a forgástengely körül 180° -al infinitezimális lépésként elforgatunk. A jelen esetben könnyíti a dolgunkat, hogy megadott dőlésszöggel rendelkező síkot keresünk. Ez azonban még nem egyértelműen határozza meg a síkot, így olyan módszert kell választanunk, amely szemléletesen és könnyen elemezhető módon tárja fel a lehetséges megoldásokat. Ilyen módszer a gömbi geometria.

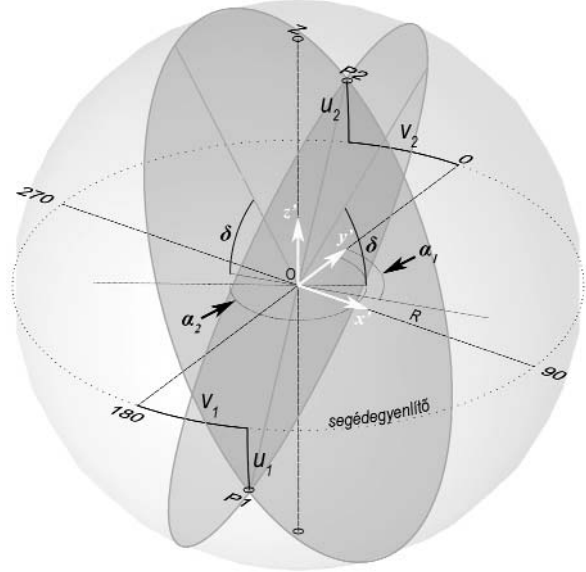
A két pontot felfoghatjuk egy körlap átmérőjének két végéeként, melyek koordinátája $\mathbf{P}_1(x_1, y_1, z_1)$ és $\mathbf{P}_2(x_2, y_2, z_2)$. A körlap dőlésszöge (δ) ismert, de dőlésiránya (α) nem. Ha a $\mathbf{P}_1\mathbf{P}_2$ átmérő mint forgástengely körül képzeletben elforgatjuk a körlapot, könnyen beláthatjuk, hogy 2 speciális pozíciót kivéve — mikor a dőlésszöge és dőlésiránya megfelel a $\mathbf{P}_1\mathbf{P}_2$ vagy $\mathbf{P}_2\mathbf{P}_1$ irányvektorának — 2 lehetséges pozícióban, azaz két különböző dőlésiránnyal (α_p, α_s) észlelhetjük a körlap kívánt dőlésszögét (4. ábra). Ezért meg kell határoznunk, hogy a két eredmény közül melyik érdekel minket. A lehetséges megoldásokat kategorizálhatjuk pl. a szerint, hogy van-e északi vagy déli, illetve keleti vagy nyugati komponense a sík normálvektorának. A \mathbf{P}_1 és \mathbf{P}_2 pont mértani közepe megadja a kör középpontjának koordinátáit [$\mathbf{O}(x_0, y_0, z_0)$]. Az \mathbf{O} középpontú, \mathbf{P}_1 és \mathbf{P}_2 pontokat tartalmazó körlap megfelel egy \mathbf{O} középpontú, \mathbf{R} sugarú gömb főkörének. Az \mathbf{O} középpontú, x és y koordinátatengelyek által meghatározott (vízszintes) sík metszete a gömbön létrehoz egy másik gömbi főkört is, amit a továbbiakban mint *segédegyenlítő* használunk (4. ábra). Ez a gömb, mint geometriai felület, alkalmas a \mathbf{P}_1 és \mathbf{P}_2 pont Gauss-féle paraméteres megadására, amely pontjainkat u_p, v_i paraméterekkel definiálja.

$$\mathbf{P}_1(x_1, y_1, z_1) = \mathbf{P}_1(u_1, v_1) \quad (1)$$

$$\mathbf{P}_2(x_2, y_2, z_2) = \mathbf{P}_2(u_2, v_2) \quad (2)$$

Látható, hogy így 3 szám helyett csak kettővel kell a továbbiakban foglalkoznunk. Ezek az egyenletek azonban csak akkor állnak fenn, ha a két koordinátarendszer kezdőpontja azonos, ezért át kell térnünk egy \mathbf{O} kezdőpontú, relatív koordinátarendszerre, amelynek tengelyirányait x', y', z' jelöli. A *segédegyenlítő* hasonlat analógiájaként új paramétereink felfoghatóak *segéd földrajzi koordinátáknak* is, ahol u a *segéd szélesség* és v a *segéd hosszúság* paramétere. Ez a továbbiakban gömbi trigonometria alkalmazását teszi szükségessé.

A paraméterek Gauss-féle kiszámítása az alábbi képletekkel történik (pl.: SMART 1960):



4. ábra. Két ismert pontot tartalmazó, adott dőlésszöggel jellemzett sík változatai

$\mathbf{P}_{1,2}$ = észlelési pontok; δ = dőlésszög; $\alpha_{1,2}$ = dőlésirány (azimut); $u_{1,2}$ = segéd szélesség; $v_{1,2}$ = segéd hosszúság; \mathbf{Z} = zenitpont; \mathbf{O} = gömbközpont; \mathbf{R} = gömb sugara

Figure 4. Variations of planes determined by two points and a fixed dip data

$\mathbf{P}_{1,2}$ = observation points; δ = dip angle of planes; $\alpha_{1,2}$ = azimuths; $u_{1,2}$ = parametric latitudes; $v_{1,2}$ = parametric longitudes; \mathbf{Z} = zenith point; \mathbf{O} = centre point of the sphere; \mathbf{R} = radius of the sphere

$$x'_i = R \cdot \cos v_i \cdot \cos u_i \quad (3)$$

$$y'_i = R \cdot \sin v_i \cdot \cos u_i \quad (4)$$

$$z'_i = R \cdot \sin u_i \quad (5)$$

ahol \mathbf{R} a gömb sugara.

A földrajzi koordinátarendszerek irányainak alkalmazásánál óvatosan kell eljárni, mivel a geodéziai x és y irányok a matematikai tengelyekhez képest elforgatott helyzetben vannak. A jelenleg alkalmazott számításokban a földrajzi koordináták keleti iránya a relatív koordinátarendszer x' -tengelynek, északi iránya pedig az y' -tengelynek felelt meg, és a gömb 0° -segéd-kezdőmeridiánja a 180° -os azimutot tartalmazza. Ez a (3) és a (4) egyenletet a következőképp módosította:

$$x'_i = R \cdot \sin v_i \cdot \cos u_i \quad (6)$$

$$y'_i = R \cdot \cos v_i \cdot \cos u_i \quad (7)$$

Az egyenletek megoldásához, illetve u_i és v_i paraméterek kifejezéséhez először a gömb sugarát kell kiszámítanunk, a gömb általános egyenlete segítségével.

$$R^2 = (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2 \quad (8)$$

A keresett sík két lehetséges állásához tartozó normálvektorok a definiált gömböt két dőfési pontban ($\mathbf{D}_{1,2}$)

metszik. A dőféspontok segédgömbi paraméterei (u_{D1} , u_{D2} , v_{D1} , v_{D2}) meghatározzák a síkok dőlésirányát és dőlésszögét. A paraméterek kiszámításával tehát eredményül kapjuk a keresett dőlésirány értékeket is. Mivel a síkok dőlése (δ) adott, a dőféspontok segédészélessége is ismert.

$$u_{D1} = u_{D2} = 90^\circ - \delta \quad (9)$$

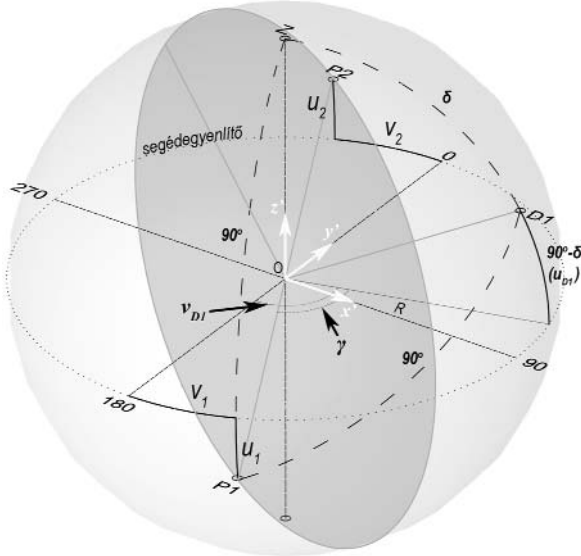
A v_{D1} és v_{D2} segédparamétert a segédgömbön található derékszögű gömbháromszögekre vonatkozó szabályok alkalmazásával határozzuk meg. Eszerint felírható egy $P_1 D_1 Z$ derékszögű gömbháromszög (5. ábra), amelynek oldalai:

$$P_1 D_1 = 90^\circ \quad (10)$$

$$P_1 Z = 90^\circ + u_1 \quad (11)$$

$$D_1 Z = 90^\circ - u_{D1} = \delta \quad (12)$$

Itt a derékszög a D_1 csúcspontban található és Z a segédgömb zenitpontja (azaz a z tengely dőféspontja a gömbön).



5. ábra. Sík dőlésirányának kiszámítása gömbháromszög segítségével $P_{1,2}$ = észlelési pontok; D_1 = sík normálisának dőféspontja; δ = dőlésszög; γ = $P_1 D_1 Z$ gömbháromszög nyílásszöge a Z zenitpontban; u_{D1} = D_1 dőféspont segédészélessége; v_{D1} = D_1 dőféspont segédhosszúsága; $u_{1,2}$ = segédészélesség; $v_{1,2}$ = segédhosszúság; Z = zenitpont; O = gömbközep; R = gömb sugara

Figure 5. Calculation of a plane's dip and azimuth using a spherical triangle

$P_{1,2}$ = observation points; D_1 = plunge-point of the normal to the plane; δ = dip angle of planes; γ = angle of the $P_1 D_1 Z$ spherical triangle at the Z zenith-point; u_{D1} = parametric latitude of the D_1 plunge-point; v_{D1} = parametric longitude of the D_1 plunge-point; $u_{1,2}$ = parametric latitudes; $v_{1,2}$ = parametric longitudes; Z = zenith point; O = centre point of the sphere; R = radius of the sphere

Napier első szabálya szerint (SMART 1960):

$$\cos \gamma = \text{ctg}(90^\circ - u_{D1}) * \text{ctg}(90^\circ - u_1) \quad (13)$$

$$\cos \gamma = - \frac{\sin u_{D1} * \sin u_1}{\cos u_{D1} * \cos u_1} \quad (14)$$

A γ szög a Z zenitpontban lévő szögnek felel meg, ami $P_1 Z$ -t és $D_1 Z$ -t tartalmazó segédhosszúsági körök által bezárt szög. Ebből következik, hogy a v_1 segédhosszúsági paraméterhez hozzáadva, illetve abból kivonva megkapjuk a sík kétféle pozíciójához tartozó ($\alpha_{1,2}$) dőlésirányt. A fenti számításokban a P_1 helyettesíthető P_2 -vel, illetve D_1 D_2 -vel.

Három észlelési ponttal megadott síkok paramétereinek számítása

Hasonlóan az előbbi megoldáshoz itt is elhelyezhetők a pontok egy térbeli körlapon (6. ábra). A körlap $O(x_0, y_0, z_0)$ középpontjának és a sík N normálvektorának ismeretében kiszámolható a sík dőlésiránya (azimutja) és dőlésszöge. Mivel a körlap egy O középpontú, R sugarú segédgömb főkörre is egyben, a három pont koordinátájából a gömb egyenletének [1. (8)-as egyenlet] alkalmazásával kiszámolható a körlap sugara (R) és középpontjának koordinátái.

$$(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2 = R^2 \quad (15)$$

$$(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + (z_2 - z_0)^2 = R^2 \quad (16)$$

$$(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2 + (z_3 - z_0)^2 = R^2 \quad (17)$$

Az egyenletrendszer átrendezésével és megoldásával megkapjuk a segédgömb keresett értékeit. A sík dőlésiránya és dőlésszöge meghatározható a sík N normálvektorának a segédgömbön vett D dőféspontjának u_D és v_D segédparamétereivel. Ezek kiszámításához ez esetben is indokolt, hogy O kezdőpontú, relatív koordináta-rendszerben számoljunk. Az x_i', y_i', z_i' relatív koordináták értéke várhatóan kisebb lesz, mint az eredeti koordinátáké, ezért a számítási hiba is kisebb lesz. Az alábbi számításokban relatív koordinátaértékek szerepelnek, amelyeket vessző jelöl.

A sík N normálvektora a síkban fekvő két, egymással nem párhuzamos egyenes vektoriális szorzatával állítható elő. A síkban fekvő három pont esetén a pontokat összekötő szakaszok határozhatják meg a két egyenest (HAIÓS 1966).

$$N = (P_2 - P_1) \times (P_3 - P_1) \quad (18)$$

Az egyenletben P_1, P_2, P_3 pontok helyzete felcserélhető. A keresztszorzat segítségével felírhatók a normálvektor x', y' és z' relatív koordináta-rendszerben értelmezett komponensei, amelyek párhuzamosak a tengelyekkel.

$$N_{x'} = (y_2 - y_1) \cdot (z_3 - z_1) - (z_2 - z_1) \cdot (y_3 - y_1) \quad (19)$$

$$N_{y'} = (z_2 - z_1) \cdot (x_3 - x_1) - (x_2 - x_1) \cdot (z_3 - z_1) \quad (20)$$

$$N_{z'} = (x_2 - x_1) \cdot (y_3 - y_1) - (y_2 - y_1) \cdot (x_3 - x_1) \quad (21)$$

$$h^2 = N_{x'}^2 + N_{y'}^2 + N_{z'}^2 \quad (22)$$

Mivel a későbbiekben az N^* egységvektorral kell számolnunk, a normálvektor koordinátatengelyekkel párhuzamos komponenseit elosztjuk a normálvektor hosszával (h).

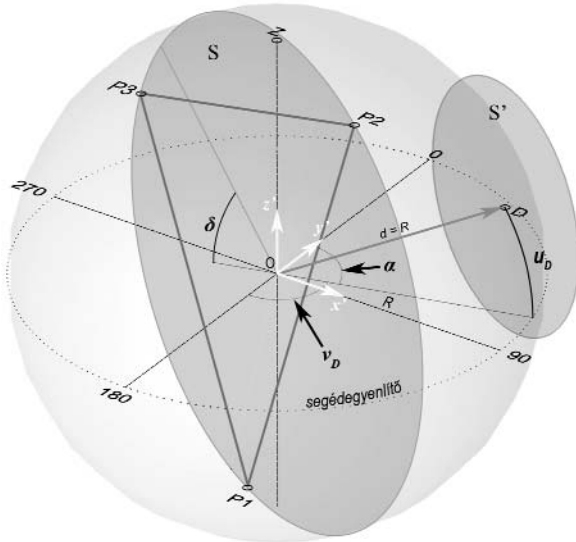
$$N_x^* = \frac{N_x'}{h} \quad (23)$$

$$N_y^* = \frac{N_y'}{h} \quad (24)$$

$$N_z^* = \frac{N_z'}{h} \quad (25)$$

A normálvektor egységvektorának két iránya lehet. A két megoldás közül azt kell kiválasztanunk, amelyik a síkot nem átbuktatott, hanem normál helyzetűként írja le.

A sík normálvektora tehát a relatív koordináta-rendszer O origójából indul, és a D pontban dőfi az R sugarú, O középpontú segédgömböt. Ebből következik, hogy a síkot R távolságra elmozgatva a normálvektor egyenese mentén, az épp a D pontban fogja érinteni a segédgömböt (6. ábra).



6. ábra. Három ponttal megadott sík jellemzői

$P_{1,2,3}$ = észlelési pontok, amelyek megadják az S síkot; D = sík normálisának dőféspontja; δ = dőlésszög; α = dőlésirány (azimut); u_D = D dőféspont segédszélessége; v_D = D dőféspont segédhosszúsága; d = S' sík távolsága a relatív koordináta-rendszer O origójától; Z = zenitpont; O = gömbközpont; R = gömb sugara

Figure 6. Features of a plane determined with three points

$P_{1,2,3}$ = observation points determining the S plane; D = plunge-point of the normal to the plane; δ = dip angle of the plane; α = azimuth; u_D = parametric latitude of the D plunge-point; v_D = parametric longitude of the D plunge-point; d = distance of the S' plane from the O origin; Z = zenith point; O = centre point of the sphere; R = radius of the sphere

A D pont x_D', y_D', z_D' relatív koordinátáit legegyszerűbben úgy kaphatjuk meg, ha az elmozgatott sík (S') és saját normálvektor-egyeneseinek dőféspontját kiszámoljuk.

$$N^* \cdot D + d = 0 \quad (26)$$

a D ponton áthaladó S' sík egyenlete;

$$O + N^* \cdot t = D \quad (27)$$

a D ponton áthaladó N normálvektor egyenesének egyenlete.

Ahol d értéke a sík origótól való távolsága; jelen esetben a relatív O origóhoz viszonyítva d megfelel a segédgömb R sugarának, mivel a D érintőpontja a gömbnek. A fenti egyenletekből kifejezhető t nyújtási paraméter.

$$t = - \frac{N^* \cdot O + R}{N^{*2}} \quad (28)$$

Ugyanez koordinátatengelyekkel párhuzamos komponensekre bontva:

$$t = - \frac{N_x^* \cdot x_0' + N_y^* \cdot y_0' + N_z^* \cdot z_0' + R}{N_x^{*2} + N_y^{*2} + N_z^{*2}} \quad (29)$$

Mivel a normálvektor egyenese merőleges a síkra, a (28, 29)-es egyenletek nevezője 1 lesz; x_0', y_0', z_0' pedig nulla értéket vesz fel a relatív koordináta-rendszer kezdőponti koordinátájaként. Így a t nyújtási paraméter az R -nek -1 szerese lesz.

$$t = -R \quad (30)$$

A relatív koordináta-rendszerben x_0', y_0', z_0' értéke tehát nulla. Ennek megfelelően az egyenes (27)-es egyenletéből kifejezhetők x_D', y_D', z_D' relatív koordináták.

$$x_D' = t \cdot N_x^* \quad (31)$$

$$y_D' = t \cdot N_y^* \quad (32)$$

$$z_D' = t \cdot N_z^* \quad (33)$$

A kapott értékekből az elforgatott koordinátatengelyek szerint módosított Gauss-féle paraméteres egyenletek (5) (6) (7) segítségével kifejezhető az u_D és a v_D , amelyekből a sík dőlésszöge (δ) és dőlésiránya (α) egyszerűen átszámolható.

$$\alpha = 180^\circ - v_D \quad (34)$$

ha a D pont az O -tól keletre esik;

$$\alpha = 360^\circ - (v_D - 180^\circ) \quad (35)$$

ha a D pont az O -tól nyugatra esik;

$$\delta = 90^\circ - u_D \quad (36)$$

A kapott dőlésirány érték — mind a két pont és dőlésszög, mind pedig három pont ismeretében esetén bemutatott számítási módszer eredményeként — egy derékszögű koordináta-rendszer északi tengelyéhez viszonyított szögérték. A valóságban mérhető dőlésirány a már említett mágneses elhajlás mértékétől függően ettől eltérő lehet.

Töréses szerkezetek modellezése felületként

Nagyobb kiterjedésben a szerkezeti elemek nem modellezhetők egyszerű térbeli síkként, mivel morfológiai jellegük annyira komplexsége válik, hogy síkkal való közelítésük túl nagy hibát eredményezne. Ezzel együtt, a modell továbbra is felület tulajdonságú marad, tehát a törési síknak nem lesz vastagsága ugyanúgy, ahogy az egyszerű sík esetében sem volt (7. ábra).

A töréses felületek modellezésének alapvető feltétele, hogy a térben megfelelő számú alapadat álljon rendelkezésre, amelyek azonosíthatóan ugyanazon szerkezeti elemhez tartoznak. A modell alapadatait hierarchikusan két csoportra lehet osztani. Az elsődleges vagy statikus adatok közé tartoznak a felszíni észlelések és fúrásadatok, amelyek térbeli pozíciója jól meghatározható. Ezekből állíthatók elő a másodlagos vagy levezetett adatok matematikai interpolációs eljárásokkal (ALBERT 2003). Bemenő adat lehet egy feltételezett észlelési pont (pl. felszíni szerkezeti elemmel nem korrelálható törészóna egy fúrásban), egy szeizmikus szelvény vagy akár egy geomorfológiai bélyegek alapján meghúzott lineamens is. Ezek a bizonytalan térbeli helyzetű entitások ugyan észlelésből származnak, mégis sokszor a másodlagos adatok közé sorolandók, mivel térbeli attribútumaik nem határozhatók meg pontosan. Észlelési méretarányban a felület modellezésének folyamata során a statikus adatok nem torzulhatnak, ezért a modellfelület létrehozásához olyan módszert kell használnunk amely az elsődleges adatokat megőrzi, a levezetett adatokat pedig dinamikusan kezeli.

A modellezett felület geometriája lehet szabályos rácsháló (grid), vagy szabálytalan háromszögháló (TIN = Triangulated Irregular Network; pl. a 6. ábra modellje). Mivel a természetben a szerkezeti elemek ritkán észlel-

hető szabályos rácsháló mentén, az ilyen modell általában levezetett adatokat tartalmaz. Ebből következően, ha el akarjuk kerülni a statikus adatok torzulását, a modellezett felület geometriája szabálytalan háromszögháló kell, hogy legyen még akkor is, ha interpolációval előzőleg már létrehoztunk egy rácshálómodellt a területről. A térbeli háromszögek csúcspontjai három észlelési pontként is fel-foghatók, ami lehetővé teszi, hogy az adott háromszöglap dőlésirányát és dőlésszögét a korábban ismertetett módon számoljuk ki.

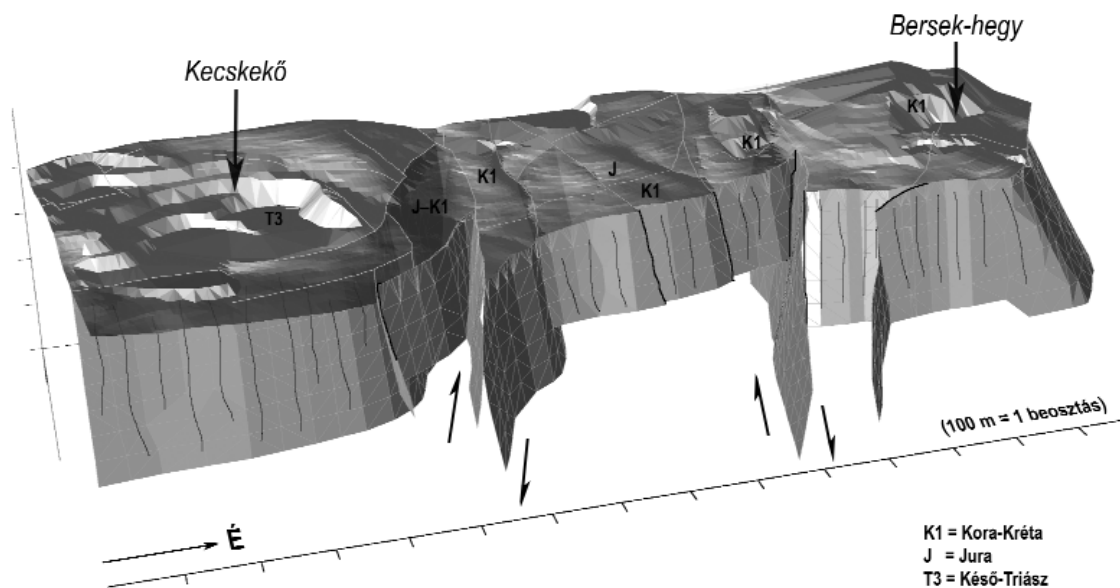
Felszíni észlelési ponton gyakran mérhető a szerkezeti elem dőlése (δ) és dőlésiránya (α). Ezeknek az adatoknak az integrálása a modellbe kiemelten fontos. A beillesztés történhet manuálisan az aktuális szoftverkörnyezetben végrehajtott geometriai műveletekkel vagy automatikusan. Több adat esetén célszerű az automatikus módszert választani, ami a gyakorlatban referenciapontok előállítását jelenti az észlelési pontokból induló irányvektor segítségével. Az irányvektorok hosszát (L) a modell névleges méretaránya szerint választjuk meg (pl. 1:10 000-es modellnél 100 m). A referenciapontok koordinátáit trigonometriai összefüggések segítségével kapjuk meg.

$$\Delta x = \frac{\sin \alpha}{L \cdot \cos \delta} \quad (37)$$

$$\Delta y = \frac{\cos \alpha}{L \cdot \cos \delta} \quad (38)$$

$$\Delta z = \frac{\sin \delta}{L} \quad (39)$$

Itt Δx , Δy és Δz a referenciapont és a kiindulási pont közötti különbségvektor 3 komponense. A pontos eredmény érdekében itt is célszerű korrigálni az adott ponton mért dőlésirány értékeket az aktuális mágneses elhajlás és



7. ábra. Felületként megjelenített vetőmodellek a Kelet-Gerecsében (ALBERT 2005 nyomán)

Figure 7. Surface models of faults in the Eastern Gerecse (after ALBERT 2005)

a vetületi meridián konvergencia mértékével. Az előállított referenciapontok másodlagos bemenő adatok, így azok rugalmasan kezelhetők a modellezés során.

A modellszerkesztés következő lépcsőfoka a felületek lehatárolása, illetve a szerkezeti elemek hierarchiájának megállapítása. Ez a gyakorlatban különböző modellfel-színek metszésvonalának kiszámítását jelenti. A modellfel-színek komplexitása többnyire nélkülözhetetlenné teszi háromdimenziós modellezőszoftver alkalmazását, amely a számításokat beépített függvények segítségével végzi el.

Felületmodellek közti térgeometriai műveletek segítségével — amelyek alapja egyszerű lineáris algebra — két egymást fedő felület metszésvonala kiszámítható, amely a modell térben egy háromdimenziós térgörbe lesz. Az, hogy két felület fed-e egymást vagy nem, a felülnézeti kép alapján határozható meg, ami legtöbbször a pontok magassági attribútumait megjelenítő z tengely felőli, ortogonális nézetnek felel meg. Ugyanebből a nézőpontból definiálhatók a felület első határológörbéi is. Ezek később a felületek közti műveletek során módosulhatnak. Sokszor a szerkezeti elemekről olyan kevés információ áll rendelkezésre, hogy az észlelési pontok elterjedése megadja a határvonalakat is. Ahhoz, hogy kettő vagy több szabálytalan háromszöghálómodellel térgeometriai műveleteket végezzünk, létre kell hoznunk a felületeken a műveletben szereplő többi felület csomópontjainak merőleges vetületi pontját. Ha felületmodellező szoftverrel dolgozunk, ez automatikusan megelőzi a térgeometriai műveleti parancsot, így csak annyit észlelünk belőle, hogy a végeredményként létrejövő felület csomópontjainak száma a kiindulási felületek egyedi csomópontjainak összege lesz. Két felület (pl. A és B) metszésvonalának meghatározásához a felületeket ki kell vonni egymásból

$$A - B = C \quad (40)$$

ahol C az új felület, amelynek 0 magassági értéke (0 -s izovonal) megadja a metszésvonal ortogonális képét. Ha a kapott felületnek nincs 0 -s szintvonala, a kiindulási modellfelületek nem metszik egymást. A metszésvonal háromdimenziós térgörbét az így előállított zéróértékű ($2D$) izovonal bármelyik kiindulási felületre történő merőleges vetítésével kapjuk meg.

A fent ismertetett műveletek jellegükből adódóan nem teszik lehetővé ún. „áthajló felületek” létrehozását. Átbuktatott felületek modellezésére kézenfekvő megoldás, ha a szerkezeti elem modelljét felbontjuk normál településű és átbuktatott településű felületelemekre. Ennek hátránya, hogy megnöveli az elemzések során végrehajtandó térgeometriai műveletek számát, különösen akkor, ha az átbuktatott és normál településű elemek többször váltakoznak (pl. többszörösen gyúrt takaróredő feltolódásának modellje). Szintén hátránya a módszernek, hogy teljesen függőleges síkot nem tud szerkezeti felületként kezelni, így adott esetben 90° közeli dőlést kell megadni a törésszerkezeteknek. Léteznek azonban speciális, földtani modellezésre fejlesztett szoftverek, amelyek képesek összetett

felületeket egy objektumként kezelni, valamint a fent említett technológiai problémákat kiküszöbölni a geometriai műveletek során.

A szerkezeti elemek hierarchiájának meghatározására sok esetben csak a modell vizsgálata során adódik lehetőség (ALBERT 2003). Ezért a modell fejlesztői környezetben olyan adatszerkezet kialakítása a cél, amely rugalmas háttérül szolgál a többfázisú tektonikai modellek alternatíváinak. Ennek egy módja, ha a különböző felületek alkotópontjait független háttéradatbázisban tároljuk, melynek a másodlagos adatokat tartalmazó részét addig módosítjuk a modell térbe szerkesztett paraméterekkel (pl. határoló- és idomvonalak), míg a megjelenített felületmodell el nem éri a kívánt geometriát.

Szerkezeti elemek egyedi azonosítása adatbázisokban

A szerkezeti elemek felületként történő definiálása magával vonja a definiált szerkezetek elnevezését is. Ez egy-két felület esetén nem okoz problémát, azonban komplex vagy nagy kiterjedésű modellek esetén a megjeleníteni kívánt szerkezeti elemek száma is nagy lehet. Ahhoz, hogy a felületek elemzése és megjelenítése gyorsan végrehajtható legyen, illetve esetleges módosítása minimális kockázattal járjon, jól értelmezhető nevet kell adni az önálló szerkezeti elemeknek. Informatikai megközelítésből nézve azonban e nevek egyedi azonosítóként fognak szerepelni. Egyedi azonosító kódok rendszerének kialakítását a felületek alkotópontjait tartalmazó független háttéradatbázis is szükségessé teszi. A tektonikai elemek elnevezésére jelenleg nincs általánosan elfogadott gyakorlat, azonban a jelentős szerkezetek névvel való megjelölésére világszerte több példa is akad (Great Glenn Fault, San Andreas Fault, Telleldi Róth vonal). Ezek egyedi elnevezését tudománytörténeti okok indokolják.

Regionális tektonikai modelleknél, ahol a virtuális térben akár 40 - 50 szerkezeti elem felületét is megjeleníteni és kezelni kell, az egyedi elnevezések már átláthatatlanok, így más megoldást kell találni. Gyakorlati alkalmazások során vetődött fel, hogy a litosztatográfiai képződményekhez hasonlóan a szerkezeti elemek is formációkba, ún. „tektonikai formációkba” lennének sorolhatók. Két szerkezeti elem akkor sorolható ugyanabba a tektonikai formációba, ha földrajzilag közel helyezkednek el egymáshoz, és kialakulásukért ugyanaz a tektonikai folyamat a felelős.

A tektonikai formációk meghatározásánál — csakúgy, mint a litosztatográfiai formációkénál — lényeges szempont lenne a térképen való ábrázolhatóság, illetve a vizsgált terület földtani arculatának áttekinthető bemutatása (FÜLÖP et al. 1975). E párhuzam elsősorban azért fontos, mert a földtani térképek térinformatikai feldolgozása során használt egyedi litológiai indexekhez hasonlóan a szerkezeti elemeket jelölő azonosítóknál is az a cél, hogy szemléletességüket megőrizve eleget tegyenek a térinformatikai adatbázisokkal való kompatibilitás feltételeinek. Legfon-

tosabb feltétel az indexek egyedisége; további szempont az indexek karaktorsorának a 8 bites kiterjesztett ASCII kódtáblával (ISO/IEC 8859-1) való kompatibilitása, valamint a bejegyzések 32 karakternél rövidebb mivolta, ami az adatbázis-kezelő programok mezőméretének korlátozottsága miatt fontos.

A litológiai indexek adatbázisban tárolható formája a formációnév kezdőbetűje, illetve kvarter képződmények esetén a genetikai besorolás mellett, hordozza a korra és esetenként a litológiára vonatkozó információt is (GYALOG 1996). Ennek analógiájaként az adatbázisban tárolható tektonikai index is hordozhatna leíró jellegű információkat, amelyek közül a legfontosabb a töréses szerkezeti elem képződésének mechanikai körülményeire utalna (normálvető, feltolódás, jobbos- és balos oldalelmozdulás, illetve egyszerű törésvonal). További fontos szempont a szerkezeti elem dőlésiránya (égtáj szerint), meghatározhatóságának mértéke (észlelt, megállapított és feltételezett), továbbá rendűsége (1, 2) és nem utolsó sorban működésének kora. Az utóbbit sok esetben nem lehet egyértelműen megállapítani, így célszerűbb objektumhoz, illetve adatbázis bejegyzéshez csatolt attribútumként tárolni. Az alábbiakban bemutatott példák a pusztamaróti térképezési lapon (ALBERT 2004) észlelt vagy megállapított szerkezeti elemek indexelésére tesznek kísérletet.

kp_F1e_ek02

Kis-pisznicei Tektonikai Formáció (*kp*) észlelt (*e*), elsőrendű (*I*), északkeleti dőlésű (*_ek*) 2-es számú (*02*) feltolódása (*F*);

pm_Nm_ddny01

Pusztamaróti Tektonikai Formáció (*pm*) megállapított (*m*), dél-délnyugati dőlésű (*_ddny*) 1-es számú (*01*) normálvetője (*N*);

pm_NJf_ek01

Pusztamaróti Tektonikai Formáció (*pm*) feltételezett (*f*), északkeleti dőlésű (*_ek*) 1-es számú (*01*) jobbos elmozdulásos komponensű normálvetője (*NJ*).

Az itt felsorolt elnevezések és rövidítések csak ajánlások. A módszer részletes kidolgozásához több szakértő egyeztetése szükséges.

Töréses szerkezetek modellezése kőzettestként

Kőzettetek modellezésére gyakran voxel (volume element = térfogatelem) technológiát alkalmaznak, amelynek lényege, hogy a virtuális teret szabályos térháló szerkezetbe rendezik, amelynek csomópontjaihoz vagy éllel határolt térelemeihez közzettulajdonságot leíró adatokat csatolnak. A modell felbontása a térháló rácspontsűrűségének függvénye. Ebből következően a töréses szerkezetek szemléletes modelljének elkészítéséhez — amelyben a törészóna vastagsága esetleg csak néhány centiméter — különösen nagy felbontású modellre lenne szükség. Akkor indokolt ezt a technológiát alkalmazni szerkezetföldtani modellekhez, ha a rendelkezésre álló adatmennyiség az előállítandó modell felbontásának (részletességének)

megfelelő, vagy a későbbi feldolgozás során nélkülözhetetlen a töréses szerkezeti elemek térbeli kiterjedéssel való megjelenítése (pl. áramlási modellek).

A voxel technológia földtani vonatkozású alkalmazásai egyre inkább terjedőben vannak. Egyik legprogresszívebb területe a szénhidrogén-kutatásban már több mint 30 éve jelen lévő 3D szeizmikus módszerhez kötődik. E módszerrel a vizsgált tér teljes volumenére előállíthatók adatok, amelyek egy adott térelemet a visszaérkező jel intenzitásával jellemeznek (BROWN 1986). A voxel elsődleges attribútumértékét tehát a szeizmikus jel intenzitása adja, amelyet az adatelemzés során közzettani, rétegtani és egyéb földtani paramétereknek feleltetnek meg.

Az így előállított óriási adatmennyiség természetesen a térrész szerkezeti felépítéséről is hordoz információt, amelyet különböző adatelemző módszerekkel lehet kinyerni. Ilyen módszer lehet a kézi kiértékelés, a különböző interpolációs eljárások, valamint automatizált 2D és 3D jelkövető eljárások. Az utóbbiak közé tartozik a „voxel tracing” (~ térbeli jelkövetés) amely egy kontroll-térelemből kiindulva annak szomszédjait, majd a szomszédok szomszédjait vizsgálva nyomon követi a jelet a teljes adatmező kiterjedésében (DORN 1998). Különböző interpolációs eljárások alkalmazása, amelyeket elsősorban felületek előállítására használnak, a térháló szerkezetű modelleknél általában túl időigényes; mégis sokszor kerül elő, ha az adatsűrűség nem teszi lehetővé automatizált jelkövető eljárások alkalmazását. A kézi kiértékelés, amely a legtöbb geológus számára leginkább vonzó, sajnos egyben a leglassabb módszer is. Csak akkor indokolt, ha kevés vagy nagyon egyenetlenül elszórt adat áll rendelkezésre.

Mind az interpolációs, mind a kézi kiértékelésből előálló levezetett adatokat a térháló modell megfelelő felbontásához igazítva, megkapjuk a szerkezeti elemeket szimuláló voxelek csomópontjait. Ezek megbízhatóságát, ami az előállítási módszerek függvénye, a kiértékelőnek mindig szem előtt kell tartania.

Összefoglalás

A bemutatott modellezési módszerek a tektonikai szerkezetek egy csoportjára, a töréses szerkezetekre fókuszáltak. A módszerek közös alapelve az emberi „kézimunka” minimalizálása volt. Ennek tükrében mind a regionális (10 000–100 000), mind az észlelési (100–10 000) méretarány törésmodelljeinek elkészítéséhez konkrét módszereket mutattunk, amelyek félig vagy teljesen automatizált feldolgozási eljárásokat tesznek lehetővé. Kijelenthető, hogy az automatizálás legfőbb feltétele a konzisztens, jól strukturált háttéradatbázis, amelynek karbantartása legalább olyan fontos, mint a kiépítése. Az adatbázisok szerkezeti feltételeinek megfelelő, ugyanakkor a földtani szemléletességnek eleget tévő tektonikai indexrendszer kidolgozása szintén alapkövetelmény. Egy ilyen rendszert dolgoztunk ki gyakorlati alkalmazások során, és mutattunk be e tanulmányban.

A modellezési környezet nagyban befolyásolja az alkalmazható technológiát, de a modellezés módszerét elsősorban a rendelkezésre álló adatok mennyisége és eloszlása, illetve a modell célja kell, hogy meghatározza. Habár a bemutatott módszerek a kézi adatkiértékelést igyekeznek helyettesíteni, általános elvük mégis szakember irányítását feltételezi. Lényegük a 3D földtani kép minél gyorsabb előállítására. Megállapítható, hogy az adatok integrálásának első lépése az, amit az automatizálás leginkább felgyorsíthat. Ugyanakkor ez a legfontosabb lépés is, mivel a kiértékelő ekkor kap először átfogó képet a rendelkezésre álló adatok mennyiségéről, eloszlásáról és megbízhatóságáról.

A gyakorlat azt mutatja, hogy a bemutatott módszerek közül a térháló- és felületmodellek hibridje az, ami a leginkább előremutató. A jelenleg rendelkezésre álló földtani adatbázisok azonban még kevés területről nyújtanak olyan adatsűrűséget, ami jó felbontású térháló modellek előállítását tenné lehetővé. Az általános céllal készített földtani modellek készítéséhez leggyakrabban fúrás adatbázisokat és felszíni észlelési térképeket alkalmaznak.

Ezek adatsűrűsége legfeljebb az interpolációs és kézi kiértékelés együttes alkalmazásához elegendő. Ilyen esetben az adathiány ellenére térhálómodellt létrehozni csak speciális célú (pl. migrációs) modellek készítésekor indokolt.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott modellezési módszerek gyakorlati alkalmazását elsősorban a Bátaapátiban végzett felszíni földtani kutatás indította el, amely a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányult. Az alkalmazott módszerek továbbfejlesztésére a Magyar Állami Földtani Intézet költségvetési feladatain belül végzett hegyvidéki földtani térképezés adott alkalmat, amely a Vértes és a Gerecse területén folyt. A modellezés témakörének beépítését az említett kutatási programokba Bátaapáti esetén dr. Gyalog László, a hegyvidéki térképezési program esetén dr. Budai Tamás tette lehetővé.

Irodalom — References

- ALBERT, G. 2003: Modelling of subsurface geological structures on a future disposal site of low- and intermediate-level radioactive wastes. — *European Geologist. Journal of the European Federation of Geologists*, Dec. 2003, pp. 23–26.
- ALBERT G. 2004: Pusztamarót észlelési és fedett földtani térképe 1:10 000 — *A Vértes és a Gerecse földtani térképsorozata, kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet
- ALBERT, G. 2005: Structural model of the Bersek and Kecskekő Hills in the North-eastern Gerecse – A three-dimensional visualization. — *Geolines, Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic*. 19, p. 15.
- ALLAN, U. S. 1989: Model for hydrocarbon migration and entrapment within faulted structures. — *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 73, pp. 803–811.
- BAGTZOGLU, A. C. 2003: Perched water bodies in arid environments and their role as hydrologic constraints for recharge rate estimation: Part 1. A modeling methodology. — *Environmental Forensics Journal* 4 (1), pp. 39–46.
- BIRÓ P. 1985: *Felsőgeodézia*. — Tankönyvkiadó, Budapest 1985.
- BROWN, A. R. 1986: Interpretation of three-dimensional seismic data (AAPG Memoir 42) 5th edition. — *American Association of Petroleum Geologists*, 514. p. (1999)
- DORN, G. A. 1998: Modern 3-D seismic interpretation. — *The Leading Edge* 17 (9), pp. 1262–1273.
- FÜLÖP J., CSÁSZÁR G., HAAS J., EDELÉNYI E. 1975: *A rétegtani osztályozás, nevezéktan és gyakorlati alkalmazásuk irányelvei*. — Magyar Rétegtani Bizottság, p. 13.
- GROSHONG, R. H., JR. 1999: *3-D structural geology*. — Springer-Verlag, Heidelberg, 324 p.
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* 187, 171 p.
- HAJÓS GY. 1966: *Bevezetés a geometriába*. — Tankönyvkiadó, Budapest, p. 512.
- KOVÁCS, P., KÖRMENDI, A. 1999: Geomagnetic repeat station survey in Hungary during 1994–1995 and the secular variation of the field between 1950 and 1995. — *Geophysical Transactions* 42 (3–4), pp. 107–132.
- MIHÁLYI SZ. 1995: *A magyarországi geodéziai vonatkozású vetületi rendszerek leíró katalógusa*. 4. kiadás. — Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest
- PATERSON, J. B. (ed.) 1997: ISO/IEC 8859-1:1997 (E) 7-bit and 8-bit codes and their extension. — *International Organization for Standardization, Joint Technical Committee no 1, Subcommittee no 2, Athens*, (1998)
- SMART, W. M. 1960: *Text-book on spherical astronomy, 6th edition*. — Cambridge University Press, Cambridge, pp. 22–23.
- TURCZI, G., ALBERT, G., HAVAS, G., TISZA, A. 2004: Construction and application of a geological 3D model at the Bátaapáti (Üveghuta) Site. — [Földtani térmodell építése és alkalmazása a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen]. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* 2003, pp. 285–298.

A Magyar Állami Földtani Intézet egységes földtani jelkulcsa, fúrási adatbázisa és webes lekérdező felületük

*The uniform legend system, the borehole database and the
web-based query tool of them in the Geological Institute of Hungary*

GYALOG LÁSZLÓ¹, OROSZ LÁSZLÓ¹, SIPOS ATTILA², TURCZI GÁBOR¹

¹Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

²piLINE Kft. 1037 Budapest, Montevideo u. 6.

Tárgyszavak: egységes földtani jelkulcsrendszer, egységes jelkulcs táblázat, fúrási adatbázis, adatkezelés, webes lekérdező-felület, adatbázis-kezelés, adatbázis-lekérdezés

Összefoglalás

A MÁFI-ban a térképi és fúrási adatbázis lehetőségének megteremtéséhez egységes jelkulcsrendszert dolgoztunk ki. A jelkulcs elfogadásával egységesen kezelhető térképi és fúrási adatbázisok jöttek létre. A jelkulcs táblázat átláthatóvá tette a rendszert, az érvényes jelkulcsi elemek és azok földtani tartalma könnyen visszakereshető volt. Erre a jelkulcs táblázatra alapozva dolgoztunk ki a fúrási adatbázis szerkezetét, majd töltöttük fel több mint 40 000 fúrás adatával.

Az elkészült jelkulcs és az ezzel összehangolt fúrási adatbázis megteremtette a lehetőséget egy közös rendszer kiépítésére. A létrehozandó rendszer egyik fontos kitűzött célja volt, hogy használata minden kutató számára elérhető és egyértelmű legyen. A jelenlegi informatikai lehetőségeket figyelembe véve egy webes kezelőfelületű rendszer valósította meg az elképzeléseket. Az adatbázist kezelő és az adatokat megjelenítő felület programozása sokszor egyedi megoldásokat igényelt a programfejlesztés során. A létrehozott rendszer lehetőséget teremt összetett lekérdezésekre, a jelkulcsra, a fúrási adatbázisra, vagy akár mind a kettőre egyszerre.

Keywords: uniform geological legend system, uniform legend system table, borehole database, data handling, web-based query tool, database management, database query

Abstract

The Geological Institute of Hungary made an uniform legend system, in, to create a basin for future mapping and borehole databases. By accepting the legend system, uniformly treatable mapping and borehole databases were made. This generated a clear system, and the valid lithological units and their geological contents became easy to find. We created the new structure of the borehole database on the basis of the legend system, and then we load it with more than 40 000 borehole's data.

The completed legend system aligned with the borehole database made it possible to build up a combined system. Our most important aim was to create a clear and easy-to-use system which can be reached by all researchers. Considering the newest Internet technology, a web-based system met our requirements. The programming of the surface which operates the database and represents data required individual solutions. which was responsible for developing the program. The achieved application makes the possibility for doing complex queries through either the legend system or the borehole database, or through both of them at the same time.

Bevezetés

A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) az 1990-es évek elején határozta el, hogy egységesíti az intézetben használatos térképi jelkulcsokat. A második világháború után több tájegységről jelent meg térképsorozat (Mátra, Mecsek, Dorogi-medence 1:10 000, Bakony 1:20 000 és 1:25 000, Tokaji-hegység 1:25 000, Kisalföld 1:100 000, Alföld 1:100 000 és 1:200 000). Egy-egy sorozaton belül a

jelkulcs viszonylag egységes volt, de a sorozatok jelkulcsai (pl. a térképen megjelenő földtani jelek felépítése) egymástól koncepciójukban is eltértek. Egyetlen országos sorozat jelent meg, Magyarország 1:200 000-es térképsorozata (1962–76 között), ennek jelkulcsa is eltért valamennyi sorozattól.

Az új jelkulcs kidolgozása 1995-re történt meg. Ezt követték a fejlesztés lépcsőfokai: a jelkulcsrendszer bővítése és alkalmazása különböző méretarányú térképekhez.

Az egységes jelkulcs alkalmazásával a MÁFI és a Mol Rt. (Mol) között létrejött együttműködés keretében végzett fúrásértékelés céljára 1998–1999-ben hoztuk létre az egységes fúrási adatbázis vázát, amely az átértékelés előrehaladtával folyamatosan MÁFI-adatbázissá bővült. Eddigi utolsó lépésként a felhasználás elősegítésére a MÁFI intranetes hálózatán a MÁFI és a piLINE Kft. együttműködésével közös kezelőfelületet hoztunk létre az egységes jelkulcshoz és a fúrási adatbázishoz.

Az egységes jelkulcs kialakulása

Az egységes jelkulcs kidolgozása az Egységes Országos Földtani Térképrendszer (EOFT) projekt keretében történt 1991–1995 között, a Magyar Rétegtani Bizottsággal való együttműködésben (GYALOG 1996). Ezután az intézetben már valamennyi kiadott térkép (Balatonfelvidék, Velencei-hegység, Bükk), illetve a terepi felvételek és a kéziratok térképei is (Vértes, Gerecse, Bükk előtere) ezzel a jelkulccsal készültek.

Az egységesítés legnagyobb próbája az 1998–2003 között megvalósult MÁFI–Mol együttműködés volt. Ennek keretében történt az 1:100 000-es fedetlen térképek szerkesztése az ország hegyvidéki területeinek legnagyobb részére, valamint egyes domb- és síkvidéki területekre eső fúrások átértékelése. A másik ilyen nagy egységesítés Magyarország 1:100 000-es fedett földtani térképsorozatának szerkesztése, amely 2005-ben zárul. A fenti két munka során Magyarország valamennyi, térképen vagy fúrásértékelés során elkülönített egységét az új jelkulcsnak megfelelő egységekbe soroltuk be.

A jelkulcsrendszer adatbázis-kapcsolatainak létrehozásához egy összesített jelkulcstáblázatot hoztunk létre (Ms Excel formátumban), amelyben minden jelkulcsi elem külön sorként szerepelt. Ennek váza a MÁFI–Mol munkák kapcsán, azok kiegészítésével jött létre (GYALOG et al. 2005), majd újabb munkáknak köszönhetően tovább bővült.

A jelkulcsot a képződmények kora szerint két, egymástól elkülönülő részre tagoltuk. A negyedidőszaknál idősebb képződményeket (egységeket) litosztratigráfia — formációcsoport (Fcs.), komplexum (K.), formáció (F.), tagozat (T.), rétegtag (R.) —, ezen belül közettípusok szerint osztottuk fel, a fiatalabb képződményektől az idősebbek felé haladva. Egy koron belül az általános (teljes korra érvényes) egységek következnek először (pl. Padragi Formáció), ezt követik az esetleges részkorokat jelző egységek (a formáció felső-eocén része, a formáció középső-eocén része). Egy koron belül is igyekeztünk a formációk sorrendjében azok egymásutánosságát tükrözni, illetve egy-egy területegységet együtt tárgyaltunk. Ez a sorrend az egységes jelkulcsban (GYALOG, CSÁSZÁR 1996), illetve annak kiegészítésében (GYALOG, BUDAI 2004) található táblázatokhoz igazodik.

Egy formáción belül először annak különböző litológiai változatai következnek [az üledékek közül

először a törmelékeny üledékek a finomszemcséstől a durvább felé, majd a nem törmelékeny (pl. mészszip, tőzeg) üledék, a magmás kőzeteknél a sorrend a savanyútól a bázisos felé halad], ezt követi a formációk tagolása (tagozat, rétegtag). A litológiát közettípussal jelöltük, ezt általában a kőzetnév első betűjével (ha az foglalt volt, két, ritkán három betűvel) képeztük (pl. a = agyag, al = aleurit, h = homok, hk = homokkő stb.).

A negyedidőszaki egységeket genetika szerint (1. táblázat), majd kor és azon belül közettípusok szerint tagoltuk, ezeket a jeleket használtuk szükség esetén az idősebb képződményeknél is.

1. táblázat. A genetikai jelek és sorrendjük
Table 1. The symbols of genetics and their order

a	antropogén	1
f	folyóvízi	2
l	tavi	3
b	mocsári	4
h	hidroeoilikus	5
p	proluviális	6
e	eolikus	7
g	lejtő(mozgásos):	8
d	deluviális	8a
s	suvadásos, csuszamlásos	8b
sz	szoliflukciós	8c
o	omlásos	8d
el	eluviális	9
x	vegyi	10

1. anthropogenous, 2. fluvial, 3. limnic, 4. paludal, 5. hydroeolian, 6. proluvial, 7. eolian, 8. colluvial, 8a. deluvial, 8b. slump, 8c solifluctial, 8d. debris, 9. eluvial, 10. chemical.

Az összetett genetikájú egységek a domináns genetikájú egység után következnek [pl. f (folyóvízi) után fl (folyóvízi-tavi), fb (folyóvízi-mocsári), fp (folyóvízi-proluviális) stb.].

Ha egy földtani egységet nem tudunk besorolni egyik meglévő egységbe sem, vagy ha több egységet vontunk össze, akkor kor alapú, esetenként közettípussal kiegészített jeleket is használtunk. Az egység elé kerültek az adott egységnek más egységekkel összevont előfordulásai.

Minden jelkulcsi elem egy egyedi betű-szám kombináció, amely a képződmények grafikus szimbólumának (NDX_GRAFIKUS) lineárisan írt és az ASCII kódtábla karaktereit felhasználó (kiterített) formája (GEO_ID), pl. ${}^pE_{2-3} = pE2-3$. A jelek közül az adott időpontban érvényes formát a jelkulcstáblázat GEO_NDX oszlopa tartalmazza. A jel felépítését GYALOG (1996), a kiterített jel képzését GYALOG et al. (2005) ismerteti. A grafikus jelet (NDX_GRAFIKUS) csak a térképi megjelenítéskor használjuk, ezért jelen cikkben ezzel részletesen nem foglalkozunk.

A jelkulcs táblázat oszlopneveit és azok magyarázatát a 2. táblázat mutatja be. A táblázat tartalmazza mindazokat a jeleket, amelyeket a jelkulcsrendszer használata során valamikor alkalmaztak. Így biztosítható a későbbi azonosíthatóság. Az értékelés, térképszerkesztés előrehaladtával, az egységek jobb megismerése során sok egységnek változott valamely eleme. Ezek típusait a GEO_NDX alapján az alábbiakban néhány példán mutatjuk be.

Egyes esetekben a képződmény kora változott: pontosabb (pl. k_cP2-T1 → k_cP2 = Kővágószőlősi F., Cserkúti T.), bővebb (pl. mJ3 → mJ2-3 = Mónosbéli F.) vagy éppen egészen más (pl. cO12-Me → cO11-2 = Csatkai F.) lett. Más esetekben megváltozott a rangja (pl. tagozatból formáció lett: hh_vT2 → vgT2 = Hetvehelyi F., Vígánvári T. → Vígánvári F.; e_sT3 → svT3 = Edericsi F., Sédvölgyi T. → Sédvölgyi F.), egy-egy ideiglenesen számmal jelölt egység nevet kapott (pl. hh_1J1 → hh_kJ1 = Hosszúhetényi F., első rétegtag → Hosszúhetényi F., Kerékhegyi T.). De ilyen változást jelentett, ha egy, korábban csak kőzetjellel elkülönített képződmény nevet és így jelet kapott (pl. vC2pí → v_pC2 = Velencei F., gránitporfír → Velencei F., Pákozdi T.). Új formációnevek szület-

tek több régi helyett (pl. psMb1 és rMb2 → IMb = Péccszabolcsi és Rákosi F. → Lajtai F.), vagy egy régebbi egységet több újabb név (esetleg egy formációcsoport-formáció-tagozat rendszere) váltotta fel (pl. tkMb-Pa1 → NMb2, HMs1, TMs2-Pa1 = Tokaji F. → Nyírségi, Hegyaljai és Tokaji Fcs.). Előfordultak tisztán technikai módosítások: több képződmény esetén sem lehet betűazonosság egy koron belül (pl. oJ2 = Óbányai Mészke F. miatt oJ2-3 → ovJ2-3 = Oldalvölgyi F.), és az ékezetes betűk használatát is bevezettük (pl. oO11 → óO11 = Óbaroki Bauxit Formáció). A negyedidőszaki képződményeknél komoly változásokat okozott, hogy egységesítettük: a lejtőüledékek genetikai jelét tartalmazó lejtőlösszindexek nem kaphatnak lösz-, csak aleurit (kőzetliszt)-kőzetjelet (pl. dQp3-h1 → dQp3-hal = deluviális lejtőlössz → deluviális aleurit).

Ezekben a helyzetekben a tisztánlátást 5 oszlop alkalmazásával tettük lehetővé. A már említett GEO_ID oszlop valamennyi jelet tartalmazta, elsőként alkalmazott formájában. A GEO_NDX oszlopban csak az aktuálisan érvényes jelek szerepeltek. Egy megváltozott jel esetén ez a cella üresen maradt, és a jel átkerült az NDX_NEM oszlopba. Ekkor az NDX_NEM cella mellett, az NDX_JAV

2. táblázat. A jelkulcs táblázat oszlopnevei és azok magyarázata

Table 2. The names of the columns in the legend system table with comments

Oszlopnevek	Az oszlopnevek magyarázata
SORREND	az egység sorszáma
TIPUS	a földtani szimbólum típusa (indextípus)
VULKANI	vulkáni vagy intruzív magmás egység magmás fáciese
HOLI	Melyik munka során került felvételre a jelkulcs táblázatba
GEO_ID	index-azonosító [először használt kiterített szimbólum (index)]
GEO_NDX	kiterített index (használatos, jelenleg elfogadott forma)
NDX_NEM	kiterített index (nem használható)
NDX_JAV	NDX_NEM helyett most javasolt
NDX_REGI	régi index (a GEO_NDX korábbi jele)
NDX_GRAFIKUS	földtani szimbólum (index) grafikus formája
ELL	technikai ellenőrzésre szolgáló oszlop
NDX_BAL_F	szimbólum bal felső indexe
NDX_BAL_A	szimbólum bal alsó indexe
NDX_KOR	szimbólum korindexe
NDX_JOB_B	szimbólum jobb felső (kőzet-) indexe
CEL	földtani szimbólum grafikus formájának van-e cellája
ROVID_NDX_GRAFIKUS	rövid földtani index
CEL_ROVID	földtani szimbólum rövid jele grafikus formájának van-e cellája (a Magyarország 1:100 000-es fedett földtani térképsorozatában)
PANTONE_SZIN	a képződmény Pantone színének kódja (az 1:100 000-es sorozat első változatában)
SAJAT_SZIN	a képződmény Pantone-tól eltérő színének kódja (egyedi térképváltozatokon)
LITO_EGYSEG	rétegtani egység neve
LITO_EGYSEG_2	a LITO_EGYSEG-et magába foglaló nagyobb egység
LITO_EGYSEG_3	a LITO_EGYSEG_2-t magába foglaló nagyobb egység
SZINONIMA	régi elnevezések, szinonimák
FACIES	rétegtani egység fáciese
LITOLOGIA	rétegtani egység közettani leírása (litológiája)
MEGJEGYZES	Megjegyzés
TELJES_LITO	rétegtani egység teljes neve
FDT_KOD	szimbólum korábbi kódja

3. táblázat. Az egységes jelkulcs részlete

Table 3. Detail of the Hungarian Legend System

GEO_ID	GEO_NDX	NDX_NEM	NDX_JAV	NDX_REGI
me-mK1	me-mK1			
meK1	meK1			
me_jK1	me_jK1			me_4K1
me_4K1		me_4K1	me_jK1	
me_3K1		me_3K1	hv_kK1	
me_pK1	me_pK1			me_2K1
me_2K1		me_2K1	me_pK1	
me_1K1		me_1K1	hv_jK1	
hvK1	hvK1			
hv_kK1	hv_kK1			me_3K1
hv_jK1	hv_jK1			me_1K1
hv_mK1	hv_mK1			

me-mK1 = Magyaregregyi és Mecsekjánaosi Formáció összevontan; meK1 = Magyaregregyi Konglomerátum Formáció; me_1K1, me_2K1, me_3K1, me_4K1 = Magyaregregyi Konglomerátum Formáció, 1-4. rétegtag; me_jK1 = Jánosipusztai Tagozat; me_pK1 = Pusztabányai Tagozat; hvK1 = Hidasivölgyi Marga Formáció; hv_kK1 = Kisújványi Tagozat; hv_jK1 = Jánosierdői Tagozat; hv_mK1 = Mészöldi Tagozat.

oszlopban szerepelt a megfelelő aktuális jel. A GEO_NDX oszlopban szereplő jel sorában pedig az NDX_REGI oszlopban szerepelt a régi jel, ha volt ilyen (3. táblázat).

Az egységek nevének tárolásához négy oszlopban rögzített, hierarchikus nevezéktant alkalmaztunk. A LITO_EGYSEG oszlopban, a hierarchia legalacsonyabb fokán szerepelt az egység neve (pl. Köszörűkői Konglomerátum T.). Ha van nagyobb egység, amibe beletartozik, az a LITO_EGYSEG_2 oszlopban (az előző példa esetében Lábatlani F.); ha annak is van nagyobb egysége, az a LITO_EGYSEG_3 oszlopban szerepelt (esetünkben Gerecsei Fcs.). A rétegtani egység teljes nevét tartalmazta a negyedik, a TELJES_LITO oszlop [esetünkben Köszörűkői Konglomerátum Tagozat (Lábatlani Homokkő Formáció)].

A színinimákat, korábbi közismertebb elnevezéseket tartalmazta a SZINONIMA oszlop. Ebben mind a régebbi formáció- (vagy más egység-) nevek, mind a közettani elnevezésű, de litosztratigráfiai tartalommal is bíró egységek nevei szerepeltek (pl. Galgavölgyi Riolluttufa F. — felső riolluttufa; Budafoki F., Szorospataki T. — nagypectenes

4. táblázat. A TIPUS-oszlop jelei és magyarázataik

Table 4. Codes in column TIPUS with comments

A TIPUS oszlopban előforduló jelek		Típus neve	Típus magyarázata	Példa	
Főtípus	Altípus			kiterített indexe	neve
a	ak, ac, af, at, ar	alapindex	formációrendszerben elfogadott egység (k - komplexum, c - formációcsoport, f - formáció, t - tagozat, r - rétegtag)	B_Pz sE2 s_fE2	Battonyai Komplexum Szóci Mésző Formáció Szóci Mésző F., Felsőgallai T.
a*	akj, acj, afj, atj, arj	javasolt alapindex	formációrendszerben javasolt (j) egység (a középső betűk magyarázatát lásd az „a”-nál)	HMs1 dMb p(v)K2	Hegyaljai Formációcsoport Dobogókői Andezit Formáció Pénzeskúti Marga F., Villóhegyi R.
r		részindex	elfogadott vagy javasolt egységen belül, korban kisebb intervallumban képződött egység	pE3	Padragi Marga Formáció (pE2-3) felső-eocén része
f		részben formáció alapú	formáció alapú jel, amelynek nem formáció alapú része (pl. nem hivatalos, számmal történő tagolás, fácies jelölése) is van	e[b]J1-2 mb[]Mb b_2P2	Eplényi Mésző Formáció, kovás homokkő (b kifejlődés) Magasbörzsényi Andezit Formáció, láva Balatonfelvidéki Homokkő Formáció, második rétegcsoport
g		genetikai alapú	csak genetikát és kort tartalmazó jel	pdQp3-h fQp2-3Iib hf_M-Qp	proluviális-deluviális üledék folyóvízi üledék (Iib terasz) hévforrás üledéke
k		kőzetneves	a szimbólum tartalmaz kőzetnevet (jobb felső indexet) is	eQp3h dT3d,m	eolikus homok Dachsteini Formáció, dolomit, mésző
m		más (nem formáció vagy genetikai) alapú	nem formáció vagy genetikai alapú jel (leggyakrabban csak a földtani kor jele)	Ms-Pa1	szarmata-alsó-pannoniai képződmények általában
o		összevont	két különböző egység összevontan vagy átmenetük	so-tPa2	Somlói és Tihanyi Formáció átmenete vagy összevontan
x		kevert	két különböző egység együttesen	dT3+sE2	Dachsteini és Szóci Formáció együttesen

Ha a típusjel végén „n” van = nem használható (pl. afn, xn).

rétegek). Ide tartoztak más területeken levő, igen hasonló egységek nevei is, amelyekkel az esetleges összevonás is felmerülhet (pl. Felsőnyárádi F. — nógrádi megfelelője a Becskei F.)

A képződmények jelének rövid indexe csak a térképi megjelenítésnél használatos, amikor a teljes grafikus jel használata annak mérete miatt csökkenti a térkép olvashatóságát. A rövid indexet a teljes grafikus jelből, annak lerövidítésével képezzük (pl. ${}^m\text{OI}_{1-2}$ — ${}^m\text{OI}$). Egy térképsorozaton belül nem, de a különböző egyedi térképeken vagy a sorozatok között lehetnek eltérések, ezért a jeleket térképhez vagy térképsorozathoz kapcsolva külön táblázatokban tároltuk.

A képződmények fáciése (genetikája) esetén csak az információk megfelelő összegyűjtése jelentett nehézséget, a litológia esetén pedig a részletes leírással szembeni lényegre törő tömörséget kellett a cellaméretekhez igazítva megvalósítani (megadtuk az egy cellába írható leütések maximális számát típusonként).

A táblázatban többféle osztályozásra és keresésre is lehetőség volt. Ezek egyike volt a szimbólum típusa (TIPUS-oszlop) szerinti keresés és csoportosítás (4. táblázat).

Hasonló, noha nem teljesen kiforrott osztályozást tett lehetővé a VULKANI oszlop a vulkáni, szubvulkáni, intruzív és metamorf képződmények fáciésének kódolt megjelenítésére (5. táblázat).

Végül a térképi megjelenítéséhez használt, tisztán kartográfiai tartalmú oszlopokat említjük meg. Ezekre a MicroStation-Intergraph MGE környezetben megvalósuló térinformatikai feldolgozás során volt szükség (GYALOG et

al. 2005). A CEL oszlopba a grafikus jelek kerültek, amennyiben azok elkészültek. Ezek rövid jelei a CEL_ROVID oszlopban voltak, melyeket a Magyarország 1:100 000-es fedett földtani térképsorozat szerkesztésénél használtunk. Hasonlóképpen a PANTONE_SZIN a 1:100 000-es sorozat első változatához tartozó színek Pantone kódját (illetve a SAJAT_SZIN az ettől való eltéréseket) tartalmazta. A térképek kartografálásakor ezeknek az oszlopoknak felhasználásával megoldható volt egyes elemek — pl. elsődleges cellaelhelyezések, színezés — automatikus kezelése.

Az egységes fúrási adatbázis létrehozása

A fúrási adatbázis keretét a MÁFI–Mol együttműködés során történt fúrásértékelésekhez dolgoztuk ki. Első lépésként az alapadatokat tartalmazó, kezdetben Oracle, majd Ms SQL adatbázist készítettük el, mely a Magyar Geológiai Szolgálat (MGSZ) Országos Földtani és Geofizikai Adattára (OFGA) dBASE fúrási adatbázisának formai átalakításával jött létre. Eltértünk az eddig általánosan használt táblázatformától, amely az oszlopokban a képződményeket, a sorokban pedig a fúrásokat tartalmazta. Ez az adattárolási forma túl sok képződmény esetén szinte használhatatlanul nagy táblákat eredményezett. Ennek kiküszöböléseként két külön táblában tároltuk a fúrások alapadatait és a fúrások rétegsorait. Így a fúrások táblában (6. táblázat) egy sor egy fúrás alapadatait, a

5. táblázat. A VULKANI oszlop jelei

Table 5. Codes in column VULKANI

Jel	Jel magyarázata
v	vulkáni
szm	szubmarin vulkáni
r	rétegvulkáni
l	láva, lávaár
br	lávabreccsa
p	piroklasztit
sp	összesült piroklasztikum
d	dóm
c	vulkáni centrum (kitörési központ)
k	kürtő
t	vulkáni, szubvulkáni telér
m	metaszomatikus
u	utóvulkáni
sz	szubvulkáni
szd	szubvulkáni dóm
i	intruzív
it	intruzív telér
mp	anchimetamorf
mv	zöldpala fáciésű metamorf
x	kevert egység (pl. vulkáni és üledékes, vulkáni és metamorf stb. együttesen)

Vulkáni, szubvulkáni, intruzív magmás és metamorf egységek fáciése. — Facies of volcanic, subvolcanic, intrusive magmatic and metamorphic units.

6. táblázat. A fúrástábla oszlopnevei és azok magyarázata

Table 6. The names of the columns in the borehole table with comments

Oszlopnevek	Az oszlopnevek magyarázata
FRS_ID	fúrásazonosító
TLP_ID	településazonosító
KZG_ID	közigazgatási egység azonosítója
UTP_ID	új település azonosítója
MGY_ID	megyeazonosító
ALIAS	fúrás jele és száma szinonimái (a fúrás más jelei)
JEL_SZAM	fúrás jele és száma
TALP	fúrás talpmélysége
BEF	fúrás befejezésének éve
X	X EOY koordináta
Y	Y EOY koordináta
Z	Z koordináta (m B.f.)
TIP	fúrás típusa
MEGJ_FRS	fúráshoz megjegyzés
I_TELEPULES	település neve
I_KOZIGAZGATAS	fúrás közigazgatási egységének a neve
I_UJTLPNEV	település új neve
RT	részterület jele
VRZ_MX	fúrás maximum verziószáma

rétegsorok táblában (7. táblázat) pedig egy sor egy fúrás egy rétegének adatait tartalmazta. A két tábla közötti kapcsolatot a fúrások egyedi azonosítója teremtette meg. Így egy fúrást tetszés szerinti mennyiségű újabb rétegsori rekorddal lehetett kiegészíteni (GYALOG et al. 2005).

A fúrás átértékelése során az átértékelő szakember a fúrás adattári rétegsora mellett az eredeti leírást is tanulmányozva rétegekre bontotta a fúrást, és megadta minden réteg földtani jelét, amely megfelel az egységes jelkulcs-tábla egy jelének (GEO_NDX), továbbá ellenőrizte a fúrás

koordinátáit és egyéb adatait (befejezés éve, szinoníma, fúrásjelek stb.).

Az átértékelő munkát végző geológusok az egyszerűbb kezelhetőség miatt Ms Excel táblázatkezelőt használtak munkájuk során.

Az átadott táblázatban a rétegsorok megjelenítésekor a fúrási alapadatok ismétlődtek ugyan, de ezzel a módszerrel könnyen átláthatóvá vált a fúrások rétegsorának akár több átértékelése is. A különböző átértékeléshez tartozó rétegeket a táblázat FS oszlopában lévő szám jelölte: a 0-as kódszám jelentette az MGSZ adattárából (OFGA) átvett eredeti rétegsorhoz tartozó, 1-es kódszám pedig az első átértékelés rétegsorához tartozó rétegeket. Adott esetben a következő átértékelés rétegsorának elemei a 2-es kódszámot kapták, s így tovább. Amennyiben egy fúrás rétegsorának legfrissebb átértékelésére voltunk kíváncsiak, azt a fúrás rétegeihez tartozó FS oszlop legnagyobb kódszámmal rendelkező soraiban találtuk meg. A 8. táblázatban 2 fúrás rétegsor-átértékeléseinek legfontosabb oszlopait mutatjuk be.

Az FRS_ID (fúrásazonosító) a fúrás egészét egyedileg azonosító kódszám. Hasonló kódszáma volt külön oszlopokban a helységneveknek (TLP_ID, KZG_ID, UTP_ID), a megyének (MGY_ID), az egyes rétegeknek (RTS_ID), a földtani jelnek (GEO_ID), a fúrás-átértékelőknek (SZK_ID) is. A helységnévből hármat is nyilvántartottunk. Az első az eredeti, az adattári dokumentációban szereplő név (I_TELEPÜLES). A második a mai,

7. táblázat. A rétegsortábla oszlopnevei és azok magyarázata

Table 7. The names of the columns in the sequence table with comments

FRS_ID	fúrásazonosító
RTS_ID	fúrás rétegének azonosítója
VRZ_ID	réteg verziószáma
GEO_ID	földtani jel azonosítója
GEO_NDX	réteg földtani jele
TOL	réteg teteje (m)
IG	réteg alja (m)
A_TOL	réteg teteje tengerszint fölött (m)
A_IG	réteg alja tengerszint fölött (m)
S	fúráson belül a réteg sorszáma
MEGJ_RTS	fúrás rétegéhez megjegyzés
SZK_ID	átértékelő azonosítója
SZK_EV	átértékelés éve
I_SZK	átértékelő neve

8. táblázat. A fúrások rétegsorának ábrázolása a Bsz-52 és Bsz-55 fúrás példáján (az adatbázis legfontosabb oszlopaival)

Table 8. Examples for stratigraphical sequences of boreholes in boreholes Bsz-52 and Bsz-55 (with the most important columns of the database)

FRS_ID	I_TELEPÜLÉS	JEL_SZAM	X	Y	Z	BEF	FS	TALP	GEO_NDX	TÓL	IG	S
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	0	50	Q-H	0,0	12,0	1
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	0	50	E2	12,0	26,3	2
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	0	50	T3m	26,3	50,0	3
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	1	50	Qp	0,0	12,0	1
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	1	50	sE2mm	12,0	18,0	2
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	1	50	s_shE2	18,0	26,3	3
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	1	50	dT3	26,3	50,0	4
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	2	50	Qp	0,0	12,0	1
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	2	50	s_cE2	12,0	18,0	2
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	2	50	s_shE2	18,0	26,3	3
5050	Bakonyszentkirály	Bsz-52	559466	225232	316	1982	2	50	dT3	26,3	50,0	4
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	0	340	Q-H	0,0	9,0	1
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	0	340	O3	9,0	309,9	2
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	0	340	T3m	309,9	340,0	3
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	1	340	Qp-h	0,0	9,0	1
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	1	340	cO12-Me	9,0	309,9	2
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	1	340	dT3	309,9	340,0	3
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	2	340	Qp-h	0,0	9,0	1
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	2	340	cO11-2	9,0	309,9	2
5053	Bakonyszentkirály	Bsz-55	559008	222967	362	1982	2	340	dT3	309,9	340,0	3

Adattári jelek: Q-H = pleisztocén-holocén, O3 = felső-oligocén, E2 = középső-eocén, T3m = felső-triász mészkő.

Átértékelt rétegsorok jelei: Qp-h = pleisztocén-holocén, Qp = pleisztocén, cO12-Me = Csatkai Formáció (nem használható), cO11-2 = Csatkai Formáció (aktuális jel), sE2mm = Szöci Formáció, millecaputos mészkő, s_cE2 = Szöci Formáció, Cseszneki Tagozat, s_shE2 = Szöci Formáció, Sűrűhegyi Tagozat, dT3 = Dachsteini Mészkő Formáció.

hivatalos közigazgatási határnak felelt meg, ez összevonások, szétválások, területátcsatolások miatt térhetett el az előzőtől (I_KOZIGAZGATAS). A harmadik az általunk adott településnév (I_UJTLPNEV). Itt igyekeztünk a fúrás nevét indokló területrész nevét is hozzátenni az eredeti településnévhez (pl. a Tü- jelű fúrásoknál Csabdi, Tükröspuszta). Továbbá a megye neve is külön oszlopban szerepelt az adatbázisban (MEGYE).

A fúrás helyét a ma Magyarországon általánosan használt EOVS (Egységes Országos Vetület) koordinátákkal (X, Y), illetve a Balti-tenger fölötti magassággal (Z) azonosítottuk. Amennyiben a fúrásnak mindhárom koordinátáját megtaláltuk az adattárban, már az adatbázis feltöltésekor megtörtént a régi, általában sztereografikus vagy hengervetületű (pl. HKR = Hengervetületi Középső, HDR = Hengervetületi Déli) rendszerekben rögzített koordináták EOVS-be történő átszámítása. Ha hiányzott az X és Y, vagy kiderült, hogy az adott koordináta téves, az eredeti dokumentációkban vagy egyéb irodalomban kerestük meg a hiányzó adatot. Ha a Z hiányzott, 1:10 000-es topográfiai térképről olvastuk le az X és Y koordinátákhoz tartozó hiányzó Z koordinátát, kb. 1-2 m-es pontossággal.

A fúrások egyéb adatai (pl. JEL_ SZAM = a fúrás jele és száma, BEF = a befejezés éve, TALP = talpmélység) mellett a GEO_NDX (földtani index) oszlopban jelöltük az adott rétegtani egység aktuális besorolását, az egységes jelkulcsban szereplő GEO_NDX kiterített index-szel, valamint ennek verziószámát (FS). A rétegek teteje és alja (TOL, IG), ugyanez tengerszinttől számolva (A_TOL, A_IG) valamint a réteg sorszáma a fúrásban (S) az alapinformációkhoz tartozik. Külön oszlopban, rétegenként tüntettük fel az átértékelő nevét (I_SZK) és az átértékelés évét (SZK_EV) is. Megadtuk azt is, hogy az adott fúrás melyik átértékelési részterületre esik (RT).

Az alapadatok esetleges módosításait és az átértékelés során keletkezett új adatokat rendszeresen visszatöltöttük az adatbázisba (GYALOG et al. 2005).

Az egységes jelkulcs és a fúrási adatbázis web-es kezelőfelülete

A korábban említett MÁFI-Mol projekt kapcsán megszületett a fúrási adatbázis, illetve az egységes jelkulcs. A fúrási adatbázist egy Strukturált Lekérdező Nyelvet (Structured Query Language = SQL) használó szerver, míg a jelkulcsot egy hagyományos táblázatkezelő (Ms Excel) tárolta (GYALOG et al. 2005). A projekt során történt fúrásátértékelés már az egységes jelkulcsban szereplő indexeket használta.

A fúrási adatbázisból lekérdezhető adatokat számos kutató használja mindennapi munkájában. Hasonló a helyzet az egységes jelkulcs esetében, amelyre szükség van minden olyan esetben, amikor földtani egységet azonosítunk, s ebben a kategóriában kiemelt helyen szerepelnek a földtani térképek. Az SQL szerver használata

speciális ismereteket igényel (a feladatok megoldásához a kutatóknak számos esetben külső technikai segítségre volt szükségük), az Excel viszont egyidejű csoportmunkára nem alkalmas és nem adatbázis-kezelő program.

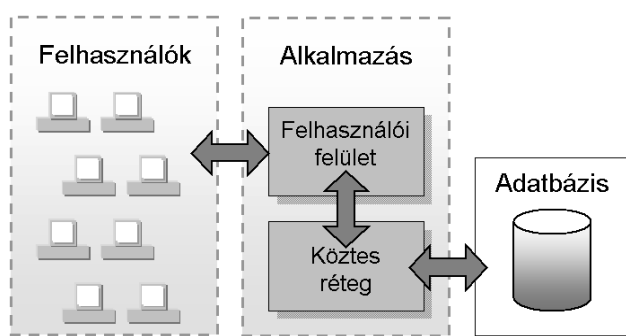
Olyan megoldást kerestünk, amely egyszerre biztosítja a korszerű adatbázis-kezelők adta technikai lehetőségeket, ugyanakkor a felhasználói oldalon nem igényel speciális ismereteket és szoftverek futtatását. Az internet nyújtotta lehetőségek mellett döntöttünk, amely a felhasználói oldalon csak internetes böngésző jelenlétét igényli, s ebben az interaktív ablakban oldjuk meg a napi feladatokat.

A rendszer kialakítását tehát a következő szempontok vezérelték: biztonságos és egységes informatikai eszközökre való áttérés, a kutató (a térképszerkesztő-adatátértékelő geológus) önálló munkájának kiszolgálása, olcsó üzemeltetés. Az egységes jelkulcs központi helyzetben, a GEO_NDX oszlopon keresztül szoros kapcsolatban van a fúrási adatbázissal. Emiatt a korábbi táblázatkezelői környezetből kilépve az adatbázis részévé kellett tenni az egységes jelkulcsot is. Nem e cikk témájához tartozik, de szükségesnek tartjuk megemlíteni, hogy a teljes földtani térképi adatbázisrendszer is erre támaszkodik, s az egyes jelkulcsi elemekhez tartozó megjelenítési, kartografálási adatok is az adatbázis szerves részei.

A következőkben a rendszer logikai felépítését, működését, illetve az adatmodell kialakítását ismertetjük.

A rendszer felépítése

A rendszer három komponensre bontható szét: adatbázis, alkalmazás, felhasználók (1. ábra). Az ilyen szétbontás egyszerűsíti a fejlesztést, átláthatóbbá teszi az egész rendszert, aminek leginkább az esetlegesen felmerülő problémák megoldásakor van szerepe.



1. ábra. A rendszer egyszerűsített modellje
Figure 1. Simplified model of the application

Az adatbázis

A rendszer legnagyobb értékét képviselő és kulcsfontosságú komponense az adatbázis, hiszen itt tároljuk az adatokat.

Az adatbáziskezelő-rendszerek feladata az adattárolás, illetve a legkülönbözőbb formában történő adatlekérdezés

lehetővé tétele. Napjainkban főleg relációs adatbáziskezelő-rendszereket használunk. Ezekben az adatokat viszonylag egyszerű táblákban tároljuk, a táblák között pedig logikai kapcsolatokat hozunk létre. Az adatbázisban magukat a relációkat is tároljuk, tehát az adataink minden esetben logikailag egységesek maradnak. Ezt táblázatkezelővel elérni szinte lehetetlen.

Az így tárolt adatokhoz parancsok, ún. lekérdezések segítségével férünk hozzá. Egy-egy lekérdezésben az adatbázis-kezelő számára érthető nyelven (SQL) fogalmazzuk meg, hogy az adatbázis mely adataira van szükségünk. A felhasználó normális esetben nem találkozik ezzel a nyelvel, mivel az alkalmazás felhasználói felülete (a rendszerhez tartozó, internet-böngészőben megjelenő oldalak összefoglaló neve) elrejtja előle.

A MÁFI-ban az adatbázis-szolgáltatásokat a cikk írásakor a Microsoft SQL Server 2000 nevű szoftver nyújtja.

Az adatbázis szigorúan véve nem része a rendszernek, mivel a következő fejezetben bemutatandó alkalmazás pusztán az egyik használója ennek a komponensnek, amely ezen kívül számos egyéb feladatot is ellát.

Az alkalmazás

A rendszer fejlesztésekor az egyik kitűzött cél az volt, hogy a kutatók önállóan és könnyen hozzáférhessenek az adatbázishoz. Ennek eléréséhez fejlesztettük ki a rendszer másik fő komponensét, az alkalmazást. Ez továbbítja a megfogalmazott lekérdezéseket az adatbázisnak. Az adatbázis válasza szintén az alkalmazáson keresztül jut vissza a felhasználóhoz.

Az adatbázis használatához információra van szükség az adatbázisban szereplő táblákról és a közöttük fennálló kapcsolatokról. Az információk megfelelő megjelenítéséhez az alkalmazásnak „tudnia kell”, milyen adatokra van szüksége, melyek a szöveges és melyek a numerikus vagy dátumot tartalmazó adatok.

Az alkalmazásnak két fő része a felhasználói felület és a köztes réteg. A köztes rétegben rögzítjük a meglévő relációs és tartalmi adatokat. A felhasználói felület ennek a rétegnek a szolgáltatásait használja fel az adatok kezeléséhez.

Az adatbázisnak egy SQL lekérdezést kell kapnia. Ez felfogható egy hosszú mondatnak, amelynek tagmondatai meghatározzák a keresési feltételeket. Minden egyes keresési paraméter megadásakor egy új tagmondat kerül a lekérdezésbe, amely az adott paraméternek megfelelően bevezet egy újabb keresési feltételt.

Az alkalmazás minden kereséséhez összeállítottuk a lehető legbonyolultabb lekérdező mondatot. Ezeket osztottuk fel tagmondatokra, és meghatároztuk, hogy mely tagmondatot illessze be az alkalmazás, amikor a felhasználó egy bizonyos keresési feltételt aktivizál. Előfordulhat, hogy egy tagmondat több feltételtől is függ, de lehet, hogy ugyanaz a feltétel aktivizál több tagmondatot. A végrehajtandó lekérdezésbe csak az aktivált tagmondatok kerülnek be.

Mindezeket az információkat a rendszer külön adatfájlokban tárolja, amelyekben a Bővíthető Jelölőnyelv

(Extended Markup Language = XML) segítségével határozza meg a tagmondatokat és azok kapcsolatait. Ezek a fájlok egyszerű szövegfájlok, így szükség esetén lehetőség van a rendszerben futó lekérdezések egyszerű átírására.

Az aktuális lekérdezési parancsokat — az egyszerűbbtől kezdve (pl. földtani indexek keresése) a bonyolultabbakig (pl. fekü/fedő-keresés) — úgy állítottuk össze, hogy a kérdéseket a felhasználó a lehető legrugalmasabb módon tudja megfogalmazni. A lekérdezések paraméterezésére kiindulásként a „minta alapján történő lekérdezés (Query by Example)” módszert használtuk. Ennek lényege, hogy a felhasználó ún. keresési mintákat ad meg. A minta megadása a felhasználói felületen található üres mezők kitöltésével történik. Minden mezőbe csak a megfelelő típusú adat kerülhet. Az egyszerűbb lekérdezéseknél a mintákat egyszerre lehet alkalmazni a lekérdezés alapjául szolgáló listára (logikai ÉS kapcsolat). A módszer előnye, hogy rendkívül egyszerű, és könnyen átlátható, hogyan keres az alkalmazás.

A bonyolultabb lekérdezések futtatásához lehetővé tettük, hogy több azonos mintát adjon meg a felhasználó azoknál a mezőknél, ahol az értéket előre definiált listából lehet kiválasztani. Ilyen esetekben a többszörös értékek egyikének illeszkedése is elég a sikeres találatához (logikai VAGY kapcsolat).

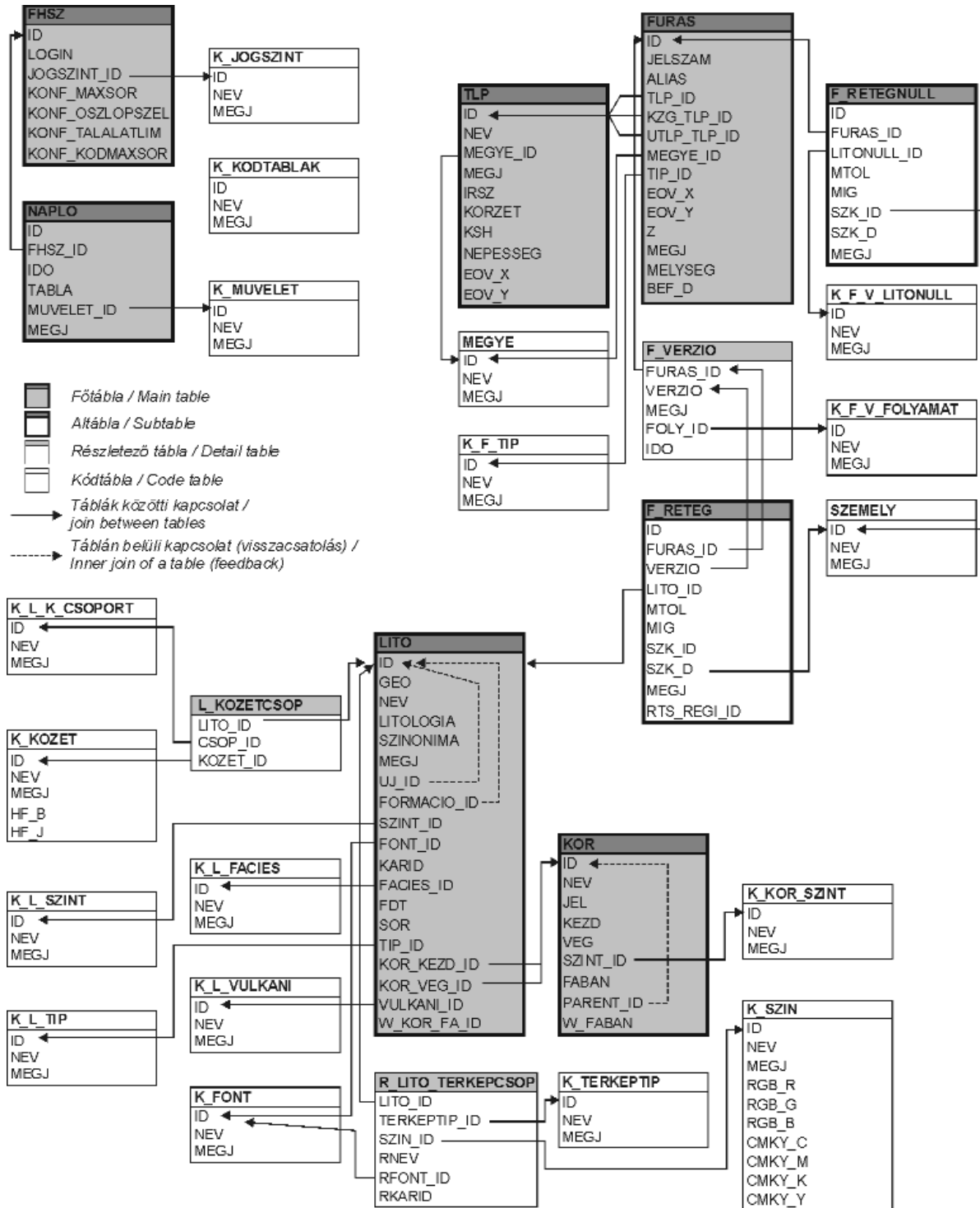
Egy alkalmazás használhatóságát a jól megtervezett adatmodellen kívül a barátságos felhasználói felület határozza meg leginkább. A fejlesztéskor egy gyorsan tanulható és minél könnyebben kezelhető felületet alakítottunk ki. Ez, webes lekérdező-felület lévén minden intézeti számítógépről (kliensről) egyszerűen, külön telepítés nélkül elérhető. A felhasználói felületet a cikk utolsó fejezetében részletesen bemutatjuk.

Felhasználók

Az alkalmazás egyértelműen azonosít minden felhasználót, és tárolja, hogy kinek milyen jogosultságai vannak. Három felhasználói szint létezik: *Felhasználó*, *Értékelő*, *Adatgazda*. Alapértelmezésben mindenki Felhasználó, aki a MÁFI intranet használatára jogosult. Az Értékelők rétegsorok átértékelésére kapnak jogosultságot, az Adatgazda bármit megnézhet, bármit módosíthat.

Az adatmodell

A tervezési fázis legelső feladata az adatmodell kialakítása volt. A kiindulási alap a már meglévő SQL fűrési adatbázis és az Ms Excel formátumú egységes jelkulcs volt. Ezekon kívül a Nemzetközi Rétegtani Bizottság 2003. évi hivatalos kortáblázata (OGG 2003) és az egységes jelkulcs (GYALOG 1996) alapján létrehoztunk egy abszolút kor-táblát (kortábla), mely a földtani korokat számokkal kifejezett időértékhez köti. A kortábla tartalmazta a földtörténeti korok hierarchiáját és sorrendjét is.



2. ábra. Az adatbázis modellje (a táblák és azok oszlopnevei)

Magyarázat a szövegben és a 9. táblázatban

Figure 2. The model of the database (the tables and the name of its columns)

A rendelkezésre álló három forrásanyagból egy adatbázist kellett építeni. Az új adatbázis egyesíti a korábban eltérő formákban létező adatokat. Szerkezete lényegesen eltér a korábbi fűrési adatbázisától. Az adatokat felesleges többszörözés (redundancia) nélkül és jellegüktől függően önálló táblákra tagoltan tároljuk. A táblák típusai: fő táblák, altáblák, kódtáblák és részletező táblák. Az adatmodell

részét képezik még a különböző visszacsatolások és megszorítások is (2. ábra). Az alábbiakban részletesen ismertetjük, melyik milyen szereppel rendelkezik.

Fő táblák, altáblák

Fő tábláknak nevezzük azokat a táblákat, melyek az adatbázis alapadatait tartalmazzák. Ezeket gépi azonosítók

9. táblázat. Az adatbázis fő- és altáblái, valamint azok oszlopai
 Table 9. The main and subtables of the database and its columns

Fő-, illetve altábla neve	A tábla oszlopainak tartalma [a gépi azonosítók (ID vagy ID végű) kivételével]
FURAS (a fúrások adatai) Altáblái: F_RETEGNULL F_RETEG	JELSZAM – a fúrás jele, száma ALIAS – korábbi fúrásnév (jel, szám) EOV_X/Y – a fúrás EOY koordinátái Z – a fúrás magassági (Balti) koordinátája MELYSEG – a fúrás talpmélysége BEF_D – a fúrás bevezetésének dátuma (év)
F_RETEGNULL [az eredeti rétegsorok (0. verzió) adatai]	MTOL – a réteg teteje MIG – a réteg alja SZK_D – az átértékelés időpontja (szakértés dátuma)
F_RETEG (átértékelt rétegsorok adatai)	VERZIO – az átértékelés verziója MTOL – a réteg teteje MIG – a réteg alja SZK_D – az átértékelés időpontja (szakértés dátuma) RTS_REGI_ID – a rétegsor korábbi azonosítója
TLP (Magyarország települései)	IRSZ – irányítószám KORZET – telefonkörzet-szám KSH – KSH-azonosító NEPESSEG – az 1998. évre vonatkozó népességszám EOV_X, EOY_Y – a település középponti koordinátája
LITO (a litológiai egységek adatai)	GEO – index LITOLOGIA – litológia SZINONIMA – esetleges szinonima UJ_ID – a régi egységek új megfelelőire mutató visszacsatoló-azonosító FORMACIO_ID – a litosztratigráfiai besorolásra mutató visszacsatoló-azonosító KARID – reprezentáló karakter azonosítója FDT – a korábbi rendszerben létező egyértelmű indexazonosító SOR – sorrend W_KOR_FA_ID – a webes térképi megjelenítésnél használt, nagyobb időegységre mutató azonosító
KOR (földtörténeti korok)	JEL – a kor jele (pl. Qh, P, T) KEZD – a kor kezdete (alja) millió évben VEG – a kor vége (teteje) millió évben FABAN – a grafikus kortáblában használt megjelenés-szabályzó PARENT_ID – nagyobb időegységre mutató visszacsatoló-azonosító W_FABAN – a webes térképek jelkulcsában használt megjelenés-szabályzó
FHSZ (felhasználói adatok, beállítások)	LOGIN – felhasználó számítógépének neve KONF_MAXSOR – találati táblában megjelenő sorok maximális száma KONF_OSZLOPSZEL – oszlopszélesség (megjelenő karakterek száma) KONF_TALALATLIM – találati listánál a sorok számára figyelmeztetés küszöbe KONF_KODMAXSOR – a maximális sorok száma egy kódlistában
NAPLO (változások naplózása)	IDO – a művelet végrehajtásának időpontja TABLA – a tábla, amelyen a műveletet végrehajtották

(ID) segítségével kapcsolják össze az egyéb táblákban (kiegészítő táblák) tárolt adatokkal. A fő táblák önmagukban emiatt nem értelmezhetők, hiszen többnyire csak a hivatkozó azonosítókat tartalmazzák. Azokat feloldva viszont használható táblát kapunk.

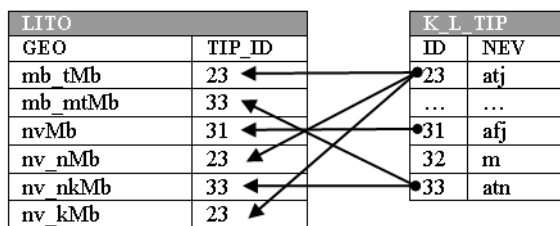
Az adatbázis két legnagyobb fő táblája a FURAS tábla, mely a fúrások adatait tartalmazza, és a LITO tábla, mely tartalmában és szerepében egyezik a korábbi Ms Excel formátumú jelkulcs táblával. Ugyancsak fő tábla tárolja a földtörténeti korok (KOR), a települések (TLP) és a felhasználók (FHSZ) adatait. Kiemelten fontos fő tábla a NAPLO tábla, mely az adatbázisban végrehajtott műveleteket (törlés, beszúrás, módosítás, exportálás) felhasználóhoz kötve rögzíti.

Az altáblák olyan kiegészítő táblák, melyek tartalmazzanak alapadatokat is. Mégsem tekintjük őket fő tábláknak, mert a kódolt részeket feloldva sem kapunk használható táblát. Az adatbázis két altáblája (F_RETEGNULL, F_RETEG) a LITO táblához tartozik, és a rétegsorokat tartalmazza. A rétegsorok adatai csak fúráshoz kapcsolva használhatók (9. táblázat).

Kódtáblák

Az egységes jelkulcs több oszlopa olyan szöveges adatokat, „kódokat” tartalmazott, amelyek nem vehettek fel akármilyen értéket: a felhasználó csak egy jól definiált halmazból választhatott, ha értelmes információkat akart bevenni a rendszerbe. Jó példa erre az egységes jelkulcs TIPUS

oszlopa (4. táblázat), melyben a képződmények típusát betűkkel jelöltük. Hagyományos adatbevitel esetén azonban akár figyelmenlenségéből is kerülhetett adat az adatbázisba. A MÁFI új rendszerében a probléma elkerülése érdekében külön táblákban tartjuk nyilván azokat az adatokat, melyek más táblák egy adott oszlopában előfordulhatnak. Előző példánknál maradván a TIPUS oszlopban előforduló jeleket egy K_L_TIP nevű tábla tartalmazza. Ebben a táblában minden képződménytípus kap egy gépi azonosítót (ID), melyhez, mint címkét hozzárendeljük az általunk használt képződménytípus-jelet. Az így létrejött táblát kódtáblának nevezzük. A jelkulcs táblába (LITO) csak a gépi azonosító kerül be, hivatkozásként a címkére (3. ábra).



3. ábra. A TIPUS oszlop adatait a K_L_TIP kódtáblából olvassa ki a LITO fő tábla

LITO tábla: mb_tMb, mb_mtMb = Magastaxi Amfibol-piroxénandezit Tagozat, nvMb = Nagyvölgyi Dácitufa Formáció, nv_nMb = Nógrádi Dácit Tagozat, nv_kMb, nv_nkMb = Nagyoppányi Andezit Tagozat.
K_L_TIP tábla: NEV oszloplemeinek magyarázatát lásd a 4. táblázatban

Figure 3. The LITO main table reads the data of column TIPUS from code table K_L_TIP

A kódtábláknak két nagy előnye van:

— Változás esetén elég egy helyen módosítani a címkét. A gépi azonosítók kapcsként továbbítják a változást az összes szükséges helyre.

— Helytakarékos módszer, mivel a címkét csak egy helyen, a kódtáblában tárolja, és az esetek többségében kevesebb karaktert, és emiatt kevesebb tárhelyet felhasználó számmal jelöli azt.

A rendszer 29 táblája közül 19 kódtábla (pl. színek, korok, fűrástípusok, fácies, települések, átértékelők). Ezek többnyire csak három oszlopot tartalmaznak: ID (gépi azonosító), NEV (a tábla témájának címkeadatai), MEGJ (megjegyzés) (10. táblázat).

Részletező táblák

Hatékony keresések futtatása érdekében a korábbi szöveges leírásokat olyan kisebb információsomagokra bontottuk, amelyek géppel könnyen azonosíthatók. Ez

10. táblázat. Az adatbázis kódtáblái, és azok tartalma

Table 10. The code tables of the database and its contents

Kódtábla neve	Kódtábla tartalma (címkéadatok)
K_F_LITONULL	az OFGA fűrési adatbázisában használt egységek jelei
K_F_TIP	fűrás típusa
K_F_V_FOLYAMAT	fűrásátértékelési projektek
K_FONT	betűtípusok
K_JOGSZINT	felhasználói jogosultsági szintek
K_KODTABLA	a kódtáblák áttekintőtáblája
K_KOR_SZINT	a korok hierarchikus szintjeinek nevei (pl. emelet, sorozat)
K_KOZET	a kőzetek nevei
K_L_FACIES	fáciesek
K_L_K_CSOPORT	kőzetdominancia-csoportok (elsődleges, másodlagos stb.)
K_L_SZINT	litosztratigráfiai besorolás (pl. formáció-csoport, tagozat stb.)
K_L_TIP	a litológiai egységek típusa (3. táblázat)
K_L_VULKANI	vulkáni, szubvulkáni, intruzív magmás és metamorf egységek fáciese (4. táblázat)
K_MUVELET	az adatbázisban végrehajtható műveletek (pl. exportálás, törlés)
K_SZIN	színtábla (itt tároljuk az adott szín RGB és CMYK komponenseit is)
K_TERKEPTIP	térképek, térképrendszerek
MEGYE	Magyarország megyéi
SZEMELY	az átértékelést végző személy neve

történt a LITOLOGIA oszloppal is, amelyet átdolgoztunk egy öt oszlopból álló, egyszerűbb szerkezetű adattartalomra (11. táblázat). Az adatbázisba természetesen bekerült az eredeti litológiai leírás is, de a keresés nem ez alapján történik.

Nem célravezető pont öt oszlop felvétele az LITO táblába. Egyrészt azért, mert nincs minden földtani egységben ötféle kőzet, másrészt, ha bármilyen döntés miatt nem öt, hanem tíz elem részletességgel akarnánk nyilvántartani a földtani egységek litológiáját, akkor további oszlopokat kellene felvenni a jelkulcs táblába. Ez adat-szerkezet-módosítással jár, ami maga után vonja a lekérdezések megváltoztatását. Egy egyszerű igény pilanatok alatt komoly problémát eredményez.

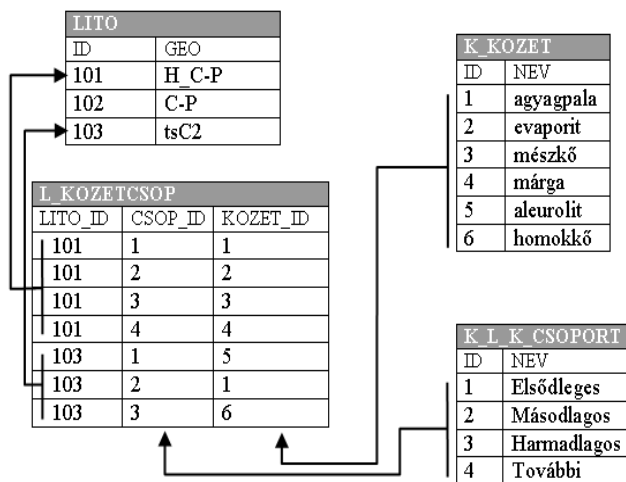
Ilyen esetekben célszerűbb részletező táblákat használni. Ezek a táblák egy tábla egy rekordjához kapcsolják egy vagy több kódtábla több rekordját. Előző példánknál maradván a LITO fő tábla és a kőzetek nevét tartalmazó K_KOZET kódtábla között helyezkedik el az L_KOZET-

11. táblázat. A Perkupai Anhidrit Formáció (pP2) litológiájának eredeti (Excel) és az adatbázison belüli keresés számára előkészített formája

Table 11. Original (Excel) and 'prepared for database-search' lithology of the Perkupa Anhydrite Formation (pP2)

Eredeti (Excel) forma	LITOLOGIA				
	szürke anhidrit (dolomit) és márga váltakozása, tarka homokkő és aleurolit rétegekkel				
Adatbázis számára előkészített forma	LITOLOGIA1	LITOLOGIA2	LITOLOGIA3	LITOLOGIA4	LITOLOGIA5
	anhidrit	dolomit	márga	tarka homokkő	aleurolit

CSOP részletező tábla. Ebben minden rekord tartalmaz egy mutatót a LITO fő tábla egy rekordjára (LITO_ID) és a K_KOZET kód tábla egy rekordjára (KOZET_ID). Ugyanebben a táblában, ugyanezzel a módszerrel (a K_L_K_CSOPORT kód táblát használva) csatoljuk a kőzetekhez azok rétegtani egységen belüli dominanciáját (4. ábra).



4. ábra. Részletező tábla-megoldás a litológiai adatok tárolására
Tábla- és oszlopnevek magyarázatát lásd a 9. és 10. táblázatban

Figure 4. Detail table solution for lithological data storing

Maguk a részletező táblák is tartalmazhatnak alapadatokat, ahogy erre az adatbázis másik két részletező táblájában (R_LITO_TERKEPCSOP, F_VERZIO) példát is láthatunk (12. táblázat).

Megszorítások

Adatbevitelkor előfordulhat az a hiba, hogy egy táblába olyan gépi azonosító kerül, amelynek nincs megfelelő címkeje az adott kód táblában.

Az adatbázis kezelő-rendszerek erre a problémára frapáns megoldást adnak, amelyeket átfogó néven meg-

szorításoknak nevezünk. Röviden: e rendszerek csak olyan elemeket (rekord) engednek bevinni az adatbázisba, amelyek bizonyos feltételeknek eleget tesznek. Például rendszerünk csak olyan indexeket enged bevinni az egységes jelkulcsot tartalmazó LITO táblába, amelyeknek a megadott típusazonosítója létezik a típusokat tartalmazó K_L_TIP kód táblában. Ez a megszorítás visszafelé is érvényes: mindaddig lehetetlen törölni a K_L_TIP kód táblából egy adott típust, amíg arra bárhol található hivatkozás. Az adatbázis nem engedi, hogy inkonzisztenssé tegyünk.

Más megszorításokat is alkalmazhatunk. Kötelezővé tehetjük egy mező kitöltését. Megadhatjuk, hogy egy táblán belül egy bizonyos mezőnek minden rekordnál különbözőnek kell lennie. Ez utóbbira a LITO tábla GEO oszlopa jó példa, mely a litológiai egységek indexét tartalmazza.

Visszacsatolások

Egy litológiai index elavulttá válhat, ha pl. azt a rétegtani egységet „kiváltja” egy másik. Az eredeti index azonban nem tűnhet el az adatbázisból, mivel máshol (pl. térképeken) még szerepelhet a régi hivatkozás is. Ezért nyilvántartjuk, hogy az adott index már nem használatos, és van helyette újabb. Ennek dokumentálását az egységes jelkulcsban összesen öt oszlop oldotta meg (3. táblázat). Erre a megoldásra a táblázatkezelő adottságai (hiányosságai) miatt volt szükség.

Az adatbázis kezelő-rendszerek szerencsére egyszerűbb megoldási módot nyújtanak a problémára. Ez szinte ugyanaz, mint a kód táblánál használt módszer, azzal a különbséggel, hogy a jelkulcs tábla lesz saját maga kód táblája. Minden indexhez felveszünk egy gépi azonosítót (ID). A jelkulcs táblában az eddigi öt oszlop helyett csak kettőt tárolunk: magát az indexet (amely korábban a GEO_ID oszlopban szerepelt), valamint ha ez elavult, akkor annak az indexnek a gépi azonosítóját, amit használni kell helyette (UJ_ID).

12. táblázat. Az adatbázis részletező táblái és azok tartalma

Table 12. Detail tables of the database and its contents

Részletező tábla neve	A tábla oszlopainak tartalma
L_KOZETCSOP (litológiai egységekhez csatol kőzetneveket és azok dominanciáját) Fő táblája: LITO Kód táblái: K_KOZET, K_L_K_CSOPORT	LITO_ID - a LITO táblában lévő rekord azonosítója CSOP_ID - a K_L_K_CSOPORT táblában lévő rekord azonosítója KOZET_ID - a K_KOZET táblában lévő rekord azonosítója
R_LITO_TERKEPCSOP (litológiai egységekhez csatolja azok térképi megjelenítéséhez szükséges adatokat) Fő táblája: LITO Kód táblái: K_FONT, K_TERKEPTIP, K_SZIN	LITO_ID - a LITO táblában lévő rekord azonosítója TERKEPTIP_ID - a K_TERKEPTIP táblában lévő rekord azonosítója SZIN_ID - a K_SZIN táblában lévő rekord azonosítója RNEV - az adott földtani index, adott térkép rendszerben használt rövid indexe RFONT_ID - az adott rövid indexhez tartozó betűtípus RKARID - az adott rövid indexhez tartozó karakterkészlet-azonosító
F_VERZIO (fúrásokhoz csatolja azok ártértékeléseinek rétegsori adatait) Fő táblája: FURAS Kód táblái: K_F_V_FOLYAMAT, F_RETEG	FURAS_ID - a FURAS táblában lévő rekord azonosítója VERZIO - az ártértékelés verziószáma MEGJ - megjegyzés FOLY_ID - az ártértékelést összefogó projekt neve IDO - az ártértékelés időpontja

LITO				
ID	GEO	NEV	UJ_ID	FORMACIO_ID
2995	meK1	Magyaregregyi Konglomerátum Formáció		
2996	me_jK1	Jánosipusztai Tagozat		2995
2997	me_4K1	Magyaregregyi Formáció, negyedik rétegtag	2996	2995
2988	me_3K1	Magyaregregyi Formáció, harmadik rétegtag	2925	2995
2993	me_pK1	Pusztabányai Tagozat		2995
2994	me_2K1	Magyaregregyi Formáció, második rétegtag	2993	2995
2921	me_1K1	Magyaregregyi Formáció, első rétegtag	2928	2995
3800	hv-mK1	Hidasivölgyi és Mecsekjánosi Formáció összevontan		
3799	hv-meK1	Hidasivölgyi és Magyaregregyi Formáció összevontan		
2923	hvK1	Hidasivölgyi Márka Formáció		

5. ábra. A visszacsatoló tábla működési elve a LITO táblában „elavult” index (szürke nyíl) és nagyobb litosztrati-gráfiai csoport (fekete nyíl) esetén

Az oszlopnevek magyarázatát lásd a 9. táblázatban

Figure 5. Operating principle of a feedback table in case of “old” unit (grey arrow) and lithostratigraphical group (black arrow) in LITO table

Hasonló módon tárolhatjuk azokat a litosztrati-gráfiai csoportinformációkat, amelyeket korábban a három LITO_EGYSEG oszlopban tartottunk (2. táblázat). Ehhez csupán még egy oszlopot (FORMACIO_ID) kell felvenni, mely a litosztrati-gráfiai nagyobb egységnek gépi azonosítóját tartalmazza. A korábbi nyolc oszlop helyett csak ötre van szükség (5. ábra).

Az adatbázis harmadik visszacsatolása a KOR táblában található, amely a korok hierarchiáját rendezi.

Az adatok betöltése

Egy minden részletet helyesen kezelni tudó adatmodell felépítése komoly munka, ám elkészülte és tesztelése nem jelenti azt, hogy a munka nehezen túl vagyunk. A rendszer a fent említett beépített megszorítások miatt sokkal „szigorúbb”, mint egy táblázatkezelő. A táblázatokban, kényszerítő szabályok nélkül tárolt adathalmaz minden igyekezet ellenére tartalmazhat olyan hibákat, amelyek megnehezítik vagy esetleg meggátolják az adatok betöltését az adatmodellbe.

Például ha az adatbázisban megszorítás, hogy a jelkulcsot tartalmazó LITO tábla GEO mezője az egész táblára vonatkozóan egyedi legyen, akkor egy valamilyen okból ismétlődő index máris hibát jelent.

Ugyanez történhet fordítva is. Mivel a jelkulcs táblában hivatkozunk a KOR táblában tárolt földtani kormeghatározásokra, a KOR táblát előbb kellett feltölteni, mint a LITO táblát. Viszont a LITO táblában előfordultak hivatkozások olyan korokra, amelyek a KOR táblában nem szerepeltek. Ezeket a problémákat az adatfeltöltés előtt ki kellett javítani.

A betöltéshez számos SQL parancs készült. A meglévő Excel-táblákat (egységes jelkulcs, kortábla) feltöltöttük egy megszorításokat nélküli adatbázisba. Az áttöltő program ezt az adatbázist ellenőrizte az adatmodellben érvényes megszorítások alapján. Ezt követően válogatta át és töltötte át az adatokat a már végleges helyükre, a megfelelő táblákba.

A felhasználói felület

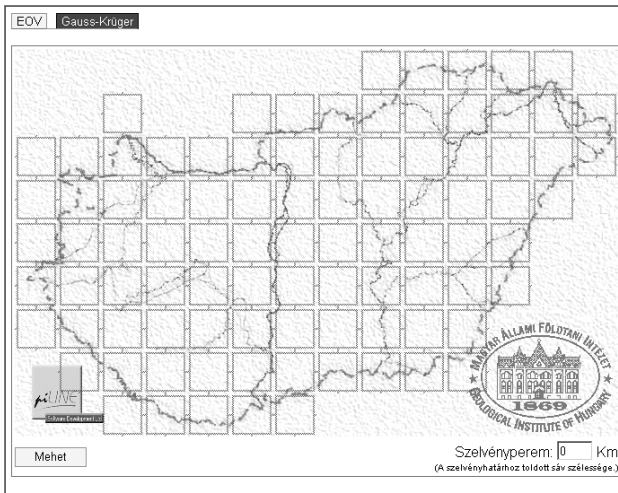
Az internetes technológia mára lehetővé tette, hogy interaktív weblapok segítségével maga a felhasználó határozhassa meg a megjelenő tartalmat. Az utasításokat a háttérben egy webkiszolgáló fogadja, amely egy, a felügyelete alatt futó programmal létrehoz egy olyan szöveges dokumentumot, amit a böngésző meg tud jeleníteni. Ez rendszerint Hiperszöveg Jelölőnyelven (Hypertext Markup Language = HTML) készül, ami dokumentumok formázott megjelenítését célozza meg. A teljes felület alapja tehát a HTML.

A webkiszolgálói feladatokat (honlapok tárolása, illetve a megfelelő működéshez szükséges programok biztosítása) egy Microsoft Internet Information Server (IIS) látja el az alkalmazásban. Az IIS magába foglalja az Active Server Pages (ASP) technológiát, ami lehetővé teszi, hogy dinamikusan hozzunk létre szöveges dokumentumokat. Teszi ezt úgy, hogy ezeket a generálást végző programkód a később láthatóvá váló oldalakba illeszti be. Így érdekes módon megfordul a helyzet a hagyományos alkalmazásfejlesztéshez képest: ott a kész program hoz létre egy dokumentumot a „semmiből”, míg itt a kész sablondokumentumot egészítjük ki a változó tartalmat megjelenítő programkóddal (Microsoft 2005a).

Ezek a kódok ECMAScript nyelven íródtak (Ecma 1999), ami egy szabványosított utóda a JavaScript programozási nyelvnek. A webkiszolgálón az oldalakat generáló programok nyelve a JScript, amely gyakorlatilag a Microsoft szerveroldali JavaScript megvalósítása (Microsoft 2005b). Tulajdonképpen tehát az egész alkalmazás JavaScript nyelven íródott.

Az adatbázisban lévő adatokhoz lekérdezéseken keresztül lehet hozzáférni. A lekérdezéseket témák szerint öt csoportba soroltuk:

- Litológiai egységek: földtani indexekre kereshetünk.
- Litológiai egységek térképsorozat szerint csoportosítva: szintén kereshetünk földtani indexekre, de az eredmények adott térképrendszerhez lesznek kötve; egy index így többször is előfordulhat a találati listában.



6. ábra. Az alkalmazás grafikus szelvényválasztó panelja 1:100 000-es Gauss-Krüger lapokra

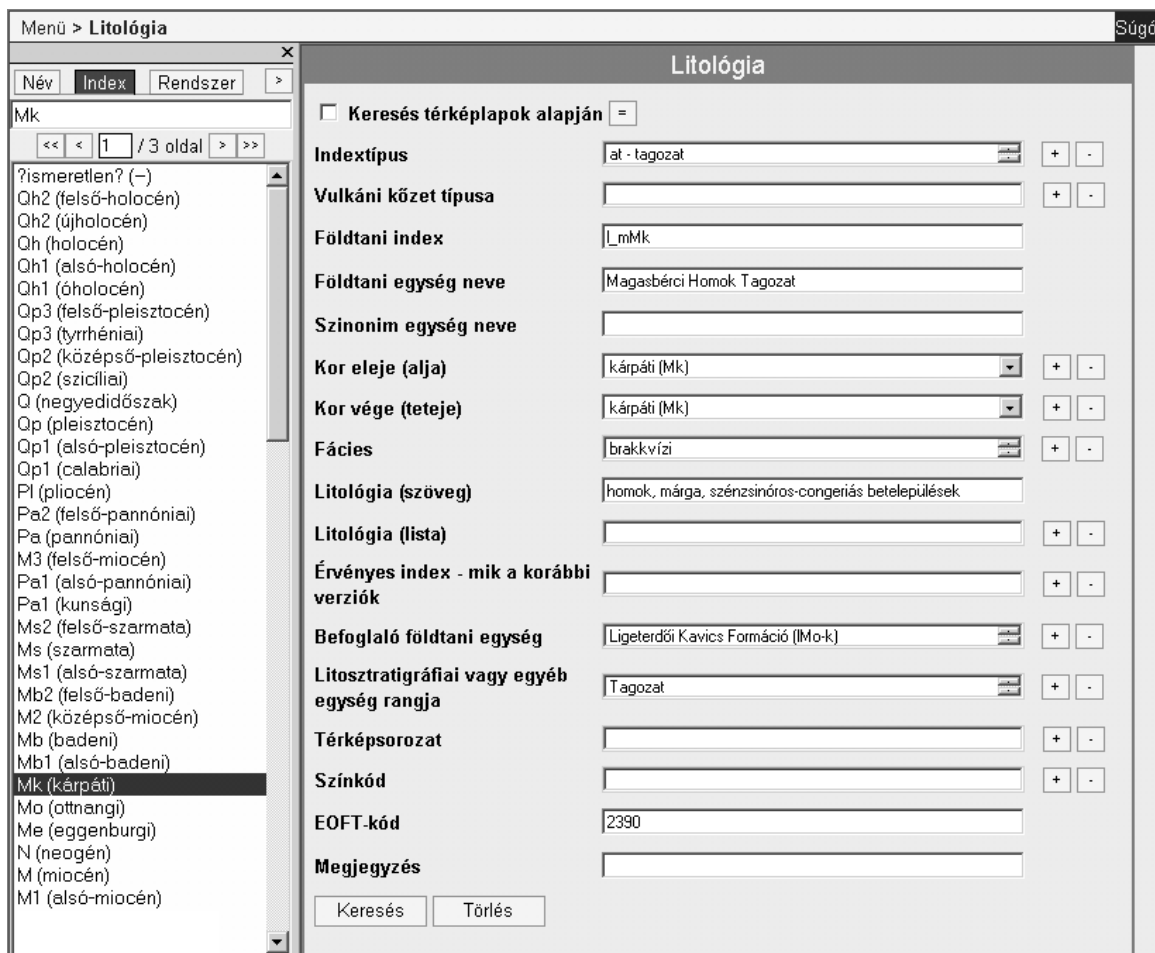
Figure 6. The graphic mapsheet selector of the panel for Gauss-Krüger sheets of scale 1:100 000

— Fúrások: a fúrások általános adataira kereshetünk bármely adatuk alapján.

— Fúrások rétegsorokkal: az előző keresési menüvel azonos keresést végezhetünk, azonban a találati táblában szerepel(nek) az adott fúrás rétegsora(i) is.

— Réteg fekü/fedő: adott képződmény(ek) fedőjét vagy fekjét kereshetjük a fúrásokban.

Az egyes témákhoz külön lekérdező-oldalak tartoznak. Ezeket két különböző módon lehet a keresési feltételeket meghatározni. Kereshetünk szabadon beírható értékek, illetve előre definiált, fix értékek alapján. Ez utóbbi lehetővé tette egyedi fejlesztést igényelt, mivel a HTML nyelv nem támogat olyan megoldást, amely egyszerűen lehetővé tenné a nagyszámú értékből történő választást. Egy szöveges beviteli mezőt és egy hagyományos értékválasztót illesztettünk össze JavaScript segítségével úgy, hogy reagáljanak egymás változásaira. Az értékválasztó összeköttetésben van még a megjelenítővel is, így bármelyik érték részlete megjeleníthető egy gombnyomással.



7. ábra. A litológiai egységek keresőpanelja

A legfelső sor = jelével lehet megnyitni a grafikus térképszelvény-választót (6. ábra). A +/- gombokkal érhető el az értékválasztók, melyek közül a földtörténeti korokhoz tartozó lista részlete látható az ábra bal oldalán

Figure 7. The search panel of the lithological units

You can open the graphic map sheet selector (Figure 6.) by clicking the = sign in the upper row. Clicking the +/- signs opens the value selectors. On the left side if this figure you can see the fragment of the open value selector of the geological times

Keresés térképlapok alapján =

Keresés tetszőleges téglalap alapján (X>400 000, Y<400 000)

A téglalap északnyugati sarkának EOY koordinátája X Y

A téglalap délkeleti sarkának EOY koordinátája X Y

További keresési feltételek

Település + -

Fúrás jele

Megjegyzés

Fúrás típusa

Csak átértékelt fúrás

Projekt

Szakértő + -

Réteg litológiai egysége ^ + -

Keresés korok alapján (csak átértékelt fúrásokra)

Kor eleje (alja) + -

Kor vége (teteje) + -

8. ábra. A fúrások keresőpanelja

Figure 8. The search panel of the boreholes

Szintén HTML és JavaScript segítségével valósítottuk meg az alkalmazásban található grafikus térképszelvényválasztó panelt (6. ábra). Jelenleg a két hazai térképrendszer (EOTR, Gauss-Krüger) 1:100 000-es térképlapjai alapján lehet területet meghatározni, és a kiválasztott területről adatokat lekérdezni.

Litológiai egységek keresésekor a feltételeket 18 szempont alapján szűkíthetjük (7. ábra). Ezek közül egy a grafikus szelvényválasztó (6. ábra), amellyel adott térképszelvényre eső indexeket kereshetünk. 11 db értékválasztó segíti a feltételek további szűkítését. Ezek egy-egy kódtábla tartalmát jelenítik meg, amelyből akár egyszerre több elemet is kiválaszthatunk. Értékválasztó segíti még a litológia, fácies, indextípus, vulkáni kőzettípus, térkép vagy földtani kor alapján történő keresést is. Hat olyan keresési feltétel van, amelyek tartalmát a felhasználó szabadon viheti be (pl. földtani index, földtani egység neve).

Fúrás keresésekor 12 szempont alapján tudunk keresni

(8. ábra). Területi szűrést végezhetünk a már ismert grafikus szelvényválasztóval (térképlapok alapján) és tetszőleges téglalapra is (északnyugati és délkeleti sarokpontjainak EOY koordinátáival). A 7 db értékválasztó (pl. település, fúrás típusa, kor) közül rendhagyó a fúrás rétegeiben található litológiai egységek alapján történő keresés. Itt ugyanis lehetőség van a 6. ábrán látható panel előhívására, és az ott definiált keresés eredményét helyezi be a rendszer az aktuális fúrás keresés feltételeként. Lehetőség van csak az átértékelt fúrások keresésére is.

Külön keresőpanel teszi lehetővé rétegek fekjének vagy fedőjének keresését. Ez a 8. ábrához képest annyiban változik, hogy a 'Réteg litológiai egysége' és a két korra vonatkozó feltételek helyett kiválaszthatjuk, hogy egy egységnek vagy kornak az adott fúrásokban a fedőjét vagy másikat kereséssel a fekjét kapjuk találatként.

A keresések eredménye táblázatként jelenik meg a képernyőn (9. ábra). A mezők tartalma egyszerű szöveg

Fúrás rétegsorokkal, 5 találat Export Nézet: 1 2								
Fúrás jele	X	Y	Z	Mélység	Település	Index	-tól (m)	-ig (m)
Bsz-55	559008	222967	362	340	Bakonyszentkirály	Qp-h	0	9
Bsz-55	559008	222967	362	340	Bakonyszentkirály	oO11-2	9	309.9
Bsz-55	559008	222967	362	340	Bakonyszentkirály	dT3	309.9	340
Bsz-55	823365	321539.6	225.28	34.3	Bodrogszegi	Q	0	0.8
Bsz-55	823365	321539.6	225.28	34.3	Bodrogszegi	M3	0.8	34.3

9. ábra. A Bsz-55 jelű fúrásra keresés találati táblája

Figure 9. The search result table of the Bsz-55 signed boreholes

vagy hiperhivatkozás lehet. Ez utóbbi segítségével, egyetlen kattintással meg tudjuk tekinteni az adott értékhez tartozó részleteket. Ehhez nem szükséges JavaScript, hiszen a linkelés lehetőségét — az Interneten megszokott módon — maga a HTML nyelv nyújtja. Ez egy jó példa arra, hogyan tudjuk a webes alkalmazások előnyeit kihasználni.

Bármely keresés találati táblázatát exportálni lehet a rendszerből, hogy azok további feldolgozásra is alkalmasak legyenek.

Mindegyik keresési tábla több nézetben is megtekinthető. Közöttük az oszlopok számában van különbség. Bármely oszlopra kattintva, annak tartalma szerint lehet sorba rendezni a teljes találati listát.

Az adatgazdák és az átértékelők ugyanezen a felületen keresztül tudják módosítani az adatbázisban található adatokat. Számukra azonban a megfelelő adatok beviteli mezőkben jelennek meg, lehetővé téve így azok módosítását. Külön gombok segítségével teljesen új adatokat is bevíhetnek a rendszerbe.

Összefoglalás

A MÁFI-ban a térképi és fúrési adatbázisának megteremtéséhez egységes jelkulcsrendszert dolgoztunk ki. A jelkulcs elfogadásával egységesen kezelhető térképi és fúrési adatbázisok jöttek létre. Az egységes jelkulcs táblázat átláthatóvá tette a rendszert. Ebben az időszakban érvényes jelkulcsi elemek és azok földtani tartalma könnyen visszakereshető volt. Erre a jelkulcs táblázatra alapozva dolgoztunk ki a fúrési adatbázis szerkezetét, majd töltöttük fel az adatbázist több mint 43 000 fúrás adatával.

A könnyebb és szélesebb körű felhasználás céljából elkészítettük az egységes jelkulcs és a fúrési adatbázis közös webes lekérdező felületét. Ez a MÁFI intranetes hálózatán működik, biztosítva a könnyű, áttekinthető felhasználást. A rendszer technikai háttere kifogástalanul működik, és az eddigi tapasztalatok során felmerült hiányosságok pótlására, kisebb problémák megoldására fel volt készítve. A későbbiekben a jelenlegi verzióval szemben felmerült új igényeket is meg kívánjuk valósítani, közelebb kerülve ezzel a táblázatkezelők kényelméhez és megőrizve a jelenlegi pontosságot.

Irodalom — References

- Ecma 1999: Standardizing Information and Communication Systems — 262, 3rd Edition, December 1999 — <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/Ecma-262.pdf>
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa 187*, Budapest, 171 p.
- GYALOG L., BUDAI T. (szerk.) 2004: Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratigráfiai tagolására. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 195–232.
- GYALOG L., CSÁSZÁR G. (szerk.) 1996: II.b. A negyedidőszaknál idősebb rétegtani egységek (a Magyar Rétegtani Bizottság elfogadott egységei, kiegészítésekkel) — In: GYALOG L. (szerk.): A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa 187*, Budapest, pp. 65–150.
- GYALOG L. 2004: A földtani térképek jelkulcsrendszere, mint a földtudományi adatbázisrendszer alapja. PhD értekezés. — *Kézirat*, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola Adattára, Pécs, Magyar Állami Földtani Intézet könyvtára
- GYALOG L., TULLNER T., TURCZI G., TURTEGIN E. 2005: Magyarország hegyvidéki területeinek fúrési és földtani térképi adatbázisa (a Magyar Állami Földtani Intézet és a Mol Rt. közös projektje) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004*, (jelen kötet)
- Microsoft 2005a: Active Server Pages, <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dnanchor/html/activeservpages.asp>
- Microsoft 2005b: JavaScript, <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/script56/html/js56jsorijscript.asp>
- OGG, G. 2003: International Stratigraphic Chart. — International Commission on Stratigraphy, <http://www.stratigraphy.org/chus.pdf>

Földtani térmodell építése — adatbázisok az intra- és interneten

Setting up the spatial geological model of Hungary — databases on the intranet and internet

TURCZI GÁBOR

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: adatbázis, adatfeldolgozás, digitális adat, földtani térkép, háromdimenziós modell, információs rendszer, információs technológia, internet, Magyarország, térbeli adat, térinformatika

Összefoglalás

A Magyar Állami Földtani Intézet számos adatbázissal rendelkezik. Az adatbázisok minden esetben önállóan megállják helyüket, és a napi kutatómunkát, az alkalmazott tudományt szolgálják. Az Intézet informatikai stratégiája azt célozza, hogy az adatbázisoknak egyre integráltabb rendszere jöjjön létre. Ez hatékonyá teszi a tágabb információkör együttes értékelését, elemzését. Megfogalmaztuk azokat a technikai és tartalmi standardokat, amelyek alapján összevethető, egymással relációban álló adatrendet építhetünk. Az egymásra épülő térképi, fúrási és egyéb képi, ill. alfanumerikus részadatbázisokat az országos földtani térmodell alapjának, a földtani tudásbázist szolgáló információs rendszernek tekintjük.

Az információk összekapcsolása csak az adatbázison belül és az adatbázisok között kialakított tartalmi homogenitás és optimális adatosztályozottság szerint valósítható meg. Az informatikai stratégia része az adatbázisok jogosultsági szintek szerinti hozzáférhetővé tétele a kutatók számára a napi rutinban, ill. a külvilág számára történő bemutatása. Az adathozzáférést a webtechnológia biztosítja, amely egyszerűen kezelhető, naprakész megoldást biztosít.

Keywords: data bases, data processing, digital data, Geographic Information System, geologic maps, Hungary, information systems, information technology, internet, spatial data, three-dimensional models

Abstract

The Geological Institute of Hungary manages several databases. They can be processed independently supporting daily work and applied scientific efforts. The information strategy of the Institute aims at developing a progressively integrated system of the databases. It enhances the efficiency of the complex interpretation and analyses of large thematic datasets. Standards have been set up to support data harmonisation and consistent as well as relational database management. The information system made up of superimposed map-, borehole-, other raster-based and tabular datasets is considered as the basis of the national geological 3D model supporting the geological knowledge base. Connection can only be set up between thematic datasets of homogeneous content and optimal classification within and between the themes. One of the cornerstones of the information strategy is to make the databases available to the staff for daily work by different user rights and to present them to the public.

Accessibility is ensured by web technology providing an up-to-date solution with a simple interface.

Bevezetés

Az adatok értéke igen sok tényező függvénye, de végeredményben ezt az értéket alapvetően a piac határozza meg. Egyes adatok csak egyszer használhatók fel, így értékük is egyszeri, más adatok rendszeresen használhatók, s értékük időben változhat. Általános cél, hogy az adatok előállításának költsége ne legyen nagyobb, mint az általuk hozott eredmény értéke.

A tudományos, s így a földtani adatok esetén e megterülni megfontolások, pl. nyersanyagkutatás vagy környezeti kár elhárítása esetén érvényesülhetnek. Más esetekben a kutatási adatok a „nemzeti tudományos adatkincs” részévé válnak, s az adatok értéképítő felhasználásra várnak. A tudományos adatokat célszerű a szakértelemmel, a tudással együtt értékelni. Az információ és az adatbázis értéke gyakran csak közvetve jelentkezik, pályázatok elnyerésén, munkahelyek megtartásán keresztül.

A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) számos adattal, adatbázissal rendelkezik. Az adatok pusztán birtoklása szükséges de nem elégséges cél a földtani ismeretekre támaszkodó munkálatokban való részvételhez, a földtani ismeretanyag értékének bemutatásához. Az adatbázisok napi rutinban, intézeti szinten való elérhetővé tétele, az információ birtoklásának a külvilág felé történő hirdetése, egyes adatok közkinccsé tétele napjaink egyik fontos stratégiai feladata.

A MÁFI informatikai stratégiája

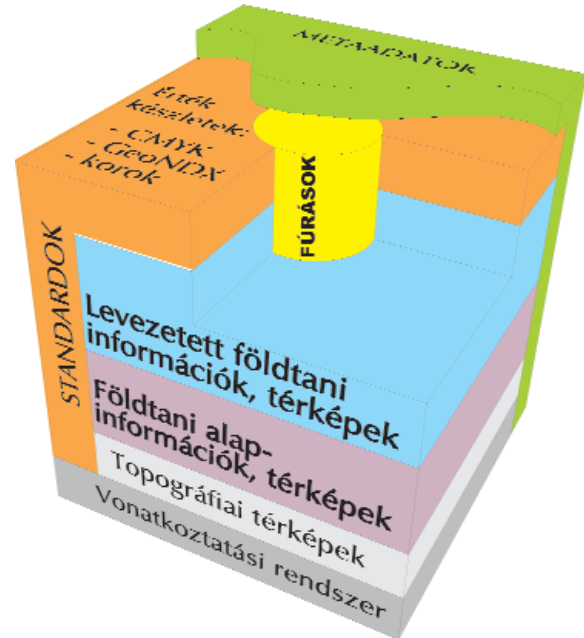
Az intézet informatikai stratégiája alapvetően Magyarország földtani térmodelljének építését célozza (MÁFI 2001). A földtani térmodell három pillére támaszkodik: a tematikus adatbázisok rendszerére, a szakértői tudásra és a modellező eszközökre, amelyek alatt szoftverek és esetenként matematikai apparátus értendő. A földtani térmodellt az ország területét leíró földtani és földtanból származtatható térkép alapú adatbázisai és fúrási adatrendszere építi fel. Ez az országos szintű modell nem szükségszerűen szolgálja a tényadatok közötti tér automatizált kitöltését, hanem a modellalkotó információk homogén adatbázisba szervezését célozza. A stratégia lényege a fokozatosság, a rendszerezés adatépítés, a szakértői tudás adatérték-növelő beépítése. A rendszerezés az adatbázis-építés talán legkritikusabb eleme. Ebben a szakaszban derül fény a tartalmi inhomogenitásokra, ekkor alakul ki a technikai rendezettség. A szakértői tudás egyebek között a szerkesztett térképi tartalomban, a leíró adatok értelmezésében ölt testet.

A stratégia egy másik fontos eleme az információhoz való hozzáférés biztosítása. A hozzáférés első eleme az adatbázis létezésének és tartalmának ismerete, amely a katalóguson, ill. leíró adatbázison (metaadatbázis) keresztül valósítható meg. A hozzáférés második eleme az adatokkal való konkrét találkozás, amely különböző mélységű lehet, s ez elsősorban a felhasználó adathasználati jogosultságától függ. A stratégia további célja, hogy a megfelelő szintű adathozzáférést komolyabb szoftverismeret nélkül biztosítsa a felhasználók számára.

A földtani térmodell „modellje”

Magyarország földtani térmodelljének alapja egy rendezett adatbáziscsomag. Építő elemei egymással koherens tematikus térképek és fúrási adatok. A térképek lehetőleg folytonosan képezik le a teret, felbontásuk szerint összevethetőek, tartalmuk alapján alap- és levezetett információkat közölnek. Ebben a rendben, ill. felfogásban alapinformációknak számít minden olyan kiinduló adat, ami elsődleges mérésből vagy észlelésből származik, levezetettnek pedig az, ami már a szakértői döntéseket értékeléseket is tartalmazza. Tágabb értelemben az adatfeldolgozási folyamatban alap információ a kiindulási adatsor és levezetett vagy származtatott az algoritmussal vagy szakértői döntésekkel előállított új adatsor vagy térkép.

A fúrási adatok szorosan kapcsolódnak a földtani térképhez, az ebből levezetett részadatbázisokhoz, mélység- és vastagságfelületekhez mivel a rétegsor megfelelő eleme nem állhat ellentmondásban az érintett, „harántolt” térképi adatokkal.



1. ábra. A földtani térmodell elvi vázlata és összefüggései

Figure 1. Theoretic schema and relationships of the spatial geological model

Metaadat = Metadata, Fúrások = Boreholes, Levezetett földtani információk, térképek = Derived geological information, maps Földtani alapinformációk, térképek = Basic geological information, maps, Topográfiai térképek = Topographic maps, Vonatkoztatási rendszer = Projection systems, Standardok = Standards, Értékkészletek: CMYK, GeoNDX, korok = Codomains: CMYK, GeoNDX, ages

Az 1. ábra a térmodell adatrendszerét és kapcsolódásuk logikai vázát mutatja. Az ábrán jelzett adatbázis-elemeket az alábbiakban részletesen ismertetjük.

Vonatkoztatási rendszer, vetületek: minden geoinformáció térben elhelyezhető (geokódolt), az összevethetőség alapfeltétele az egységes vonatkoztatási rend.

Topográfiai alapok, DTM: a tematikus térképek tájékoztatósi alapja, meghatározza a térmodell kereteit s annak felső lehatárolását.

Tematikus adatbázisok: az adatbázisrendszer szakmai tartalmát képezik, alapvetően egymásra épülő térképek és fúrási adatok építik fel.

a) Alap és levezetett információt tükröző térképek:

- észlelési térképek;
- felszíni földtani térképek;
- mélyföldtani térképek;
- elterjedés- és vastagságtérképek;
- ősföldrajzi térképek;
- tektonikai térképek;
- vízföldtani térképek;
- mérnökgeológiai térképek;
- egyéb térképek.

- b) Fúrások:
 — mélyfúrások;
 — sekélyfúrások.

Egyéb alfanumerikus adatbázisok: idetartoznak az észlelési pontokhoz vagy fúrásokhoz köthető adatsorok, pl. az anyagvizsgálati eredmények.

Egyéb grafikus adatbázisok: a nem térképi raszteres adatok (pl. a fényképek) kerülnek ebbe a csoportba.

Standardok, azonosítók: A rendszer átjárhatóságát biztosító hivatkozások szótára, matematikai kifejezéssel élve: a szakágot leíró adatok értékkészlete. A hivatkozások alapvetően a földtani egységek azonosítását szolgálják (hierarchiába rendezett index és annak leírása [GeoNdx], GYALOG 1996). A szótárak azt a szóképletet rögzítik, amellyel egy adott tulajdonságot (pl. kőzetek neve, kora, fáciese stb.) jellemezhetünk. Itt található a megjelenítéshez szükséges információk pl. színmodellek (CMYK — Cyan, Magenta, Yellow, black —, a négy szín keverésére épülő modell).

A fenti vázlat durva közelítésben az alábbi adatféléseket tartalmazza:

- vektoros 2D+nD térkép;
- vektoros 3D+nD térkép;
- raszterképek;
- táblázatos adatok, 1D+nD;
- szabad szövegek.

Itt a 2D, 3D kifejezés a geometriai dimenziót jelenti, nD pedig az adott geometriai ponthoz tartozó tulajdonságok (kor, litológia, fácies stb.) számát.

További osztályozás a felbontás és területi hivatkozások szerint történik. Léteznek átfedő és részben elválaszthatatlan témakörök, pl. egyes földtani változatok tektonikai információ nélkül nem értelmezhetők.

Az adatbázis felépítése az egyes részadatbázisok önálló kialakításával kezdődik. Az adatösszefüggések figyelembevételével a felépítés sorrendje részben kötött. Az adatbázisok feltöltése, ill. feldolgozása során az egyik legfontosabb hozzáadott érték a témakörön belüli és témakörök közti adathomogenitás megvalósítása.

A földtani információ inhomogenitása

A földtani kutatómunka vagy problémamegoldás a célterületről begyűjtött archív és a kutatást szolgáló új információk értelmezésén, feldolgozásán alapul. Az adatok értelmezése függetlenül a feldolgozás módszerétől megköveteli az összevethetőséggel kapcsolatos adathomogenitást. Az elérhető információk több inhomogenitási szempont szerint csoportosíthatók. Nagy vonalakban három eset különböztethető meg:

a) Technikai, ami mértékegység, vonatkoztatási rendszer, egyéb formai vagy csoportosítás szerinti különbözőséget jelent.

b) Tartalmi, ami nevezéktani, azonosítás szerinti és koncepcionális különbözőséget jelent.

c) Felbontás, ami az alap- és az értelmezett információ sűrűségét jelenti.

A technikai inhomogenitás feloldása sok esetben algoritmizálható, hiszen szubjektív elemeket nem tartalmazó, mért adatokról vagy konzekvens formai különbözőségekről van szó. Más a helyzet a tartalmi inhomogenitással, ahol az algoritmizálás csak segédeszköz lehet, alapvetően a geológus tételes döntésére van szükség. Ilyen adatsor egy szerkesztett földtani térkép vagy egy fúrási rétegsor. A legtipikusabb probléma a földtani egységek azonosítása, ami koncepcionális kérdés.

A felbontás kezelése egyirányú folyamat, amelyben a legrosszabb felbontáshoz kell igazodni.

A tartalmi inhomogenitás gyakran az adatgyűjtés és az időtényező viszonyára vezethető vissza. Általában igaz, hogy egyazon munka, függetlenül annak időbeli terjedelmétől, viszonylag homogén adategyűjtést produkál. Azonban ugyanarról a területről az időben elkülönült vagy más kutatási céllal, más adatgyűjtési módszerrel indított munkálatok eltérő adatsort hozhatnak létre.

Az összevethetőség szempontjából igen fontos tényező az adatok megbízhatósága. Az adatok megbízhatóságára közvetlen és közvetett információ állhat a rendelkezésünkre. A közvetlen információ informatikai eszközökkel kezelhető, a közvetett viszont nem vagy csak igen nehezen. Ilyen közvetett információ pl. egy fúrási rétegsor esetén a leíró személy: az adatsort feldolgozó a saját tudását, tapasztalatát építi be a származtatott adatokba. Figyelembe veheti az előző leíró általános megbízhatóságát, az adatok keletkezésének körülményeit és idejét (a tudomány akkori állását).

A geológus döntéseit inhomogén, különböző megbízhatóságú adathalmazokból hozza létre, s célja új homogén adatsor, pl. egy térkép létrehozása.

Esősorban a szintetizáló munkálatok igénylik a lehető legszélesebb körben a homogén jól osztályozott adatsorokat, amelyek felhasználásával értéknövelt, származtatott eredményt állítanak elő. Minden ilyen munkának jelentős hányadát teszi ki az adatok összegyűjtése és összevethetővé tétele.

A hagyományos vagy analóg adatsorokra épülő adatelemző munkát napjainkra nagymértékben kiszorította a digitális adatfeldolgozás. Ha fel is használunk valamilyen archív adatot, azt digitális formába öntjük, hogy a többivel adatbázis szinten, informatikai eszközökkel is összevethető legyen.

Az összevethetőség technikai követelménye informatikai szempontból az adatsor egyveretűsége.

Az adatosztályozottság

A homogenitás kérdéskörével szorosan összefügg és hasonlóan fontos tényező az adatok osztályozottsága, amely egyben a sokrétű feldolgozhatóság alapja. Minél összetettebb egy relációs adatbázis, annál igényesebb osztályozottságra van szükség. Ennek érdekében átfedésektől mentes, önálló egységek kapcsolatrendszerét hozzuk létre.

Térképi információk esetén a relációt a vonatkoztatási rendszer pontjai, azaz a hely képezi. Ez teszi lehetővé, hogy kapcsolatba hozzuk a legkülönbözőbb térképalapú adatbázisokkal.

zisokat. Az egyes grafikus megjeleníthető témák szimbólumaik vagy jelkulcsi kategóriájuk szerint csoportosíthatók. A rosszul osztályozott adatokból a megfelelő részhalmoz nem választható ki, ill. az egymással elvben összefüggő adatsorok nem hozhatók kapcsolatba, a térben vagy időben elkülönült tematikus térképek nem adhatók össze.

Az osztályozásban nem csak tartalmi, logikai szempontok játszanak szerepet, hanem szoftverfüggő és egyéb technológiai megfontolások is. Egy térképi vonalmű esetén csak azonos módon feldolgozható elemeket célszerű egy csoportba osztani. Noha logikailag összetartozó elemekről van szó. Pl. a telér ugyanúgy terület típusú elem, mint bármely más földtani egység, azonban egyes méretarányoknál célszerűbb vonalasként kezelni.

Az osztályozottság optimalizálása igen nehéz feladat. Gyakori eset, hogy egy térkép digitalizálási terve csak az aktuális feladat szempontjait szem előtt tartva kategorizálja a térképi elemeket, ami a későbbiekben azonos, de másképp osztályozott adatsorral való automatikus összehasonlítását esetleg kizárhatja (pl. tektonika általában és tektonika típus szerint osztályozottan). A tartalom osztályozottsága átvezet a felbontás, a méretarány témakörébe. Minél osztályozottabb egy adatkategória (jelkulcsi elem), annál nagyobb tartalmi felbontásról beszélhetünk. A geometriai és a tartalmi felbontás különbözősége együtt, de külön-külön is az összevethetőség korlátja lehet.

Az osztályozottság tehát az inhomogenitás kezelése szempontjából is döntő fontosságú. Bátran állíthatjuk, hogy az eredeti célkitűzés megvalósítása a teljes feladat maximum 20%-át fedi le, s a maradék 80% az olyan adatmanipuláció, ami az összevethetőség érdekeit szolgálja (konverziók, adatszerkezeti módosítások, csoportosítások stb.).

Az adatfeldolgozás menete, további inhomogenitások

A földtani információhoz való hozzáférésnek több eszköze és szintje van. Eszköz alatt egy szoftvert, egy adatbázist vagy egy kartotékot értünk. Távolról közelítve a részletek felé az első információs kör a rendelkezésre álló adatok felmérése, áttekintése. Digitális környezetet feltételezve ez a meaadatbázisok köre. Metaadatbázisokból nyerhető ki a megkutatottság, az adatbázisok tartalmi leírása és elérhetősége, végül az adatbázis technikai ismertetése, ami a feldolgozáshoz leginkább szükséges alapinformációt jelenti.

A területi lehatárolás és a megkutatottság felmérését az adatbázisok szűrése követi, azaz a munkálatokhoz szükséges adatok kigyűjtése. Új adatkategória felvétele esetén dönteni kell az adatsor illesztéséről: a két legkézenfekvőbb út a létező adatbázis bővítése vagy új adatszerkezet létrehozása. Az új adatszerkezetek integrálása már átvezet a konkrét adatfeldolgozási feladatkörbe.

Az előző fejezet szerint a munka során többszintű inhomogenitást kell kezelni, amely inhomogenitáshoz hozzáadódik a feldolgozó szoftverek különbözősége. Egy vízföldtani modell bemenő adatait figyelembe véve a következő szoftverkörrökkel kell dolgoznunk:

1. relációs adatbázis kezelő, amely a fúrásokat tartalmazza, és egyéb leíró adatokat tárol,
2. CAD szoftver, amely egyes térképi vonalműveket tartalmaz,
3. térinformatikai szoftver további térképi tematikus térképek számára,
4. 3D felületszerkesztő és -elemző szoftver,
5. a modellező eszköz.

Láthatjuk, hogy legalább öt különböző szoftver üzemeltetésére van szükség, s minden esetben valamilyen szűrés eredménye lép tovább a modellező eszközbe. Ezekhez a szűrésekhez nem feltétlenül szükséges a felsorolt szoftverek teljes körű kihasználása, elegendő az adatkinyerési funkciók ismerete. Figyelembe kell azonban vennünk, hogy a feldolgozási szakaszban rendszeresen vissza kell térnünk az eredeti eszközökhöz. Világosan láthatjuk, hogy az adatok inhomogenitását a feldolgozó közeg sokszínűsége tetézi.

A standardok jelentősége

A tartalmi és technikai homogenitás feloldásának egyik legfontosabb alappillére a standardok használata. A formai standardok, rögzített szabályok, amelyek az egyes adattáblák szerkezetét vagy a térképi objektumok kategorizálását rendezik. Szakmai jelentősége a tartalmi (terminológiai) standardoknak van. A tartalmi standardok használata teszi térben és időben egyveretűvé az adathalmazt. Különbséget kell tenni az archív adatok standardokra épülő újraértelmezése és a szintén standardokra épülő újonnan keletkező adatok között. A két adathalmaz azonos értékészletre építkezik, azonban az archív adatok esetében egy régebbi értékelés standardra alapuló értelmezését kapjuk, míg az új adatok elsődleges értékelése az előre definiált rendhez igazodik. Az Intézet legutóbbi kutatási éveiben ilyen típusú szakértői átértékelésre a mélyfúrások egy jelentős hányadánál és az 1:100 000-es földtani térkép-sorozat esetében került sor (GYALOG et al. 2005).

Ki kell emelnünk a legalapvetőbb standardot, a földtani egységek azonosítását szolgáló formációalapú besorolást, annak több szempontú (kor, fácies, litológiai stb.) leíró tulajdonságait és az ezeket jelző földtani indexet (GYALOG 2004).

A nem mérésen alapuló információ szakértői véleménynek tekinthető, éppen ezért egyes földtani helyzetek megoldására több véleménnyel is találkozhatunk. Ez különösen igaz az újraértékelt adatok esetén, de nincs kizárva, hogy napjaink adasorait is viszonylag rövid időn belül újraértékeljük. Míg a fúrási rétegsoroknál véleménykülönbség elsősorban az átharántolt egységek besorolásában mutatkozik, addig a térképek esetén e mellett a települési, tektonikai viszonyokban is jelentkeznek.

A szakértői értékelések különbözősége adatsorverziók egyidejű nyilvántartásában tükröződhet. A verzió lehet az adatbázison belül rekord szintű, vagy a teljes adatbázisra kiterjedő. A verziót pl. fúrási adat esetében célszerű rekord szinten, rétegenként, térképek esetén pedig régió vagy

szelvény szerint részadatbázisonként nyilvántartani. A értelmezések párhuzamos jelenléte egyfelől jól indokolható eszköz, másfelől azonban igen nehezen kezelhető tartalmi inhomogenitásra vezet. Az adatbázist jelenleg használó kutatók könnyedén tájékozódnak a verziók között, de a jövő kutatói nemzedék számára több verzió létezése bizonytalansági tényezőt fog jelenteni.

A webtechnológia alkalmazása és előnyei

Az Intézetben megkezdődött (MÁFI 2001) a földtani térmodell adatbázisának építése, s ezzel párhuzamosan a térmodell elemeihez való hozzáférés biztosítása is.

Célszerű áttekintenünk az adatbázissal általában kapcsolatba kerülő felhasználói szinteket. Alapvetően három markáns sáv különíthető el a felhasználói piramisban (2. ábra). A legtöbb a lekérdezők, nézegetők, tallózók köre, ők



2. ábra. A felhasználói piramis

Figure 2. The user pyramid

fejlesztők = developers, alkalmazók = operative users, felhasználók = users

a *felhasználók*. Ebben a sávban dolgozik a geológusok többsége, itt történik a feladathoz szükséges adatok összeválogatása, kigyűjtése. A középső sávban a földtudományt és az informatikát részben művelő feldolgozók vagy *alkalmazók* találhatók, akik a szükséges célszoftvereket is kezelik, esetleg az adatok naprakészen tartásával is foglalkoznak. Végül a piramis csúcsán az adatbázis rendszerszervezői, *fejlesztői* állnak, s elmondhatjuk, hogy ez már egy igen szűk kör. Itt az adatbázis felépítése, szerkezeti megfogalmazása, relációi s az elérni kívánt cél érdekeit kiszolgáló adatok osztályozása történik.

A három sáv szakembereinek szoftverismerete jelentősen eltér. A felhasználók számára az egyszerű szűrés és megjelenítés, a gyors nézetváltás (amelynek során mezőket, vagy rétegeket kívánnak látni) a legfontosabb szempont. További lényeges elem, hogy lehetőleg csak egy szoftvert és annak egyveretű funkciókészletét kelljen ismerni. Az alkalmazók az eredeti (natív) feldolgozó szoftvereket használják a lehető legmagasabb fokon és ismerik a szoftverek közötti átjárhatóságot. A fejlesztők (rendszer-szervezők) a teljes szoftveres vertikumot ismerik, általános adatbázisszakértők és képesek a szükséges programok, algoritmusok fejlesztésére, de nem kell feltétlenül érteniük az adattartalomhoz.

A „tömeget” jelentő felhasználói kör esetében nem hanyagolható el az sem, hogy az adathozzáférés érdekében milyen szoftverek hozzáférhetővé tételére van szükség. Ez egy intézményen belül is nehezen kezelhető, különösen, ha a licencekhez kapcsolódó gazdasági terhet is figyelembe vesszük. A felhasználói kör számára optimális megoldás a webtechnológia alkalmazása.

Az internetböngésző az operációs rendszer része, tehát adottság. A böngészőből megfelelő hivatkozásokkal olyan programok indíthatók, amelyek a különféle adatbázisokat eléri. A jogosultságok figyelembevételével az adatvédelem, a hozzáférők köre szabályozható. A felhasználók nem igényelnek szoftvertelepítést, csak a megfelelő honlapon egy hivatkozás jelenlétét. Az adatbázis és a kezelő-szoftver fejlesztése azonnal megjelenik a felhasználóknál.

A MÁFI ebben az irányban tette meg első lépéseit 2004-ben, s fejlesztett ki három adatbázishoz webhozzáférést:

- Magyarország litosztratigráfiai egységei (litosztratigráfiai standard);
- mélyfűrési adatbázis;
- 1:100 000-es földtani térképsorozat.

A három adatbázis integráltnak tekinthető, hiszen a teljes hivatkozási rendszer egyveretű és átjárható. Más szakokkal, a fűrési és a térképi rendszer a litosztratigráfiai standardok adatbázisára épül, az átharántolt vagy lehatárolt földtani egységek azonosítása egyszerű.

A három adatbázis célja a MÁFI kutatói számára a napi munka támogatása, az elsődleges adatértékelés elősegítése. Másodlagos cél, hogy egyes adatbázisokra felkeltsük a külvilág figyelmét. A két cél az elkülönült intranet-, ill. internet-adatkörök szerint valósul meg.

A térmodellépítés néhány stratégiai kérdése

A térmodell részadatbázisainak tartalmi és szerkezeti elemeinek definiálása meghatározza adatbázis építés irányait az elkövetkező időszakban. A fentiek figyelembevételével ez nem elsősorban adatfeltöltési feladat, hanem az adatbázis homogenitása érdekében tett értékelő, értelmező, magas szintű földtudományi ismereteket igénylő munka. Az értéknövelt részadatbázisoktól már rövidtávon elvárható a kutatói munka hatékony támogatása, hosszú távon pedig a jövő kutatói generációinak teljes körű kiszolgálása. Az adatrendszer bővülése elkerülhetetlenné teszi a legalább kétszintű metaadatbázisfejlesztést is. Meg kell teremteni az adatok közötti tájékozódás feltételeit, a megkutatottsági információk összegyűjtését, rendszerezését. Az adatrend fejlesztésének érdekében a tartalmi leírás mellett egy második szintű technikai dokumentálás is szükséges.

Minden adatbázis egyik fő célja az adatok archiválása, a másik nem kevésbé fontos cél az információra építkező szolgáltatás. Az adatbázis — felépítését, feltöltését követően, mint rendszer — meglehetősen statikus, ellentétben a szolgáltatással, amely időben két kényszerítő körülmény

szerint változik, fejlődik. Szakmai szempontból a szolgáltatási funkciók, a hatékony adatkinyerési és adatszere lehetőségek építése igazi értéknövelő változás, mert ezt a felhasználói igény generálja. Ugyanakkor figyelembe kell venni a pusztán technikai szempontú, a működési környezet fejlődéséhez való igazítást, amelyet az informatikai ipar generál.

A jelenlegi technikai feltételek mellett a webtechnika alkalmazása az az informatikai környezet, amelyen keresztül a felhasználó optimálisan érheti el az adatbázisra épített szolgáltatásokat.

Az adatbázis — szolgáltatásaival együtt — az intra- és interneten keresztül az együttműködő és konkuráló szakma, az adatbázis egyes elemei pedig az oktatás vagy az

érdeklődő laikusok számára is hozzáférhetővé tehető. Az igazán nehéz kérdés az információból hasznot húzó, konkuráló szakmai közönség kérdése. Függetlenül a jogi védelemtől, egy adatbázis részleges (metaadat szintű) vagy akár teljes körű nyilvánossága — megítélésem szerint — nagyobb tényleges biztonságot jelent az adatok jogszerű felhasználására, mint a zárt rendszerű, kizárólag adatgazdai felhasználásra. Az intézet napi munkáját tekintve pedig egy szükséges és egészséges szakmai versenyhelyzet az információ kiaknázására.

A közeljövőben az adatrendszer építésével párhuzamosan talán az egyik legfontosabb megválaszolandóra váró stratégiai kérdés a jogosultsági szintek és a hozzáférők körének meghatározása.

Irodalom — References

- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* 187, Budapest, 171 p.
- GYALOG L. 2004: A földtani térképek jelkulcsrendszere mint a földtudományi adatbázisrendszer alapja. — *Kézirat*, PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola Adattára, Pécs, Magyar Állami Földtani Intézet könyvtára, Budapest.
- GYALOG L., TULLNER T., TURCZI G., TURTEGIN E. 2005: A MÁFI-Mol fűrési és térképi adatbázis. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* 2004 (jelen kötet).
- MÁFI 2001: A Magyar Állami Földtani Intézet 2001. évi kutatási terve. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

A földtani térkép — digitalizálástól nyomdáig

Geological maps — from the digitalisation to the publishing

GALAMBOS CSILLA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: adatfeldolgozás, adatkezelés, digitális adatok, földtani térképek, Magyarország, matematikai módszerek

Összefoglalás

A 90-es évektől a térképkészítés a hagyományos kézi rajzolásról áttért a számítógépes technológiák alkalmazására. Ily módon a jelenleg alkalmazott technikának köszönhetően a térképek nyomdai előkészítése is megváltozott. Ezek a technológiák lényegében két részre bonthatók. A különféle grafikai eszközökkel készített, valamint az adatbázis-kapcsolattal rendelkező térképekre.

A tanulmány a Magyar Állami Földtani Intézetben MGE-MicroStation környezetben készülő, adatbázis-kapcsolattal rendelkező földtani térképek készítését, a nyomdai előkészítés sajátosságait, valamint a számítógépes program és a nyomda által alkalmazott eltérő színrendszerek alkalmazását mutatja be.

Key words: data handling, data processing, digital data, geologic maps, Hungary, mathematical methods

Abstract

The main method of map compilation has been changed from manual drawing to the application of computer technologies since the 1990s. Therefore, in the present technologies the preparation methods of the maps for publication were changed as well. These methods are of two kinds: the creation of the graphics-based and the database-linked maps.

In this study the compilation of the database-linked geological maps in the Geological Institute of Hungary is presented. The maps are processed in the MGE-MicroStation environment. Besides this, the specialities of the preparation for publication and the application of the different colour systems used by the software and in the printing office, are also discussed.

Bevezetés

A 90-es évektől a számítástechnika térhódítása a nyomdai előkészítés gyakorlatát is forradalmasította. A számítógépes nyomdai előkészítő munkálatok alapvetően két típusra bonthatók. A grafikai munkákra gyártott, adatbázishoz nem kötött DTP (Desktop Publishing = nyomdai előkészítő)-programok magukban hordozzák a nyomdához szükséges színre bontás lehetőségét. A különböző mérnöki tervező programoknál, amelyeket CAD (Computer Aided Design = Számítógéppel Segített Tervezés)-programoknak neveznek, egy külön modul segítségével van lehetőség adatbázis-kapcsolatra. A grafikai elemek kezelésében a CAD-programok a DTP-programokhoz hasonlítanak. Ezzel szemben a térinfor-

matikában alkalmazott adatbázis-kezelő GIS (Geographical Information System = Földrajzi Információs Rendszer)-rendszerek más módon épülnek fel. Itt a színre bontáshoz arra van szükség, hogy az adott programban egy külön modul legyen, amire nincs minden adatbázis-kezelő program felkészítve.

A CAD-programokhoz hasonlóan a GIS-rendszerekben is szigorú hierarchikus rendben épülnek fel az adatok, a nyomdai előkészítő eljárás lényegesen összetettebb és nagyobb figyelmet igénylő folyamat. A hierarchia betartása a hibázás lehetőségét csökkenti, s közelebb visz ahhoz, hogy ne maradjon olyan térképi elem, amelyet nem nyomtatnak ki. A digitális térképek — az esetünkben földtani térképek — a fent említett hierarchia mellett egy adott technikai sorrend szerint készülnek.

Mivel a kartografálási fázis már elválik a kész adatbázistól, a térinformatikai szoftverekben mindenképpen egy külön modul az, amely a nyomdai előkészítést képes elvégezni. A grafikus programok azonban — mint pl. a CorelDraw, amely magában hordozza a nyomdai előkészítés lehetőségét is — egy teljes országot lefedő földtani térképsorozat elkészültekor előálló adatmennyiség fogadására nem képesek. A Magyar Állami Földtani Intézetben a térinformatikai feldolgozás után nyomdába került földtani térképek MGE-MicroStation alapon MapFinisher segítségével készülnek.

A térképek és a kartografálás sarkalatos pontja a színhasználat. A színek tartalmi és érzelmi jelentéssel bírnak. A földtani térképeknél az egyes korokhoz meghatározott szín tartozik. A földtani térképek színeinél a telítettség értéke jelentéshordozó. Nem mindegy, hogy a képződmény felszín alatt helyezkedik el vagy felszíni kibúvásként jelenik meg: az utóbbinál ugyanannak a színnek sötétebb változatát alkalmazzuk. Mivel a földtani térképeken a színek megválasztásakor a minél idősebb, annál sötétebb elvet alkalmazzák, a színek árnyalata a korokon belül is változik. A túl erős színek alkalmazása plakátszerűvé teszi térképünket. A halványabb, pasztell, árnyalatokból kevesebb használható, azonban különféle felületi jelek bevezetése lényegesen megnöveli a színek mennyiségét. A különböző kontrasztok, mint a hideg-meleg vagy a kiegészítő (komplementer), már önmagukban jelentéssel bírnak a szem számára. A színek érzelmi jelentését a földtani, tektonikai stb. térképeknél kevésbé alkalmazzák, ezek az egyéb tematikus térképekre jellemzők. Ez az érzelmi többlet pl. a környezetérzékenységi térképeknél figyelhető meg, amelyeken az egyértelműen tiltott területek piros színt kapnak.

Földtani térképek számítástechnikai készítése

Mint minden térképkészítés elején, a digitalizálás kezdetén is az első lépés annak eldöntése, milyen célból készül a térkép, illetve mi lesz a végtermék. A Magyar Állami Földtani Intézetben általában kétféle módon készülnek földtani térképek. Az egyik esetben, amikor egy térképmagyarázóba szemléltető ábraként készítünk földtani térképeket, elegendő bármely grafikai program segítségével elkészíteni az adatállományt. Ebben az esetben adatbázis és koordinátarendszer nélküli ábrákat kapunk. A másik és egyben legáltalánosabban használt térképkészítési lehetőség a különféle adatbázis-kezelő programok alkalmazása. A térképi adatok rögzítésével ekkor egy adatbázist építünk fel. Az Informatikai Főosztályon használt különböző CAD- és GIS-programok közül egyedül az MGE-MicroStation programcsaládhoz létezik olyan modul — a MapFinisher —, amely fel van készítve a nyomdai előkészítésre és a színre bontásra.

Miután felépítettük az adatbázist, és a keletkezett adathalmazt a digitalizálás szabályainak megfelelően osztályoztuk:

— a digitalizálás után elkészült vagy más kész térképből levezetett adathalmazt alaptérképként nyomtatjuk ki a geológusok számára;

— az adatbázisból további feldolgozás után kartografált térképet készítünk;

— a kartografált digitális térképet további feldolgozásnak vetjük alá, a nyomdai előkészítés után végrehajtjuk a színre bontást, majd nyomdába adjuk, amely a térképet papírra nyomtatja.

A térkép kartografálása során különféle problémák merülhetnek fel. Itt egy lényeges kérdést kell eldöntenünk. Elszakadunk-e a problémák kijavítása során a meglévő adatbázistól, vagy pedig úgy javítjuk ki a hibákat, hogy visszakövetjük azokat az adatbázisig, megőrizve az adatok egységességét, és a kartografálást csak ezek után fejezzük be. Az utóbbi eset az adatbázis szempontjából teljesebb, de hosszabb folyamat.

A hagyományos térképkészítési technikával szemben a digitális technika egyik legfőbb előnye, hogy lehetőségünk van a munkafolyamat közbeni változtatásra. A térkép készítése alatt azonban folyamatos változtatások nem kívánatosak, hisz ezek megnövelik a térképkészítés időtartamát, és a térképi feldolgozás során keletkező adatbázis folyamatos átírását, újírását idézik elő.

Egy térkép a végső megjelenésig, azaz a nyomdában való papírra nyomásig a következő munkafázisokon megy át:

- adatbevitel,
- adatfeldolgozás, adatbázisépítés,
- kartografálás,
- nyomdai előkészítés.

A térképkészítés első lépése: az adatbevitel

Geológiai térképeket többféleképpen készíthetünk:

— egy konkrét koordinátarendszerben készült topográfiai térképet alapként felhasználva, fólián megrajzolva a földtani képződményeket;

— digitálisan elkészült térképet alapként használva, fólián csak a módosításokat feltüntetve (ha a méretarány megváltozik, az adatbázisban a képződményeket összevonhatjuk, és az új térképet a két módszert ötvözve készítjük el).

Abban az esetben, amikor csak kisebb változtatások történnek, és a geológus fólián módosítja a földtani képződményhatárok körvonalait, a kéziratos adatok digitalizálással kerülhetnek a számítógépbe. Ez történhet:

— digitalizáló tábláról vagy

— a kéziratos térkép raszteres adatrögzítésével, azaz szkenneléssel, amely után a térképi alapot belül ismert sarokponti koordinátákra illesztjük.

Amikor a térképi alapot EOV-, Gauss-Krüger vagy egyéb, ismert koordinátarendszerű térkép képezi, és ezt illesztjük a már meglévő adatrendszerhez, szkennelés után az elkészült TIF-formátumú állományt érdemes GeoTIFF-formátumúra alakítanunk. Ez a *geokódolás*, amelynek során a térképen ismert illesztőpontok koordinátái mellett a pixelméretet, illetve a térkép koordinátarendszerét is

rögzítjük. Az így tárolt állományt a saját koordináta-rendszer, illetve a célrendszer paramétereinek ismeretében automatikusan és torzulásmentesen más vetületi rendszerbe konvertálhatjuk. A földtani térképek geokódolása esetén igen fontos, hogy a folyamatban az ismert pontokat (pl. a térkép sarokpontjait) ne földrajzi, vagyis szélességi és hosszúsági, hanem valamely vetületben értelmezett síkkoordinátákkal adjuk meg (TIMÁR et al. 2003).

A digitalizálás, amely történhet akár CAD-, akár GIS-alapon, voltaképpen szabadkézi rajznak felel meg, amelyen képernyőn rajzoljuk felül a geológus által elkészített, megfelelő koordináta-rendszerbe beillesztett rajzot. Lehetőség szerint törekszünk a vonalak pontos csatlakozására (az elkészült vektoros vonalmű ún. topológiai — az elemek egymáshoz viszonyított helyzetére vonatkozó — helyességére), amely a végpontokra vagy a vonalmű más pontjára történő kapcsolódással érhető el.

A digitalizálás során ügyelünk arra, hogy a földtani képződmények foltjait (a továbbiakban: *földtani foltok*) határoló vonalak zártak legyenek, ne keletkezzen szabad végpont, ill. ne keletkezzenek dupla vagy átfedő szakaszok, továbbá minden földtani folt rendelkezzen egy — de csak egy — azonosító kóddal, ún. centroiddal, amely a legtöbb esetben a földtani indexnek felel meg (TURCZI 2000). Amennyiben a digitalizálás során hibákat követünk el, ezeket GIS-szoftverek segítségével a topológiai rendezettség kialakítása (MAIGUT 2005) során párbeszéd-üzemmódban javíthatjuk. A CAD-szoftverek sajátossága, hogy egy fájlban belül egyszerre kezelhetünk több, különböző — pont, vonal, sokszög — típusú objektumot. Az adatbázis-kapcsolat létrejöttéhez a topológiai rendezettséget külön kell kialakítanunk, definiálnunk.

Földtani térképek felépítése MGE-környezetben: egy konkrét példa

Ebben a részben a Gömör-Bükk 1:100 000-es földtani térképének (LESS et al. 2004) példáján mutatom be egy nyomdába került térkép és feldolgozási módjának sajátosságait.

A végtermékként megjelenő földtani térkép nem egy fájl, hanem fájlok egymásra épülő sora. Ezek a fájlok egy ún. plotfájlból állnak össze nyomtatható formátumba. Itt fontos a fájlok sorrendje. Ez a sorrend legegyszerűbben egymás felett levő papírlapokként képzelhető el, ahol a sor legalján levő lapot a felette levő többi eltakarja. Földtani térképek esetében a legelső rétegbe a földtani foltokat tartalmazó fájl kerül, és erre a megfelelő sorrendben, a kitarasásokat figyelembe véve kerül a többi fájl. Ez a sorrend általánosságban a következő (alulról fölfelé):

- a képződményeknek a csak színes foltokat tartalmazó, színezett állománya;
- ha a térképen szerepelnek kitöltő minták, akkor az ezeket tartalmazó fájl;
- a topográfiai elemeket tartalmazó fájl;
- földtani folthatárok;
- tektonikai vonalhálózat;

— különböző egyéb jelek, pl. fúrásponatok, szelvényvonalak;

- a földtani formációk jelét tartalmazó ún. indexfájl;
- a keretfájl, amely a jelkulcsot is tartalmazza.

Abban az esetben, ha a térkép mellékleteket, pl. szelvényeket vagy esetleg kisebb méretarányú áttekintő tektonikai térképet tartalmaz a területről, akkor további állományok is szerepelnek a fent említett sorrendnek megfelelően. Ezt a sorrendet az 1. táblázat illusztrálja.

Láthatjuk, hogy egy térképet számos fájl, és ennek megfelelően számtalan különböző tulajdonságokkal rendelkező elem alkotja. Ezért az elemek kategorizálására és a kategorizálás szerinti osztályozására van szükség. Ez az osztályozás többek közt megkönnyíti az esetleges kereséseket — amelyek például magukra a földtani kódokra vagy akár a térkép névrajzára irányulhatnak — és javításokat is.

Ezt a kategorizálási sorrendet a DGN (a MicroStation fájlformátuma) szimbólum- és szintleírás-táblázatában dokumentáljuk, egyrészt a munkát megkönnyítendő, másrészt hogy a későbbiekben bárki, aki nem foglalkozott a térképpel, könnyen eligazodhasson a térképi elemek helyzetén és jellemzői között. A MicroStationban, mint pl. különböző grafikai programoknál, az azonos tulajdonsággal bíró elemeket különböző szintekre, ún. rétegekre tesszük. Ez igen fontos mozzanat, amely alapvetően meghatározza az egész ezt követő adatfeldolgozási munkafolyamatot. Itt adjuk meg az egyes térképi elemek különböző tulajdonságait, amilyen pl.

- a vonalvastagság,
- a szín, ill.

— a legfontosabb, azt, hogy ezek a digitalizáláskor mely szintre kerüljenek.

Ennek fegyelmezett betartása a térképkészítés egyik legfontosabb eleme, hiszen még ha nem is kerül nyomdába a térkép, a digitalizálást követő különböző munkafolyamatok akkor is erre épülnek.

A kategorizálási sorrend kiosztásakor előfordulhat, hogy különböző földtani térképi elemek, amelyek eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, egy szintre kerülnek. Ez a lehetőség abból származik, hogy mint az 1. táblázat mutatja, a különféle térképi elemek különböző fájlokba tagolódnak. Így pl. egy szintre kerülhet a források kék színű jele és a 0,3 mm vastagságú fekete földtani szelvény vonala (1. ábra).

Földtani térképek kartografálása, nyomdai előkészítése

A térkép feldolgozását és a feldolgozással párhuzamosan felépülő térképi adatbázis létrejöttét követi a kartografálás. Ez a munkafolyamat is kétfelé válik attól függően, mi a térkép felhasználási célja. Lényegében azt, hogy a különböző térképi elemek milyen típust — vonalvastagság, szín, vonalstílus — kapjanak, már a térképkészítés elején meghatároztuk. A folyamat második fele már a nyomdai előkészítés menetéhez tartozik, ahol a számítógépen kiválasztott stílusokhoz valós értékeket rendelünk.

1. táblázat. A Gömör-Bükk 1:100 000-es méretarányú földtani térképén (LESS et al. 2004) egymásra épülő fájlok sorrendje, alulról felfelé

Table 1. The correlate file order on Geological Map of Gemer-Bükk (LESS et al. 2004, scale 1:100,000) from bottom to top

gomor_bukk_foldtan_szinezett
gomor_bukk_foldtan_foldtan
gomor_bukk_foldtan_topografia
gomor_bukk_foldtan_vonalmu
gomor_bukk_foldtan_tektonika
gomor_bukk_foldtan_furasok
gomor_bukk_foldtan_dolesek
gomor_bukk_foldtan_index
gomor_bukk_szelveny_szinezett
gomor_bukk_szelveny_pattern
gomor_bukk_szelveny_vonalmu
gomor_bukk_szelveny_tektonika
gomor_bukk_szelveny_index
gomor_bukk_tektonika_szinezett
gomor_bukk_tektonika_vonalmu
gomor_bukk_tektonika_tektonika
gomor_bukk_jelkulcs_szinezett
gomor_bukk_jelkulcs
gomor_bukk_oroszag_terkep
gomor_bukk_attekinto_terkep

Ugyancsak a kartografáláshoz tartozik a földtani indexek elhelyezése a térképen. Ügyelünk arra, hogy ne kerüljenek fedésbe egymással a különféle szöveges, ill. grafikus objektumok, továbbá hogy megmaradjon az elemek egymáshoz viszonyított sorrendje is. Mivel a topográfiai alap (domborzat-, sík-, vízrajz) az, amely minden földtani térkép alapját képezi, ennek a felirataihoz igazodunk a szöveges elemek térképi elhelyezésekor. Kartografálás során arra is ügyelünk, hogy az egyes területi és vonalas elemek színének kiválasztásánál a színárnyalatok jól elkülönüljenek egymástól.

Az alábbiakban az MGE-szoftverkörnyezet moduljai között található MapFinisher-program sajátosságait írom le. A nyomdai előkészítés során a tulajdonság (feature)-táblázat segítségével határozzuk meg, hogy a nyomda miként értelmezze a földtani térkép elemeit. Ez a táblázat az elemek tulajdonságait tartalmazza, és kapcsot képez az elkészült adatbázis, valamint az adatbázisnak megfelelő adatszerkezet és a nyomdai követelmények között.

Egy-egy elem leírása az alábbi két részre tagolódik.

— leíró rész;

— meghatározások a nyomdának.

Az alábbiakban — példaként — két eltérő tulajdonságú elem szöveges leírását ismertetjük.

Az egyik, az „a” nevű elem egy földtani felt, amelynek

— színe = 13, (a program által alkalmazott színtáblában a 13. szín);

DGN színbólum és szintleírás				Projekt:	Gömör-Bükk				
LV	Leírás	Co	St	WT	Lv	leírás	co	St	wt
1	földtani határ	0	0	0	33	tóhatár	7	0	1
2	földtan (GEO_NDX); pattern város	0 0		0 0	34	kélvonalas folyó	7	0	1
3	tektonika általában dőlés	0 0	0	2 0	35				
4	áttolódás dőlés2	0 0	0	2 1	36	forrás szelvényvonal	7 0		3
5	áttolódás szaggatott dőlés3 földtan határ szaggatott	0 0 0	2	2 2 0	37				
6	tektonika templom	0 13	0	2	38	folyó	7	0	0
7	tektonika szaggatott	0	2	2	39	főszintvonal	38	0	1
8	tektonika	0	0	2	40	főszintvonal megrás font 128	83 0		
9	tektonika	0	0	2	41				
10	tektonika dőlés4	0 0	3	2 1	42				
11	eltolódás font 88	0 0		0	43				
12	font 128				44				
					45	országhatár	2	4	1
					46	településnév (font 128)	14		
					47	folyónév (font 132)	7		
					48				

1. ábra. A Gömör-Bükk 1:100 000 földtani térkép (LESS et al. 2004) rétegtáblájának részlete

Figure 1. Detail of the level sinbology of Geological Map of Gemer-Bükk (LESS et al. 2004, scale 1:100,000)

— szintje = 18 (azaz a program által felkínált szintek közül a 18.-on helyezkedik el);

— stílusa = 0, azaz folyamatos vonal;

— típusa = 6,14, azaz alakzat (összetett alakzat);

— vastagsága = 0.

Ez az ún. definíciós, leíró rész, amely az adott elem MicroStation-on belüli tulajdonságait tartalmazza. A másik, a „fdt határ” elem leíró része annyiban tér el, hogy

— színe = 0, azaz fekete;

— szintje = 1, azaz a program által felkínált szintek közül a első helyezkedik el);

— típusa = 3,14, azaz vonal, összetett vonal.

A nyomdai meghatározások rész határozza meg, hogy az adott elem a többihez képest hol helyezkedik el. A kimeneti oldal tartalmazza a nyomdában megjelenítendő valós vonalvastagságokat, színeket, stílusokat. A földtani fölt természetesen a legelső szint, erre épül rá a többi elem. Általában a legelső prioritási szint sorszámának a 100-at használjuk, ennél kisebb számot nem adunk az elemeknek. Az „a” fölt

— prioritása = 100,

— rendelkezik kontúrvonallal és kitöltéssel,

— határa és színe egyaránt C_Black40 (azaz 40%-os fekete raszter).

Az „fdt határ” esetében

— a prioritás = 120,

— a kontúr színe C_Black _6C (azaz 100%-os fekete raszter),

— a vastagság = 0,12 mm.

A nyomdai előkészítésre számos más, nem adatbázisra épülő, ún. grafikai program is képes. Ezekben a kartografálás is lényegesen egyszerűbb, hiszen nem rendelkeznek adatbázis-kapcsolattal, így a javítások is lényegesen könnyebben véghezvihetőek. Azonban lényeges különbség, hogy nem rendelkeznek koordinátarendszerrel, pusztán egy ehhez hasonló hálózattal, ami egy tetszőleges nulla ponthoz viszonyított osztásra épül. Ezenkívül hátrányukhoz sorolható, és talán a legfontosabb, hogy akkora adatmennyiséget, amelyet egy-egy földtani térkép, főképp térképsorozat képvisel, képtelenek fogadni és kezelni.

Míg a MicroStation-ban a fájlok egymás felettségével oldható meg az elemek ki- vagy ki nem takarása, addig MapFinisher-nél a prioritások szolgálnak erre. Míg a földtani térképen a topográfiai elemek viszonylag alacsony prioritásúak, a MapFinisher-ben lehetőség van arra, hogy pl. a településneveknek viszonylag magas prioritást adva, felemeljük azokat az elemek sorrendjében, és ezzel is megakadályozzuk a kitakarás lehetőségét.

A földtani térképek készítése során alkalmazott színrendszerek

A színekkel, ill. a színelmélettel elsősorban a fizika, de a művészetek is foglalkoznak. A színelmélet fejlődése többféle színkeverési mód kialakulását eredményezte. Ezek közül kettő az, amelyet a leggyakrabban alkalmaznak a

gyakorlatban mind a különféle digitális térképkészítő programok, mind a művészek: a kivonó, ill. az összeadó színkeverés.

Kivonó és összeadó színkeverés

Mindössze három szín, az ún. alapszín, segítségével csaknem minden szín kikeverhető. Már gyerekkorban megismerkedünk ezekkel a színekkel, amelyek a kék, a sárga és a vörös, valamint az ún. másodlagos színekkel, a zölddel, a narancssal és a bíborral.

Alapszínnek olyan színek alkalmasak, amelyek közül bármely tetszőleges kettő összekeverésével a harmadik nem keverhető ki. A két alapszín keverékeként létrejövő szín mindig világosabb lesz, mint a kiindulási színek. A zöld és a kék keverékéből zöldeskék, a zöld és a vörös összekeverésével sárga, a kék és a vörös keverékéből pedig bíbor színt kapunk.

Ugyanakkor a spektrum színei közt számos olyan szín-pár található, amelyek keveréke szintén fehér színt eredményez. Ezeket a színeket kiegészítő vagy komplementer színeknek nevezzük.

A különféle színterek létrehozására felhasznált három alapszín elvileg nincs rögzítve. A legalkalmasabb alapszín-együttest az szabja meg, hogy fizikailag milyen típusú eszközzel hozzuk létre a színeket. A monitorok a vörös (Red), zöld (Green) és kék (Blue) alapszínek különböző keverékeit állítják elő az ún. RGB-szintér hozva létre. A nyomtatók a cián (Cyan), a bíbor (Magenta) és a sárga (Yellow) festékkel, az ún. CMY-szintérben dolgoznak (BUNKS 2002). A nyomtatók és a nyomdák is a teljesebb hatás elérésére alkalmaznak még egy negyedik — fekete (black) — színt is, mert bár elvileg az azonos mennyiségű CMY-szín keverése kiadja a feketét, a valóságban azonban a tinták nem tökéletesek, és nem jön létre tökéletes fekete szín: az eredmény inkább földszínű lesz.

Kivonó (szubtraktív, CMYK) színkeverés történhet színes szűrőkkel, festékanyagok, színes folyadékok vagy átlátszó színes anyagok (üveg, különböző fóliák) segítségével. Ezek az anyagok a fehér fény egy részét visszaverik, áttereszik vagy elnyelik.

Festékek esetén csak az anyag saját színének megfelelő sugarak verődnek vissza. Áttetsző anyagok a saját színnek megfelelő sugarakat eresztik át, a többi elnyelik. Ennél a keverési módnál az alapszínek a következők: sárga, bíbor és kékeszöld. Mellékszín a vörös, a kék és a zöld.

Ezt a színkeverési módot alkalmazza a fényképészet és a nyomdatechnika. Offszetnyomáson azonban az alapszín a cián, a sárga és a bíbor (magenta; KIRÁLY 1989; NEMCSICS 2004). Negyedik színként azonban alkalmazzák a feketét, mivel a különféle szövegek megírásához általában ezt a színt alkalmazzuk: sokkal egyszerűbb a nyomda számára önálló színként kinyomtatni, mint három szín keverékéből előállítani.

Összeadó (additív, RGB) színkeverés jön létre különböző hullámhosszúságú fénysugarak egymásra vetítésekor. Összeadó színkeverés jön létre pl. raszterpontok segít-

ségével. Ezt a módszert színes monitoroknál, képernyőknél alkalmazzák.

Ha a folyamatos színekép sugarait egy tükrösorozatra vetítjük, ahonnan a visszaverődő sugarakat egy fehér vásznon fogjuk fel, és a tükröket úgy helyezzük el, hogy a sugárnyalábok egy pontban egyesüljenek, azt tapasztaljuk, hogy a spektrumszínek keveréke fehér fényt eredményez. Ugyancsak fehér fény keletkezik a három alapszín keverésével is.

A színrendszerek alkalmazása a gyakorlatban

A két színrendszer közötti átváltásra a Pantone cég konverziólistát készített, amely pontosan megadja, hogy a két rendszerben melyik szín milyen értéknek felel meg. Ez azért fontos, mivel az RGB színrendszer valamivel több mint 16,7 millió színváltozatot képes előállítani, s a négy színből felépülő CMYK is ennél csak kicsivel kevesebbet.

A nyomdai, végleges színek kiválasztásához leggyakrabban az ugyancsak a Pantone cég által gyártott színskálát használjuk, amely megadja a Pantone-színek négyszínnyomásnál (CMYK) használt alapszínértékeit (0–100% között) is. Ezek a százalékos értékek tulajdonképpen fedettségi értékek. Nyomatásnál az alapszínek fedik egymást, létrehozva így a kívánt színt. A választott, Pantone-színnek megfelelően változik az alapszín értéké. Pl. a C₄₉₈₅ és a C₃₄₅ színek a következő összetétellel rendelkeznek: az első (vörösesbarna szín) C0M60Y51K47, a második (világoszöld) C38M0Y34K0.

A Pantone-színek előre elkészített, direkt színek, amelyeket főleg plakátok nyomtatásakor használnak. A színskálán a százalékos arány feltüntetése a fontos. Ezen túlmenően saját színeket is keverhetünk, megadva az egyes összetevők mennyiségének százalékos arányát.

A színek pontos egyeztetéséhez próbanyomatot készítünk. Ez egy végleges levilágítás előtti próbanyomat, amelyhez a négy alapszínnek megfelelően négy külön film készül. A próbanyomaton már a valós, a nyomtatásban is megjelenő színeket láthatjuk. A munkafolyamat e fázisában még a kívánt árnyalatra változtathatjuk a színeket, ha szükséges.

Napjainkra a számos nyomdai úton elkészült földtani térképnek és a végső stádiumban levő Magyarország 1:100 000-es földtani térképsorozatának (MAIGUT 2005; Turczi 2005) köszönhetően létrejött az az egységes színadatbázis,

amely az egyes képződményekhez mind az RGB-, mind CMYK-kiosztás szerint hozzárendeli a megfelelő színeket. Ez azt jelenti, hogy az egységes adatbázisnak megfelelően minden térképhez automatikusan elkészíthető egy csak a térképen szereplő színeket tartalmazó színtábla, ami már a nyomdai színeket tartalmazza. Korábban, amíg ez az adatbázis nem létezett, számos, előre definiált színtáblát használtunk, amelyek azonban statikusak voltak, esetleges igények szerinti módosításuk manuálisan történt, és a színeket a nyomdai színekre külön konvertáltuk át. Természetesen ez az adatbázis egyéb, más méretarányokban készülő térképek számára nem kötelező érvényű, és továbbra is használatban marad a korábban említett Pantone-színskála. Az adatbázis pusztán segítséget nyújt a különböző képződmények megfelelő színének kiválasztásában.

A térkép a végső levilágítás előtt többszöri ellenőrzésen megy át, a négy színt külön-külön ellenőrizzük. Ennek során különös hangsúlyt fektetünk a fekete színre, hogy az esetleges elemhiányokat ki lehessen javítani. A négy film közül a fekete a legfontosabb, hisz a legtöbb térképi elem ezen található, így az esetleges hiányok is itt jelentkezhetnek. Ha valamelyik másik színben fordulna elő hiba, az azonnal kitűnne, hiszen a várttól eltérő színt eredményezne. Elemhiányok akkor fordulhatnak elő, ha a többszöri ellenőrzések ellenére valamely térképi elem nem a megfelelő rétegen vagy nem az előírásnak megfelelő definíciókkal bír. Természetesen, ha a rajzolás a megfelelő rétegen, a megfelelő színnel és vonalvastagsággal stb. történt, ilyen hibák nem fordulhatnak elő.

Összefoglalás

A leírt folyamatból jól látható, mennyire fontos a földtani térkép digitalizálásától kezdődően a különböző szabályok betartása, hiszen elég egy kis eltérés a definícióktól, és az objektum máris rossz formátumban jelenik meg a levilágított filmen. Összegzésként tehát elmondhatjuk, hogy a nyomdai előkészítés szorosan egymásra épülő folyamatok összessége az alapanyag kézhezvételétől kezdődően a színadatbázisokból a színtáblák manuális vagy — újabban — automatikus elkészítésén át a végső ellenőrzésekig, majd a nyomtatásig. A modern szoftverkörnyezet kiépítésével és az annak megfelelő, egységes színkulcs definiálásával Intézetünkben ez a folyamat nagymértékben korszerűsödött.

Irodalom — References

- BUNKS C. 2002: *Egy korty GIMP. A digitális képszerkesztés hatékony módszerei.* — Typotex kiadó, 342 p.
- KIRÁLY S. 1989: *Általános színtan és látáselmélet.* — Tankönyvkiadó, Budapest, 270 p.
- LESS, GY., MELLO, J., ELEČKO, M., KOVÁCS, S., PELIKÁN, P., PENTELÉNYI, L., PEREGI, ZS., PRISTAŠ, J., RADÓCZ, GY., SZENTPÉTERI, I., VASS, D., VOZÁR, J., VOZÁROVÁ, A. 2004: *Geological map of the Gemer-Bükk Area 1:100,000.* — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- MÁFI 2001: *A Magyar Állami Földtani Intézet 2001. évi kutatási terve.* — *Kézirat,* Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

- MAIGUT V. 2005: Földtani térképek kartografálásának segítése térinformatikai módszerekkel. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004* (jelen kötet).
- NEMCSICS A. 2004: *Színdinamika. Színes környezet tervezése.* – Akadémiai Kiadó, Budapest, 509 p.
- TIMÁR G., VARGA J., SZÉKELY B. 2003: Ismeretlen paraméterezésű valódi kúpvetületben készült térkép térinformatikai rendszerbe integrálása. – *Geodézia és Kartográfia* 55 (2), pp. 8–11.
- TURCZI G. 2000: Térkép alapú informatika a földtudományban. Doktori (Ph.D.) értekezés. – *Kézirat*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi Tanszék, Budapest.
- TURCZI G. 2005: Földtani térmodell építése – adatbázisok az intra- és interneten. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004* (jelen kötet).

Földtani térképek kartografálásának segítése térinformatikai módszerekkel

Aiding the cartographic process of geological maps with GIS-methods

MAIGUT VERA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: adatbázisok, adatfeldolgozás, adatkezelés, digitális adatok, földtani térkép, Magyarország

Összefoglalás

Ahhoz, hogy egy adatbázis alapján készülő térkép geológiai információit értelmezni tudjuk, az ábrázolt adatokat kartografálni kell. A kartografálás folyamata alapvetően manuális, ennek ellenére egyes lépései automatizmusok felépítésével gyorsíthatók.

A szóban forgó térképen megjelenő földtani információkat és azok kartografálási jellemzőit relációs adatbázisok tartalmazzák. Az adatbázisok közötti kapcsolatnak köszönhetően az adattáblákból megfelelő lekérdezéssel kigyűjthetjük az éppen szükséges kartografálási információkat, például a vonalmű színezéséhez vagy a jelmagyarázat elkészítéséhez.

A térképkészítés során felmerülő feladatokra a térinformatikai szoftverek sok esetben hatékony megoldásokat kínálnak, de előfordul, hogy a felhasználónak kell egyedi módszereket találnia. Az intézetben alkalmazott térinformatikai környezet funkciói parancs módban is elérhetők. Ezt kihasználva Visual Basic-felületen több saját fejlesztésű szoftvert készítettünk, amelyek kimondottan a térinformatikai-térképészeti munkafolyamatokat támogató célprogramok: a kereskedelmi szoftverek használatát egyszerűsítik, folyamataikat vezérlik, adataikat készítik és felhasználják. Az 1:100 000-es földtani térképmű munkálatai során létrehoztunk többek közt egy parancsfájl-generáló, egy jelmagyarázat-készítő és egy pontfelrakó programot.

Key words: databases, data handling, data processing, digital data, geologic maps, Hungary

Abstract

If we intend to interpret the geological information of maps made on the bases of a database, cartographic processing is needed. The cartographic process is mainly manual, though its certain steps can be speeded up with setting up automation.

The referred geological information appearing on the map and the characteristics of its cartographic process are included in relational databases. Due to the connection between databases with the right query the required cartographic information can be gathered from the data tables. They might be used for example in order to colour the linework or to construct the legend.

GIS softwares often offer effective solutions when problems occur during map making, but sometimes one has to find special methods. The functions of the GIS surroundings applied at the institute can be reached in batch mode. Using this we have developed more softwares in Visual Basic, which are specially designed programmes to support the working process in GIS and map making: they simplify the use of commercial softwares, command their procedures, make and use their data. In the course of constructing the 1:100 000 geological map we created a batch file generating, a legend making and a point placing software.

Bevezetés

Adatbázisban tárolt geológiai információk értelmezéséhez az adatok szemléletes ábrázolására van szükség. Az adatbázis alapján készülő térképet nyomtatáshoz kartografálni kell, klasszikus térképészeti megoldások felhasználásával. A térképészeti munka során figyelembe kell vennünk a rendelkezésre álló eszközöket, vagyis a térinformatikai szoftveres környezetet is, mert az jelentősen be-

folyásolja a konkrét feladatokat és megoldási módjukat egyaránt.

A jelen cikk az 1:100 000-es méretarányú földtani térképmű¹ (MAIGUT 2004) munkálatai során szerzett

¹ Szelvényezett térképmű: (térkép)szelvények sorozata, amelyeket egy szelvény-minta alapján egy olyan terület összefüggő ábrázolására készítenek, amely ugyanebben a méretarányban az egy térképi egységben való ábrázolásra túl nagy. Sajátosságai: egységes szelvénybeosztás, módszeres szelvényjelölési rendszer, egységes jelkulcs-összeállítás, egységes (térkép)vetület és az egész műre vagy meghatározott térképterületre egységes (lináris) méretarány. (FÖLDI 1974)

tapasztalatokat tükrözi, és a munka során felmerült feladatokat és megoldásuk módszereit ismerteti, amelyek azonban más hasonló munkák során is felhasználhatók.

Kartografálás

Kartografálás alatt a térképen bemutatott adatok szemléletes ábrázolását és annak kivitelezését értjük. A kartografálás folyamata alapvetően manuális. A grafikus megjelenítés esztétikai érzéket követelő feladat, éppen ezért csak egy részét lehet automatizálni. A kartografálást segítő térinformatikai módszerek, az automatizációk kidolgozása segíti és gyorsítja, de nem helyettesítheti a kreatív térképészeti munkát.

Egy térképmű, amely az adott területet több térképszelvényen mutatja be, különösen alkalmas automatizmusok kialakítására, hiszen a térképszelvények kartográfiai jellemzői egyformák, és formai kivitelezésük is ugyanazon rendszer alapján történik. Ezek az azonosságok teszik lehetővé, hogy az egyes folyamatokra automatizmusokat építsünk fel.

A szoftveres környezet

A Magyar Állami Földtani Intézetben régóta alkalmazott térinformatikai szoftveres környezetet az MGE² és a Microstation (BENTLEY) jelenti. A hozzá kapcsolódó adatbázis-kezelő pedig az SQL Server³. A felhasznált szoftveres környezet nagyban befolyásolja többek közt a kartografálásra kialakított technológiai sort is. A programok nyújtotta lehetőségek csak keretet adnak a munkához, ezek minél ésszerűbb kiaknázása, továbbá a technológiai sor és a munkafolyamat kialakítása a felhasználó dolga.

A térképkészítés során felmerülő feladatokra a szoftverek sok esetben hatékony megoldásokat kínálnak, de előfordul, hogy a felhasználónak kell egyedi módszereket találnia. A beépített modulok kihasználása mellett az adott feladat elvégzéséhez vagy egyszerűsítéséhez, gyorsításához így gyakran szükség van kiegészítő programok kifejlesztésére. Ezeket a kiegészítéseket általában Visual Basic-felületen oldjuk meg. A különböző munkák során keletkezett szoftverekből jó néhány más munkákban is jól használható.

Módszerek

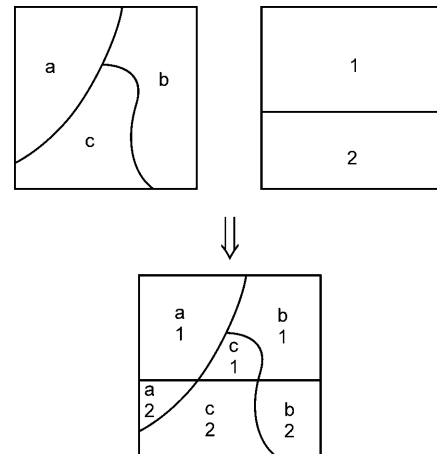
A kartografálás egyes lépéseinek automatizálása többféle módszerrel történik. Ezek azonban nem választhatók el egymástól, szorosan összefüggnek. Használatuk egymásra épül, ezért egy-egy munkafázis során többféle módszert is felhasználunk.

1. A szoftverek által nyújtott lehetőségek:

1.a. A szoftveres megoldások a felépített adatbázis alapján a beépített térinformatikai modulok használatát jelentik a kidolgozott technológiai sor szerint. Ilyen például a komplex topológia létrehozása és térbeli lekérdezések meg-

fogalmazása. A topológia az objektumok geometriai jellemzésekor az egyes pontok, vonalak, felületek szomszédsági kapcsolatait — konkrét szám adatok nélkül — írja le (DETRÉKÓI, SZABÓ 2002). A komplex topológia több térképi tematika metszetét írja le, ahol az egyes témák közötti kapcsolatot az adatok földrajzi helye teremti meg. A felületi elemek „felszeletelik”, a vonalas elemek elmetszik egymást, és minden egyes objektum megőröklí az adott helyre vonatkozó különböző tulajdonságokat (1. ábra).

A topológia alapján térbeli lekérdezéseket fogal-



1. ábra. A komplex topológia elve

Figure 1. The concept of complex topology

mazhatunk meg, például mely képződmények esnek a Gyöngyös nevű térképszelvényre, vagy mely térképszelvényeken fordul elő a Dachsteini Mészki Formáció.

1.b. Az adatbázistól elszakadva, a szoftverek saját moduljai a kartografált geometriai adatok módosítására is lehetőséget adnak. A kartografált fájlból visszaolvashatók például a megjelenített adatok grafikus jellemzői.

A szoftverek a legtöbb kartografálási feladatra nyújtanak különböző szintű megoldásokat, most azonban első sorban a saját programjaink ismertetése következik.

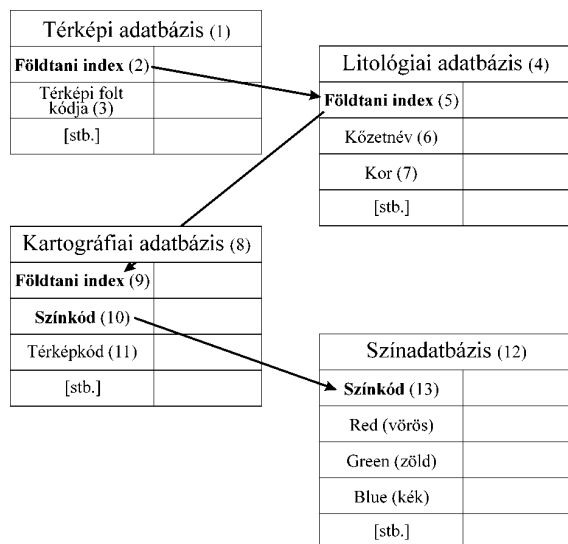
2. *Relációs adatbázis létrehozása:* Az 1:100 000-es földtani térképművünk háttérében összesen négy adatbázis áll, amelyekben rengeteg adattábla található. A legfontosabb a térképi adatbázis, amely a térképen megjelenő földtani képződmények és jelenségek minősítését tartalmazza. A litológiai adatbázisunk — amely intézetünk intranetjén is elérhető (TURCZI 2005) — a képződmények részletes földtani jellemzőit foglalja magában. A harmadik adatbázisunk a térkép megjelenítésére vonatkozó kartográfiai információkat szervezi rendbe. Végül a színtáblánkban az intézetünkben eddig nyomdai vagy nyomtatott formában elkészült, illetve készülő térképek színeit és a színek különböző színrendszerek szerinti összetételét (GALAMBOS 2005) tároljuk.

Az adatbázisok és adattáblák összekapcsolása, vagyis az adott feladatnak megfelelő relációk létrehozása után különböző lekérdezéseket fogalmazhatunk meg, kigyűjtjük például egy kiválasztott térképszelvény

² MGE = Modular GIS Environment (Graphit Kft.)

³ SQL = Select Query Language (Microsoft 2000)

képződményeinek nevét, korát, meghatározhatjuk sorrendjüket a jelmagyarázatban, de az egyes képződmények színének összetételét is kiolvashatjuk. A relációs adatbázis egyszerűsített, elvi szerkezetét a 2. ábra mutatja be.



2. ábra. A relációs adatbázis szerkezetének vázlata

Figure 2. The scheme of the relational database structure

1. = Map database; 2. = Geological index; 3. = Code of the map area feature; 4. = Lithological database; 5. = Geological index; 6. = Lithological name, 7. = Age; 8. = Cartographic database; 9. = Geological index; 10. = Colour code; 11. = Map code; 12. = Colour database; 13. = Colour code; [stb.] = [etc.]

3. *Visual Basic-felületen készült programjaink:* Az alább tárgyalt, Visual Basic-felületen készült programjaink kimondottan a térinformatikai-térképszeti munka-folyamatokat támogató célprogramok. Használatuk a kartografálás alatt is jelentős, mert az előző módszereket egyszerűsítik, alkalmazásukat vezérlik, adataikat készítik és felhasználják.

Az MGE és a Microstation funkcióit parancsmódban is elérhetjük, vagyis lehetőségünk van bármilyen utasítás-sorozat, akár több parancs több térképszelvényre történő egyidejű futtatására. Ennek kapcsán több programot is készítettünk.

3.a. Az egyik programunk a felhasználó által megfogalmazott parancsokat olyan rendbe szervezi, amelyet az MGE és a Microstation fogadni tud. A program tehát megfelelő formai keretet szolgáltat ahhoz, hogy a felhasználó bármilyen és bármennyi parancsot megfogalmazzon és az adott feladat szerint paraméterezzen.

3.b. Az előző szoftver bővítményeként a jelmagyarázat generálására is készítettünk egy programot. Ennek használatához a relációs adatbázis adatainak szűrésével állítjuk elő az adott térképszelvényen előforduló képződmények és a hozzájuk tartozó kartográfiai jellemzők listáját. A lista alapján, a jelmagyarázat előre meghatározott formai kritériumai szerint a program elkészíti a parancsfájlt. A parancsfájl futtatásával előáll a jelmagyarázat nyers formája.

3.c. Sok esetben szükségünk van különféle geometriai (pontok, nyitott vagy zárt poligonok) és szöveges elemek koordináta alapján történő elhelyezésére. Ennek automatizálásra is készítettünk egy Visual Basic-programot.

Automatizált munkafázisok

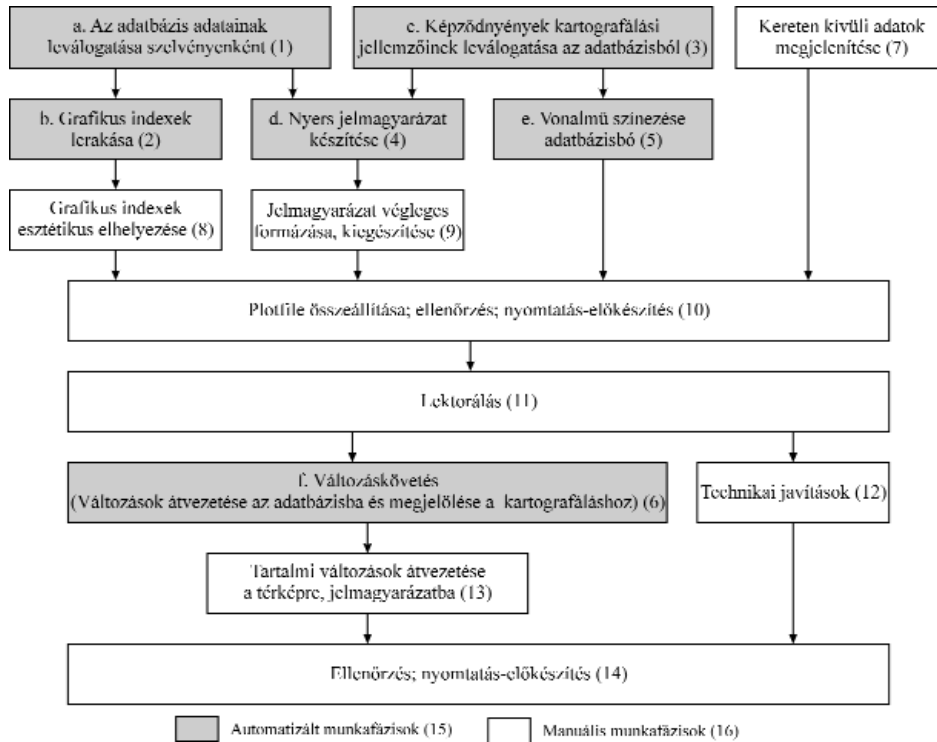
A földtani térképek kartografálási folyamatának egyszerűsített szakaszait a 3. ábra szemlélteti. A következőkben az egyes automatizált munkafolyamatokat — az ábrán szürkével jelölve — tárgyaljuk.

a) *Az adatbázis adatainak leválogatása térképszelvényenként:* A térképmű geometriai adatainak könnyebb kezelhetősége érdekében az országot öt nagyobb régióra osztottuk, és ennek megfelelően az adatokat öt külön állományban tároljuk (MAIGUT 2004). A térképművet Gauss-Krüger szelvénylaponként nyomtatjuk, és ez újabb feladatot generál. A képződmények ugyanis nincsenek tekintettel a szelvénybeosztásra, és sokszor több lapon is áthúzódnak. A képződmény indexe azonban ilyen esetben is csak egyszer szerepel a foltban — hiszen adatbázisunkban minden foltot egyetlen azonosító határoz meg — és ha tudni szeretnénk egy foltról mi is az, kénytelen-kelletlen meg kell keresnünk benne az indexet. A kartografálást az ilyen keresgélés nagyon lelassítja, ezért az adatbázist térbeli lekérdezések segítségével, a földtani információ és a szelvényháló komplex topológiája alapján térképszelvényenként leválogatjuk, majd a lekérdezés eredményét a szoftver moduljaival grafikusán is megjelenítjük. Így minden egyes lap „töredék” foltjaiba is kerül index, amit a kartografáló már könnyebben megtalál.

b) *A grafikus indexek lerakása:* A földtani képződményeket a térképi adatbázisban földtani indexek azonosítják. Az adatbázisban technikai okokból az indexek ún. kiterített formában szerepelnek, a térképre azonban ennek könnyebben értelmezhető formája, a grafikus index (GYALOG 1996) kerül (4. ábra). Az előző munkafázisban leválogatott térképszelvényeken a kiterített indexeket koordináta alapján a 3.c. program segítségével grafikus indexekre cseréljük. Az utóbbiak esztétikus elhelyezése már kizárólag manuális térképszeti feladat.

c) *Kartografálási jellemzők leválogatása az adatbázisból:* Nemcsak az egyes térképi foltok földtani minősítését, vagyis indexét tároljuk adatbázisban, hanem azok kartográfiai jellemzőit is: a képződmények jelmagyarázatban szereplő nevét, sorrendjét, grafikus indexének azonosítóját, térképi színét stb. Az összekapcsolt adattáblákból a megfelelő lekérdezéssel leszűrhetjük, kigyűjthetjük az éppen szükséges kartografálási adatokat, például a vonalmű színezéséhez vagy a jelmagyarázat elkészítéséhez.

d) *Nyers jelmagyarázat készítése:* Az adatbázis adatainak térképszelvényenkénti leválogatásakor egyúttal megkapjuk az adott térképszelvényen előforduló képződmények listáját is. Ha ezt a listát a relációs adatbázishoz csatoljuk, akkor a jelmagyarázat elkészítéséhez szükséges összes információt lekérdezhetjük. A 3.b. programmal készítjük el a jelmagyarázat nyers formáját, amely időrend-



3. ábra. A földtani térképek kartografálásának fázisai: a-f jelölést kaptak azok a fázisok, amelyeket a szövegben ugyanilyen jelölés alatt ismertetünk

Figure 3. Phases of cartographic processing of geological maps. Phases marked with a-f have the same marking in the text

1 = Selection of database items in map sheets; 2 = Raw placement of graphic indexes; 3 = Selection of the cartographic features of geological formations of the database; 4 = Processing of raw legend; 5 = Coloration of linework from database; 6 = Updating the database and marking for cartographic processing; 7 = Display of data outside the map frame; 8 = Aesthetic placement of graphic indexes; 9 = Final formatting and completion of legend; 10 = Plotfile processing; checking; preparation for printing; 11 = Proofreading; 12 = Technical corrections; 13 = Updating map features and corresponding legend items; 14 = Checking; preparation for printing; 15 = Automatic work phases; 16 = Manual work phases

a. d_{fT_3} , mOl_2k , $GK1-2$, MPz , $taPa_2Bt$

b. d_{fT_3} , mOl_2^k , GK_{1-2} , MPz , $taPa_2^{Bt}$

4. ábra. Indextípusok, a = kiterített, b = grafikus indexek

Figure 4. Types of indexes, a = simplified, b = graphic indexes

ben tartalmazza a leválogatott területen, vagyis a térkép-szelvényen előforduló képződményeket az előre definiált külalak szerint, szabványos nevekkkel és a térképi jelkulcsnak megfelelő szabványos felületi színekkel.

A nyers jelmagyarázatot ezután manuálisan alakítjuk tovább. Kiegészítjük további, például tektonikai elemekkel, és a térképlapon rendelkezésre álló hely méreteinek megfelelően tördeljük (5. ábra).

e). A vonalmű színezése adatbázisból: A grafikus ábrák a vonalművet, vagyis a képződmények határvonalát és indexét tartalmazzák. A térképen megjelenő színes foltokat a vonalműből a relációs adatbázisban szereplő, kartografálásra vonatkozó adatok (előírások) szerint állítjuk elő a 3.a. program felhasználásával.



5. ábra. Térképművünk jelmagyarázatának részlete

a = nyers, b = kész

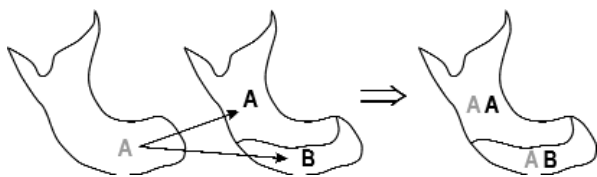
Figure 5. Detail of map legend

a = raw; b = final

Ennek a programnak a legnagyobb előnye, hogy a parancsok formai konverziója mellett a Microstation egyik nagy kartografálási problémáját is megoldja: a Microstation egyszerre ugyanis csak korlátozott mennyiségű színt képes kezelni, standard színtáblája véges számú „színhelyet” tartalmaz. Ezekre a színhelyekre ugyan tetszőleges szín definiálható, de a manuális színdefiníció körülményes. A programmal a megadott képződmények színeiből egyedi színtábla készíthető bármilyen térképhez, jelen esetben térképszelvényhez.

f) *Változáskövetés:* A térképek tartalmi lektorálása után a változásokat felvesszük a digitális térképi állományba és az adatbázisba. A kartografált végtermék azonban már nincs kapcsolatban az adatbázissal, így a tartalmi javítások nem jelennek meg rajta. A javítás során a változás jellegének megfelelően tehát a kartografálás bizonyos munkafázisait újra el kell végezni.

Miután a térképek tartalmi lektorálása során kijelölt változásokat átvezettük az adatbázisba, ugyanezt meg kell tennünk a kartografált térképszelvényeken is. Ehhez meg kell jelölnünk minden egyes térképi elemet, amely megváltozott. A régi és a kijavított, új vonalmű térinformatikai összehasonlításával, komplex topológia létrehozásával lekérdezhető azon töredékfoltok, amelyeknek nem egyezik régi és új földtani minősítése. Az összehasonlítás elvét



6. ábra. Az eredeti és a megváltozott vonalmű összehasonlítása
Figure 6. Comparison of the original and updated linework

az 6. ábra szemlélteti. A térbeli lekérdezés eredményét grafikusan is megjelenítjük, majd a javítást átvezetjük a kartografált térképre.

A térképszelvények földtani tartalmának változása természetesen kihat a jelmagyarázatra is. Ennek megfelelően a javított adatbázis alapján újra elkészítjük a nyers jelmagyarázatot, és összehasonlítjuk a régebbivel. Tekintve, hogy a jelmagyarázat összetétele általában csak kis mértékben változik, többnyire a régi jelmagyarázatot alakítjuk át, az új nyers jelmagyarázatból átvéve beszurjuk az új elemeket.

Színskálák

Az 1:100 000 földtani térképművünk munkálatai közben felmerült többféle színskála alkalmazása, például a nyomtatott és az intranetes/webes változatok esetére. Adatbázisszinten ez a megfelelő adattáblák egymáshoz rendelésével viszonylag egyszerűen megoldható, a kartografálásnál azonban többletfeladatokat jelent.

A legegyszerűbb megoldásnak az tűnik, ha csak a térképszelvényhez tartozó színtáblát cseréljük le, vagyis újradefiniáljuk benne a tábla azonosítóíhoz tartozó színeket.

A jelmagyarázat esetében pontosan ez történik. Ahhoz, hogy a színeket újradefiniálhassuk, tudnunk kell, a színtábla adott színe milyen képződményhez tartozik. Mivel minden színtábla egyedi, vagyis térképszelvényenként változik csak a grafikus állományokból derül ki, hogy például a húszas azonosítójú szín milyen földtani képződményt jelöl. Szükség van tehát egy olyan programra, amely ebből az állományból kiolvassa a benne tárolt grafikai elem tulajdonságait, a jelen esetben a képződmény kódját és a hozzá tartozó jelkulcsi elem színkódját. Ez a feladat a Microstation egyik moduljával megoldható. A földtani és a színkódot leszűrési koordinátáik segítségével rendeljük egymáshoz. A relációs adatbázis és az előbb létrehozott képződmény–színkódlista alapján pedig az új színtábla a 3.a. programmal már könnyen elkészíthető.

A térképi színek esetében még egyszerűbb a feladat. Itt a saját fejlesztésű programjainkban megtalálhatók az eredeti színezéshez használt, adatbázisból leválogatott listák (földtani index, színkód stb.). A relációs adatbázis egyik elemét képező színadatbázisból a földtani indexhez rendelt újabb színskála gyorsan lekérdezhető. A két lista egymáshoz kapcsolása után az új színtábla már könnyen és gyorsan előállítható anélkül, hogy magához a vonalműhöz hozzá kellene nyúlnunk.

Összefoglalás

Ahhoz hogy adatbázis alapján készülő nyomtatott térkép geológiai információit értelmezni tudjuk, az ábrázolt adatokat kartografálnunk kell. A kartografálás folyamata alapvetően manuális, ennek ellenére egyes lépései automatizmusok felépítésével gyorsíthatók. Különösen igaz ez térképművek esetében, amikor az adott területet több térképszelvény mutatja be. A térképen megjelenő földtani információkat és azok kartografálási jellemzőit relációs adatbázisok tartalmazzák. A kartografálás során felmerülő feladatokra a térinformatikai szoftvereken kívül Visual Basic-felületen több saját fejlesztésű programot készítettünk, amelyek kimondottan a térinformatikai-térképészeti munkafolyamatokat támogató célprogramok.

Irodalom — References

- BENTLEY [évszám nélkül]: *Microstation* – <http://www.bentley.hu/termek/microstation.html>
- DETRÉKÓI Á., SZABÓ GY. 2002: *Térinformatika*, pp. 380
- FÖLDI E. 1974: Kartográfiai értelmező szótár. – *Kézirat*, Földmérési Intézet, Budapest.
- GALAMBOS Cs. 2005: A földtani térkép - a digitalizálástól a nyomdáig. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004* (jelen kötet).
- Graphit Kft. [évszám nélkül]: *MGE termékek*. – <http://www.intergraph.hu/gis/products/software/aboutmge.aspx>.
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa* 187.
- MAIGUT V. 2004: Új digitális földtani térképmű a MÁFI-ban. – *Geodézia és kartográfia* 2004 (7), pp. 22–26.
- Microsoft 2000: *Windows Server System. SQL Server*. – www.microsoft.com/HUN/product/SQL.asp.
- TURCZI G. 2005: Földtani térmodell építése - adatbázisok az intra- és interneten. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004* (jelen kötet).

Magyarország hegyvidéki területeinek fúrási és földtani térképi adatbázisa (a Magyar Állami Földtani Intézet és a Mol Rt. közös projektje)

*The borehole and map database of hilly areas of Hungary
(joint project of the Geological Institute of Hungary and the
Mol Hungarian Oil and Gas Company)*

GYALOG LÁSZLÓ¹, TULLNER TIBOR¹, TURCZI GÁBOR¹ és TURTEGIN ELEK²

¹Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

²Mol Rt., 1031 Budapest, Batthyány út 43.

Tárgyszavak: fúrások átértékelése, rétegtani szinttérképek, egységes földtani jelkulcs, formáció, fúrási adatbázis, térképi adatbázis, topológiai adatintegráció, adatkonverzió, olajipar

Összefoglalás

A Mol Rt. hazai kutatásai számára a Magyar Állami Földtani Intézet és a Mol Rt. közötti, „A szénhidrogén-kutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” tárgyú együttműködés keretében 1998–2004 között 1:100 000-es méretarányú fedetlen rétegtani szinttérkép-szerkesztés és fúrásátértékelés készült 10 részterületről, ezek az ország hegyvidéki területeinek legnagyobb részét felölelik, kiegészítve egyes domb- és síkvidéki területekkel.

A földtani feldolgozás során fúrási adatbázist hoztunk létre, és erre alapuló fedetlen rétegtani szinttérképeket szerkesztettünk. A földtani feldolgozás alapelvei a MÁFI egységes (negyedidőszaknál idősebb egységek formáció alapú, negyedidőszaki egységek genetikai alapú) földtani jelkulcsán alapultak. Ez alapján egységes jelkulcstáblát dolgoztunk ki, megteremtettük a fúrási átértékelés informatikai keretét és kidolgoztuk a térképszerkesztés elveit. A fúrások átértékelése során az adattári áttekintő adatokból kiindulva, rendszerint az elsődleges dokumentációig nyúltunk vissza. A részterületekről az átértékelt fúrások adatainak felhasználásával és azokkal egyeztetve digitális és nyomtatott, 1:100 000-es méretarányú, fedetlen rétegtani szinttérkép-változatok készültek. A munka során Magyarország feldolgozott területeinek valamennyi, fúrásátértékelés vagy térképszerkesztés során elkülönített egységét besoroltuk az egységes jelkulcstábla valamilyen meglévő vagy újonnan létrehozott jelkulcsi egységébe. Számos új egység bevezetésére tettünk javaslatot. A munka lezárásaként a részterületek anyagát egységesítettük.

Az informatikai feldolgozás során külön építettük fel a fúrási és a térképi adatbázist. A fúrási adatbázis létrehozásához táblázatos adatokat kezeltünk, az alapvetően fúrási adatok alapján történő térképszerkesztési területi adathalmazok feldolgozását jelentette. A fúrási adatbázis létrehozásakor a nyers fúrási adatokat az általunk kifejlesztett egységes szerkezetbe hoztuk. Az adatbázist dBASE-ről Oracle, később SQL Server formátumba konvertáltuk, majd a fúrási alapadatokat és a fúrások rétegsorait külön táblába töltöttük. A kettő közötti kapcsolatot az FRS_ID kulcsmező (egyedi azonosító sorszám) biztosította. A fúrási adatbázis alapján különböző rétegtani szintek felszínének földtani és szintvonalas térképeit készítettük el, amelyhez a megfelelő szintek fúrási adatait használtuk fel.

Több szinttérkép esetén az ezek közötti kapcsolatot ún. „sapkakkal” oldottuk meg, ahol a legidősebb szint térképére sapkaként kerültek a fiatalabb szintek képződményei. Az adatintegráció keretében végeztük el a fúrási és térképi adatbázis egységesítését, mely a fúrási (pont típusú) és térképi (területi típusú) topológiai állományok összevetésével valósult meg. A térképszerkesztést MicroStation, illetve Intergraph MGE–Oracle (SQL Server) rendszerben végeztük, amelyet ESRI ArcView-dBASE formátumba konvertálva adtunk át a Mol Rt. részére.

A Mol Rt.-ben a MÁFI szakemberei által felépített rendszer használatával lehetővé vált az olajipar számára korábban fehér foltnak tekinthető hegy- és dombvidéki területek kutatásának hatékony megtervezése. Az egységes szemléletű adatrendszer lehetővé tette a szénhidrogén-földtani modellalkotást, a kutatólétesítmények (pl. szeizmikus vonalak, magnetotellurikus mérések) optimális elhelyezését és segítette az eredmények értelmezését. Ez a rendszer a Mol Rt.-ben egy fejlesztés alatt álló, belső adatbázis magját képezi.

Keywords: reinterpretation of boreholes, geological maps, uniform geological legend, formation, borehole database, map database, topological overlay, data conversion, oil industry

Abstract

Between 1998–2004 in the frame of the co-operation between the Geological Institute of Hungary (MÁFI) and the Mol Hungarian Oil and Gas Company (Mol) under the contract "Construction of the GIS-based geoscientific database system for hydrocarbon prospecting" MÁFI performed the compilation of 1:100 000 solid geological maps of different age surfaces and the updated reinterpretation of related boreholes for supporting the investigations of Mol in Hungary. Executed in 10 different regions, these activities embraced the main part of mountain and some of the hilly and lowland areas of the country.

In the frame of geological processing a borehole database was set up supporting the compilation of geological maps of different age surfaces. Geological processing was based on the uniform geological legend (for pre-Quaternary and Quaternary units formation and genetics-based as-sign-

ment, respectively). It served as the basis for elaborating a uniform table of legend units supporting the digital reinterpretation of boreholes and the compilation of maps. Starting from comprehensive borehole data in the Institute's data store we essentially went back to the source data in the process of re-evaluation. Making use of reinterpreted borehole data 1:100 000 pre-Quaternary solid geological maps of different age surfaces from the related areas were compiled. During the work all units encountered in boreholes or on maps in the processed areas were assigned to an existing one of the uniform legend or they were added to it as new ones. Quite a number of new units were proposed for adoption in Hungarian geology. The project was closed by integrating the database of the different areas.

Information processing started with setting up the borehole and map databases separately. The management of borehole and map information involved the treatment of point and polygon-type data sets, respectively. To set up the borehole database raw borehole data was transformed from dBASE to Oracle (later SQL Server) with a pre-defined, uniform structure. Technical data and the descriptive information of the geological section were put in separate tables respectively, connected by the unique WELL_ID key. The compilation of geological and contour-line maps of different age surfaces was essentially supported by the borehole database.

In the case of several geological age surfaces compilation started from the bottom and the related overlying sets of sequences were added subsequently one-by-one. During data integration the comparative analysis of borehole and map data was performed by the topological overlay of point- and polygon-type information. Maps were processed in MicroStation-Intergraph MGE- Oracle-SQL Server environments and converted to ESRI ArcView-dBASE for delivering to Mol.

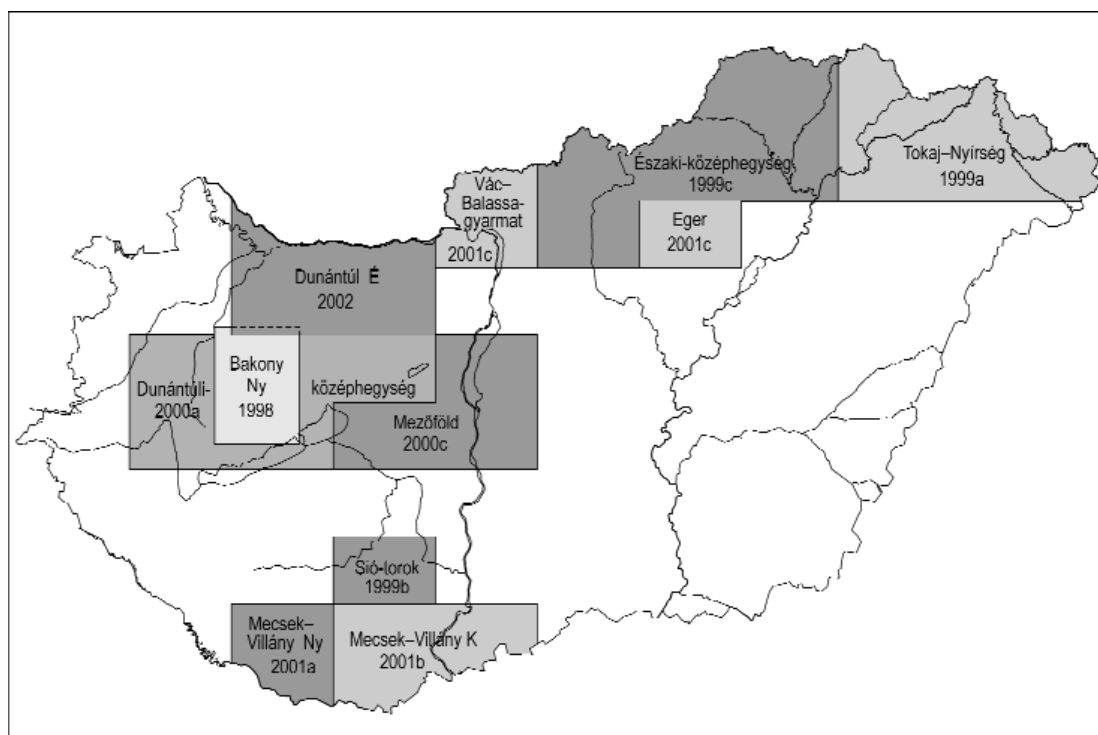
The application of the system set up by MÁFI experts supported the efficient planning of oil- and gas exploration by Mol in the so far rather unexplored mountain and hilly regions. The uniform approach of the database provides assistance to hydrocarbon-geological modelling, optimal layout of exploration activities (seismic lines, magnetotelluric measurements) and to the analysis of the results. This system makes up the core of a Mol-database under development.

Bevezetés

A Mol Rt. (Mol) az 1990-es évek közepétől hazai kutatási tevékenységét kiterjesztette a hegyvidékek peremterületeire. Kilépve a klasszikusnak számító medence-területekről, felmerült az igény a nem olajipari földtani kutatások eredményeinek megismerésére. Az informatikai eszközök fejlődése, elsősorban a korszerű térinformatikai szoftverek megjelenése lehetővé tette egy kutatás-tervezési és döntés-előkészítési rendszer kialakítását.

A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) és a Mol közötti, „A szénhidrogén-kutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” tárgyú együttműködés keretében 1998–2004 között 1:100 000-es méretarányú fedetlen földtani térképszerkesztés és fúrás-átértékelés készült az ország hegyvidéki területeinek legnagyobb részéről, valamint egyes domb- és síkvidéki területekről (1. ábra).

A munka két — földtani és informatikai — részre volt bontható: a földtani rész a fúrásátértékelést és térképszer-



1. ábra. „A szénhidrogén-kutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” munka során feldolgozott részterületek (GYALOG et al. 2003), a jelentés éve és betűjele megadásával

Figure 1. The areas processed in the frame of the project „Construction of the GIS-based geoscientific database system for hydrocarbon prospecting” (GYALOG et al. 2003), with the year and sign of the reports

kesztést, az informatikai rész ezek informatikai feldolgozását, adatbázisba szervezését és térinformatikai megjelenítését foglalta magába.

A térinformatikai rendszerbe szervezett földtani adatok használata megkönnyíti és gyorsabbá teszi a kutatás-tervezési folyamatokat. A rendszer lehetővé teszi az adatok egységes kezelését, azok gyors lekérdezését, valamint az újonnan nyert adatok gyors visszacsatolását.

Jelen cikknek a lényege nem az alkalmazott eszköznek, hanem elsősorban az alkalmazott eljárásnak az ismertetése. Létrejött egy szakemberek által kiértékelt fúrási alapadatbázis, amely alapján az adott rétegtani szint fúrási-geofizikai feltártságának megfelelő méretarányban földtani térképek készülnek a különböző földtani koroknak megfelelő képződményekről. Bármilyen eszközzel is történjen a fúrási és földtani adatok feldolgozása, csak akkor lesz az adatbázis megbízható, ha a vonatkozó adatok egymással konzisztensek. E cikk lényeges eleme a fúrási és térképi adatbázis egységesítési folyamatának leírása, és az egységesítés fontosságának kiemelése.

A jelen cikkben az általános és földtani részek Gyalog László, a térinformatikai rész Tullner Tibor munkája (utóbbi Turczy Gábor közreműködésével). Turtegin Elek a Mol mint felhasználó részéről mutatja be a rendszer alkalmazását.

A fúrási és a térképi adatbázis részterületei

A munka során egy mintaterületről, majd összesen 10 részterületről készült 1:100 000-es földtani fedetlen, illetve szinttérkép-sorozat, valamint bizonyos szempontok szerint

válogatott, egységes alapelvek szerint átértékelt fúrási adatbázis. A munkák egyéb vonatkozásairól (geofizikai adatbázis, geokémiai adatok, mintaterület vízföldtani adatai stb.) a jelen cikkben nem szólnunk.

Az első munka 1998-ban a Nyugati-Bakony mintaterületén folyt, az Aszófőtől Pápáig futó szeizmikus és az ennek nyomvonalán és felhasználásával készült földtani szelvény (BUDAI et al. 1997) tágabb környékének földtani bemutatása céljából. Itt dolgoztuk ki a fúrási adatbázis átértékelésének elveit, amelyhez a MÁFI egységes jelkulcsrendszerét alkalmaztuk (GYALOG 1996, GYALOG et al. 2005). E munka keretében fedetlen földtani térkép és válogatott átértékelt fúrási adatbázis készült a területről (1270 fúrással), sor került a terület alapfúrásainak (9 db) és alapszelvényeinek (17 db) digitális bemutatására, valamint két megkutatottsági adatbázis összeállítására is. A fúrási adatbázis a terület valamennyi — 2711 db — ismert fúrásának azonosítóját, míg a geofizikai valamennyi, a területen mért geofizikai adat azonosítóját tartalmazta. Emellett néhány kiemelt területről vízföldtani adatbázist és rétegtani szinttérképeket (prealbai és prekainozoos felszín, senon formációk vastagságtérképei) készítettünk, míg egy területről szkennelt és EOVS koordináta-rendszerhez igazított légifénykép-montázst állítottunk össze. A térképek és a fúrási adatbázis képződményeinek jelmagyarozatát magyar és angol nyelvű táblázatban, az egységek rövid ismertetését magyarozóban mutattuk be (GYALOG 1998).

A további munkák a mintaterületről szóló jelentés alapján, a Mol igényei szerint kidolgozott egységes elvek szerint készültek. A legfontosabb a fúrások átértékelése és egységes kódolása volt. A másik fontos feladatot a rétegtani szinttérképek elkészítése jelentette, a legtöbb területről prekarverter, valamint prekainozoos változatban, de a részterület

1. táblázat. A részterületek és EOVS térképlapjaik

Table 1. The area covered by the database and the related map sheets

	Sorszám	Terület	Szerkesztés éve	Jelentés éve és jele	A részterület 1:100 000-es EOVS térképlapjainak jele
Észak-Dunántúl	0	Nyugati-Bakony	1998	1998	62 (Kapunvár), 63 (Pannonhalma), 52 (Sárvár), 53 (Veszprém) – a lapok részei
	1	Dunántúli-középhegység	2000	2000a	42 (Zalaegerszeg), 43 (Siófok), 52 (Sárvár), 53 (Veszprém), 54 (Székesfehérvár)
	2	Dunántúl-Észak	2001-02	2002	63 (Pannonhalma), 64 (Tatabánya), 73 (Győr), 74 (Komárom)
	3	Mezőföld	2000	2000b	44 (Sárbogárd), 45 (Dunaújváros), 55 (Százhalombatta)
Észak-Magyarország	4	Vác-Balassagyarmat	2001	2001c	75 (Vác), 85 (Balassagyarmat)
	5	Északi-középhegység	1999	1999b	76 (Gyöngyös), 86 (Salgótarján), 96 (Ipolytarnóc), 87 (Bélapátfalva), 97 (Ózd), 88 (Miskolc), 98 (Encs), 108 (Hidasnémeti)
	6	Eger	2001	2001c	77 (Eger)
	7	Tokaj-Nyírség	1999	1999a	89 (Nyíregyháza), 99 (Sátoraljaújhely), 109 (Hollóháza), 810 (Mátészalka), 811 (Jánkmajtis), 910 (Kisvárd)
Dél-Dunántúl	8	Sió-torok	1999	1999c	24 (Dombóvár)
	9	Mecsek-Villány-Nyugat	2001	2001a	13 (Szigetvár), 03 (Sellye)
	10	Mecsek-Villány-Kelet	2001	2001b	14 (Pécs), 04 (Siklós), 05 (Kölked), 15 (Baja)

adottságaitól függően prepannon, prebadeni, preneogén, presenon, prejura térképek is készültek. Emellett kiegészítésként geofizikai, egy területen geokémiai adatbázist is összeállítottunk. Minden részterületről elkészítettük a térképeken szereplő egységek földtani magyarázóját, valamint a fúrási és térképi adatbázis közös részletes jelkulcstábláját (GYALOG et al. 1999a–c, 2000a, b, 2001a–c, 2002).

A részterületeket az 1. táblázatban mutatjuk be (elhelyezkedésük az 1. ábrán látható).

A földtani feldolgozás

A földtani feldolgozás két részből, a fúrási adatbázis létrehozásából és az erre alapuló fedetlen rétegtani szinttérképek szerkesztéséből állt.

A fúrások rétegeinek átértékelését egységes elvek alapján végeztük a földtani adattartalmat illetően inhomogén fúrási adatbázisban, amelyet a Magyar Geológiai Szolgálat (MG SZ) Országos Földtani és Geofizikai Adattára (OFGA) fúrási adatbázisának (az ún. nyers adatbázisnak) a formai átalakítása révén hoztunk létre.

A térképek szerkesztése során a már átértékelt és az egységes földtani jelkulcs alapján besorolt fúrásrétegek mellett figyelembe vettük az adott területről rendelkezésre álló legfrissebb földtani térképeket is. A térképeket — szerkesztésüket követően — informatikai módszerekkel egyeztetjük az átértékelt fúrásokkal.

A földtani feldolgozás elvei

A földtani feldolgozás alapelvei a MÁFI egységes földtani jelkulcsán alapultak. Ez alapján egységes *jelkulcstáblát* dolgoztunk ki, megteremtettük a fúrási átértékelés informatikai keretét és kidolgoztuk a térképszerkesztés elveit.

Az egységes jelkulcstáblát az adatbázisrendszer alaként dolgoztuk ki, a Mol igényei alapján, a mintaterületen magyar és angol, a további munkákban csak angol, a végső egységesítéskor csak magyar nyelven. A munka során Magyarország feldolgozott területeinek valamennyi, fúrásátértékelés vagy térképszerkesztés során elkülönített egységét besoroltuk valamilyen jelkulcsi egységbe.

A jelkulcsrendszer korban két, egymástól elkülönülő részre tagolódik: a negyedidőszaknál idősebb egységek esetén formáció, míg a negyedidőszaki egységek esetén genetikai alapú.

A negyedidőszaknál idősebb képződmények túlnyomó részét valamelyik formációba soroltuk. A formáción belül további bontásokat is végeztünk, részben litosztratigráfiai alapon (tagozat, rétegtag), részben kőzettípusok szerint. Egyes esetekben nagyobb egységeket (formációcsoport, illetve komplexum) is használtunk. Amennyiben valamelyik réteget egyik egységbe sem tudtunk besorolni, vagy nagyobb mérvű összevonás volt szükséges, akkor kor vagy genetikai alapú, esetenként kőzettípussal kiegészített jeleket is alkalmaztunk.

A negyedidőszaki képződmények túlnyomó részét genetikai kategóriákba soroltuk. Ezeket kor, majd adott koron belül kőzetváltozatok szerint tagoltuk. Amennyiben valamelyik réteget nem tudtunk besorolni egyik egységbe sem, csak kor alapú, esetenként kőzettípussal kiegészített jeleket is használtunk.

A földtani képződmények jelölésére a MÁFI-ban kidolgozott rendszert (GYALOG 1996) alkalmaztuk, de az ott meghatározott grafikus (alsó és felső indexeket is tartalmazó) szimbólumoknak az ún. kiterített indexű formáját adtuk meg. Ennek lényege, hogy bal felső – bal alsó – főindex – jobb alsó – jobb felső index sorrendben írjuk le a szimbólum részeit. Amennyiben valamelyik elem helyzete nem egyértelmű, ezt „_” jel alkalmazásával különböztetjük ki. A bal felső és bal alsó index közé ilyen jelet teszünk (pl. d_FT3 — Dachsteini Mésző Formáció, Fenyőfői Tagozat). Ha nincs bal felső, csak bal alsó index (pl. komplexum esetén), a kor elé tesszük a jelet (pl. B_Pz — Battonyai Komplexum). A negyedidőszaki képződményeknél, ahol a bal alsó (genetikai) jel az általános, a „_” jel nélkül használjuk a kiterített indexet (fQh2 — folyóvízi, újholocén korú üledékek), de ha a kor akár részben idősebb, akkor már használjuk a „_” jelet (pl. elg_PI–Qp1va — eluviális–lejtőüledék, pliocén–kora-pleisztocén korú, vörösagyag kőzetösszetételű). Ennek a jelnek a használata még a kor és a kőzet között is előfordulhat, ha e nélkül a szimbólum nem egyértelmű (pl. M_k — miocén kavics, mert Mk — miocén kárpáti képződmények összevontan).

A jelkulcstáblában a földtani képződmények kiterített indexe (amely a fúrási és a térképi adatbázisban a képződmények jele) mellett a teljes (grafikus) szimbólum, a képződmény kora, a képződmény tetejének kora (mindkettő jellel és szövegesen is megadva), a képződmény litosztratigráfiai besorolása, fáciése (genetikája) és kőzettani leírása (litológiája) szerepel. Utóbbit 2 további oszlop egészíti ki: a litológia rövid jelekkel, max. 20 karakterben [pl. sd,ss,w/bsl_cgl — (crossbedded Chlamis) sand, sandstone with basal conglomerate (or gravel) — (kereszt-rétegzett chlamiszos) homok, homokkő, báziskonglomerátummal (vagy kavicsal)], illetve ugyancsak max. 20 karakterben az egység legjellemzőbb kőzettípusainak kiemelése (előbbi példánk esetén: sand, sandstone — homok, homokkő).

A fúrási-térképi adatbázis informatikai keretét a MÁFI–Mol együttműködés keretében dolgoztuk ki (ennek részleteit az informatikai feldolgozás fejezetben ismertetjük). A fúrások adatait nem a korábban általános, fúrási táblázatokban használatos mátrixrendszerben adtuk meg (ahol egyik tengelyen a fúrások jele és alapadatai, a másikon a táblázat összes fúrásában előforduló valamennyi jel szerepel, és a cellába az adott réteg talpának mélysége kerül), hanem — az informatika által nyújtott lehetőségekkel élve — a fúrás alapadatait és rétegsorát külön táblában tároltuk. Így minden fúrás minden rétege önálló sorként (rekordként) jelenik meg, és a fúrás azonosítója segítségével kapcsolódik össze a fúrás alapadataival, illetve többi rétegeivel. Így a fúrás újabb átértékelés esetén tetszés szerinti mennyiségű in-

formációval — újabb rekorddal — egészíthető ki. A mintaterületet a Dunántúli-középhegység terület tartalmazza, utóbbi munka készítésekor több fúrást a közben változott rétegtani beosztás vagy egyéb szempontok miatt újraértékelünk. Ekkor vezetjük be a rétegsorverzió-számot. Az adattári, ottani elvek szerinti rétegsor a 0-s, az első átértékelés az 1-es, a továbbiak pedig folyamatosan növekvő további verziószám(ka)t kaptak.

A fúrások átértékelése

A fúrások átértékelését az egységes elvek alapján a MÁFI-nak az adott területet, illetve földtani kort legjobban ismerő aktív vagy nyugdíjas szakemberei végezték. Ahol szükséges volt, ott néhány tapasztalt, az adott területet legjobban ismerő külső szakértő bevonására is sor került.

A földtani feldolgozás során az adattári áttekintő adatokból kiindulva rendszerint egészen a „gyökerekig”, az eredeti, elsődleges dokumentációig nyúltunk vissza. Azokban ellenőriztük a fúrás jelét, esetleges szinonimáit is, vagyis hogy egy adott fúrás nem szerepel-e több különböző jellel a különböző dokumentációkban. Ha az utóbbi eset állt fenn, az általunk elfogadott jel került a fúrás jele oszlopba, a többi a szinonimálistába került. Ellenőriztük a fúrás koordinátáit, egyéb alapadatait (mélység, mélyítés befejezésének éve stb.). A rétegsort illetően figyelembe vettük az eredeti leírást, ha volt, és az esetleges későbbi átértékeléseket, valamint a terület földtani környezetét. Amennyiben volt a közelben korszerű elvek alapján feldolgozott fúrás vagy új térképezés (amely általában egyúttal a fúrások átértékelését is jelentette), annak adatait is figyelembe vettük, és a rétegeket a fentiek alapján próbáltuk meg besorolni. A negyedidőszaki képződményeknél genetikai besorolás a régebbi fúrásokban nagyon ritkán szerepelt. Ekkor vagy genetika nélkül adtuk meg a kort és a közzétani összetételt, vagy ha volt egyéb adat, pl. részletesebb földtani térkép, kutatási jelentés vagy más használható földtani információ, akkor azok alapján soroltuk be valamelyik genetikai kategóriába. A jelenleg érvényes litosztatográfiai beosztást legjobban az alapfúrásoknál és a MÁFI térképező fúrásainál lehetett átültetni, még régebbi dokumentáció esetén is. A vízföldtani fúrások átértékelése igen nagy nehézséget jelentett. A dokumentációkban lehetett jó, használható, illetve — viszonylag gyakran — egészen rosszul besorolt rétegsorokkal találkozni. Ez utóbbi bizonyos mértékig azért is sajnálatos, mert a földtani képződmények helyes besorolásából regionális vízföldtani értelmezéseket lehetne kiolvasni (pl. a kiváló víztározó Kisbéri Kavics Formáció elterjedése a Dunántúli-középhegység ÉNy-i peremén). Külön kiemeljük a koordináták ellenőrzését és kiegészítését. Az átértékelés során a rétegsorok értékelésekor derült ki több esetben, hogy az adott fúrás a megadott koordinátájú helyen nem mélyülhetett. Ilyenkor sok esetben sikerült, szinte nyomozói munkával megállapítani a helyes koordinátákat, és földtanilag értékes fúrásokat helyesen beilleszteni a rendszerbe. A „z” koordináták értékeit, ha minden egyéb adata megvolt a fúrás-

nak, igyekeztünk pótolni. Ha nem volt más forrás, akkor egyes esetekben 1:10 000-es topográfiai térképről olvastuk le a tengerszint feletti magasságot, hogy azt felhasználhassuk az aljzatdomborzati térképek szerkesztéséhez.

Az átértékelt fúrások számát, a fúrások rétegsorainak átértékelőit és a földtani térképek szerkesztőit (ABC-sorrendben) részterületenként a 2. táblázat mutatja be.

A fúrások átértékelése során a bakonyi teszterületen alkalmazott módszert kisebb mértékben átalakítottuk. Az akkori FoxPro adatbázist a mindenki által jobban ismert Excel táblázatkezelővel váltottuk fel. Az MGSZ és a Mol közötti együttműködés keretében a MÁFI megkapta ehhez a munkához az OFGA ún. „adattári rózsaszín kartonjainak” számítógépre felvitt fúrás adatbázisát. Ezt vettük munkánk során alapul. Minden fúrást értékelünk: változtatlanul hagytuk, töröltük vagy átértékelünk, de új fúrásokkal is bővítettük az adatbázist.

Változtatlanul hagytuk a fúrásnak az OFGA-adatbázisban levő adatait, ha azonosítói rendben voltak, koronkénti rétegsora is volt a fúrásnak, de átértékelése valamilyen ok miatt nem volt indokolt (nyers fúrás adatok).

Töröltük a fúrást, ha koordinátái nem voltak ismertek, vagy bizonyosan rosszak voltak, és nem volt lehetőség kijavításukra, vagy ha a fúrás rétegsora nem volt ismert.

Átértékelés esetén a fúrás alapadatainak és helyének ellenőrzése mellett valamennyi rétegeinek formáció (illetve a negyedidőszakiaknál genetikai) alapú átértékelése megtörtént, ha ezt a fúrás meglévő adatai lehetővé tették. A fúrások közül átértékelünk azokat, amelyek feltételeit a Mol egy-egy részterület esetén megadta (pl. valamennyi, alaphegységet ért, vagy 200 m-nél mélyebb fúrás, a sűrűn felfúrt területek kivételével). Az átértékelés során a Mol által igényeltnél jóval több fúrást értékelünk át, egyes területeken szinte az összes fúrást átértékelünk, amelynek adatai ezt lehetővé tették. Nem végeztünk átértékelést, ha a fúrás helye nem volt egyértelmű, ha a leírás alapján nem lehetett a mai beosztásnak megfelelő átértékelést végezni, valamint sűrűn felfúrt területeken leggyakrabban csak a „reprezentáns fúrások”, valamint a többi közül néhány átértékelését végeztük el.

Új (OFGA-adatbázisban nem szereplő) fúrásokat is felvettünk az adatbázisba, ha adataikhoz más forrásból hozzájutottunk, és ezeket átértékelésre megfelelőnek találtuk.

A fúrásokat jelentőségük szerint minősítettük, ennek lehetséges besorolásai a következők voltak:

Nem átértékelt rétegsorú fúrások:

A = a fúrás az OFGA-adatbázisban szerepel, rétegsora nem került átértékelésre, vagy nincs ismert rétegsora, azonosítása rendben van.

Átértékelt rétegsorú vagy az adatbázisba újonnan felvett fúrások:

B = a fúrás a szakértő átértékelte, van rétegsora (általános kategória);

R = a fúrás sűrűn felfúrt terület jellemző tagja, reprezentáns fúrás;

S = a fúrás sűrűn felfúrt területen van, nem R minősítésű;

C = a fúrás alapszelvény-fúrás;

2. táblázat. A részterületek átértékelt fúrásszámai, a fúrásátértékelők és a térképszerkesztők
Table 2. The number of reinterpreted boreholes by area, processing specialists and map-redactors

	Sorszám	Terület	Átértékelt fúrások száma	Fúrásátértékelő*	Térképszerkesztő*
	0	Ny-i Bakony	(1270)**	Knauer J., Palotás K., Selmeczi I.	Budai T., Császár G., Csillag G., Gyalog L.
Észak-Dunántúl	1	Dunántúli-középhegység	7 734	Budai T., Császár G., Csillag G., Gyalog L., Jocháné Edelényi E., Knauer J., Müller P., Selmeczi I., Tóthné Makk Á.	Budai T., Csillag G., Gyalog L., Jocháné Edelényi E., Müller P., Nádor A., Tóthné Makk Á.
	2	Dunántúl-Észak	11 099	Albert G., Ádámné Incze Sz., Budai T., Cserekei E., Csillag G., Gyalog L., Jámbor Á., Juhász Gy., Kaiser M., Knauer J., Selmeczi I.	Albert G., Budai T., Csillag G., Dudko A., Fodor L., Gyalog L., Pereg Zs.
	3	Mezőföld	813	Jámbor Á., Juhász Gy., Müller P., Rálicsné Felgenhauer E., Tóthné Makk Á.	
Észak-Magyarország	4	Vác-Balassagyarmat	2 159	Budai T., Korpás L., Müller P., Prakfalvi P., Selmeczi I., Tóthné Makk Á.	Budai T., Korpás L., Müller P., Prakfalvi P., Tóthné Makk Á.
	5	Északi-középhegység	8 827	Budinszky Szentpétery I., Kozák M., Less Gy., Müller P., Pelikán P., Pentelényi L., Pereg Zs., Prakfalvi P., Püspöki Z., Radócz Gy., Tóthné Makk Á.	
	6	Eger	1 781	Müller P., Pelikán P., Pentelényi L., Tóthné Makk Á.	
	7	Tokaj-Nyírség	3 821	Kozák M., Müller P., Pentelényi L., Püspöki Z., Tóthné Makk Á.	
Dél-Dunántúl	8	Sió-torok	1 094	Chikán G., Rálicsné Felgenhauer E.	Chikán G., Kókai A., Rálicsné Felgenhauer E.
	9	Mecsek-Villány-Nyugat	855	Chikán G., Kolozsár L., Konrád Gy., Marsi I.	Chikán G., Kókai A., Kolozsár L., Marsi I.
	10	Mecsek-Villány-Kelet	4 302	Chikán G., Jámbor Á., Juhász Gy., Kolozsár L., Konrád Gy., Marsi I., Rálicsné Felgenhauer E.	Chikán G., Juhász Gy., Kolozsár L., Konrád Gy., Marsi I., Rálicsné Felgenhauer E.
Részterületek melletti fúrások			15		
Összes átértékelt fúrás száma			42 500		

* A fúrásértékelés irányítása és egységesítése, a térképszerkesztés felelős szerkesztője valamennyi részterületen: Gyalog L.

** a Ny-i Bakony fúrásai szerepelnek az 1. és 2. részterület anyagában.

K = a fúrás kiemelt fúrás (nem alap- vagy reprezentáns fúrás, de mégis kiemelendő);

V = a fúrás vízföldtani adatokkal is rendelkezik (ez a jel más jelekkel együtt szerepel, akár átértékelt, akár nem átértékelt minősítést kapott a fúrás, pl. AV, BV).

A kutatási területekre eső fúrások helyét és azonosítóját a nyomtatott térképeken nem ábrázoltuk, mivel 1:100 000-es méretarányban a fúrások jelentős területrészen nagy sűrűségük miatt nem voltak ábrázolhatók.

Földtani térképek szerkesztése

A kutatási területekről a fúrások átértékelése mellett, azok alapján és azokkal egyeztetve digitális és nyomtatott (általában 1:100 000-es méretarányú) fedetlen földtani térképváltozatok készültek, a MÁFI és a Mol szakemberei által közösen kidolgozott rendszer alapján.

Az 1:100 000-es földtani térképek topográfiai alapját az 1:50 000-es méretarányú, EOV vetületű DTA50c digitális térkép képezte. A plotterrel nyomtatott térképeken a topográfiai elemek közül a síkrajz és a vízrajz szerepel, a szintvonalrajz nem.

A részterületekről több térképváltozatot készítettünk, általában 1:100 000-es méretarányban. Legfelső szintként negyedidőszaki képződményektől mentes (prekvarter — 1–2. színes ábra), illetve előtéri vagy alföldi terület esetén (mivel itt a prekvarter térképen csak 1–2 pannóniai formáció szerepelt volna) prepannon földtani térképet készítettünk. Ezt egészítette ki 1–3, az adott területre leginkább jellemző, illetve a terület adataiból leginkább megszerkeszthető szinttérkép. Ilyeneket prepannon (3. színes ábra), prebadeni, preneogén (5. színes ábra), pretercier (4., 6. és 7. színes ábra), presenon, prejura (triász aljzat) felszínre szerkesztettünk. A szinttérképekhez megszerkesztettük az adott szint felszínének domborzatát is. Utóbbi ritkább adatsűrűség esetén az adott szint földtani térképén (5., 6. és 7. színes ábra), nagyobb adatsűrűség esetén külön lapon ábrázoltuk nyomtatásban. A térképtípusokat a 3. táblázat, a térképek szerkesztőit a 2. táblázat mutatja be.

Az 1. színes ábra prekvarter térképrészlete (Dunántúli-középhegység, Lókút környéke) az üledékes, középhegységi térképekre, a 2. színes ábráé (Tokaj–Nyírség, Göncről K-re) az északi-középhegységi vulkáni hegységek új tagolású térképeire példa. A szinttérképek közül a 3. és 4.

színes ábrán rögös szerkezetű területet mutatunk be (Dunántúl–Észak, Szár környékéről prepannon, illetve Oroszlány környékéről pretercier térképet). Az 5. színes ábrán (Északi-középhegység, Felsőtárkány környéke) a preneogén térképen a szint felszínének domborzatát is ábrázoltuk, itt látható a mai felszín tagoltabb szintvonalainak és a szint felszíne szerkesztett szintvonalainak az összedolgozása. Hasonló térkép a 6. színes ábrán Eger (Parádóhuta környékének), illetve a 7. színes ábrán Mezőföld (Enying környékének) pretercier térképe és felszíndomborzata, az előbbin azokat a részeket, ahonnan az adott szint képződésményeit nem ismerjük, kiemelve fehéren hagytuk.

A részterületek térképváltozatait a 3. táblázat összesíti.

Ezeknél a térképeknél a szerkesztés kezdetekor egyeztünk meg, hogy az „áthúzódó korú” egységeket (vagyis amelyek keletkezése az adott szint előtt és után is történt) ábrázoljuk-e vagy sem. Ezt két példán mutatjuk be. Az

Északi-középhegység térképein a prekvarter térképen a Salgóvári Bazalt Formációt (svPa2–Qp1) ábrázoltuk, a Tengelici Vörösagyag Formációt (tPl–Qp1) nem, mivel előbbit inkább a pliocénbe, míg utóbbit inkább a pleisztocénbe tartozónak véljük. A preneogén térképen ábrázoltuk a miocénben is képződött (Szécsényi Slír és Becskei) formációkat, mivel ezek nagyrészt az oligocénben képződtek, és emiatt az ezek miocén része által lefedett, már miocén korú formációkat (Bretkai, Felsőnyárádi és Szuhogyi Formáció) is, a térkép tetejük felszínét mutatja. Viszont az ezekkel közel egykorú, de túlnyomórészt a fedőjükben települő (részben velük összefogazódó) Budafoki és Pétervásárai Formációt a fedőhöz soroltuk, és így a preneogén térképen nem ábrázoltuk.

A képződésmények felszínének tengerszinthez viszonyított helyzetét 100 m-enkénti alap- (500 m-enkénti fő- és 50 m-enkénti segéd-) szintvonalakkal ábrázoltuk. Ez alól a Tokaj–Nyírség terület nyírségi része volt kivétel, ahol a rit-

3. táblázat. A részterületek földtani térképváltozatai

Table 3. Geological map versions of the different areas

	Sorszám	Terület	Térkép típusa *
Észak-Dunántúl	1	Dunántúli-középhegység	a prekvarter képződésmények földtani térképe a pretercier aljzat földtani térképe a pretercier aljzat domborzata a preszenon aljzat földtani térképe a preszenon aljzat domborzata
	2	Dunántúl-Észak	a prekvarter képződésmények földtani térképe a prepannon aljzat földtani térképe a prepannon aljzat domborzata a pretercier aljzat földtani térképe a pretercier aljzat domborzata
	3	Mezőföld	a preneogén aljzat földtani térképe és domborzata a pretercier aljzat földtani térképe és domborzata
Észak-Magyarország	4	Vác-Balassagyarmat	a prekvarter képződésmények földtani térképe a prebadeni aljzat földtani térképe és domborzata a pretercier aljzat földtani térképe és domborzata
	5	Északi-középhegység	a prekvarter képződésmények földtani térképe a preneogén aljzat földtani térképe a preneogén aljzat domborzata
	6	Eger	a prekvarter képződésmények földtani térképe a preneogén aljzat földtani térképe és domborzata a pretercier aljzat földtani térképe és domborzata
	7	Tokaj-Nyírség	a prekvarter (Tokaji-hg.), illetve prepannon (Nyírség) képződésmények földtani térképe
Dél-Dunántúl	8	Sió-torok	fedetlen földtani térkép (prekvarter – Mecsek É-i pereme, prepannon – É-i előtér; egységesítéskor egész terület prepannon) a pretercier aljzat földtani térképe, 1:50 000 a pretercier aljzat domborzata, 1:50 000 a jura képződésmények vastagságtérképe, 1:50 000 a triász aljzat földtani térképe, 1:50 000 a triász aljzat domborzata, 1:50 000
	9	Mecsek-Villány-Nyugat	a prepannon aljzat földtani térképe és domborzata a preneogén aljzat földtani térképe és domborzata
	10	Mecsek-Villány-Kelet	a prepannon aljzat földtani térképe és domborzata a preneogén aljzat földtani térképe és domborzata

*A térképek méretaránya 1:100 000, ahol ezt külön nem jelöltük.

ka adatsűrűség miatt csak 500 m-es szintvonalsűrűséggel készült a térkép. A szintvonalrajz a kibúvások területeken (ahol az adott szint képződményei a felszínen vannak, vagy csak vékony negyedidőszaki képződmények borítják azokat), megegyezik a digitális topográfiai alap szintvonalrajzával.

A fúrási és térképi adatbázis egységesítése

A különböző térképváltozatokon ábrázolt földtani adatokat valamennyi átértékelt fúrás megfelelő adatával összevetettük és ellenőriztük. Az esetleges eltérések csak a felbontások különbözőségéből adódnak (lásd az adatintegráció fejezetben). Ez már a földtani és az informatikai csoport közös munkája volt, amelyben a földtani oldalról szinte valamennyi fúrásátértékelő és térképszerkesztő szakember részt vett. Ennek során összevetettük valamennyi átértékelt fúrás megfelelő rétegének és az adott szinttérkép adott feltételénél rétegtani besorolását, az eltéréseket a térképszerkesztő geológusok a térinformatikai előkészítés után egyeztetették, és elvégezték a szükséges javításokat (részleteit lásd az adatintegráció fejezetben).

Új egységek bevezetése

A vizsgált területek legfrissebb földtani felvétele, illetve részletes kutatása különböző időszakokban történt, az ezek során született adatok egységesítése jelentős feladat volt.

Egyes területeken (pl. Balaton-felvidék, Velencei-hegység), ahol a közelmúltban fejeződött be a kutatás, és megjelent nyomtatásban a földtani térkép és a magyarázó is, a besorolások nem okoztak nehézséget, hiszen a térképszerkesztéshez a korábbi fúrások mai szemléletű átértékelése is megtörtént.

Más területeken az adatbázis építésével párhuzamosan folyt a tájegységi térképek szerkesztése (pl. Bükk, Mecsek). Itt a fúrásátértékelés is elősegítette az esetleges új egységek bevezetését, amelyeket mindkét munkában fel tudtunk már használni, hiszen általában ugyanazok a személyek végezték mindkét munkát.

Több területen volt ugyan részletes térkép, de ez még a formációk bevezetése előtt készült, így az azokon ábrázolt egységek neveit „át kellett ültetni”, a mai rétegtani egységekbe sorolni. Egyes esetekben a rétegtani egység egykor bevezetésre került, de az aktuális rétegtani táblázatokban valamilyen ok miatt mégsem szerepelt. Más esetekben a fúrások újraértékelése során derült ki, hogy a leíró által definiált egység egyes területeken nem használható megfelelően, korát, tagozatait módosítani kellett (pl. Csatai, Salgótarjáni Formáció), máshol további tagolása (tagozat, rétegtag) is lehetséges és indokolt volt (pl. Padragi Marga, Szóci Mészke, Sajóvölgyi Formáció).

Külön problémát jelentett a vulkáni képződmények nevezéktana. Ezekre a formációk bevezetésekor csak átfogó, elnagyolt elnevezéseket adtak (pl. Tokaji, Mátrai Formáció), amelyek a közzettestek részletesebb tagolását

nem tették lehetővé. A részterületek feldolgozásával párhuzamosan kellett több vulkáni hegység új rétegtani elkészíteni lehetőleg valamennyi, a területet ismerő szakember bevonásával, új formációcsoportok, formációk és tagozatok bevezetésével (Tokaji-hegység–Nyírség, Mátra–Cserhát, Börzsöny–Visegrádi-hegység).

Ezek a változások természetesen nem egyszerre történtek, az újabb területek feldolgozása alapján született új egységek érintették a korábban elkészült területeket is, azokon is meg kellett vizsgálni, hogy besorolható-e valamely képződmény az új egységbe.

Az újonnan definiált litosztratigráfiai egységek hivatalos rangra emelkedésének előfeltétele a széleskörű szakmai elfogadottság. Ennek egyik módja a javaslatok összegyűjtése és benyújtása a Magyar Rétegtani Bizottságnak (MRB), illetve illetékes albizottságainak. Több albizottság (pl. triász, pannóniai, oligocén) tárgyalta is a javaslatokat, elfogadva, vagy esetleg elvetve azokat. Más albizottságok (pl. eocén, miocén, magmás) csak a javaslatok megismeréséig jutottak el, de nem minősítették azokat. Néhány albizottság (pl. paleozoos, jura) egyáltalán nem foglalkozott javaslatainkkal. Végül az új egységek rövid leírásai, az egyéb munkák során született javaslatokkal kiegészítve a MÁFI Évi Jelentése 2002. évi kötetében jelentek meg nyomtatásban (GYALOG, BUDAI 2004).

A részterületek egységesítése

A részterületeken végzett munka lezárását követően felmerült az igény a területek fúrási és térképi adatbázisának egységesítésére. Az eltelt 5 év és főként az újabb részterületek feldolgozása során egyes egységek tartalmát át kellett értelmeznünk, új egységeket is be kellett vezetnünk. Ezek a változások nem szerepeltek a korábbi részterületek anyagaiban.

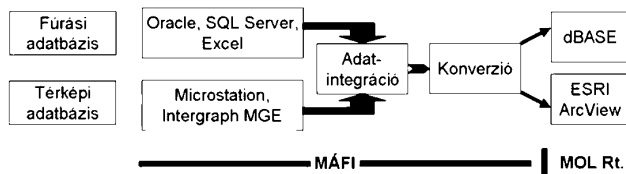
Az egységesítés során valamennyi területen az utolsó terület lezárása utáni, aktuális jelkulcs alapján kijavítottuk a részben formai, részben tartalmi változásokat, és ezeket valamennyi korábbi fúrási átértékelésre (új fúrásátértékelés-verziókat létrehozva) és térképváltozatra visszavezettük. Emiatt több térképet átszerkesztettünk, és a korábbi térképhatár-egyeztetések problémáit most már mindkét határmenti térképbe „belenyúlva” oldottuk meg.

A térképek előállításakor a korábbi 1:50 000-es változatokat is 1:100 000-es méretarányban készítettük el, és egységes színkulcsot használtunk (GYALOG et al. 2003). A munka során elvégeztük a területek jelkulcsának, térképeinek és fúrási adatbázisának egységesítését, ez az anyag képezi a MÁFI egységes térképi és fúrási adatbázisának (GYALOG et al. 2005) az alapját.

Az informatikai feldolgozás

A fúrási és térképi adatbázis informatikai feldolgozása során a MÁFI-ban rendelkezésre álló térinformatikai eszköztárra és szaktudásra támaszkodtunk, ugyanakkor

alkalmazkodtunk a megrendelő elvárásaihoz. Míg az 1990-es évek elejétől a MÁFI-ban alapvetően MicroStation-, illetve Intergraph MGE-rendszerek terjedtek el, addig a Mol szakemberei és eszközparkja ESRI ArcView-formátumban tudták fogadni és kezelni a feldolgozott adatokat. Mivel a munka több részterületre terjedt ki és több éven át tartott, nemcsak célszerű, de szükséges is volt egy hatékony feldolgozási technológia kidolgozása, amelyben jelentős szerep jutott a konverziós módszerek alkalmazásának. A feldolgozás fő lépéseit a 2. ábra szemlélteti.



2 ábra. Az informatikai feldolgozás fő lépései

Figure 2. The main steps of the information processing

A tematikus feldolgozásnak megfelelően az adatbázis kialakítása két, egymásra épülő egységből állt. Míg a fúrási adatbázis létrehozása táblázatos adatok kezelését igényelte, addig az alapvetően fúrási adatok alapján történő térkép-szerkesztés területi adathalmazok feldolgozását jelentette. Az adatbázis két egysége a munka során többször is visszahatott egymásra, míg a geológusok és informatikusok közötti együttműködés révén — többszöri javítás, egyeztetés után — az adott részterület végleges fúrási és térképi adatbázisa elkészült. Az adatintegráció legfelső szinten, a pontszerű (fúrási) és területi (térképi) információk térinformatikai összehasonlító analízise során valósult meg, amikor az azonos térbeli helyzetű fúrási és térképi adatokat hasonlítottuk össze.

Az informatikai feldolgozást a MÁFI Informatikai Főosztályának szakemberei végezték (4. táblázat).

A következő részben külön-külön tárgyaljuk a fúrási és térképi adatfeldolgozás informatikai lépéseit, valamint technológiai háttérét, végül bemutatjuk a két egység összehasonlító elemzését, amelynek eredményeként egységes, integrált adatbázist alakítottunk ki.

Fúrási adatbázis

Amint a tematikus részben említettük, nemcsak a Mol-nak, a munka megrendelőjének igénye diktálta egy egységes — genetikai típus, illetve formáció alapú — országos fúrási és térképi adatbázis kialakítását, hanem erre a MÁFI-nak is alapvető szüksége volt alapvetékenységének és minőségi adatszolgáltatási feladatainak ellátásához. A kiindulópontot az OFGA által kezelt Fúrás-nyilvántartási adatbázis jelentette, amely akkor kb. 160 000 db, Magyarországon mélyített fúrás alapadatait és rétegeinek kor szerinti, elsődleges földtani adatait tartalmazta (ma kb. 183 000 fúrásból áll). A DOS dBASE alapú adatbázist a MÁFI megkapta az MGSZ-től (az OFGA-tól), s a fúrások átértékelését erre alapozva kezdte meg.

Első lépésben az adatbázist homogenizáltuk, majd olyan formátumra hoztuk, hogy a gyengébb kapacitású gépeken régebbi szoftververziókkal dolgozó geológusok is hozzá tudjanak férni.

A homogenizálás alapvetően az alapadatok mezőszámának szűkítésére, új mezők bevezetésére, a fúrási koordináták EOV konvertálására, valamint a fúrásoknak a Magyar Köztársaság helységnévtárában szereplő településekhez való csatolására — a korábbi adatok felülbírlására — terjedt ki. Az MGSZ adattárában tárolt digitális fúrási rétegsorok földtani adatai áttekinthető jellegűek, amelyeket kiindulási alapként, változtatás nélkül vettünk át. A homogenizáláshoz az adatbázist a MÁFI-ban dBASE-ről Oracle-formátumba konvertáltuk, majd a fúrási alapadatokat és a fúrások rétegsorait külön táblákba töltöttük. A kettő közötti kapcsolatot az FRS_ID kulcsmező (egyedi azonosító sorszám) biztosította. Abban az időben az Oracle adatbázis-kezelő jelentette a számunkra elérhető eszközt, amely a több százezer rekordot tartalmazó adathalmazt a leghatékonyabban tudta kezelni. Intézetünkben ez csak kevesek számára volt hozzáférhető, kevesen értettek hozzá, futása pedig nagy kapacitású munkaállomást igényelt. Szakértelem szempontjából ezen a helyzeten nem változtatott az Oracle-ről a Microsoft SQL Server adatbázis-kezelőre 2001-ben történt át-térés sem. Az átértékelés szempontjából alapvető igény volt, hogy a fúrási adatokhoz minden, a munkában résztvevő geológus hozzáférjen, azokat kezelni tudja, ezért a szakemberekre jutó, részterületenként leválogatott

4. táblázat. A fúrási-térképi adatbázis informatikai feldolgozásában részt vett munkatársak

Table 4. Staff members performing the information processing of the borehole-map database

Munkafázis	Szakember
Előkészítés, munkafázisok kidolgozása	Turczy Gábor
Szakmai felügyelet	Tullner Tibor
Fúrási adatbázis feldolgozása	Turczy Gábor, Tullner Tibor
Térképi adatbázis feldolgozása	Galambos Csilla, Szeiler Rita, Tullner Tibor
Fúrás-térkép egyeztetés informatikai oldala	Galambos Csilla, Tamás Gábor, Tullner Tibor
Adatkonverzió	Tullner Tibor
Ábrák szerkesztése	Tamás Gábor

5. táblázat. A geológusoknak átértékelés céljából átadott Excel formátumú fúrási adattábla mezőszerkezete

Table 5. The field structure of the Excel borehole data tables submitted to geologists for reinterpretation

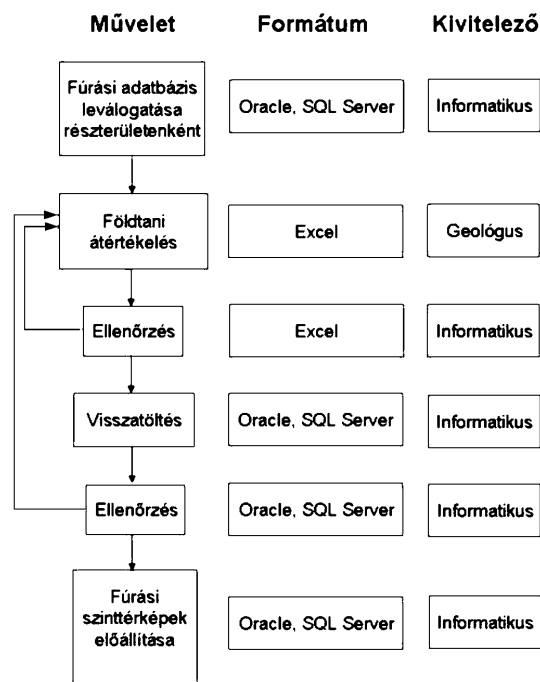
Mezőnév	Magyarázat
TIP	A fúrás általános minősítése
FRS_ID	A fúrás informatikai azonosítója
TELEPULES	A fúrás településének neve
TLP_ID	A település informatikai azonosítója
MEGYE	Megye, amelyben a fúrás mélyült
JEL_SZAM	A fúrás jele és száma
SZINO	A JEL_SZAM valamennyi ismert szinonimájának felsorolása
BEF	A fúrás befejezésének éve
X	Vízszintes EOVS koordináta
Y	Függőleges EOVS koordináta
Z	A fúrási pont tengerszint feletti magassága
KOR	A fúrás adott rétegének a földtani kora
TALP	A fúrás talpmélysége (talpa)
VRZ_ID	Az átértékelés verziószáma
S	A rétegsorban szereplő egység sorszáma
GEO_NDX	A fúrás rétegsorának rétegenkénti átminősítése
TOL	A réteg tetjének mélysége
IG	A réteg aljának mélysége
MEGJ	Megjegyzés
U_TELEPULES	TELEPULES javítómezője
U_MEGYE	MEGYE javítómezője
U_JEL_SZAM	JEL_SZAM javítómezője
U_TALP	TALP javítómezője
U_BEF	BEF javítómezője
U_X	X koordináta javítómezője
U_Y	Y koordináta javítómezője
U_Z	Z koordináta javítómezője
RENDSZ	Ha U_X, U_Y nem EOVS rendszerben van, akkor a koordináta-rendszer neve
EOV_X	Javított vagy új X koordináta EOVS rendszerben
EOV_Y	Javított vagy új Y koordináta EOVS rendszerben
AT_NEV	A fúrás átértékelőjének neve
AT_EV	A fúrás átértékelésének éve

fúrási adatokat számukra egy táblában, Excel formátumba konvertálva adtuk át. E táblák mezőszerkezetét az 5. táblázat szemlélteti.

A fúrási adatok átértékelése, feldolgozása és ellenőrzése

Az átértékelte fúrási adatok feldolgozásának technológiáját a 3. ábra szemlélteti.

Az átértékelte fúrási adatok egységes, digitális adatbázisban való feldolgozását nehezítette, hogy a geológusok nagy része csupán felületes számítástechnikai ismeretekkel rendelkezett. Számukra és gépeik számára is az Excel jelentette az egyetlen, táblázatos adatokat kezelő formátumot. Közismert, hogy az Excel szabad teret nyújt különböző adattípusok, egzotikus karakterek azonos mezőbe való bevitelére, amely az Oracle szigorú rendsz-



3. ábra. Az átértékelte fúrási adatok feldolgozásának technológiája
Figure 3. Technological scheme of processing reinterpreted borehole data

erébe való visszatöltést rendkívül megnehezíti. A problémák csökkentése céljából útmutatót készítettünk az egyes mezők kitöltésére. A legnagyobb problémát az átértékelte fúrások új rétegeinek beszúrása és a fúrások egyedi azonosító mezőjének (FRS_ID) korrekt „lehúzása” (bal egérgomb folyamatos nyomva tartásával és az egér lefelé húzásával egy cella tartalmának az alatta lévő cellákba oly módon történő másolása, hogy a szám típusú cella értéke a másolás során változatlan maradjon).

Mivel az adott részterület fúrásait átértékelő geológus a terület földtani szakértője volt, tudomása lehetett olyan fúrásokról, amelyek az OFGA nyilvántartásában nem szerepeltek. Ezeket a geológus az Excel-táblában új sorok beszúrásával és kitöltésével új fúrásnak vehette fel. Egyetlen köztudott az volt, hogy a vonatkozó FRS_ID mezőt, tehát a fúrás egyedi azonosítóját szabadon hagyja. Ezt ugyanis, megállapodás szerint 200 000-tól indulva az Oracle-be való visszatöltés után adtuk meg.

A geológusok a számukra átadott nyers adatbázis fúrásainak csak egy — igaz nagyobbik — részét értékelték át, mégpedig azokat, amelyek az adott terület földtani felépítését jól reprezentálták.

Az átértékelő geológusoktól visszakapott Excel-állományokon Oracle-be való visszatöltés előtti szűréssel alapvetően az alábbi ellenőrzéseket végeztük el:

— a tábla mezőszerkezetének ellenőrzése (az átadott és visszakapott Excel-állományok mezőszerkezetének azonosítása),

— kötelezően kitöltendő mezők (pl.: a fúrások hiányzó XYZ koordinátáinak, a fúrási rétegek tető- és talpmélységeinek [TOL, IG], a réteg földtani indexének [GEO_NDX], a fúrás

hiányzó településnévnek és a fúrás típusának [TIP] kitöltöttsége),

— az Oracle-ben numerikusként definiált típusú mezőkből az egzotikus karakterek (pl.: vessző, kötőjel, pluszjel, oda nem illő rövidített megjegyzések) kiszűrése,

— egyedi kimutatás készítése a rétegsorokban található földtani indexekről [GEO_NDX]. Ezekből az átértékelő geológussal egyeztetve kiszűrtük a gépelési hibákat, s az így fennmaradó indexek közül az újakat a projekt vezetője felvette az egységes jelkulcs táblába.

A munka folyamán az egységes jelkulcs tábla folyamatosan bővült, az újonnan átértékelt területeken új földtani indexek jelentek meg. Ezért nem tudtuk őket tesauruszból betölteni, amellyel a gépelési hibákat kiküszöbölhettük volna.

Az átértékelő geológusoktól visszakapott Excel-táblákon elvégzett hibaszűrés és feldolgozás után a táblákat SQL*Loader-alkalmazással Oracle-be, majd 2001-től import funkció alkalmazásával SQL Serverbe töltöttük vissza. A visszatöltés után a táblázatos adatbázis-kezelő funkcionalitását használva a következő ellenőrzéseket végeztük el:

— Igaz-e, hogy a rétegek felszínétől számított talpértéke \geq a rétegtetőnél? Egyenlőség akkor fordult elő, amikor a fúrás alaphegységi kőzetet ért, de benne nem haladt tovább.

— Igaz-e, hogy a fúrás legalsó rétegének felszínétől számított talpértéke egyenlő a fúrás talpával? Az itt jelentkező hibák kiküszöbölésére az adott részterület fúrási adatbázisának lezárásakor a fúrások talpértékét legalsó rétegének talpértékével tettük egyenlővé.

— Korrekt módon történt-e a fúrás egyedi azonosítójának [FRS_ID] az átértékelt fúrások beszűrt új rétegeire történt kiosztása? Amennyiben a beszűrt rétegek FRS_ID mezőjének Excelben történt „lehúzósa” során a sorszám tovább ugrott, az adott rétegek a sorszámban következő — lehetséges, hogy szintén átértékelt — fúrásokban egzotikus (oda nem illő) rétegeként jelentek meg. Ennek a hibának a kiszűrése alapvetően csak a fúrási és térképi adatok egyeztetése (adatintegráció) során volt lehetséges.

Rétegtani szinttérképek előállítása

A tematikus részben említettük, hogy a Mol a fedetlen földtani térkép mellett a különböző részterületekről a perspektivikus olajkészletek kutatása céljából különböző rétegtani szintek földtani és szintvonalas térképeit rendelte meg. A szinttérképeken ábrázolt földtani indexek — akár csak a fúrási rétegsorok képződményei esetében — megegyeznek az egységes jelkulcs tábla földtani indexeivel. Kézenfekvő, hogy a szinttérkép adott területén ábrázolt földtani képződmény feltja meg kell, hogy egyezzen a föltba eső és azt harántoló fúrásoknak az adott szintbe, vagyis földtani korba eső legfelső átfúrt rétegével. Ideális esetben a rétegtani szinttérkép szerkesztésére az adott rétegtani szint fúráspon-térképének elkészülte után kerül sor, amelyen a fúrás

mellett feltüntettük az adott rétegtani szint fúrás által határolt legfelső képződményének földtani indexét, a képződmény felszínének abszolút tengerszint feletti magasságát és a fúrás jelét. A szoros határidők miatt a fúrások átértékelése és a térképek szerkesztése több esetben egymással párhuzamosan haladt, egyeztetésüket utólag, ellenőrzésképp végeztük el.

Egy adott rétegtani szint fúráspon-térképét az adott részterület betöltött, átértékelt és ellenőrzött fúrási adatbázisából az SQL (Structured Query Language) programok segítségével készítettük el.

Első lépésben a földtani indexek nagy (és esetleg utána következő kis) betűit — tehát a földtani időszakot, illetve kort — vizsgálva kizártuk a rétegsornak az adott rétegtani szint fölé eső képződményeit, pl. a pretercier szinttérkép esetén ez a Q, Pa, M, Ol, E karakterekre, illetve karaktercsoportokra kereséssel valósult meg. (Erre azért volt szükség, mert az adatbázis-építés kezdeti szakaszában még nem tudtuk a földtani képződményeket kor szerint keresni. Ma az intézeti intraneten elérhető alkalmazással erre már közvetlen lehetőség van.) Utána a pretercier szint rétegeinek legmagasabb fedőszintje ([TOL] mező) alapján választottuk ki a fúrás pontjában a pretercier felszínen található földtani képződményt. A módszerrel kapcsolatban a következő problémák merültek fel:

— Az előbb felsorolt nagybetűk nemcsak földtani időszakra, illetve korra, hanem időre (Mz — mezozoikum), formációnál magasabb rangú egység esetén pedig formációcsoport, komplexum nevének rövidítésére (Pl. MT2 — Misinai Formációcsoport) is vonatkozhatnak. Utóbbi eset azért fordulhat elő, mivel az alkalmazott térinformatikai rendszerben többszintű indexet adatbázisban nem tudunk kezelni, ezért egyszintű, ún. kiterített indexeket használunk. A fenti két problémát felvető indexekről — képződményekről — a fúrási szinttérképek előállításakor külön gondoskodtunk.

— Inverz rétegsor, pl. átbuktatott redők esetén a módszer nem használható.

— Összetett korú indexeknél (pl.: dT3+E2-3m) eldöntendő, hogy a képződményt a rétegtani szint szempontjából melyik korba soroljuk. A zárójeles példát pretercierként vettük figyelembe.

— Gyakran előfordult, hogy az Excel állományokba a geológus egy adott fúráshoz új réteget úgy szűrt be, hogy a fúrás egyedi azonosító sorszámát léptetve „húzta le”. Ilyenkor a táblában alatta, de területileg lehet, hogy tőle messze eső fúrásokban egzotikus rétegek jelentek meg, amelyek a fúrási szinttérképen teljesen rossz helyre kerültek. Ezeket a hibákat a később ismerttetett fúrás-térkép egyeztetés során a geológus és az informatikus közösen szűrte ki.

— A egységes földtani jelkulcsba az „üreg”, „teljes szelvény”, „tektonika”, „nincs adat” fogalmaknak megfelelő indexeket is felvettünk. Amennyiben az adott fúrásban ilyen szerepelt, ezeket a fúrási szinttérkép szempontjából külön kezeltük, mivel automatikus feldolgozásuk valótlán eredményekhez vezetett volna.

Térképi adatbázis

A munka keretében feldolgozott részterületek 1:100 000-es EOVS-térképlapok szerinti eloszlása az 1., az egyes részterületekről elkészült digitális földtani térképek tematikus listája a 3. táblázatban található. Ideális esetben egy adott részterület adott rétegtani szinttérképének, illetve szinttérkép-sorozatának szerkesztésére a vonatkozó fúrási adatbázis elkészülte után került sor. Mivel a munkát a részterületeket és az adott rétegtani szintet jól ismerő geológusok végezték, ezért elfogadtuk a párhuzamos ütemezés koncepcióját.

A 2. ábra szerint a digitális adatbevitelre MicroStation-, a térinformatikai feldolgozásra pedig Intergraph MGE-környezetben került sor. Az MGE-adatbázis kezelője a munka nagy részében az Oracle volt, míg a befejező szakaszban az MGE-projektet SQL Server-környezetbe ültettük át. Az adatbázist a Mol részére ArcView-dBASE-környezetbe konvertálva adtuk át.

A térképi adatbázis építésének eredményeként a következő két termékcsoport készült el:

1. A0-ás plotteren nyomtatott térképek, amelyek feldolgozása, illetve nyomtatása MicroStation-Intergraph MGE-környezetben valósult meg korlátozott kartografálási munka mellett (nem kartografált térképek).

2. ArcView-dBASE-formátumba konvertált View-dokumentumokba rendezett adatbázis.

Ebben a fejezetben a továbbiakban csak az 1. munkafázist fejtjük ki részletesen.

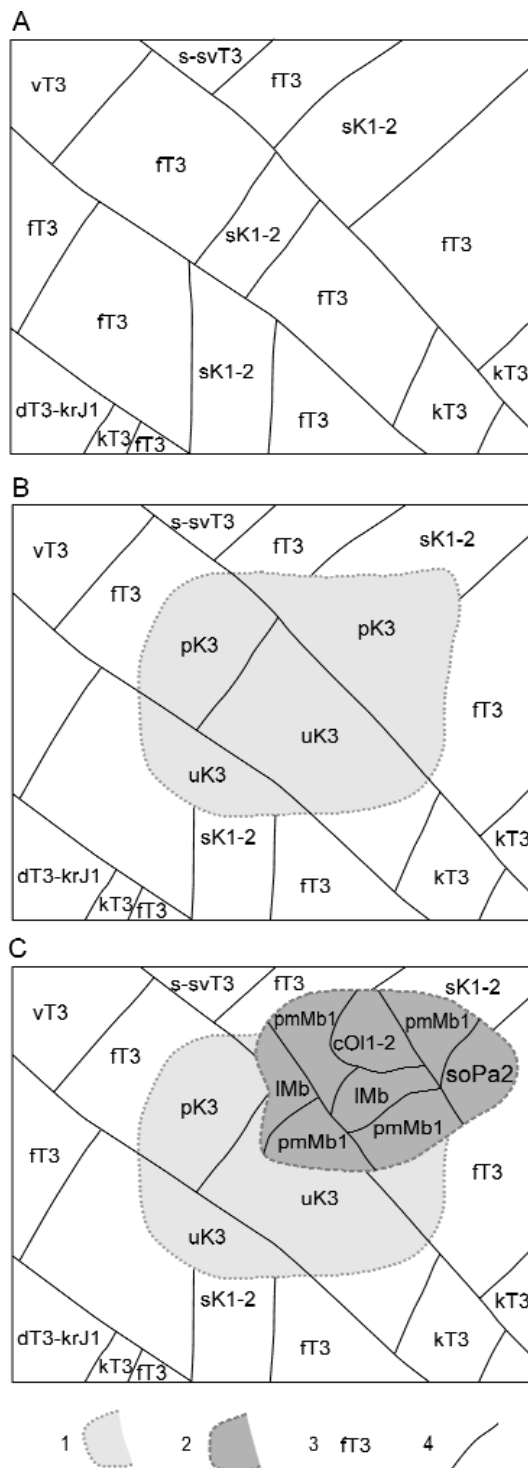
A munka során az egyes térképváltozatokon a következő földtani információkat tüntettük fel:

- földtani képződmények elterjedési területei és azonosítói,
- szerkezetföldtani (tektonikai) elemek: törések, feltolódások, eltolódások, szinklinálisok, antiklinálisok,
- egyes földtani képződmények dőlésadatai,
- speciális vulkáni formák,
- az adott rétegtani szint felszíni elterjedésének határa,
- az adott rétegtani szint felszínének szintvonalai.

A földtani képződmények feltöltésének azonosítására a fúrási adatbázisban már említett, ún. kiterített indexet használtuk, melyek attribútumként beépültek a térképi adatbázisba, valamint a nyomtatott térképen is feltüntettük ezeket.

A fent felsorolt földtani információk egy vagy két külön nyomtatott térképre kerültek, alapvetően a földtani képződmények sűrűségének függvényében. Pl. a Sió-torok részterületen a pretercier aljzatról 2 térképváltozat (földtani és szintvonalas) készült, míg a triász felszín esetében nem hatott zavaróan a földtani képződmények és a szintvonalak egy térképen való megjelenítése. A Dunántúli-középhegység területén a szintvonalak nélküli fedetlen földtani térkép kivételével minden szintről külön készült földtani és szintvonalas térképváltozat.

Egy részterületen legalább két, de gyakran három rétegtani szintről készült földtani (és szintvonalas) térkép. Az adatok konzisztenciájának biztosítása érdekében alap-



4. ábra. A rétegtani szinttérképek egymásra épülő szerkesztési folyamatának sematikus ábrázolása

A = presenon földtani térkép, B = pretercier földtani térkép, C = prekvaterner földtani térkép, 1 – Senon fedőképződmények elterjedése, 2 – Eocén-panóniai fedőképződmények elterjedése, 3 – kiterített földtani index, 4 – földtani képződmények határa

Figure 4. The scheme of subsequent processing of superimposed geological map surfaces

A = pre-Senon geological map, B = pre-Tertiary geological map, C = pre-Quaternary geological map, 1 – area of the overlying Senon formations, 2 – area of the overlying Eocene-Pannonian formations, 3 – simplified geological symbol, 4 – boundary of the geological formations

vető szerkesztési koncepció volt az egyes szintek egymásra épülő szerkesztése, amelynek egyszerűsített folyamatát a 4. ábrán szemléltetjük.

Elsőként a térképsorozat legalsó szintjének térképei készültek el, ezekre mintegy „sapkaként” kerültek rá a felsőbb szintek, vagyis a fedő képződményei. A gyakorlatban ez úgy valósult meg, hogy pl. a dunántúli-középhegységi terület presenon képződményeinek térképéből topológiai művelettel kivágtuk a senon fedő elterjedésének körvonalát, és ebbe illesztettük a senon képződmények digitális térképi állományát. Így állítottuk elő a terület pretercier felszínének nyers digitális földtani térképét. Ebből kivágtuk az eocéntől a negyedidőszakig terjedő fedőképződmények elterjedésének körvonalát, beillesztve a vonatkozó fedőképződményeket, amelynek eredményeképp elkészült a terület negyedidőszak előtti felszínének nyers digitális földtani térképe. A többi földtani információ (szintvonalak, tektonika, eséstüskék stb.) esetén is ezt a technológiai sorrendet követtük. Valójában arról volt szó, hogy amennyiben presenon képződmények vannak egy területrészen a felszínen, illetve a negyedidőszaki fedő alatt, akkor a vonatkozó földtani képződményeknek, tektonikai elemeknek, szintvonalaknak stb. egyformán kellett megjelenniük a fedetlen és presenon térképeken.

A felülről lefelé építkezés, amelyre szerencsére csak ritkán, inkább a munka elején került sor, sokkal több nehézséget okozott. A szintek egymásra építése során lényeges, a geológusok számára eldöntendő kérdések voltak, hogy a legalsó szinten jelentkező tektonikai elemek melyik szintig hatolnak fel, a felső szinteken jellegüknek megfelelően területileg milyen mértékben eltolódva jelentkeznek, illetve fordítva is, hogy a fedetlen földtani térkép szerkezetföldtani elemei milyen szintig nyúlnak le.

A szintvonalak esetében meg kell még említenünk, hogy a rétegtani szint felszíni elterjedésének határán belül ezeket az 1:100 000-es topográfiai alapról vettük át, míg a kívül eső területeken szerkesztettük őket. Amennyiben a felszíni elterjedés határa nem tektonikai elem, a szintvonalaknak az elterjedési határon illeszkedniük kellett (5. színes ábra).

Adatintegráció

A munka keretében adatintegráció alatt a fúrási és térképi adatbázis egységesítését értjük. Ideális esetben

ugyanaz a szakember végezte egy adott részterület fúrási és térképi adatainak feldolgozását. A szűk határidő miatt a fúrási, majd térképi adatbázis-építés sorrendjét azonban nem lehetett mindig betartani. Nagy mennyiségű adat esetén várható, hogy a nyers fúrási és térképi adatok egy hányada — részben szubjektív, részben objektív okok miatt — eltér egymástól. Ezért a munkának — geológusok és informatikusok által — közösen végzett javító-egyeztető munkafázisa igen nagy hangsúlyt kapott.

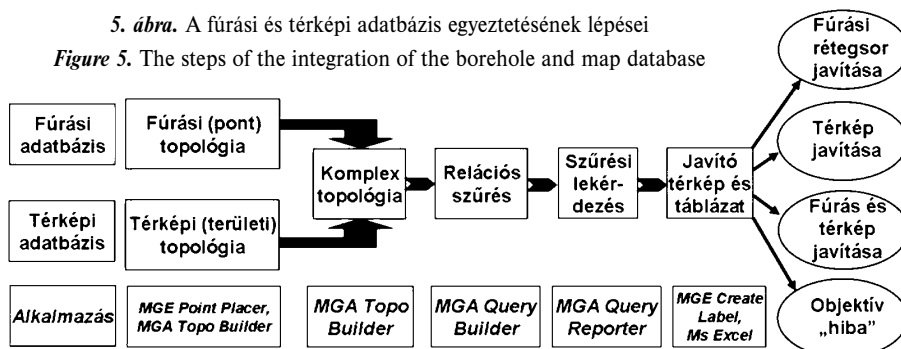
A két adatbázis egyeztetésének lépéseit az 5. ábra szemlélteti. Ezeket egy konkrét rétegtani szint példáján szemléltetjük. A „Fúrási szinttérképek előállítását” fejezetben leírtaknak megfelelően SQL-scripteket futtatva előállítottuk az adott rétegtani szint fúrási szinttérképét, vagyis első lépésben egy olyan x,y (vízszintes és függőleges) koordinátákkal rendelkező adattáblát, amely az adott szint fúrások által elért legfelső rétegeinek adatait tartalmazza.

Az MGE Point Placer alkalmazása segítségével ebből egy koordinátahelyes pont típusú grafikus állomány jön létre, amelynek pont típusú topológiai állományát az adott rétegtani szinttérkép területi topológiájával kombinálva komplex, pont-terület típusú topológiát kapunk. Ezen a topológián ún. relációs szűrést végzünk, amelynek eredményeképp a pont típusú elemek öröklik az őket lefedő területi elemek tulajdonságait (attribútumait). Ez lehetőséget nyújt az azonos geometriai helyzetű fúrás által harántolt és térképen ábrázolt képződmények összevetésére.

Az MGA Query Reporter alkalmazása egy olyan lekérdező (riport) táblát állít elő, amelynek mezőit a fúrási, illetve térképi attribútum-táblák mezőinek kombinációjával a felhasználó tetszőleges sorrendben és tetszőleges mezőnévvel ellátva állítja össze (6. ábra). A táblához egy új mezőt beszúrva megvizsgáljuk, hogy az adott fúráshoz tartozó földtani és térképi index megegyezik vagy eltér. Az eltéréseket kiszűrjük, majd a táblát Excel-formátumba konvertálva az informatikus első lépésben megvizsgálja az eltérések okát (8. színes ábra). Azokat a fúrásokat, amelyekben a térképínél részletesebb szintű, de azzal a térkép szintjén megegyező index (pl. a térképen lévő formáció egy tagozata) szerepel, nem tekinti hibának, hisz egy fúró-mag földtani képződményét pontosabban lehet meghatározni, mint egy 1:100 000-es méretarányú térképi foltot. Az ellenkező esetet, vagyis a pontosabb szinten megha-

5. ábra. A fúrási és térképi adatbázis egyeztetésének lépései

Figure 5. The steps of the integration of the borehole and map database



tározott térképi képződmény esetét már fúrásleírási hibának tekintjük. Eltekintünk azoknak az eltéréseknek a vizsgálatától is, amelyek esetében a fúrási adatbázisban az adott rétegtani szinten „üreg”, „teljes szelvény”, „tektonika” vagy „nincs adat” szerepel.

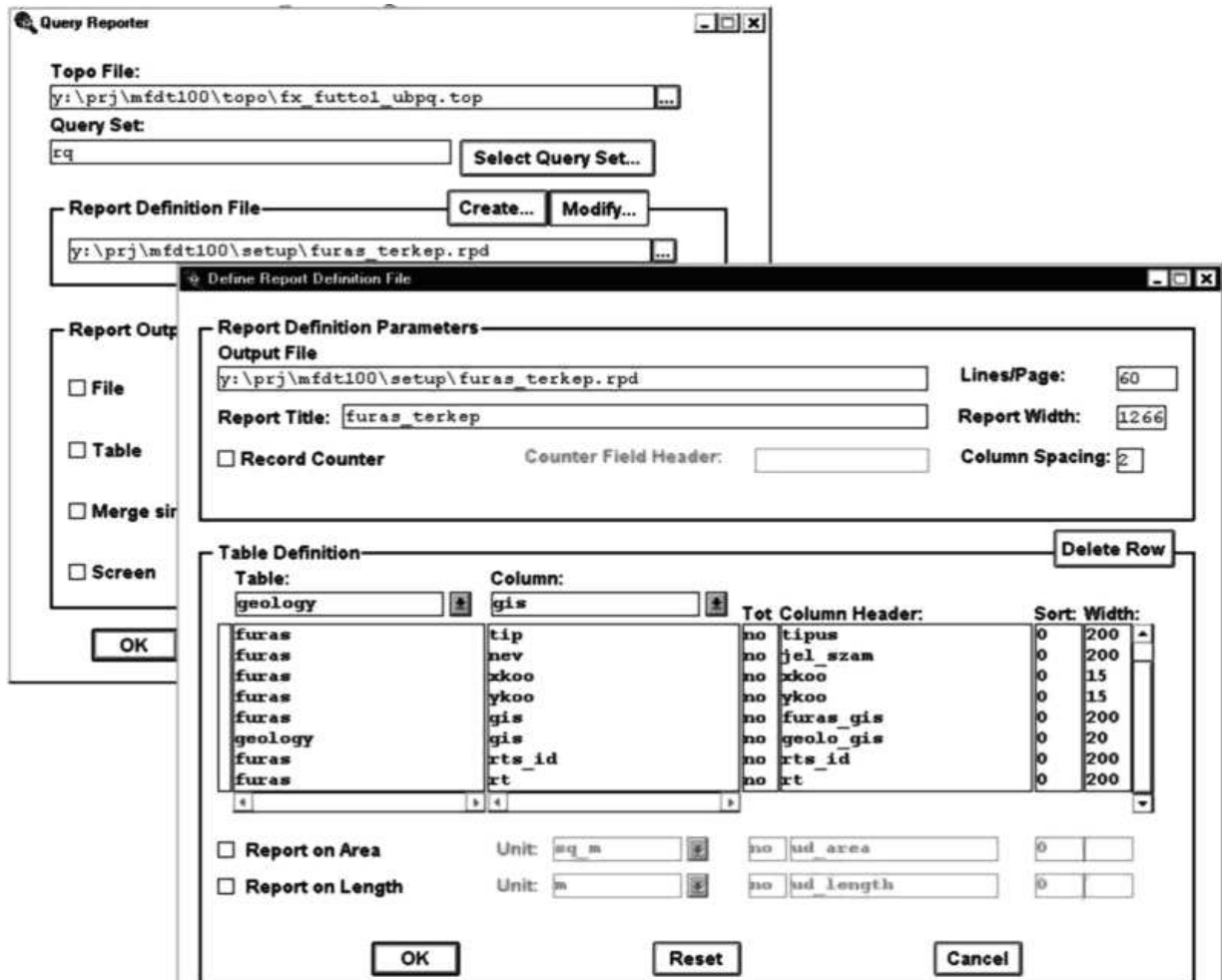
Azokat az eltéréseket, amelyek ez után a „durva szűrés” után megmaradnak, az informatikus már a geológussal együtt, mégpedig fúrásonként vizsgálja. Az Excel tábla mellett az egyeztetéshez speciális fúráspont-térkép is segítséget nyújt, amelyet az MGE Create Label alkalmazása segítségével állítunk elő (8. színes ábra). E digitális álmományok különböző színnel ábrázolják az adott földtani képződményekbe eső azonos (zöld) és eltérő (piros) indexű fúrásokat. A „zöld” indexekre azért van szükség, nehogy egy-két eltérő fúrási index miatt a térképi indexet javítsuk, mikor abban kettőnél jóval több „zöld” index szerepel. A párhuzamosan folyó táblázatos és térképi egyeztetés növeli a javítás hatékonyságát.

A 6. ábra utolsó oszlopa a lehetséges négy javítási változatot tartalmazza.

A legegyszerűbb eset a fúrási rétegsor javítása. Ügyelni kell arra, hogy a rétegsor konzisztens maradjon, pl. ne hogy a javított réteg alatt — feltéve, hogy a rétegsor nem inverz — fiatalabb képződmény következzen. Ilyenkor a javításnak több rétegre kell kiterjednie.

A térképen ábrázolt földtani minősítés javítása abban az esetben nyilvánvaló, ha a térképi foltban szereplő összes fúrás ugyanazt a „hibát” mutatja. Ha a foltban csak egy fúrás van, amely egyébként „hibás”, a térképi képződmény javítható, ha a javítás nem mond ellen a földtani koncepciónak. Egynél több, különböző indexű fúrás esetén a térképi index csak akkor javítható, ha ezt az összes fúrásra — vagy legalábbis nagy részükre — átvezetjük.

Amennyiben egy térképi foltot javítottunk, előfordul, hogy egy vagy több fúrás adott rétegeinek indexét is változtatnunk kell.



6. ábra. A fúrási és térképi adatbázis egyeztetéséhez alkalmazott lekérdező tábla szerkezetének meghatározása MGE Query Reporter-alkalmazással

A bal felső tábla az MGE Query Reporter-alkalmazás főmenüje, míg a ráillesztett jobb alsó tábla a lekérdezés eredményeképp létrejövő táblázat mező-szerkezetének meghatározására szolgál

Figure 6. Definition of the field structure of the report table for the integration of the borehole and map database using MGE Query Reporter application

The upper left table is the MGE Query Reporter main interface, whereas the overlapping one supports the definition of the field structure of the resulting report table

Objektív hiba alatt azt értjük, hogy a fúrás által harántolt réteg a térkép méretarányában nem ábrázolható. Ekkor eltekintünk a fúrás és térképi adatbázis egyeztetésétől.

A fúrás rétegsor javításait import funkció alkalmazásával visszavezettük a fúrás adatbázisba, a térképi javítások után pedig újraépítettük a topológiát. Ezzel lezártunk tekintettük egy adott részterület fúrás és térképi adatbázisát.

A térképeket a megrendelő igényei szerint MicroStation-környezetben nyomtattuk ki. A szűrést és színezést saját fejlesztésű Visual Basic-alkalmazással végeztük. Ez rendkívül megkönnyítette a változások vezetését és a térképek újraszínezését. Mivel az egyes részterületek földtani felépítése eléggé változatos volt — üledékes, illetve magmás kőzetek voltak az uralkodó kőzettípusok — ennél a munkánál nem tekintettük szükségesnek, hogy a képződmények minden egyes részterületen ugyanazt a szint kapják. Arra törekedtünk, hogy az ésszerűség határain belül az egyes képződmények adott környezetükben jól elkülönüljenek.

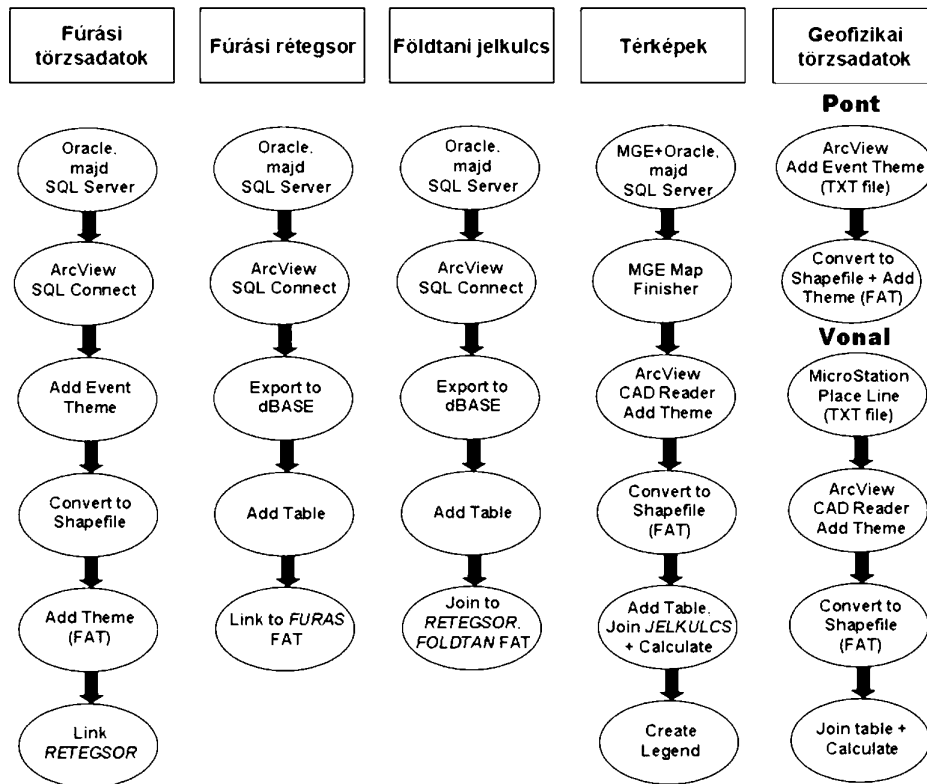
Az egységes fúrás és térképi adatbázis kialakítása tulajdonképpen egy 2,5 dimenziós, konzisztens földtani térmodellnek tekinthető. Az adatok sűrűségének további növelése és a megfelelő alkalmazások beszerzése a valódi 3D modell megalkotásának előfeltétele.

Adatkonverzió

A fúrás és térképi adatbázis konverziójának lépései a 7. ábrán láthatók.

Az eddig leírt munkafolyamatokban a MÁFI maximalsan törekedhetett arra, hogy a földtani adatbázist mind szakmai, mind pedig informatikai szempontból a Mol támogatásával saját igényei szerint építse. A szerződés értelmében a Mol az adatbázist ESRI ArcView 3.2. formátumban, részben szűkítve, részben pedig bővítve igényelte. A sok összetett index miatt egy új mezőben egyértelműen kellett tüntetnünk az adott földtani képződmény tetejének korát (AGE_TOP). Emellett az adatbázist — egészen a munka legutolsó fázisáig — az olajiparban használt szoftverekkel való kompatibilitás érdekében angol nyelven adtuk át. Időközben a magyar nyelvű egységes földtani jelkulcs építése gyors ütemben haladt, ezért a munka lezárásaként a részterületek egységesített adatbázisát a MÁFI már magyar nyelven adta át. Ugyanakkor a fúrás adatbázisból több, csak a MÁFI számára fontos információt nem kérte a Mol.

A MÁFI által a Mol részére a munka keretében átadott anyagok listáját a 6. táblázat tartalmazza.



7. ábra. A digitális adatállományok konverziójának lépései

Magyarzat: FAT = Tematikus attribútum tábla. Zárójelben, mint eredmény szerepel, zárójel nélküli esetben link vagy join üzemmódban egy másik táblát kell hozzákapcsolni. A dőlt nagybetűvel szedett szavak táblanevekre utalnak, az egyszerűség kedvéért magyarul. Pont = pont típusú adat; Vonal = vonal típusú adat

Figure 7. Conversion steps of the digital data sets

Explanation: FAT = Feature Attribute Table. In brackets it belongs to the related graphic data set, without brackets another table is connected to it by join or link. Upper case italic characters mark table names in Hungarian. Pont = point-type data; Vonal = line-type data

6. táblázat. A munka keretében a Mol részére átadott anyagok listája
Table 6. The list of materials delivered to Mol in the frame of the project

Átadott anyagok	Formátum
Fúrési adatbázis	ESRI ArcView-dBASE
Rétegtani szinttérképek	Papír, ESRI ArcView-dBASE
Geofizikai vizsgálati alapadatok	ESRI ArcView-dBASE
Jelentés	Papír, Ms Word

A Mol az átadásoktól számított két héten belül benyújtotta a leadott anyaggal kapcsolatos javítási és kiegészítési igényeit, amelyeket a MÁFI újabb két héten belül teljesített. Tekintettel arra, hogy a nyomtatott térképek MicroStation-környezetben készültek, a Mol ArcView-dBASE-környezetben csak nézet- (View-) dokumentumokat igényelt.

A 7. ábra szemléletesen mutatja a konverzió lépéseit. A legfelső ellipszissor a kiindulási állapotot mutatja. A geofizikai adatoknál sűríteni kellett az ábra információtartalmát, itt a kiinduló adatok TXT-formátumra alakítandó Excel-állományok voltak. Az MGE-Oracle-, illetve MGE-SQL Server-környezetből ArcView-dBASE-be való átlépés az ábrán témánként — vagyis adatscsoportonként — az ArcView kifejezés felülről lefelé számított első megjelenésekor történt. A (FAT)-tal (Feature Attribute Table – tematikus attribútum tábla) jelölt témák egyben grafikus állományok is, mivel FAT táblájuk van. A FAT táblához csatolandó témák — táblák — (zárójel nélküli FAT) csak táblázatos formátumban szerepelnek. A földtani jelkulcs tábláját join (egy az egyhez kapcsolat) üzemmódban csatoljuk a rétegtani szinttérképek FAT tábláihoz, illetve a fúrési rétegsor táblájához. (Jelen esetben ez egy a többhöz kapcsolat.) Ugyanakkor a fúrési rétegsor tábláját link (több az egyhez kapcsolat) üzemmódban fűztük a fúrési törzs (fúrési alapadatok) FAT táblájához. A térképek színezését az ArcView Create Legend alkalmazásával végeztük. RGB-színkódokat alkalmazva így értük el a legjobb egyezést a MicroStation-formátumban nyomtatott térképek színeivel (9. színes ábra). Az ArcView-dBASE-környezetbe konvertált fúrési adatbázis egy fúrásának (Sirok S-1) helyét, alapadatait és rétegsorát a 10. színes ábra szemlélteti.

Informatikai szinten lassan megszokhattuk, hogy mire egy jelentés vagy cikk nyomdába kerül, az alkalmazott eszközöket és módszereket a kor túlhaladja. Jelen esetben is ez történt, hisz a munka 2004-ben történt lezárása óta az ESRI-termécsaládból az ArcView 3.2 verziója helyett

már az ArcGIS 9-es verziójánál tartunk, míg MGE helyett egyre inkább a Geomédia-rendszerben gondolkodunk. Az SQL Server még „tartja magát”, de egyre inkább előtérbe kerül mind ESRI-, mind pedig Intergraph-szinten az Ms Access. Jelen kötetben olvashatunk az egységes földtani jelkulcs továbbfejlesztéséről, valamint a MÁFI fúrési adatbázisának — mely igazából ennek a munkának keretében kezdett épülni — intranetes hozzáférési lehetőségéről (GYALOG et al. 2005).

A fúrési és térképi adatbázis felhasználása a Mol-ban

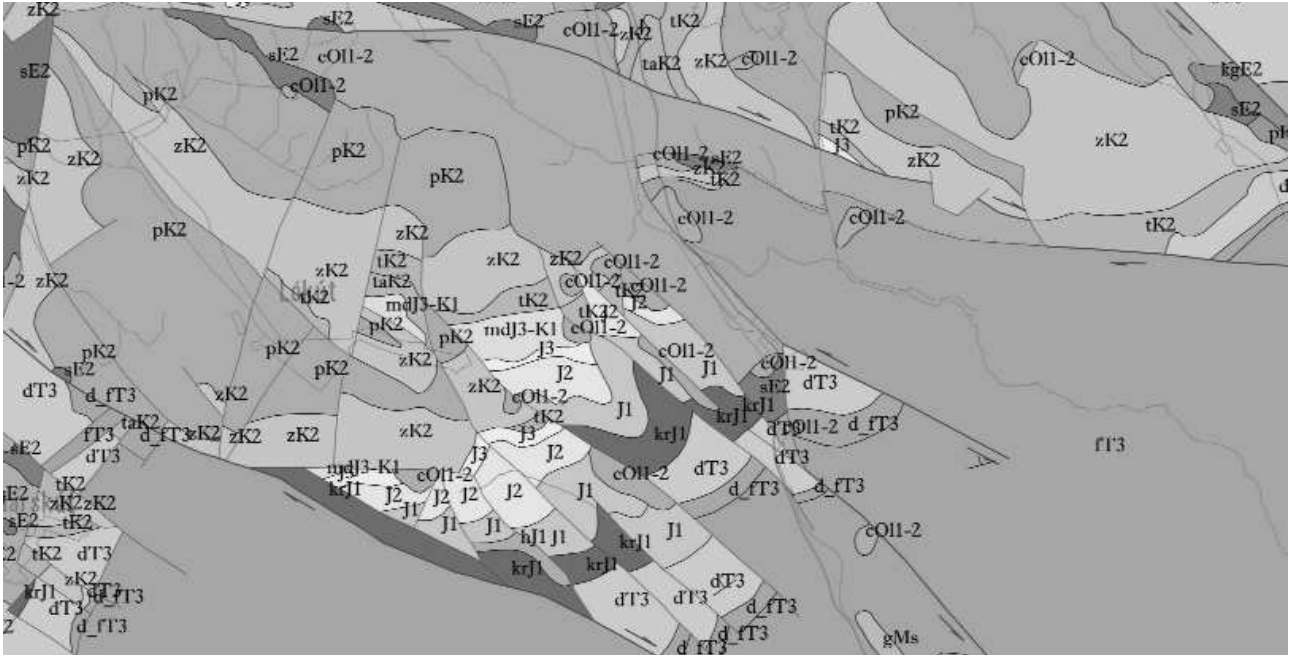
A Mol-nál az olajipari adatok kezelése, elemzése mára az estek döntő többségében digitális formában történik. Az alkalmazott integrált értelmező rendszer lehetővé teszi az erőtér-geofizikai, szeizmikus és a fúrési, valamint a teleptani adatok együttes értelmezését. Az értelmező rendszer szerves részét képezi az ESRI ArcView térinformatikai szoftvercsomagja. Az ArcView lehetővé teszi a különféle térképi adatok együttes kezelését, elemzését. A térinformatikai szoftver természetesen nem csak egy digitális átvilágító asztal, hanem alkalmas a térképi elemekhez rendelt adatok alapján különféle elemzések végrehajtására.

A MÁFI szakemberei által felépített rendszer használatával lehetővé vált az olajipar számára korábban fehér foltnak tekinthető területek kutatásának hatékony megtervezése. Az adatbázis használatával alapvető információkhoz jutott az adott terület kutatását tervező szakember. Az egységes szemléletű adatrendszer lehetővé tette a szénhidrogén-földtani modellalkotást, majd a kutatólétesítmények (pl. szeizmikus vonalak, magnetotellurikus mérések) optimális elhelyezését. Az adatrendszer használata azonban nem ér véget a kutatás-tervezési időszakban, fontos szerepet játszik a döntés-előkészítésben, majd az értelmezésben is. Az értelmező munkáját megkönnyíti, hogy a mérések tervezésénél figyelembe vették a terület megkutatottságát, így biztosítva a már meglévő kutató létesítmények adatainak felhasználhatóságát. Az értelmezési folyamat eredményeként létrejött földtani modell vizsacsatolásra kerül a rendszerbe.

A MÁFI által létrehozott rendszer a magját képezi egy fejlesztés alatt álló, belső, Mol-os adatbázisnak, amely lehetővé teszi a vállalat összes kutatási területére vonatkozó adatok hatékony kezelését és elemzését.

Irodalom — References

- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., JOCHÁNÉ EDELENYI E. 1997: Magyarázó a Bakony földtani szelvényéhez Pápa és Aszófó között. — *Kézirat*, Mol Adattár, Budapest.
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi kiadványa 187*, Budapest, 171 p.
- GYALOG L. (szerk.) BUDAI T., TULLNER T., TURCZI G. 1998: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének fejlesztése” című szerződés teljesítéséről (a Bakonyban mért szeizmikus szelvény tágabb környezetének adatbázisa). — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., BUDAI T. (szerk.) 2004: Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratigráfiai tagolására (Proposal for new lithostratigraphic units of Hungary). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 195–232.
- GYALOG L., TURCZI G., TULLNER T., BUDAI T., MÜLLER P., PENTELENYI L., TÓTHNÉ MAKK Á., TAMÁS G., KOZÁK M., PÜSPÖKI Z. 1999a: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének fejlesztése” című szerződés teljesítéséről a Tokaj-nyírségi területen. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TURCZI G., TULLNER T., BUDINSZKYNÉ SZENTPÉTERY I., LESS GY., MÜLLER P., PELIKÁN P., PENTELENYI L., PEREGI Zs., RADÓCZ GY., TÓTHNÉ MAKK Á., PRAKFAI P., KOZÁK M., PÜSPÖKI Z. 1999b: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” című szerződés teljesítéséről az Északi-középhegység területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TURCZI G., TULLNER T., CHIKÁN G., KÓKAI A., RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. 1999c: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének fejlesztése” című szerződés teljesítéséről a Siótorok területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TULLNER T., TURCZI G., BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., JOCHÁNÉ EDELENYI E., KNAUER J., MÜLLER P., NÁDOR A., SELMECZI I., SZEILER R., TAMÁS G., TÓTHNÉ MAKK Á. 2000a: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” című szerződés teljesítéséről a Dunántúli-középhegység területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TULLNER T., TURCZI G., JÁMBOR Á., JUHÁSZ GY., MÜLLER P., RÁLISCH E., TÓTHNÉ MAKK Á. 2000b: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” című szerződés teljesítéséről a Mezőföld területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TURCZI G., TULLNER T., CHIKÁN G., KÓKAI A., KOLOSZÁR L., KONRÁD GY., MARS I. 2001a: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének fejlesztése” című szerződés teljesítéséről a Mecsek-Villány-Nyugat területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TURCZI G., TULLNER T., CHIKÁN G., JÁMBOR Á., JUHÁSZ GY., KONRÁD GY., KOLOSZÁR L., MARS I., RÁLISCH E. 2001b: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének fejlesztése” című szerződés teljesítéséről a Mecsek-Villány-Kelet területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., TURCZI G., TULLNER T., BUDAI T., KÖRÖSI L., MÜLLER P., PELIKÁN P., PENTELENYI L., PRAKFAI P., SELMECZI I., TÓTHNÉ MAKK Á., VETŐ I. (közreműködött TAMÁS G., REZESSY A., GALAMBOS Cs., ALBERT G.) 2001c: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének készítése” című szerződés teljesítéséről a Vác-Balassagyarmat és Eger területeken. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., BUDAI T., TULLNER T., TURCZI G., ALBERT G., CSEREKLEI E., CSILLAG G., DUDKO A., FODOR L., JÁMBOR Á., JUHÁSZ GY., KAISER M., KNAUER J., SELMECZI I., VETŐ I. 2002: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének készítése” című szerződés teljesítéséről a Dunántúl-Észak területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYALOG L., BUDAI T., CHIKÁN G., LESS GY., PELIKÁN P., TULLNER T., TURCZI G., MAIGUT V., GALAMBOS Cs., HAVAS G. 2003: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatrendszerének egységesítése” című szerződés teljesítéséről. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- GYALOG L., OROSZ L., SIPOS A., TURCZI G. 2005: A MÁFI egységes földtani jelkulcsa, fúrás adatbázisa és ezek webes lekérdezőfelülete. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004*, jelen kötet.

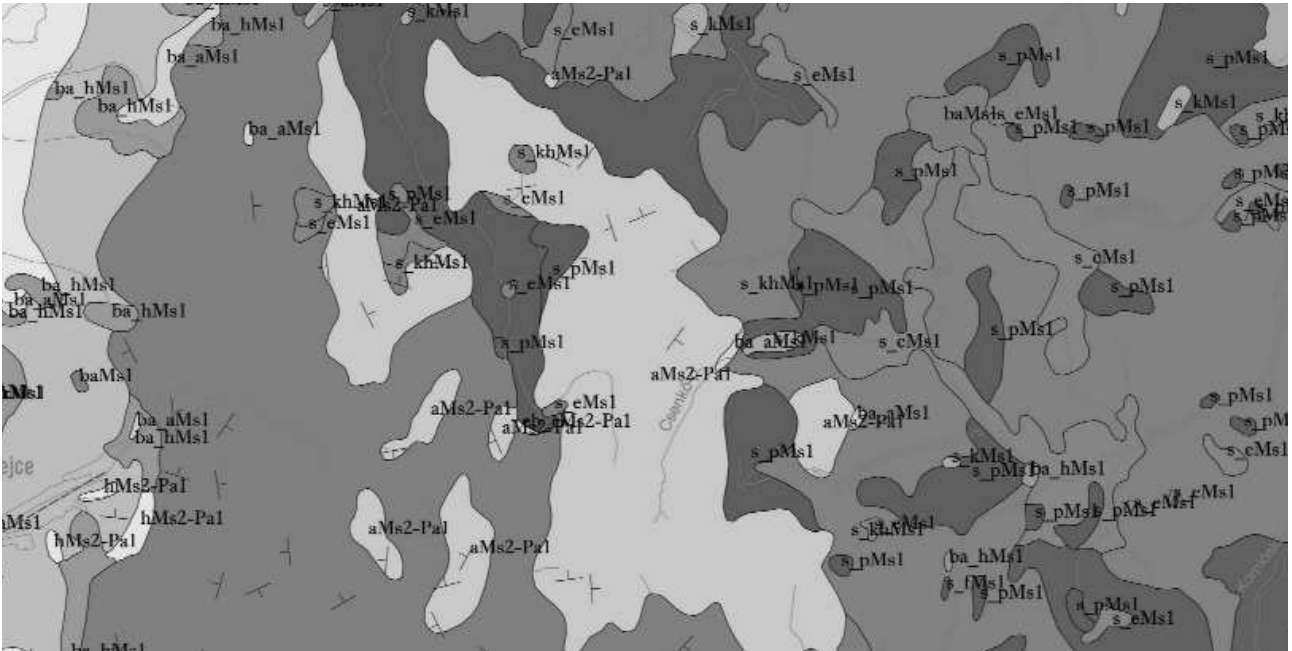


1. színes ábra. A Dunántúli-középhegység terület prekvarter képződményeinek földtani térképe (részlet)

Jelkulcs: cO11-2 = Csatkai F., pE2-3 = Padragi F., sE2 = Szöci F., kgE2 = Kisgyóni F., pK2 = Pénzeskúti F., zK2 = Zirci F., tK2 = Tési F., taK2 = Tatai F., aK2 = Alsóperei F., mdJ3-K1 = Mogyorósdombi F., szJ3-K1 = Szentivánhegyi F., J3 = felső-jura, J2 = középső-jura, J1 = alsó-jura, hJ1 = Hierlatzi F., krJ1 = Kardosréti F., dT3 = Dachsteini F., d_ft3 = Dachsteini F., Fenyőfői T., ft3 = Földolomit F.

Colour figure 1. Excerpt of the pre-Quaternary geological map of the Transdanubian Range area

Legend: cO11-2 = Csatka Fm, pE2-3 = Padrag Fm, sE2 = Szóc Fm, kgE2 = Kisgyón Fm, pK2 = Pénzeskút Fm, zK2 = Zirc Fm, tK2 = Tés Fm, taK2 = Tata Fm, aK2 = Alsópere Fm, mdJ3-K1 = Mogyorósdomb Fm, szJ3-K1 = Szentivánhegy Fm, J3 = Upper Jurassic, J2 = Middle Jurassic, J1 = Lower Jurassic, hJ1 = Hierlatz Fm, krJ1 = Kardosrét Fm, dT3 = Dachstein Fm, d_ft3 = Dachstein Fm, Fenyőfő Mb, ft3 = Hauptdolomit Fm

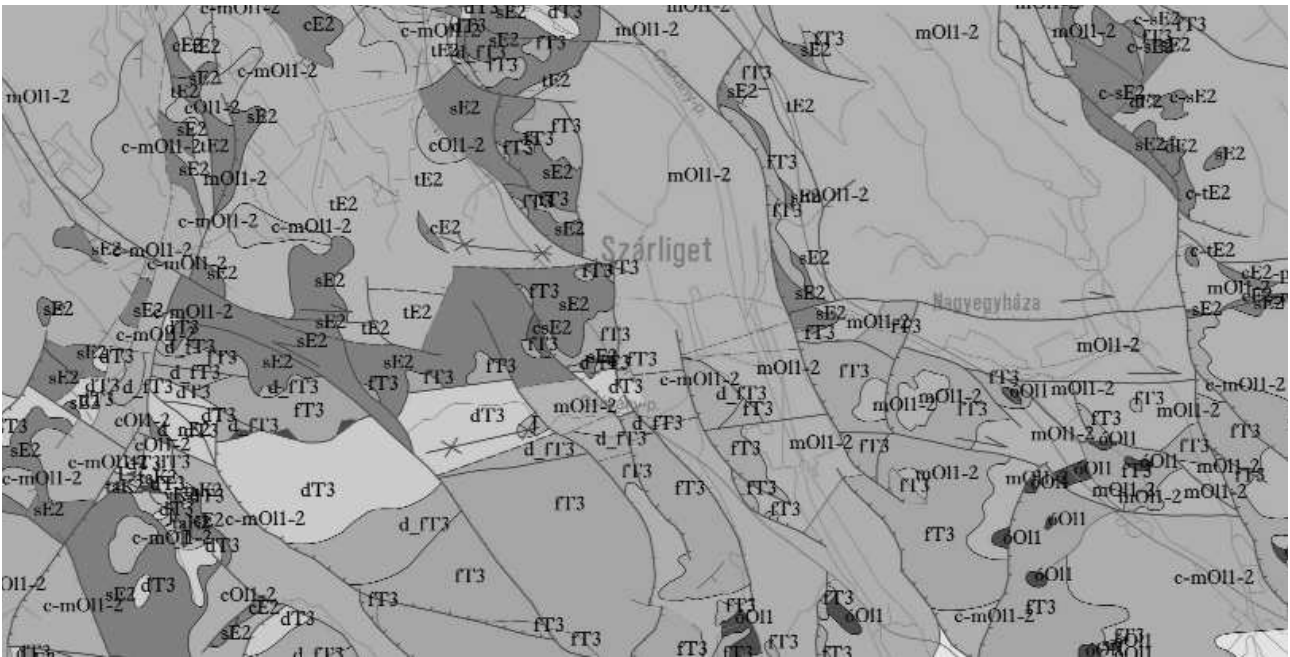


2. színes ábra. A Tokaj-Nyírség terület prekvarter képződményeinek földtani térképe (részlet)

Jelkulcs: maPal = Megyaszó F., eb_rMs2-Pa1 = Erdőbényei F., Rátkai T., aMs2-Pa1 = Amadévári F., hMs2-Pa1 = Hernádvölgyi F., kMs = Kozárdi F., baMs1 = Baskói F., tagozatai: ba_hMs1 = Mulatóhegyi T., ba_aMs1 = Aranyosi T.; sMs1 = Szerencsi F., tagozatai: s_fm1 = Füzérkomlói T., s_eMs1 = Erdőhorváti T., s_kMs1 = Kékedi T., s_khMs1 = Kishutai T., s_pMs1 = Pálházi T.

Colour figure 2. Excerpt of the pre-Quaternary geological map of the Tokaj-Nyírség area

Legend: maPal = Megyaszó Fm, eb_rMs2-Pa1 = Erdőbénye Fm, Rátka Mb, aMs2-Pa1 = Amadévár Fm, hMs2-Pa1 = Hernádvölgy Fm, kMs = Kozárd Fm, baMs1 = Baskó Fm, its members: ba_hMs1 = Mulatóhegy Mb, ba_aMs1 = Aranyos Mb; sMs1 = Szerencs Fm, its members: s_fm1 = Füzérkomlós Mb, s_eMs1 = Erdőhorváti Mb, s_kMs1 = Kéked Mb, s_khMs1 = Kishuta Mb, s_pMs1 = Pálháza Mb

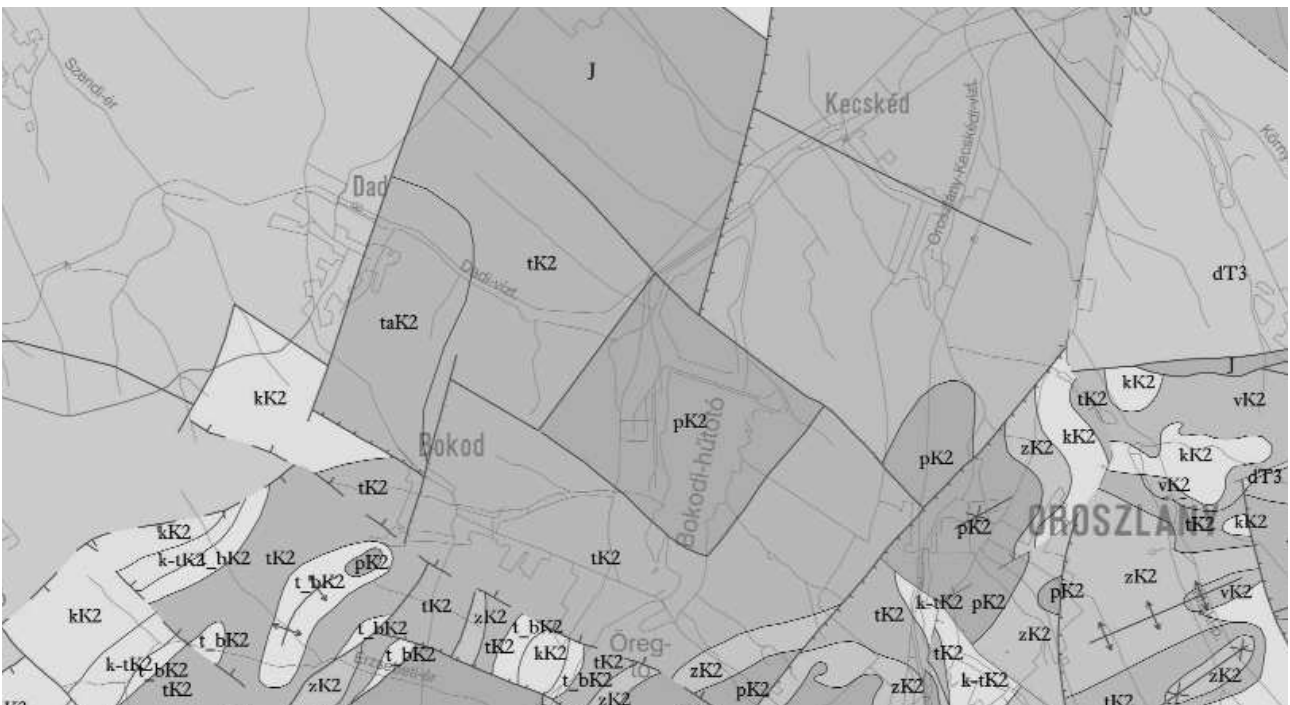


3. színes ábra. A Dunántúl-Észak terület prepannon képződményeinek földtani térképe (részlet)

Jelkulcs: mO11-2 = Mányi F., c-mO11-2 = Csatkai és Mányi F. összevontan, cO11-2 = Csatkai F., óO11 = Óbaroki F., tE2 = Tokodi F., sE2 = Szóci F., cE2 = Csolnoki F., csE2 = Csernyei F., dT3 = Dachsteini F., d_FT3 = Dachsteini F., Fenyőfői T., FT3 = Földolomit F.

Colour figure 3. Excerpt of the pre-Pannonian geological map of the Northern Transdanubia area

Legend: mO11-2 = Mány Fm, c-mO11-2 = Csatka and Mány Fm combined, cO11-2 = Csatka Fm, óO11 = Óbarok Fm, tE2 = Tokod Fm, sE2 = Szóc Fm, cE2 = Csolnok Fm, csE2 = Csernye Fm, dT3 = Dachstein Fm, d_FT3 = Dachstein Fm, Fenyőfő Mb, FT3 = Hauptdolomit Fm

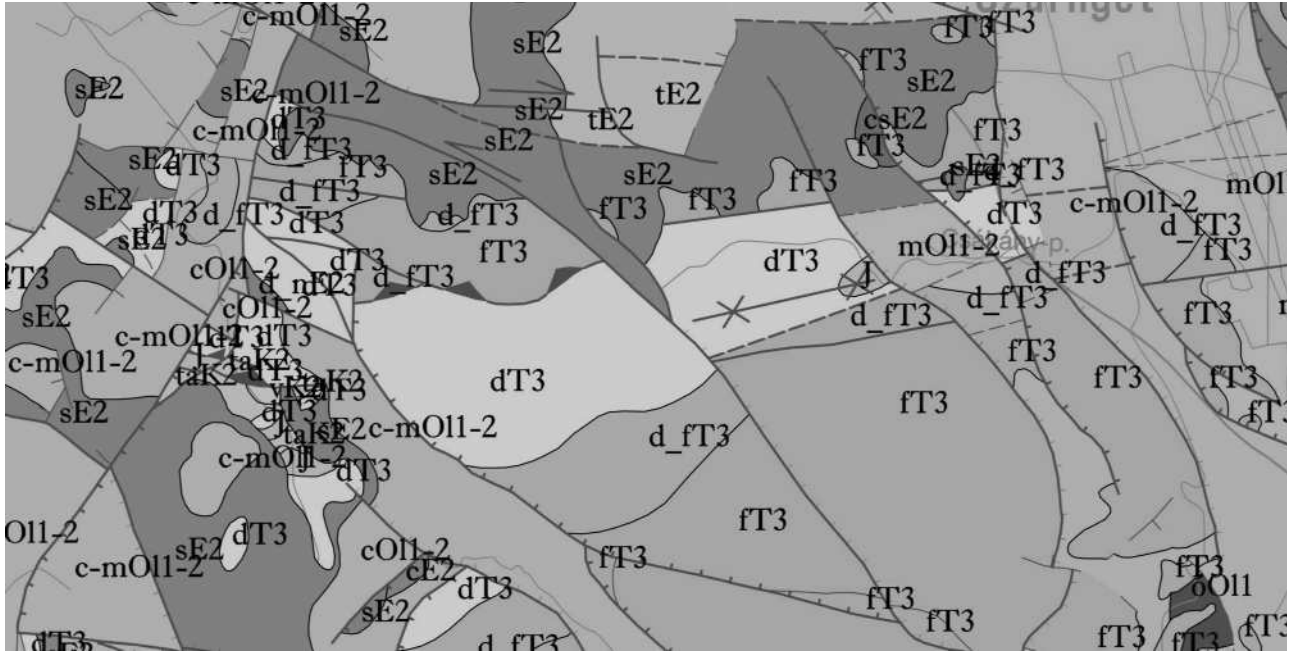


4. színes ábra. A Dunántúl-Észak terület pretercier képződményeinek földtani térképe (részlet)

Jelkulcs: pK2 = Pénzeskúti F., zK2 = Zirci F., tK2 = Tési F., k-tK2 = Környei és Tési F. összevontan, kK2 = Környei F., v-kK2 = Vértessomlói és Környei F. összevontan, vK2 = Vértessomlói F., J = jura, dT3 = Dachsteini F.

Colour figure 4. Excerpt of the pre-Tertiary geological map of the Northern Transdanubia area

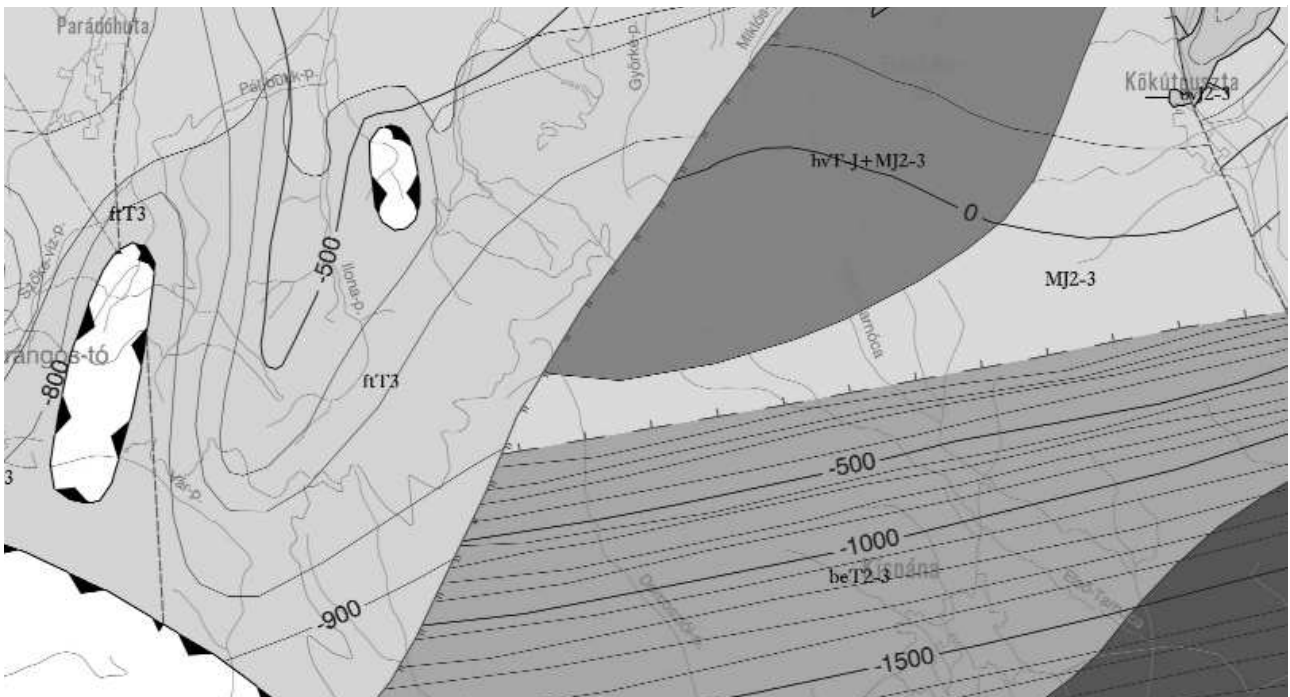
Legend: pK2 = Pénzeskút Fm, zK2 = Zirc Fm, tK2 = Tés Fm, k-tK2 = Környe and Tés Fm combined, kK2 = Környe Fm, v-kK2 = Vértessomlói and Környe Fm combined, vK2 = Vértessomlói Fm, J = Jurassic, dT3 = Dachstein Fm



5. színes ábra. Az Északi-középhegység terület preneogén képződményeinek földtani térképe és felszínének domborzata (részlet)
 Jelkulcs: sE2 = Szépvölgyi F., lvJ2-3 = Lökvölgyi F., bJ2-3 = Bányahegy F., vk-lvJ2-3 = Vaskapui és Lökvölgyi F. összevontan, MJ2-3 = Mónosbéli Fcs., bzJ2-3 = Bükkzsérci F., rJ2-3 = Rocskavölgyi F., szJ2 = Szarvaskői F., tJ2 = Tardosi F., ftT3 = Felsőtárkányi F., beT2-3 = Bervai F., hT2 = Hámori F., vT2 = Várhegyi F.; 1 – preneogén képződmények felszíni elterjedése, 2 – vető, 3 – feltételezett vető, 4 – antiklinális tengelye; 5 – preneogén felszín szintvonalai

Colour figure 5. Excerpt of the pre-Neogene geological map of the Northern Range area

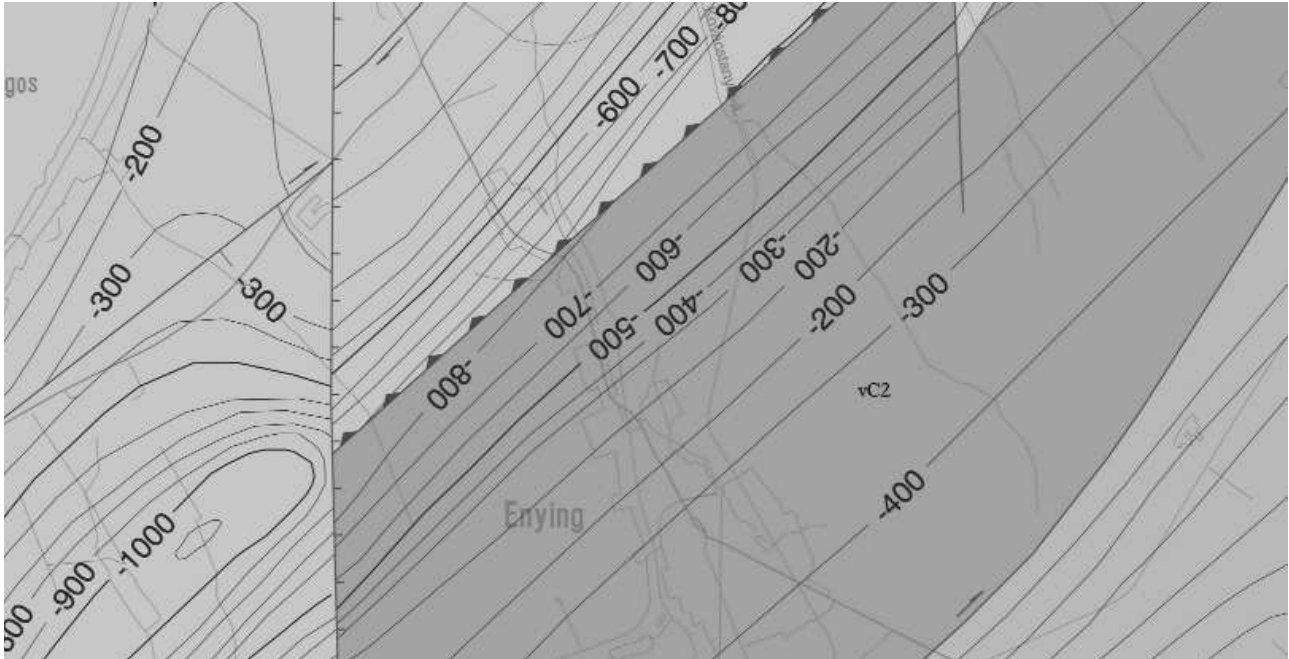
Legend: sE3 – Szépvölgy Fm., lvJ2-3 – Lökvölgy Fm., bJ2-3 – Bányahegy Fm., vk-lvJ2-3 – Vaskapu and Lökvölgy Fm. combined, MJ2-3 – Mónosbél Group, bzJ2-3 – Bükkzsérc Fm., rJ2-3 – Rocskavölgy Fm., szJ2 – Szarvaskő Fm., tJ2 – Tardos Fm., ftT3 – Felsőtárkány Fm., beT2-3 – Berva Fm., hT2 – Hámor Fm., vT2 – Várhegy Fm.; 1 – surface outcrops of pre-Neogene formations, 2 – fault, 3 – inferred fault, 4 – anticline axis; 5 – contour lines of the pre-Neogene surface



6. színes ábra. Az Eger terület pretercier képződményeinek földtani térképe és felszínének domborzata (részlet)
 Jelkulcs: türkizkék = Mónosbéli Fcs., hvT-J+MJ2-3 = Hosszúvölgyi F. és Mónosbéli Fcs. összevontan, ftT3 = Felsőtárkányi F., beT2-3 = Bervai F., fehér, fekete tuskékkal = pretercier képződmények ismeretlenek,

Colour figure 6. Excerpt of the pre-Tertiary geological map of the Eger area

Legend: turquoise = Mónosbél Group, hvT-J+MJ2-3 = Hosszúvölgy Fm. and Mónosbél Group combined, ftT3 = Felsőtárkány Fm., beT2-3 = Berva Fm., white bordered by black triangles = pre-Tertiary formations unknown

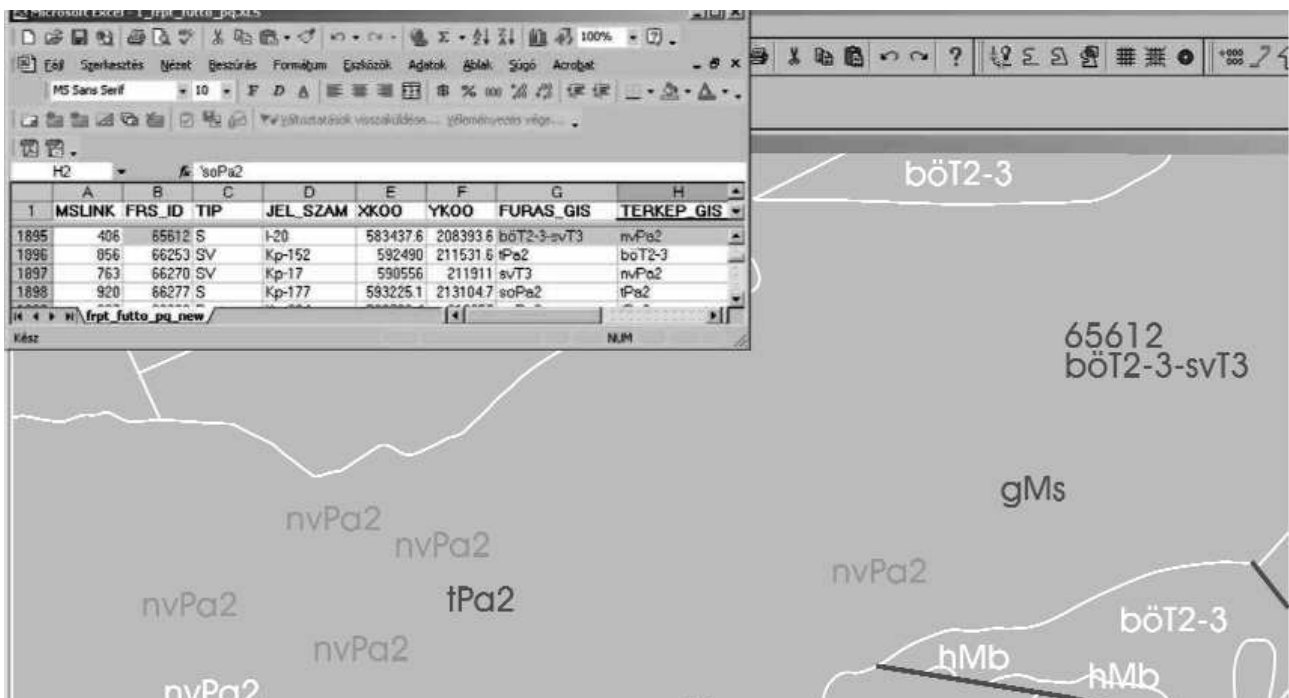


7. színes ábra. A Mezőföld terület pretercier képződményeinek földtani térképe és felszínének domborzata (részlet)

Jelkulcs: vC2 = Velencei F., bO-S = Balatonfőkajári F., piros vonal = vető, piros vonal tuskével = feltolódás, piros vonal nyíllal = eltolódás, barna izovonal számokkal = a pretercier felszín szintvonalai

Colour figure 7. Excerpt of pre-Tertiary geological map of the Mezőföld area

Legend: vC2 = Velence Fm., bO-S = Balatonfőkajár Fm., red line = fault, red line with triangles = overthrust, red line with arrow = strike-slip fault, brown contour line with numbers = contour lines of the pre-Tertiary surface

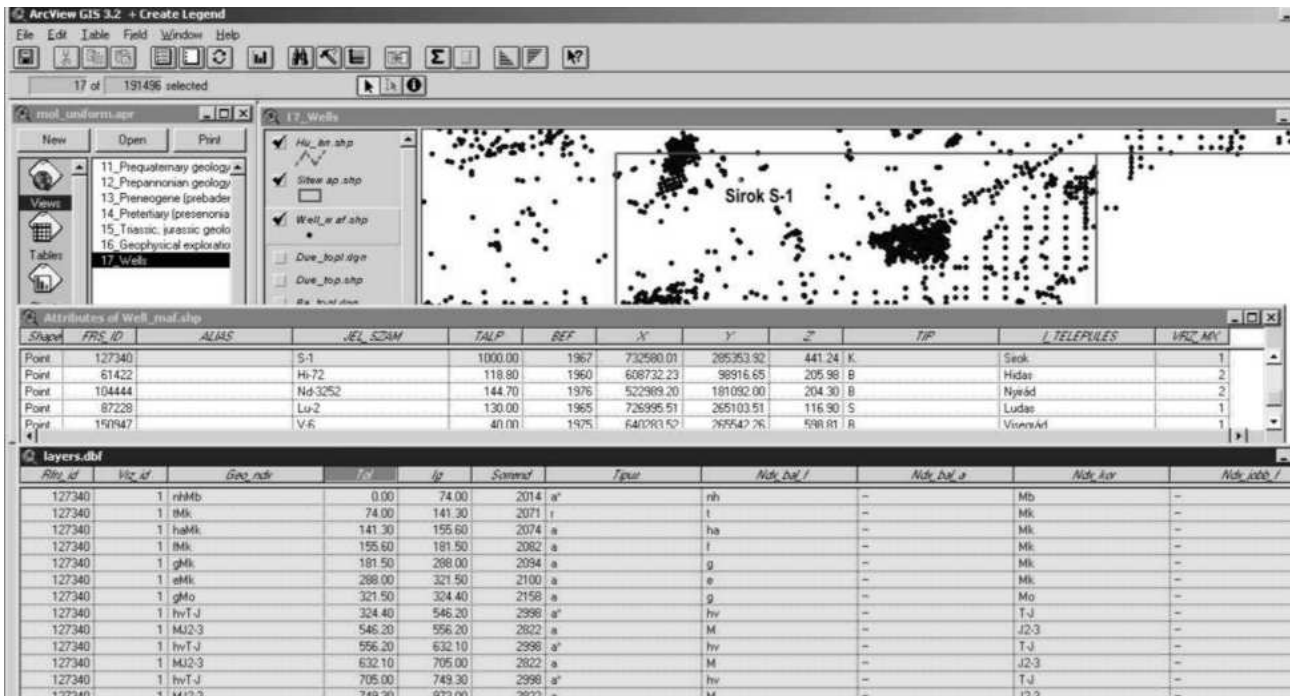
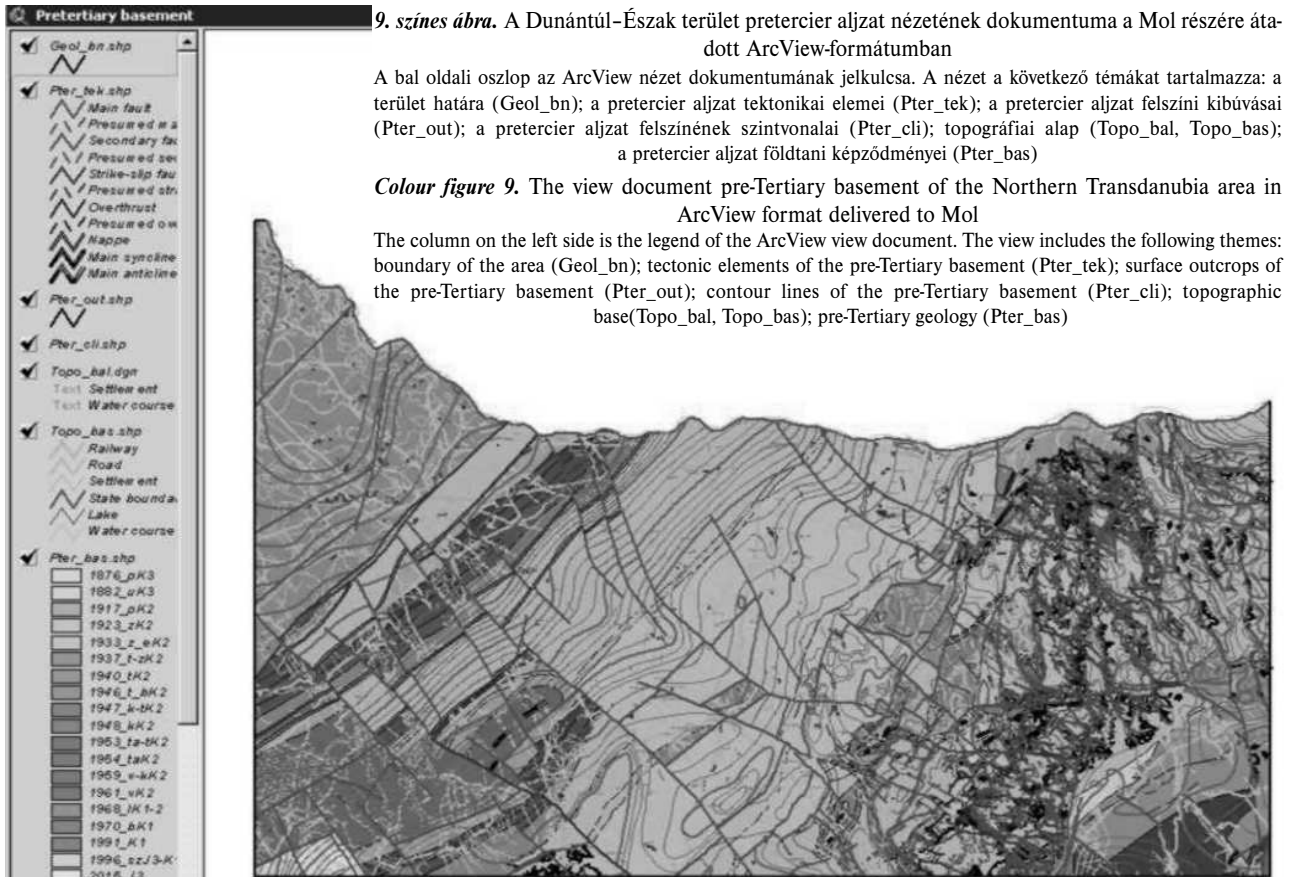


8. színes ábra. A fúrési és térképi adatbázis összevetése a Dunántúli-középhegység terület prekvarter képződményeinek földtani térképén

Térképmagyarázat: fehér indexek = a térképen ábrázolt képződmények; zöld indexek = a fúrési és a térképi indexek megegyeznek; piros indexek = a fúrési és a térképi indexek eltérnek egymástól. Excel tábla magyarázata: a jelzett cellák az I-20 jelű fúrás (FRS_ID = 65612) adatai. A fúrési (böt2-3-svT3) és a térképi (nvPa2) indexek eltérnek egymástól

Colour figure 8. Comparative analysis of the borehole and map database on the pre-Quaternary geological map of the Transdanubian Range area

Explanations: Map: white indexes = formations represented on the map; green indexes = formations in the borehole and on the map are the same; red indexes = formations in the borehole and on the map are different; Excel table: cells of shade represent data of borehole I-20 (FRS_ID = 65612). Geological formations described in the borehole (böt2-3-svT3) and represented on the map (nvPa2) are different



Földtani térképek publikálása internetes környezetben

Publishing geological maps on the Internet

HAVAS GERGELY

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: EOFT-100, DANREG, webtérkép, internetes térkép, interaktív, térinformatika, adatbázis, online, intranet, internet, Webmap

Összefoglalás

Az internet elterjedtségére és gyorsulására alapozva egyre több interaktív térkép jelenik meg a Weben. A MÁFI-ban is folynak ilyen irányú fejlesztések - pl. DANREG, 100 000-es földtani sorozat webes publikálása - melyek a belső és a külső hálózaton egyaránt megtalálhatók. A cikk az az elmúlt időszak intézeti fejlesztéseiről, valamint ennek a viszonylag új technológiának a jövőbeli földtani térinformatikai felhasználásáról szól.

Keywords: EOFT-100, DANREG, webmap, Internet map, interactive, GIS, database, online, intranet, internet, Webmap

Abstract

Considering the progressively extending use and increasing speed of Internet services a growing number of maps are published on the Web. Such developments are performed in MÁFI as well including the web-based publication of the DANREG project and the 1:100 000-scale geological map series of Hungary accessible on both the Intra- and Internet. This paper presents the latest related developments in MÁFI as well as the future geological GIS applications of this comparatively new technology.

Bevezetés

A szélessávú internet jó néhány új technológiai megoldással gyarapította közvetett módon a World Wide Web által kínált lehetőségeket. A nagyobb sebesség nagyobb adatforgalmat tesz lehetővé úgy, hogy a böngészés nem válik élvezhetetlenül lassúvá. Ezt kihasználva készülnek az egyre fejlettebb adatbázis szolgáltatások (internetes telefonkönyv, bank ügyintézés stb.), vagy a vektoros illetve raszteres alapú grafikákat használó webes alkalmazások (játékok, animációk, térképek).

Azok a világvezető térinformatikai cégek, amelyek eddig csak „asztali” szoftverek fejlesztésével foglalkoztak, az utóbbi években elkezdtek webes alapú térkép és adatmegjelenítő szoftvereket is forgalmazni. Mostanra ezek az alkalmazások kinőtték legtöbb szokásos gyermekbetegségeket (megbízhatatlanság, sebezhetőség, instabilitás, nehézkes használat stb.) és kezdenek egyre szélesebb körben elterjedni. A Földtani Intézetben 2003–2004-ben történt ez irányú kutatásról, fejlesztésekről és az eddigi tapasztalatakról szeretnék összefoglalót adni.

Az internetes térképekről általában

Az korai internetes térképek nem voltak többek egyszerű, szkennelt vagy vektoros térképből exportált raszteres képeknél. Legjobb esetben is csak nagyítani lehetett őket, de azt is csak előre meghatározott szorzókkal. Később megjelentek az egyszerűbb vektoros térképek — ma is ezek vannak a legtöbben —, itt már nem jelent problémát a kicsinyítés, nagyítás, szöveges elemekre való keresés, jelkulcsi rétegek ki- és bekapcsolása vagy hot spotok¹ használata. Ezek már jól és gyorsan használható térképek. A legfejlettebb alkalmazások azok, melyek mögött tényleges adatbázisok állnak, lehetővé téve igen összetett elemzéseket és azok térképi megjelenítését. Ilyenek például a nagyon népszerű autós útvonaltervezők, vagy a különböző intelligens várostérképek.

A projekt tervezésének első lépéseként célszerű alaposan körülnézni a világhálón, hogy választ kapjunk néhány kérdésre:

¹ Olyan terület a térképen, melyre kattintva újabb adatokhoz jutunk.

— Kik készítenek általában ilyen térképeket?

— Egyszerűbb térképeket lelkes amatőrök, esetleg kisebb cégek reklám céllal. Komolyabb rendszereket multinacionális cégek — szintén reklám céllal —, illetve a nyugati félteke jóléti államainak intézményei, egyetemei.

— Kik használják ezeket a térképeket?

— Mindenki, akinek egy konkrét információra van gyorsan szüksége, és nem akar érte fizetni (pl. címkeresés, útvonaltervezés).

— Hogyan térül meg az ilyen térképekbe fektetett munka és pénz, hiszen az internetes felhasználók nem fizetnek érte?

— Azon túl, hogy maga a weboldal is tartalmazhat reklámokat, a térkép készítője a térképen számos eszközzel támogatja más cégeket (pl. ha egy útvonaltervezőn adott olajtársaság benzinkútjai jelennek meg). Emellett egy jól sikerült — szépen kivitelezett, gyors, áttekinthető stb. — interaktív térkép, amit sokan használnak, komoly reklámértékkel bír készítője számára.

A Földtani Intézet fejlesztései

Az előzmények

2003-ban az intézet egy OM Központi Műszaki Fejlesztési Alapprogram pályázat keretében hozzájutott, az Intergraph Geomedia Webmap nevű (webes alapú) térinformatikai szoftverhez, az RRL (Registered Research Laboratory) program keretében egy másikhoz. Mint a Geomedia programcsalád tagját, azzal a céllal fejlesztették ki, hogy a Geomedia által kezelt térinformatikai adatokat (térképeket és adatbázisokat) az internetes böngészőn keresztül is el lehessen érni, rajtuk egyszerűbb műveleteket végre is lehessen hajtani.

A szoftver

A Webmap szerveralkalmazás, mely kizárólag Windows alapú szervereken fut, szorosan együttműködve az IIS²-sel. Feladata: térinformatikai rendszerek — elsősorban térképek — átalakítása oly módon, hogy internetes böngészővel nézhető, kezelhető legyenek. A térképeket képes raszteres (jpeg³, png⁴) valamint vektoros (SVG⁵ és ActiveCGM⁶) formátumokban megjeleníteni. Közvetlenül tud kezelni számos elterjedt térinformatikai formátumot (dgn, shp, dxf, dwg⁷ stb.). A Geomediához hasonlóan képes eltérő vetületi rendszerekben tárolt térképeket egy tetszőleges vetületi rendszerben bemutatni.

² A Windows internetes tartalomszolgáltatást biztosító alkalmazása.

³ „Joint Photographic Experts Group” által készített — az Interneten legelterjedtebb — raszteres fájlformátum.

⁴ „Portable Network Graphics” célirányosan az Internetre fejlesztett raszteres fájlformátum.

⁵ „Scalable Vector Graphics” xml alapú, kifejezetten az Internet számára fejlesztett vektoros fájlformátum.

⁶ A „Computer Graphics Metafile” nevű, igen elterjedt metafájl internetes böngészők számára átalakított változata.

⁷ A MicroStation, az ArcView és az AutoCAD szoftverek fájlformátumai.

A térképeken számos művelet végrehajtható, ezek közül néhány:

- nagyítás/kicsinyítés,
- térkép mozgatása,
- jelkulcsi elemek ki-, bekapcsolása,
- lekérdezések/elemzések végrehajtása,
- hot spot,
- szöveges keresés,
- koordináta keresés,
- távolság/terület mérés,
- redline⁸.

A szoftver önmagában — néhány beépített segédprogram segítségével — könnyedén képes a térképek webes megjelenítésére, úgy hogy a fent felsorolt funkciókat használni lehet. Ez azonban inkább kisebb térképek, szűk környezetben való prezentálására alkalmazható. Komolyabb rendszerek — nagy mennyiségű adat — esetén ezek a funkciók továbbra is működnek, ám néhányuk alkalmazásánál a szoftvert rutinszerű használatra alkalmatlanná teszi lelassulása. Ezért célszerűbb volt olyan webes alkalmazást fejleszteni, ami a Webmap-nek csak a belső térképrekezelő rutinjait használja, de az egyéb adatbázis lekérdező és megjelenítő funkciókat önmagában is képes ellátni. Az ehhez szükséges programozói tudás, az intézetben hiányzik, ezért ezek a fejlesztések külső vállalkozó bevonásával történtek.

Az alapanyagok

Általában igaz, hogy az intézetben futó, vagy futott nagyobb léptékű térinformatikai munkák eddig Intergraph MGE–MicroStation környezetben készültek el. Ez azt jelenti, hogy a térképek dgn fájlformátumban, a hozzájuk kapcsolódó térinformatikai adatok pedig SQL Server adatbázisban tárolódnak.

A Geomedia — és így a Webmap is — képes az ilyen típusú fájlok olvasására és kezelésére, ennek ellenére a térképek és az adatok konverziójáról döntöttünk a következő okok miatt:

— Minden szoftver a saját fájlformátumával nyújtja a legnagyobb sebességet és funkcionalitást, ez igaz a Webmap-re is.

— Az Intergraph leállt az MGE fejlesztésével, utódjának a Geomedia tekinthető, ezért hosszabb távú projekteink esetében, amúgy is elkerülhetetlen lesz a konverzió.

A konverzió nemcsak fájlformátum váltást jelent, hanem számos esetben változik a térképi elem típusa, vetülete és szelvényezése, esetleg új jelkulcsi elemek keletkeznek összevonás, vagy kategorizálás során. Mivel igen jelentős mennyiségű adatról van szó, a konverzió, a teljes munka — alapanyagokból webes térképrendszer előállítás — tekintélyes részét jelenti. Ekkora adatmennyiségek esetén — nem egy esetben — a rendelkezésünkre álló számítógépek és szoftverek teljesítőképességük

⁸ Olyan funkció, mely lehetővé teszi a térképeknek a böngészőn keresztül történő korrektúrázását (digitális „piros ceruza”).

határán dolgoznak (volt olyan konverziós lépés, amely a Térinformatika osztály egyik legerősebb gépén több mint 6 órán át tartott). Egyébként az összes projekt során a legtöbb feladat a nagy adatmennyiségből fakadt. Olyan rendszert kellett kialakítani, ami megbirkózik vele. Ez többnyire kompromisszumok árán sikerült. Ilyen szükség-megoldás például, hogy egyszerre maximum négy szelvény jeleníthető meg, vagy a topográfiai elemek egy része alapértelmezésként nem jelenik meg a térképeken, utólag lehet őket bekapcsolni.

A projektek

Az intézetben jelenleg három webes alapú térképszolgáltatás működik. A Térinformatika osztályon készült DANREG⁹ és az EOFT-100¹⁰ interaktív verzióin kívül megtalálható még a Környezetföldtani főosztály „A hulladékok optimális elhelyezési lehetőségei Magyarországon” című Nemzeti Kutatási és Fejlesztési program keretében megvalósult webes térképrendszere. Ez utóbbi alkalmazás az EOFT-100-hoz készült szoftver módosított változata.

A Térinformatika osztályon futó webes projektek feladatának technológiai sora:

1. Keretterv, rendszerterv elkészítése, egyeztetés a fejlesztőkkel, alapanyagok átvizsgálása, ellenőrzése.
2. Adatkonverzió egy mintaterületre, lehetséges hibák kiszűrése, felmerülő problémák megoldása.
3. Mintaterület adatainak felhasználásával, fejlesztés.
4. Adatkonverzió.
5. Rendszer telepítése, konfigurálása, testreszabása.
6. Folyamatos tesztelés, javítások, adatfeltöltés.
7. További tesztek, javítások.

A DANREG projekt

A DANREG (Duna Régió Környezetföldtani Program) keretében 1994-ben több földtani tematikájú térkép készült osztrák-szlovák-magyar együttműködésben. A térképek azonos kivágatúak — Északnyugat-Magyarország és a szomszédos országok határmenti területei — voltak, méretarányuk 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000 volt. A térképekből 2000-ben multimédiás CD készült, 2003-ban pedig elkészült az internetes változat.

A térképek angol és magyar nyelven is elérhetők a MÁFI honlapjáról. Az összes tematika közül, a közönség számára legérdekesebb négy változatot dolgoztunk fel: a környezetérzékenységi, a mérnökgeológiai (1.ábra), a hidrogeológiai és a földtani térképet. A térképek raszteres és vektoros formátumban is megtekinthetők. Raszteres megjelenítés esetén a gyorsabb betöltés érdekében, a

térképeket kisebb szelvényekre bontva böngészhetjük. Ha pedig a vektoros verzió kiválasztása mellett döntünk, akkor megadhatjuk, hogy a térképen található települések közül, melyik legyen a megjelenítés központjában. A térképen gombok segítségével mozoghatunk a nyolc főirányban, valamint gombok segítségével fix szorzójú értékekkel nagyíthatunk/kicsinyíthetünk.

Az alkalmazás lehetővé teszi komplex elemzések elkészítését is (2.ábra). A felhasználónak lehetősége van a löszös-, a vízzáró-, valamint az alacsony környezetérzékenységi képződmények közül tetszőleges számút kiválasztani, majd azoknak metszetét venni. Az eredmény az előre kiválasztott színnel jelenik meg a térképen.

Az EOFT-100 projekt

A projekt célja az volt, hogy a 100 000-es földtani térképsorozatot széles körben elérhetővé tegyünk az intézet dolgozói számára és az interneten is. A másik cél az volt, hogy egy olyan könnyen parameterezhető „keretrendszer” szülessen, amihez a későbbiekben komolyabb programozói tudás nélkül, újabb projekteket lehessen hozzáadni.

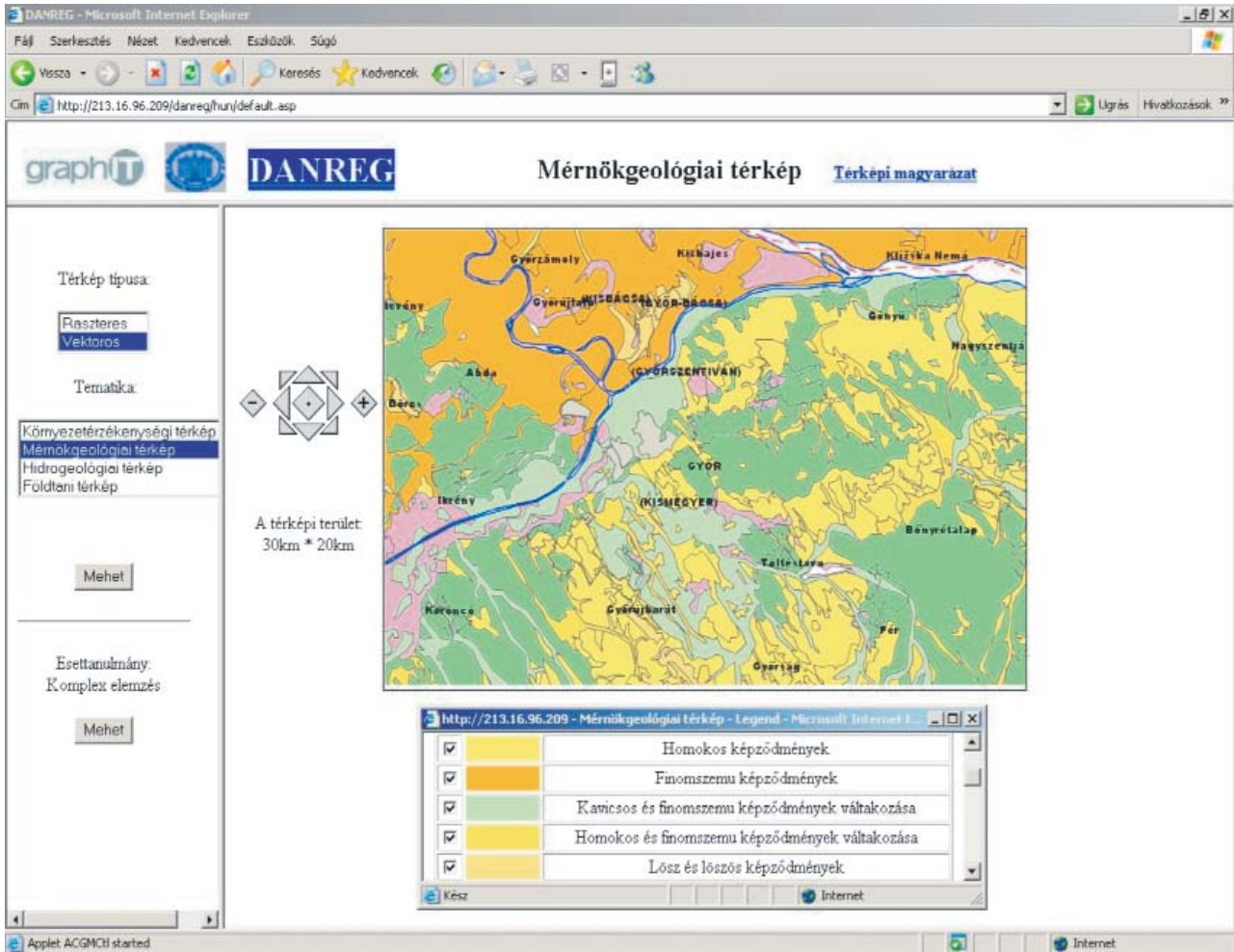
A projekt kapcsán nemcsak a földtani tematikát kellett konvertálni, hanem a topográfiai alapot is. Ez több lépésben történt. A topográfia jelenleg EOV vetületű, 1:100 000-es Gauss-Krüger szelvényekre van szétdarabolva. Mivel a webes rendszer - bár szelvényenként tartalmazza a térképeket - lehetővé teszi egyszerre akár négy szelvény nézegetését, a laphatárokon ellenőrizni kellett a topográfiai elemek illeszkedését. Ezért az összes szelvényt „összevarrva”, új feature¹¹-ökre kellett szétválogatni a síkrajzi és domborzati elemeket, majd ezeket ellenőrizni, javítani és újra szétvágni a szelvényezésnek megfelelően. A földtani tematikával kevesebb gond volt, mivel ez öt fájlra szétosztva fedi le az országot. Így csak ezt az 5 nagy régiót kellett összevarrni, a „varratok” mentén ellenőrizni, majd szétdarabolni 100 000-es szelvényekre. Itt a foltok nagy száma jelentett nehézséget (majd 3500 formáció, kb. 50 000 db folt).

A fejlesztők által készített felület Java alapú, az alkalmazás fejlesztői nyelve: javascript. Az alkalmazáshoz tartozik egy adminisztrációs adatbázis, valamint az alapértelmezett Geomedia-s adatbázishoz is plusz rendszerleíró táblák adódnak hozzá. Bár a felhasználó nem érzékeli (csak az előnyeit tapasztalja), végül igazából két alkalmazás született. Az egyik a térképeket és leíró adataikat tartalmazó-, valamint a rendszert leíró táblák alapján előre „legyártja” az összes térképszelvény összes jelkulcsi elemére vonatkozó ActiveCGM állományt. A másik alkalmazás pedig a térképek megjelenítésével és a rendszer működtetésével törődik. Az eredeti elképzelés szerint, a Webmap mindig az adott felhasználó kérésére, valós időben generálta volna a térképeket. Ez a kiegészítő alkalmazás a valós idejű térképgenerálás 1-2 perces időigényét 15-20 mp-re csökkentette.

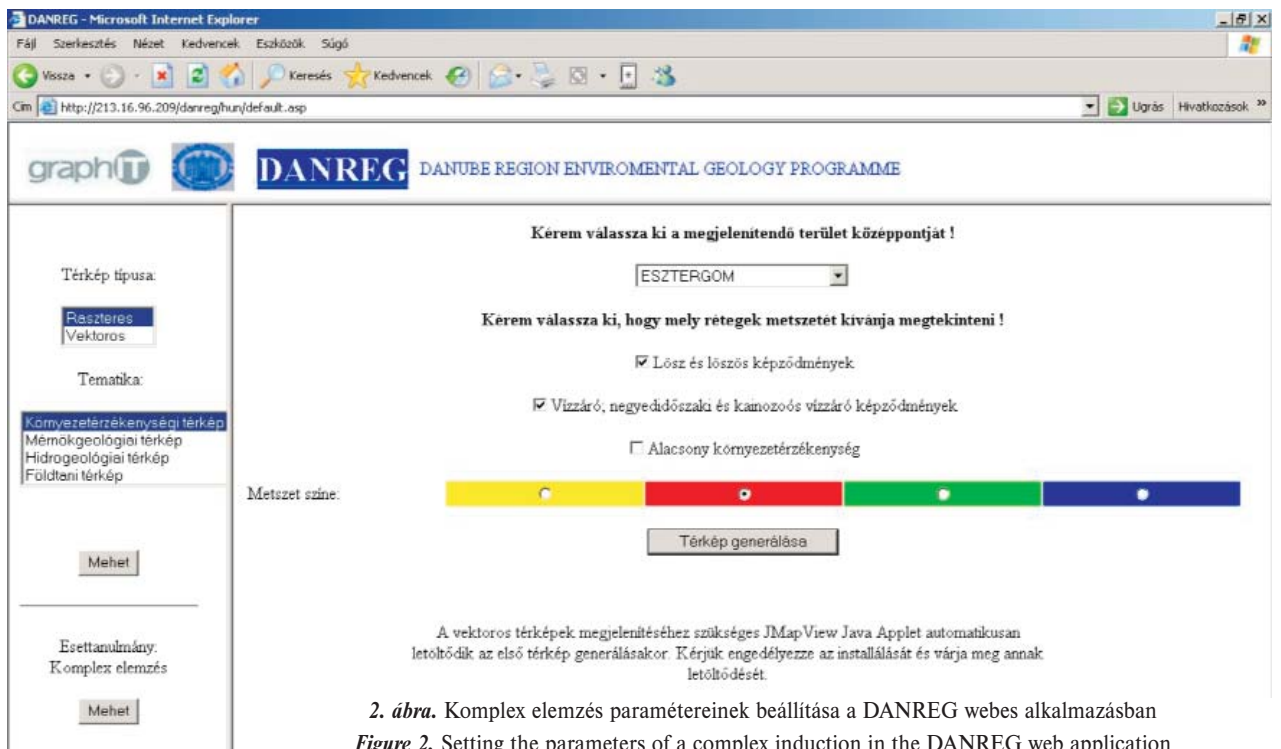
⁹ „DANUBE REGION ENVIROMENTAL GEOLOGY PROGRAMME”, vagyis a Duna Régió Környezetföldtani Program rövidített elnevezése.

¹⁰ „Egységes Országos Földtani Térképrendszer” 1 : 100 000 méretarányú sorozata.

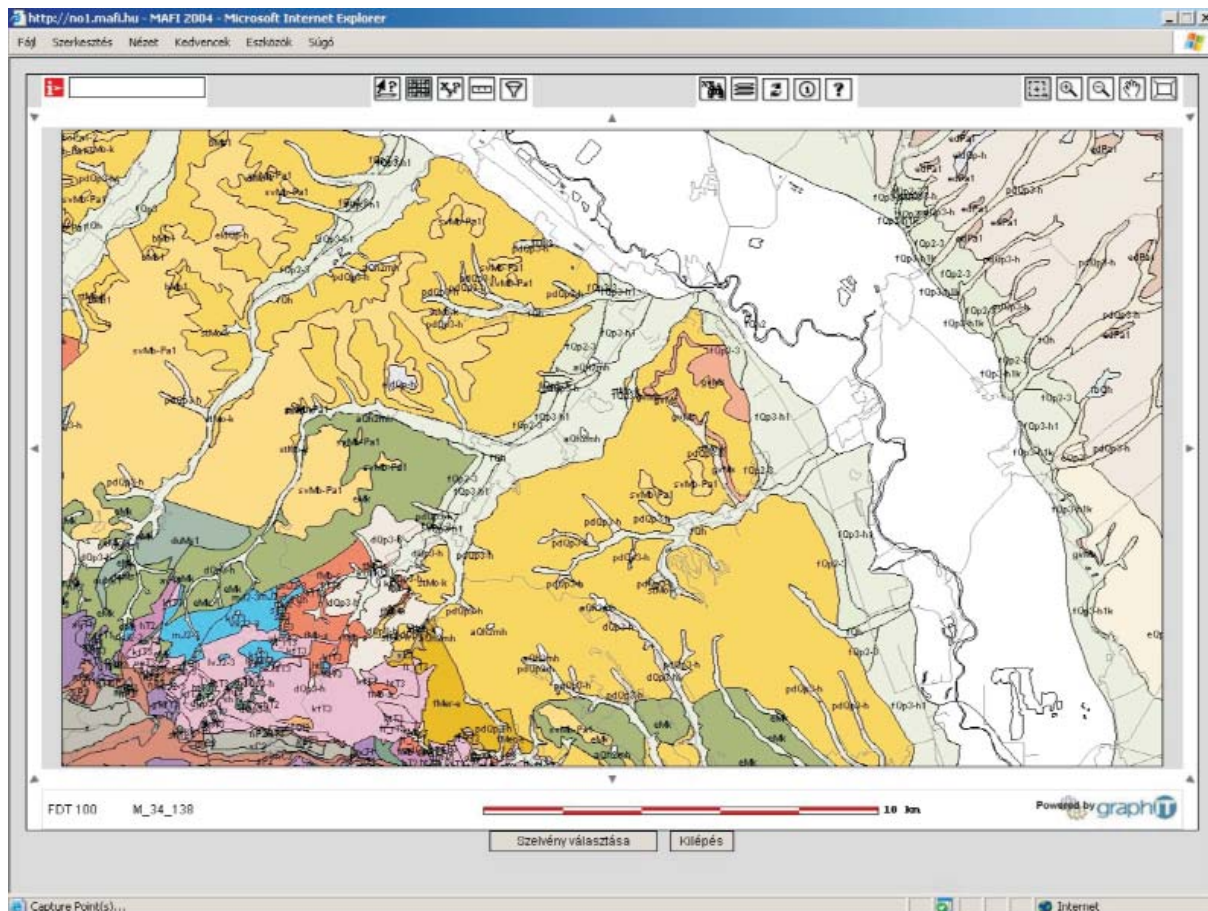
¹¹ Az Intergraph szoftverkörnyezetben használt fogalom, jelentése: ~jelkulcsi elemtípus.



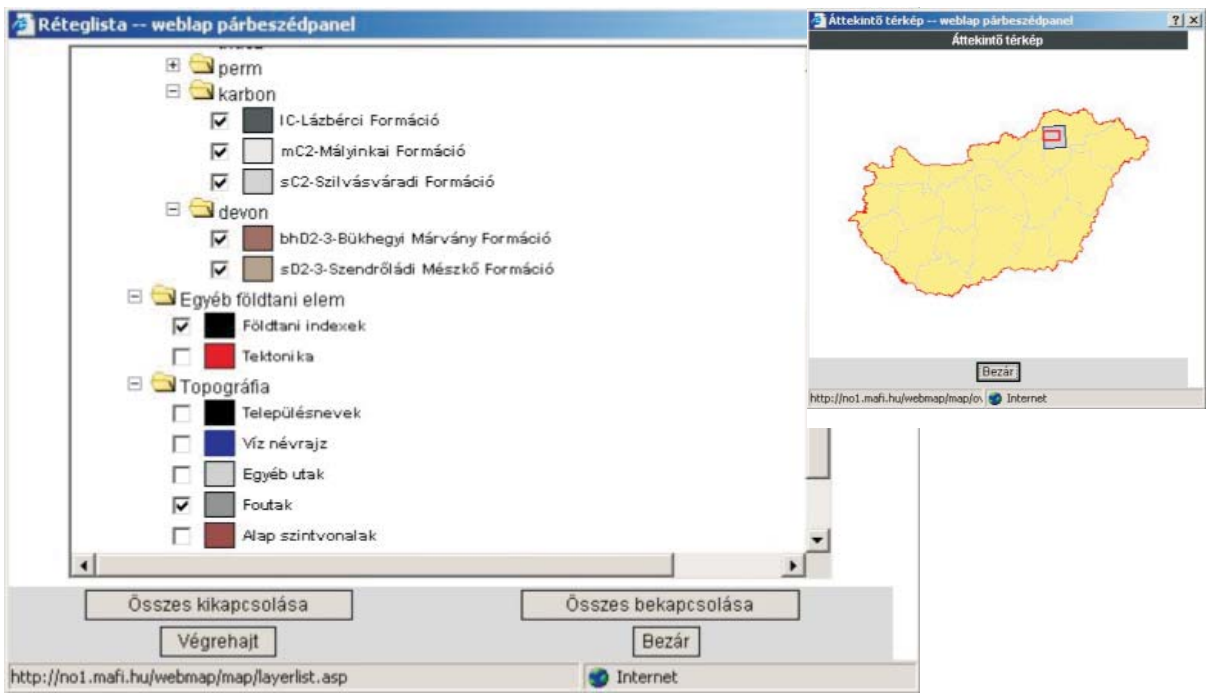
1. ábra. A DANREG mérnökgeológiai térképének vektoros változata az interneten



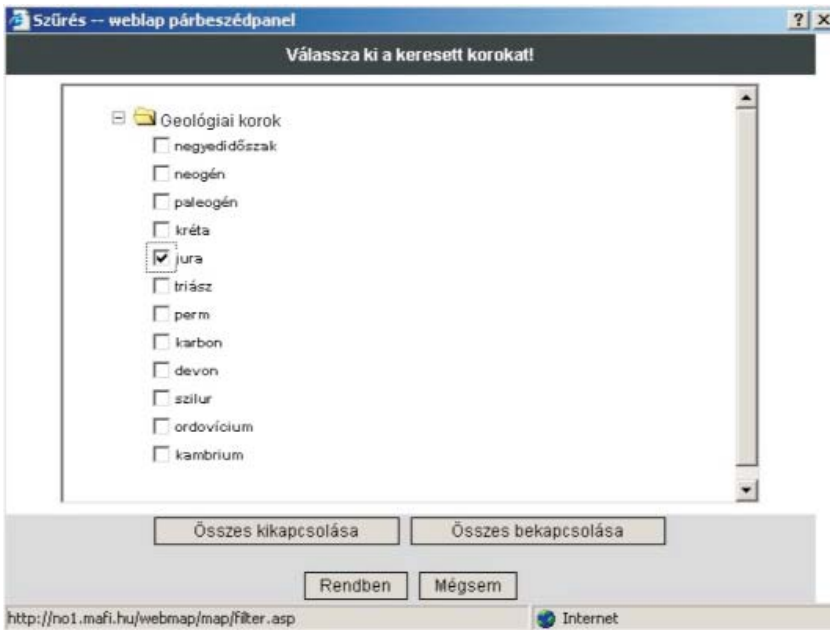
2. ábra. Komplex elemzés paramétereinek beállítása a DANREG webes alkalmazásban
 Figure 2. Setting the parameters of a complex induction in the DANREG web application



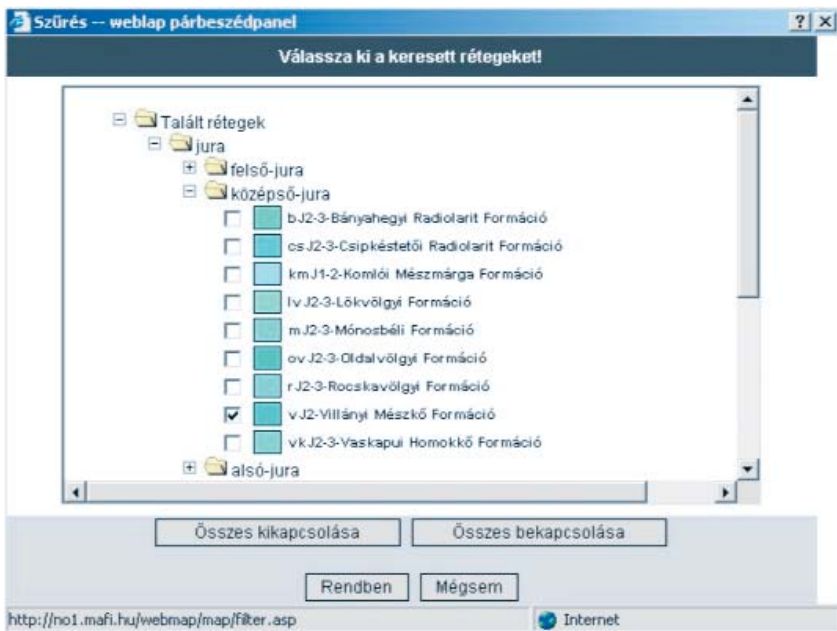
3. ábra. Az M-34-138-as számú földtani térképszelvény kinagyított részlete az intraneten
 Figure 3. A zoomed part of the geological map sheet No. M-34-138 on the intranet



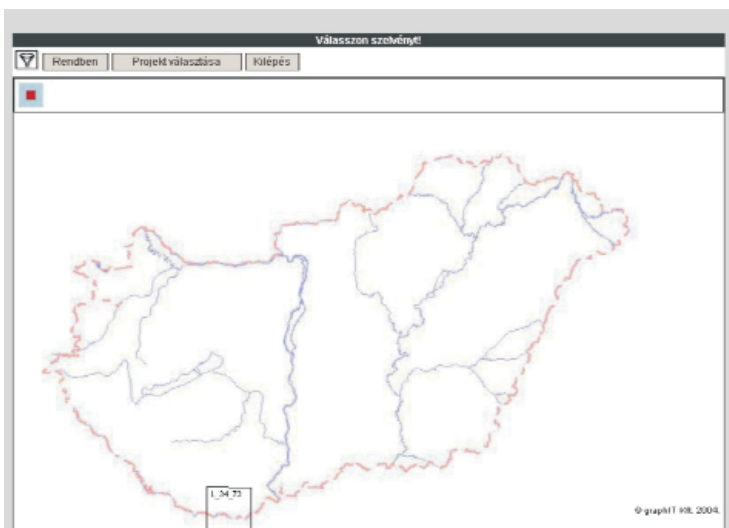
4. ábra. A ki-bekapcsolható jelmagyarázat, valamint az áttekintőtérkép az M-34-138-as szelvény nézetéceskor
 Figure 4. The on/off turnable legend and the location map when looking at the map sheet No. M-34-138



1. a kor megadása
1. set age



2. a formáció kiválasztása
2. set formation



3. az eredmény megjelenítése
3. display result

5. *ábra.* A jura korú Villányi Mészke Formáció keresésének lépései

Figure 5. Steps of searching for the Villany Limestone Formation of the Jurassic age

A projekteket felhasználónév/jelszó védheti, melynek segítségével szabályozható a hozzáférésre jogosultak köre. Elkészült az a segédalkalmazás, amivel az internetes érdeklődőknek a térképhasználat előtt a MÁFI portálon regisztrálniuk kell. Ennek célja a felhasználói kör felmérése.

A jelszó megadása után egy Magyarország térkép töltődik be (3.ábra). Itt választhatjuk ki, hogy melyik szelvényre vagyunk kíváncsiak. A betöltött szelvényen az alapvető navigációs funkciókon (kicsinyítés, nagyítás, fitelés¹², pan¹³) túl lehetőség van a különböző jelkulcsi elemek ki- bekapcsolására, a földtani tematika estében ezt akár formációnként, is megtehetjük (4.ábra). A térkép mellé bekapcsolható egy apró Magyarország áttekintő is, ahol láthatjuk, hogy melyik szelvényt vizsgáljuk éppen.

Le lehet kérdezni koordinátát (EOV) és távolságot (méter). Lehet keresni koordinátát vagy formációt (a rendszer korok szerint csoportosítva tárolja őket). Mindkét esetben a teljes országra történik a keresés. Formáció(k) keresésekor eredményként egy országos áttekintőt kapunk, melyen csak azok a szelvények szerepelnek, ahol a keresett formáció(k) megtalálható(k) (5.ábra).

¹² A betöltött teljes térképi tartalom megmutatása, a kiindulási kép visszaállítás.

¹³ A térkép mozgatása a képernyőn az egér segítségével.

A rendszer jelenleg tartalmazza mind a 92 szelvényt, a 2004. májusi állapotnak megfelelően, tartalmi frissítésre a térképmű teljes lezárása után kerül sor.

Tervek, jövőkép

Jelenleg az intraneten és az interneten is ugyanazok a térképverziók futnak. A következő év a tapasztalatgyűjtés és a tesztelések kora lesz, hogy kiderüljön, hogy a külső és belső, szakmai és amatőr érdeklődőknek mire van szüksége. Valószínűleg a belső és a külső hálózaton szereplő térképek erősen differenciálódni fognak.

A intranetes rendszer inkább hasonítani fog egy — a böngészőbe ágyazott — egyszerűbb térinformatikai szoftverre, mely lehetővé tesz számos lekérdezést, elemzést, nagyítást, esetleg korrektúrázást vagy szerkesztést is.

Az interneten megjelenő térképeknél valószínűleg fontosabb lesz a megjelenés, mint a tartalom, a sebesség, mint a bonyolult funkciók tárháza. Itt elsősorban közérthető — kisebb léptékű — adatok megjelenítésére, valamint metaadatbázisok publikálására van szükség, melyekből kiderül, hogy az érdeklődő számára az intézet milyen típusú szolgáltatásokat nyújthat.

Ajánlott irodalom — References

- CARTWRIGHT, W. 2003: Maps on the Web — Maps and the Internet. — Elsevier Science Ltd, Oxford, pp. 35–56,
- VAN ELZAKKER, C. 2001: Use of maps on the Web — Web Cartography. — Taylor & Francis, London, pp. 21–36,
- HERZOG, A. 2003: Developing Cartographic Applets for the Internet — Maps and the Internet. — Elsevier Science Ltd, Oxford, pp. 35–56.
- KÖBBEN, B. 2001: Publishing maps on the Web — Web Cartography, — Taylor & Francis, London, pp. 73–86,
- KRAAK, M.-J. 2001: Cartographic principles — Web Cartography, — Taylor & Francis, London, pp. 53–72,
- NEUMANN, A. and WINTER, A. M., 2003: Webmapping with Scalable Vector Graphics (SVG) — Maps and the Internet, — Elsevier Science Ltd, Oxford, pp. 171–196,
- VAN DEN WORM, J. 2001: Web map design in practice — Web Cartography, — Taylor & Francis, London, pp. 87–108,

Középső-triász platformkarbonátok és vulkanitok vizsgálata a Latemar környékén (Dolomitok, Olaszország)

*Middle Triassic platform carbonates and volcanites in the Latemar area
(Dolomites, Italy)*

BUDAI TAMÁS, NÉMETH KÁROLY és PIROS OLGA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: középső-triász, platformkarbonátok, medencefáciesek, vulkanitok, Latemar, Nyugati-Dolomitok

Összefoglalás

Az OTKA T043341 számú kutatási projekt keretében 2004-ben tanulmányutat tettünk a Dolomitok Ny-i részén, ahol a középső-triász Latemar platform felépítését, a platformon belüli vulkáni szerkezeteket, valamint a platformot környékező medencefáciesű rétegsorok kifejlődését tanulmányoztuk. Terepbejárásunk szakmai vezetője Nereo Preto volt (Padova University).

A Latemar a Déli-Alpok egyik legrészletesebben tanulmányozott, viszonylag kis méretű középső-triász szigetplatformja. A platform túlnyomó hányadát kitevő lagúnafáciesű rétegsort ciklussztratigráfiai egységek szerint tagolják. A rétegsoron belül azonosítható mintegy 600 elemi ciklust korábban nagy frekvenciájú, orbitális eredetű Milankovič-ciklusként értelmezték, és ebből adódóan a középső-triász platform képződésének időtartamát 12 millió évre becsülték. Az újabb kutatások során született biosztratigráfiai és radiometriai adatok szerint azonban a ciklusos rétegsor lerakódásának időtartama 2 és 4,7 millió év közöttire tehető.

A Latemart felépítő Sciliar (Schlern) Formáció csak korlátozott mértékben dolomitosodott, ami az ősmaradványok megtartási állapota és meghatározhatósága szempontjából igen szerencsés. A Latemar platformja kivételes helyzetű abból a szempontból is, hogy a Dasycladacea-flóra ammonitesz-faunával együtt fordul elő. A kétféle zonáció korrelációja lehetőséget teremthet a medencefáciesű rétegsorok vizsgálata alapján kidolgozott kronosztratigráfiai skála alkalmazására, nevezetesen az újonnan definiált anisusi-ladin határ kijelölésére a nagyvastagságú platformkarbonát rétegsorokon belül nem csak a Dolomitok területén, de a Nyugati Tethys többi platformjain is. Az alsó platformtest fölött települő biogén, ammoniteszes mészkő az alsó-ladin Reitzi zóna Avisianum szubzónájába tartozik (sensu Vörös 1998), amely – terepi megfigyeléseink szerint – a platformlagúnát a nyílt medencével összekötő csatorna üledékeként értelmezhető. Az e fölötti platformkarbonát rétegsorban szórványosan előforduló ammoniteszek alapján a Secedensis zóna, illetve az annak megfelelő Nevadites zóna mindhárom szubzónája azonosítható (sensu MIETTO, MANFRIN 1995), a Latemar csúcsnak környékéről pedig a Curionii zóna bázisának a környékét jelző ammonitesz is előkerült. A flóravizsgálatok előzetes eredményei szerint (5. ábra) a *Diplopora annulatissima* faj utolsó megjelenése jól korrelálható a Secedensis (Nevadites) zóna, a *Teutlopora herculea* megjelenése pedig a Curionii zóna bázisával. Utóbbi flóraváltás egyben lehetőséget teremthet arra, hogy az újonnan definiált anisusi/ladin határ a nagyvastagságú középső-triász platformkarbonát rétegsorokon belül is kijelölhető legyen.

A Schlern Formáció ammonitesz-zónákkal kalibrált algonációja jelentős segítséget nyújthat a Dunántúli-középhegység Budaörsi Dolomitjának a kronosztratigráfiai tagolásához is, pontosabbá téve ezáltal a középső-triász platformfejlődés folyamatának rekonstrukcióját a Vértes és a Budai-hegység területén.

A Latemar platformját ÉK–DNy-i csapású, változó vastagságú bázisos vulkanittelérek törik át. A telérrendszeren ülve három vulkánibreccsazonát sikerült felismerni. Ezek a zónák térképi nézetben jól lehatárolható körkörös szerkezetek. Az egyik, közel 150 méter átmérőjű, felfelé kiszélesedő keresztmetszetű szerkezetben a karbonátplatform feltöredezett és erősen kibillent helyzetben lévő, több tíz méter átmérőjű blokkjai ágyazódnak a vulkanit anyagú mátrixba. A piroklasztit-közet igen gazdag ekvigranuláris lherzolitzárványokban. A vulkáni breccsák kitörési csatornát kitöltő piroklasztitként értelmezhetők, a nagy mennyiségű vulkáni üveg vagy üveges juvenilis fragmentum freatomagmás kitörésre utalhat. A nagyméretű diatréma anyagából vett minta kora K/Ar módszerrel 204 ± 7.8 M év (Balogh Kadosa szóbeli közlése).

A Latemar környékét a karbonátplatformmal egyidős medence üledéksora építi fel (Livinallongo Formáció). A közbetelepülő vulkanoklasztit-rétegek („pietra verde”) gradált jellege és az erősen koptatott juvenilis szemcsék jelenléte arra enged következtetni, hogy a disztális piroklaszt-üledék turbiditárak által szállított. A feltárt rétegsor felső szakaszát alkotó vulkanoklasztit-sorozat elsődleges vulkáni robbanásos kitörés által keltett, horizontálisan mozgott piroklaszt-tömegárok által szállított és lerakott proximális üledékként értelmezhető.

Key words: Middle Triassic, platform carbonates, basin facies, volcanites, Latemar, Western Dolomites

Abstract

Sponsored by the T043341 project of the Hungarian Research Found (OTKA) we have investigated the buildup of the Middle Triassic Latemar platform (Western Dolomites), its volcanic structures and also basinal successions of the surrounding area. Our leader on the field trip was Nereo Preto from the Padova University.

The relatively small isolated Middle Triassic carbonate platform of the Latemar is one of the most famous Triassic platform of the Dolomites. It is surrounded by pelagic sediments of coeval interplatform basins. The main part of the platform is built up by cyclic peritidal to subtidal lagoon facies. Within this succession more than 600 shallowing upward basic cycles were reconstructed and several higher cyclostratigraphic units were defined. These cycles have been interpreted as orbitally forced Milankovič cycles. Based on their concept therefore 14 My were estimated for the duration of the deposition of the whole carbonate sequence. However, on the basis of new biostratigraphic and radiometric data that yielded a duration only between 2 and 4,7 My a group of researchers questioned this interpretation.

The Sciliar (Schlern) Formation has been only slightly dolomitized on the Latemar, this causes unique preservation of the fossils. Dasycladacean algae and ammonoids occur together in the platform succession. Correlation of algae and ammonoid zonation can give a chance to use a more accurate and detailed chronostratigraphic chart within the Middle Triassic platforms not only in the Dolomites but in the whole area of the Western Tethys. Ammonite bearing limestone lying above the "lower edifice" belongs to the Avisianum Subzone of the Reitzi Zone (sensu VÖRÖS 1998). Based on our field observations this facies can be interpreted as infilling of a channel which connected the platform-lagoon with the pelagic basin. Within the overlying platform carbonate succession the Crassus and Serpianensis Subzone (sensu MIETTO, MANFRIN 1995) can be detected while in the uppermost part of the section the basal Curionii Zone was also indicated. Preliminary investigations of algae-assemblage show (Fig. 5) that the last occurrence of *Diplopora annulatissima* can be correlated with the base of Secedensis (Nevadites) Zone, while the first occurrence of *Teutloporella herculea* fits to the base of Curionii Zone. The later change in the flora may give the opportunity to fix the newly defined Anisian/Ladinian boundary within thick platform carbonate successions, as well.

Being calibrated with ammonite zones the Dasycladacean zonation of the Latemar provides useful tool for chronostratigraphic subdivision of the Budaörs Dolomite (lithostratigraphic counterpart of the Schlern Formation) and for reconstruction of the evolution of Middle Triassic platforms in the Transdanubian Range.

A series of dyke swarm cross cuts the carbonate platform of the Latemar. The individual dykes are mafic, aphanitic to microholocrystalline, and they vary in thickness between dm to tens of metres. The dyke margins are generally straight, however, long wavelength and small amplitude undulations have been recognized in case of thick dykes. The dykes have chilled margin up to 10 cm in width. Quench crystals of plagioclase are common in mm-size range and their size increases toward the centre of the dykes. The dykes are more weathered than the surrounding carbonate material, and therefore their location is represented by sharp irregularities in the otherwise flat top of the platform.

Along the dyke strikes in the centre of the Latemar three pyroclastic breccia zone have been identified. The southernmost is a complex association of tilted limestone beds that are surrounded by a coarse-grained pyroclastic breccia. They form funnel shape disturbed zone in the carbonate platform with an average width of 150 m. In the pyroclastic breccia, angular shape basaltoid lapilli are common. Basaltoid lapilli are abundant in lherzolite nodules with angular shape and few cm in diameter. Similar, but larger nodules form cumulate zones in the basal region of the exposed volcanoclastic succession. The volcanic clasts are generally altered, but their shape is still angular, and closely resembling their non-abraded, primary origin due to fragmentation of the magma by an explosive volcanic eruption. The volcanic clasts, as well as the intruded irregularly shaped dykes in the lower part of the volcanic pipe are chilled indicating sudden cooling by magma-water interaction as an inferred fragmentation process. In the pyroclastic breccia hosts there are large angular shape blocks of debris that have been derived from the surrounding carbonate platform units. These clasts range cm to few m size in diameter and they are always angular, indicating that they must have been consolidated and hard by the time they have been disrupted by an eruption. In the upper part of the volcanic breccia pipe mega-blocks up to few tens of metres across have been identified. They are tilted, rotated, and form a chaotic zone in the pyroclastic breccia host all indicates that they have been derived from a former conduit/crater wall. The general architecture of the volcanic breccia pipe is inferred to be a diatreme that is an exposed and exhumed volcanic conduit of a former phreatomagmatic volcano. North of the above described diatreme two other pyroclastic breccia body forms a few tens of metres wide semicircular zone. Each of them is rich in angular limestone fragments, gravels, and bedded red lapilli tuff fragments. Carbonate clasts often form trains of clasts indicative of some sort of movement through the pyroclastic breccia zone inferred to be a result of a fluidization through the volcanic pipe. Each pyroclastic breccia pipe shows angularity, chilled margins, microlite-free textural features on the juvenile clasts that are indicative for fragmentation by sudden cooling of magma by magma/water interaction. The identified three pyroclastic breccia pipes are inferred to be diatremes, root zones of former small to medium volume, mafic, phreatomagmatic volcanoes. K/Ar dating of the sample from the diatreme gave an age of 204 ± 7.8 My (Balogh Kadosa pers. comm.).

Near to the Latemar on the Dos Capel, a thick succession of pelagic basin facies (Livinallongo Formation, partly heteropic with the Sciliar Formation) crops out which is interbedded with several dm thick pyroclastic beds of typical "pietra verde". The grading, sorting, lower and upper bed contacts indicate that these beds were predominantly deposited by ash turbidites that carried volcanic material into the basin. Thin layers of fall beds also exist. Near the top of the Dos Capel sequence a well-exposed thickly to thinly bedded, accidental lithic-rich, cross-bedded or stratified, occasionally dune-bedded lapilli tuff and tuff succession crops out. These beds are rich in angular limestone clasts that occasionally form shallow impact sags on the underlying bed surface. The juvenile clasts are angular, chilled, and low in vesicularity, characteristic for juvenile fragments fragmented by phreatomagmatic explosive interaction of melt and water. The large volume of the accidental lithic clasts in the pyroclastic rock units indicates that the magma fragmentation must have occurred in subsurface environment and/or the volcanic conduit was partially closed.

On the basis of the preliminary field study and comparison of different volcanic facies in and around the Latemar highlight the possible facies relationships between diatremes that cut through the platform and their eruption fed tephra falls deposited in the pelagic basin and/or produced pyroclastic density currents that may initiated volcanoclastic turbidites transported pyroclasts deep into the basin around the platforms. It is also inferred that in a shallow water environment pyroclastic mounds and associated tuff cones may have produced volcanic islands on top of platforms and an entire lateral facies transition could be expected to be identified in the near future via systematic mapping and interpretation of the pyroclastic successions in the region.

Bevezetés

A Dunántúli-középhegység ladin platformkarbonátjainak tagolása, a platformok fejlődéstörténeti rekonstrukciójának elvégzése nehezen lehetne sikeres a Dolomitok részletesen vizsgált platformjaival történő korreláció nélkül. A középső-triász platformok fejlődését alapvetően befolyásoló egyidejű vulkanizmus jellegének és hatásának a vizsgálata ugyancsak a jól feltárt dél-alpi területek kutatási eredményeinek felhasználásától várható.

A Dolomitok Ny-i részén tett tanulmányutunk elsődleges célja tehát a kiválóan feltárt és részletesen tanulmányozott Latemar középső-triász platformjának (1. ábra), a platformon belüli vulkáni szerkezeteknek, valamint a platformot környező egyidős medencék rétegsorában települő vulkanitoknak a megismerése volt (utóbbiakat a Latemártól DNY-ra lévő Dos Capel szelvényében tanulmányoztuk). A Dunántúli-középhegység és a dél-alpi középső-triász platformkarbonátok tagolására és korrelációjára leginkább a zöldalgaflóra alkalmas. Az erre alapított biosztratigráfiai zonáció korrelációba hozható az ammoniteszekon alapuló „ortosztratigráfiai” skálával, és ennek segítségével datálható a platformok és medencék egymással párhuzamosan zajló fejlődése is.

A Latemar középső-triász platformja

A Déli-Alpok közismerten jól feltárt, szinte az eredeti geometriai felépítésükben konzerválódott triász karbonát-platformjai közül az egyik legrészletesebben tanulmányozott a Latemar (ROSSI 1957; LEONARDI 1968; GAETANI et al. 1981), amely egy viszonylag kis méretű (mintegy 2,5-3 km tetőtér-méretű) középső-triász izolált szigetplatform a Dolomitok nyugati részén (1. ábra).

Földtani felépítés

A Latemar platformjának közvetlen fekéjét alkotó felső-anisusi üledékes szekvencia az alsó-triász Werfeni Formációra jelentős eróziós diszkordanciával települő Richthofen Konglomerátummal kezdődik, felső szakaszát a Contrin Formáció sekélytengeri karbonátrámpa képződésének alkotja. Magát a platformot felépítő mintegy 700 m vastag sekélytengeri karbonátsorozat a Sciliar (Schlern) Formációba sorolják jelenleg, bár korábban több, ma már nem használt litosztratigráfiai egységet is elkülönítettek azon belül (pl. GAETANI et al. 1981: „lower edifice”, Latemár Mészke, Marmolada Mészke). A platformon belül elkülöníthető a ciklusos felépítésű lagúnafácies (2. ábra), a viszonylag keskeny platformperem és a platformlejtő. A platform túlnyomó hányadát kitevő lagúnafáciesű rétegsoron belül újabb az alábbi ciklus-sztratigráfiai egységeket különítik el (EGENHOFF et al. 1999):

— alsó platformfácies (LPF): mintegy 180 m vastag szubtidális fácies;

— alsó teepee-fácies (LTF): mintegy 70 m vastag peri-

tidális fácies felfelé sekélyülő ciklusokkal, jellegzetes óriás teepee-horizonttal (3. ábra).

— alsó ciklusos fácies (LCF): mintegy 100 m vastag peritidális fácies, felfelé sekélyülő ciklusokkal;

— középső teepee-fácies (MTF): mintegy 120 m vastag peritidális fácies, felfelé sekélyülő ciklusokkal, jellegzetes teepee-horizontokkal;

— felső ciklusos fácies (UCF): mintegy 150 m vastag peritidális fácies, felfelé sekélyülő ciklusokkal;

— felső teepee-fácies (UTF): mintegy 100 m vastag peritidális fácies, felfelé sekélyülő ciklusokkal, jellegzetes teepee-horizontokkal.

Ciklus-sztratigráfia versus bio-kronosztratigráfia: a „Latemar vita”

A Latemart felépítő ciklusos rétegsor ciklus-sztratigráfiai vizsgálata során GOLDHAMMER et al. (1987, 1990) arra a következtetésre jutott, hogy a lagúnafáciesű rétegsort alkotó mintegy 600 elemi ciklus nagy frekvenciájú, orbitális eredetű Milankovič-ciklusként értelmezhető. Ebből adódóan a felső-anisusi-alsó-ladin platform képződésének időtartamát 12 millió évre becsülték. A Latemar néhány pontjáról előkerült ammonites-együttes biosztratigráfiai, valamint a ciklusos rétegsor egyes szintjeihez kötődő tuffarétegek cirkonjainak radiometriai vizsgálata azonban arra az eredményre vezetett (DE ZANCHE et al. 1995; BRACK, RIEBER 1993; MUNDIL et al. 1996; BRACK et al. 1996), hogy a ciklusos rétegsor csupán 2 és 4,7 millió év közötti időtartam alatt rakódott le. Ezek szerint az elemi ciklusok képződésének átlagos időtartama 5000–7000 év közötti lehetett, amely a Milankovič-ciklusok közül a legrövidebb periódusidejű precessziós ciklusokénál is lényegesen rövidebb. Ebben az élelénk érdeklődést kiváltó témában több publikáció is megjelent az utóbbi években (EGENHOFF et al. 1999; MUNDIL et al. 2003; ZÜHLKE et al. 2003; BECHSTÄDT et al. 2003, ZÜHLKE 2004). Szerzőik többsége arra a következtetésre jutott, hogy a Latemar (és általában a mezozoos ciklusos rétegsorok) elemi ciklusainak a kialakulását nem lehet kritikátlanul értelmezni a recens orbitális hatásokkal.

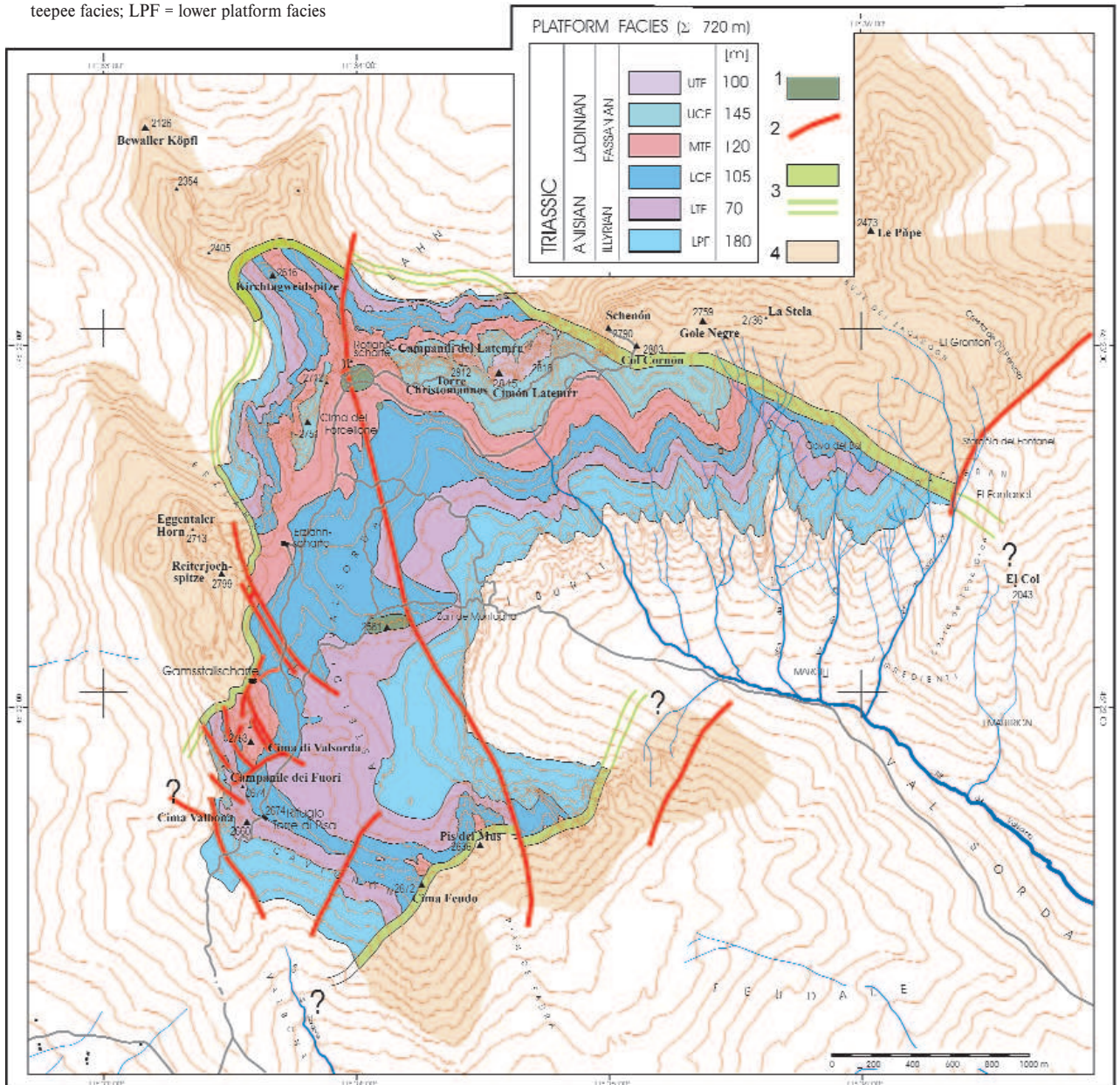
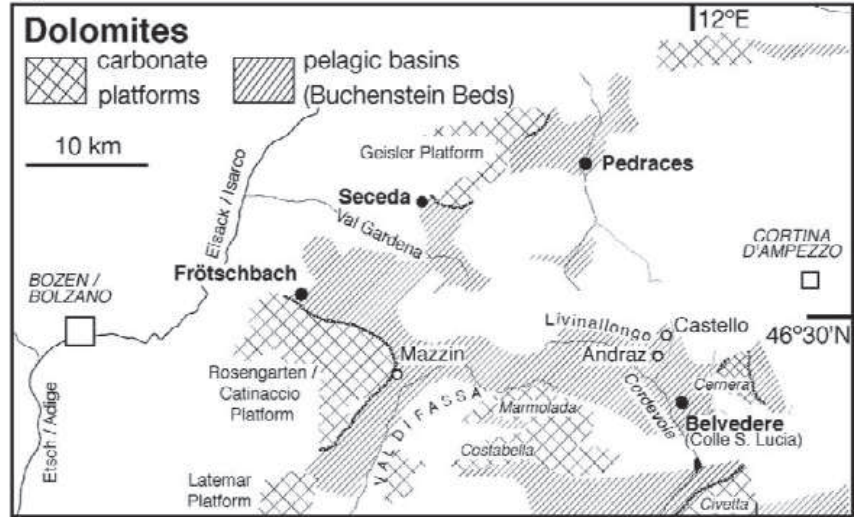
Ugyancsak vitatott a platformkarbonát rétegsor több pontján talált ammoniteszek beágyazódásának módja, illetve a rétegsorban közbetelepülő ammoniteszes mészkő eredete. A ciklusos rétegsor egyes szintjeiben szórványosan előforduló ammoniteszeket nagyobb teepee-szerkezetek üregeiben találták (ezekben az együttesekben általában kistermetű egyedek dominálnak). A platform középső részén (Lastei di Valsorda) azonban több méter vastag, sárgásfehér, pados, biogén mészkő ismert gazdag csiga-, kagyló-, brachiopoda- és cephalopoda-faunával, zöldalga-flórával. Ennek a lelőhelynek a faunáját BRACK és RIEBER (1993) közölte először, bár a Fiemme-völgyben lévő Forno melletti klasszikus lelőhelyről, a Valsorda-völgy kvarter hordalékában lévő blokkokból hasonló (és nyilván a fenti lelőhelyről áthalmozódott) fauna régóta ismert. Az ammoniteszek között az *Aplioceras avisianum*, *Parakellnerites rothpletzi*,

I. ábra. A – A ladin platformok és medencék vázlatos térképe a Dolomitok ÉNy-i és központi területén (MUTTONI et al. 2004); B – A Latemar földtani térképe (EGENHOFF, PETERHÄNSEL 1995 alapján).

Jelmagyarázat (B): 1 – vulkáni breccsa (longobárd); 2 – vető; 3 – platformperem; 4 – lejtő. Rövidítések (B): UTF = felső teepee-fácies; UCF = felső ciklusos fácies; MTF = középső teepee-fácies; LCF – alsó ciklusos fácies; LTF = alsó teepee-fácies; LPF = alsó platform-fácies

Figure 1. A – Sketch map of ladinian platforms and basins in the northwestern and central part of the Dolomites (MUTTONI et al. 2004); B – Geological map of the Latemar (after EGENHOFF, PETERHÄNSEL 1995)

Legend (B): 1 – volcanic breccia (longobard); 2 – fault; 3 – platform margin; 4 – slope. Abbreviations (B): UTF = upper teepee facies; UCF = upper cyclic facies; MTF = middle teepee facies; LCF = lower cyclic facies; LTF = lower teepee facies; LPF = lower platform facies





2. ábra. Ciklusos lagúnafáciésű platformkarbonát összlet a Latemar É-i vonulatában

Figure 2. Cyclic platform carbonate succession of lagoon facies in the northern part of the Latemar



3. ábra. Óriás-teepee szerkezetek a középső teepee-horizontban (MTF)

Figure 3. Giant teepee structures in the middle teepee horizon (MTF)

Hungarites zalaensis, *Latemarites latemarensis* fajok mellett *Norites*, *Longobardites*, *Proarcestes*, *Epigymnites* és *Ptychites*, valamint *Michelinoceras* fordul elő. Ez a fauna nagyfokú hasonlóságot mutat összetételében a Balaton-felvidéki Reitzi zóna Avisianum szubzónájának együttesével (sensu VÖRÖS 1998).

Az alsó platformkarbonát-egység („lower edifice”) legfelső szakaszán települő ammoniteszes mészkő (szerkezete és jellegzetes faunaegyüttese alapján) „idegen test” a sekélytengeri platform belső lagúnáját reprezentáló rétegsorban, bár szigetplatformok esetében nem ritka a pelágikus medencére jellemző faunaelemek megjelenése viharüledékekhez kötődve. Az ammoniteszek tömeges megjelenését a platform belső területén BRACK, RIEBER (1993) áramlatokkal kapcsolatos besodródással magyarázta. Terepi megfigyeléseink szerint az ősmaradványok helyzete a kőzetben belül rendszertelen, az ammoniteszes



4. ábra. Az ammoniteszes mészkő bázisán települő vörös mészhomokkő a fekből feltéptett litoklasztokkal (Lastei di Valsorda)

Figure 4. Reworked lithoclasts from the underlying unit in reddish kalkareinte matrix on the base of ammonitic limestone (Lastei di Valsorda)

mészkő rétegei laterálisan mindkét irányban hirtelen kiékelődnek, a rétegsor bázisán pedig a fekü szögletes litoklasztjait tartalmazó vörös mészhomokkő települ (4. ábra). Mindezek alapján az ammoniteszes mészkő olyan csatorna üledékeként értelmezhető szerintünk, amely a platform belső lagúnája és a nyílt medence között időszakos kapcsolatot teremtett (a csatorna jelenlegi tengely-iránya nagyjából a Valsorda-völgy felé mutat).

A rétegtani tagolás és korreláció lehetőségei

A kronoztratigráfiai határok definiálása általában a biosztratigráfiai eszközökkel jól tagolható medencefáciésű rétegsorok vizsgálata alapján történik világszerte, ez a helyzet a középső-triász emelethatárok esetében is. A nagy kiterjedésű és vastagságú sekélytengeri platformkarbonátokon belül ezek a határok azonban csak igen bizonytalanul vonhatók meg rétegtanilag értékelhető ősmaradványok hiányában. A középső–késő-triász korú platformkarbonátok helyenként kőzetalkotó mennyiségben tartalmaznak Dasycladaceákat (I. tábla, 5. kép), az algákon alapuló biosztratigráfiai zonáció azonban lényegesen kisebb felbontású, mint az ammonitesz-zónákon alapuló „ortosztratigráfiai” skála. Az egyes algazónák rétegtani helyzete és kiterjedése a platformfáciésekhez kapcsolódó heteropikus medenceüledékek ammonitesz (illetve conodonta) -zónáival történő fizikai kapcsolat alapján állapítható meg. Ez a kapcsolat az esetek többségében meglehetősen bizonytalan, bár a Dasycladacea-zónák conodonta-zónák alapján történő kalibrálására az Északi-Mészkőalpokban történtek sikeres kísérletek (PIROS et al. 2002). A Latemar területe kivételesnek számít annyiban, hogy itt a lagúnafáciésű algaflóra és az ammoniteszfauna összetételének változása közvetlenül vizsgálható egy rétegsoron belül, ami lehetőséget teremthet a dasycladacea- és az ammonitesz-zónák határainak viszonylag pontos összevetésére (PIROS,

PRETO 2003). A platformkarbonátok kronosztratiográfiai tagolása esetében azonban az sem lényegtelen, hogy egy adott ammoniteszóna bázisával definiált emelethatárhoz köthető-e flóraváltás. Utóbbi kérdés különösen aktuális a középső-triász platformok esetében, hiszen az anisusi és a ladin emelet közötti határ nemzetközi sztratiotípusának a kijelölése éppen a közelmúltban dőlt el, több évtizedes kutatást és az azt kísérő tudományos vitákat követően. A Nemzetközi Rétegtani Bizottság Triász Albizottságához három javaslat érkezett az aniausi/ladin határ kijelölésére. Ezek közül a legmélyebb pozíciójú a Reitzli zóna bázisa (VÖRÖS et al. 2003), a közbülső az Avisianum szubzóna bázisa (MIETTO et al. 2003), a legfelső és egyben a „nyertes” a Curionii zóna bázisa (BRACK et al. 2003). A Latemar középső-triász platformjának rétegsorán belül a Lastei di Valsorda ammoniteszes mészkőve az Avisianum Szubzónába tartozik. A fölötte települő rétegsorban a Secedensis zóna, illetve az azzal analóg Nevadites zóna három szubzónája (PRETO et al. 2002), valamint a Latemar csúcsa környékén a Curionii zóna legalja mutatható ki (BECHSTÄDT et al. 2003). Vizsgálataink szerint az ammoniteszes mészkő alatt települő rétegsor alga-flórájában megjelenik a *Diplopora annulatissima* is (I. tábla, 1. kép). Ennek az algafajnak az elterjedése a „hagyományos” mészalga-zonációk szerint a felső-anisusira tehető, de átnyúlik az alsó-ladinba is (OTT 1972; BYSTRICKÝ 1986; PIROS 2002). A *Diplopora annulatissima* minden mintában a *Diplopora annulata annulata* fajjal együtt fordult-e elő, az Avisianum szubzóna fölötti mintákban azonban már hiányzik. A Secedensis zóna (illetve a Nevadites zóna) vizsgálata alapján megállapítható (5. ábra), hogy abban végig a *Diplopora annulata annulata* az uralkodó algafaj (I. tábla, 3. kép). A Crassus szubzóna alsó felében még előfordul az Avisianum szubzónában megjelenő a *Physoporella leptotheca* és a *Diplopora comelicana* is (I. tábla, 2, 4. kép). Megjegyzendő azonban, hogy e két faj nem ismert sem a Dunántúli-középhegységből, sem az észak-alpi kifejlődésekből. A felső ciklusos fáciesben a *Diplopora annulata annulata* mellett *Teutloporella peniculiformis*, a felső teepee-fácies legalsó szakaszán pedig a *Macroporella beneckeii* fordul elő. A Latemar csúcsának környékéről gyűjtött mintában azonban megjelenik a *Teutloporella herculea* is, amely már a következő zónára jellemző alga-faj. Az ammonitesz-zónáknak és az alga-flóra összetételében észlelt változásoknak az egybevetése alapján tehát az állapítható meg előzetesen (5. ábra), hogy a két jelentős flóraváltás közül a *Diplopora annulatissima* utolsó előfordulása a Secedensis (Nevadites) zóna, a *Teutloporella herculea* megjelenése pedig a Curionii zóna bázisával korrelál. A középső-triász platformok biosztratiográfiai tagolására alkalmas alga-zónák közül tehát a *Teutloporella herculea* zóna bázisa köthető az újonnan elfogadott kronosztratiográfiai tagolás szerinti anisusi-ladin határhoz.

A Dunántúli-középhegység ladin platformkarbonát-sorozata a Budaörsi Dolomit Formációba tartozik, amely a Déli-Alpok Sciliar (Schlern) Formációjával korrelálható

I		II			III					
Emelet Stage	Z	Sbz	CU	Dasycladacea		Emelet Stage	CU	Z	Emelet Stage	
				Range	Z					
Ladin	Curionii	Curionii		D. annulata T. herculea D. annulatissima	Teutloporella herculea	Ladin				
	Nevadites	Chiesense Serpianensis	UTF		Diplopora annulata annulata		?	UTF		
	Crassus		UCF					MTF		
Anisusi	Hungarites	Avisianum	MTF		Diplopora annulatissima	Anisusi				
		Reitzli	LCF				?	LCF		
			LTF LPF					LTF LPF		
							Secedensis			
								Reitzli		
									Anisusi	

5. ábra. Latemar rétegtani tagolása BECHSTÄDT et al. (2003) összeállítására szerint (I, III), kiegészítve a Dasycladacea fajok elterjedésével és a zónák feltüntetésével (II)

Rövidítések: CU = ciklus-sztratiográfiai egységek; UTF = felső teepee-fácies; UCF = felső ciklusos fácies; MTF = középső teepee-fácies; LCF = alsó ciklusos fácies; LTF = alsó teepee-fácies; LPF = alsó platform-fácies; Z = zóna; Sbz = szubzóna. A jobb oldalon lévő jel a „hivatalos” anisusi-ladin határra mutat.

Figure 5. Stratigraphic distribution of the Latemar (I, III) compiled by BECHSTÄDT et al. (2003) completed with Dasycladacea ranges and zones

Abbreviations: CU = cyclostratigraphic units; UTF = upper teepee facies; UCF = upper cyclic facies; MTF = middle teepee facies; LCF = lower cyclic facies; LTF = lower teepee facies; LPF = lower platform facies; Z = zone; Sbz = subzone. Sign on the right points at the "official" Anisian/Ladinian boundary.

litosztratiográfiai és szekvencia sztratiográfiai értelemben (BUDAI, HAAS 1997). A több száz méter vastag rétegsor tagolására eddig nem született elfogadható javaslat azon túlmenően, hogy a medencefáciesű képződmények felé átmeneti jellegeket mutató kifejlődéseit informális egységként (pl. „bitumenes dolomitként” a Seregélyes Sg-1 fűrésben), illetve az azokkal összefogazódó részeit tagozatként különítették el, pl. Kádártai Dolomitként a Veszprémi-fennsíkon (HAAS 1993), vagy Piramitai Tagozatként a Keleti-Bakonyban (BUDAI et al. 2001b). A Veszprémi-fennsík platformlejtőjének a területén a Budaörsi platform progradációs ékeinek korát a heteropikus ladin medencefáciesek ammoniteszei alapján lehetett meghatározni (BUDAI et al. 2001a). A Vértes és Budai-hegység platformlagúna rétegsoraiban azonban elsősorban az algaflóra jöhet számításba a biosztratiográfiai tagolás és a korbesorolás eszközeként, amelynek alapja a Latemar platformjával végzett korreláció lehet (lásd BUDAI et al. jelen kötet).

A Latemar környékének középső-triász vulkanizmusa

A Déli-Alpok középső-triász vulkanizmusának termékeit nagyvastagságú és általában savanyú összetételű vulkanoklasztit-sorozatok alkotják. Ezek képződése —

valamilyen formában — robbanásos vulkáni kitörésekhez kapcsolható, a kitörési központokról azonban jelenleg is sok vita folyik (OBENHOLZNER 1991a). Szinte nincs olyan geotektonikai helyzet, amelybe ne helyezte volna a triász vulkanizmust valamely szerző, és ezek között az intrakontinentális alkáli típusútól a klasszikus ívekkal kapcsolatba hozható vulkanizmusig minden szerepel.

A középső-triász vulkanizmus őskörnyezetére nézve fontos információkat szolgáltatnak a fácieselemzésre alapozott medence- és platformrekonstrukciók. Ezek alapján elmondható, hogy a medencék általában néhány száz méter (500–1000 m) mélységű, tengerrel borított területek lehetnek, amelyeket jelentős kiterjedésű és térfogatú, sekély-tengerrel borított karbonátplatformok tagoltak. A vulkáni kitörések termékeinek lerakódási környezetére nézve igen változatos adatokkal bírunk. Az anisusi ignimbritek a Karni-Alpokban ismertek, azok trópusi mállásra utaló jeleiből leginkább szárazföldi kitörésekre és azok termékeinek lerakódásra következtettek (OBENHOLZNER 1991b). A ladin karbonátplatformok paleokarsztjaiban felismert tufarétegeket disztális, hullott piroklasztként értelmezték (CROS, LAPOINTE 1984), bár azok forrásaira és laterális korrelációjukra egyelőre még nem történtek kísérletek. A Dolomitok területéről, a Monte Agnelloról kaotikus breccsákat írtak le, amelyek „hidromagmatikus robbanásos” eredetét lehetségesnek vélték (CALANCHI et al. 1978). Magma és víz kölcsönhatására vagy kitörési felhők magas kondenzált víztartalmára utaló jelenségeket, mint pl. akkréciós lapilli jelenlétét savanyú piroklasztitrétegekben, több helyről is közölték (Dosso dei Morti, Marmolada), általában karbonátrétegek közötti települési helyzetben. Ezek leülepedési környezetét általában sekély-tengerinek tartják, bár az akkréciós lapilli megmaradási potenciálja vizes környezetben vitatható (DIENI, SPAGNULO 1964). Erről jelenleg is több kutató próbál újabb adatokat gyűjteni (SCHUMACHER, SCHMINCKE 1995).

A középső-triász medencék területén 1–30 vulkanoklasztit-közbetelepülést ismerünk a karbonátos üledékek között. A vulkáni anyag eredetét a jelenlévő friss vulkáni üvegtörödékek és horzsaköszemcsék alapján elsődleges kitörés által közvetlenül táplált, piroklasztthullás eredményeként rekonstruálták (OBENHOLZNER 1991a). Az üledék azonban kristályokban gyakran gazdag és gradált. Emiatt, valamint a fedő és a fekü kontaktusa alapján a vulkanoklaszt áthalmozott (turbidit) eredetét is többen említették (OBERHOLZER, ERIKSSON 2000). A piroklasztit-betelepülések laterális korrelációja nagyobb távolságok esetén nem tűnik megbízhatónak az eddigi kísérletek ellenére sem (BRACK, RIEBER 1993), ami a hullott eredetet sok esetben kétségessé teszi. A medencefáciesű rétegsorokban települő vulkanitok turbidit eredetét több szerző is támogatja, és azok anyagát eredetileg szárazföldi ignimbritnek vagy bázikus robbanásos vulkanizmus termékeinek mély medencébe történt lehordásából származtatja (CASTELLARIN et al. 1982a; DOGLIONI 1984).

Az általunk felkeresett Latemar platform és az azt körülvevő medenceterületek vulkáni képződményeiről igen kevés információval rendelkezünk annak ellenére, hogy több

alapvető kérdés megválaszolatlan a térségben, amelyek részletes elemzése jelentősen hozzájárulhatna a területről alkotott fejlődéstörténet pontosításához. A terepbejárásunk egyik célja éppen az volt, hogy a Latemar és az azt körülvevő medenceterületek vulkáni képződményeit felmérjük, és azokról előzetes vulkanológiai értékelést adjunk.

Vulkáni szerkezetek a Latemar platformján belül

Telérek

A Latemar platformját ÉK–DNy-i csapású vulkanit-telérek törik át (6. ábra). A telérek szélessége változó (dm – tíz méter), azok határa a bezáró karbonáttessel éles. Ugyan cm nagyságrendű undulációk is megfigyelhetők, olvadék és bezáró üledék keveredésére utaló jelek azonban nem ismerhetők fel. A telérperemek általában erősen üveges szerkezetet mutatnak, hirtelen hűlésre utalva. Különösen a szélesebb telérekben ismerhetők fel többszörös felújulásra és áramlásra utaló jelek, mint pl. kristályorientáció vagy különböző kristályosságú fok. A telérközvetek mállása intenzívebb a karbonátokhoz képest, így azok akár több tíz méter mély, meredekfalú völgyek formájában nyomozhatók a karbonátplatformon keresztül. Megfigyeléseink szerint a telérek összetétele bázisos, bazaltos vagy bazaltos andezites lehet.



6. ábra. A platformkarbonát rétegsort harántoló andezittelér a Latemar csúcsa alatt

Figure 6. Andesite dyke penetrating the platform carbonate succession under the peak of the Latemar

Vulkáni breccsák

A telérrendszeren ülve három vulkáni breccsazónát sikerült felismerni. Ezek a zónák térképi nézetben jól lehatárolható körkörös szerkezetek (1. ábra). Az azonosított breccsazónák közül a délkeleti oldalon egy közel 150 méter átmérőjű szerkezet ismerhető fel (7. ábra). Ez a szerkezet egy 100 méteres leszakadáson keresztmetszetben tanulmányozható, bár megközelítése igen nehéz. A felfelé kiszélesedő szerkezet felső részén egyértelműen felismerhetők a karbonátplatform erősen kibillentett, feltöredezett helyzetben lévő, több tíz méter átmérőjű blokkjai. E blokkok kaotikus, durva piroklasztitbreccsába vannak ágyazva. A piroklasztitbreccsa dm–m átmérőjű karbonátklasztokban gazdag, amelyeken hőhatás nem észlelhető. A Latemarra jellemző hidrotermás eredetű fészkes dolomitosodás szemmel láthatóan nincs kapcsolatban a breccsazónával, a klasztok ugyanis nem dolomitosodtak jobban a breccsazónában vagy azok körül, mint másutt. A piroklasztitbreccsa meglehetősen monomikt, karbonáton kívül más anyagú klasztokat nem sikerült azonosítani. A piroklasztit maga sok juvenilis eredetű bázisos, szögletes vulkáni fragmentumot tartalmaz a hamu és durva lapilli szemcsetartományban. Néhány lapilli karfiolbomba-szerkezetet mutat, jellegzetes, hirtelen hűlésre utaló kéreggel. A piroklasztit igen gazdag ekvigranuláris lherzolitzárványokban, amelyek tipikus alkotói számos diatréma-kürtőbreccsának. A lherzolitzárványok mennyisége helyenként olyan jelentős, hogy azok szinte egymással érintkezve kummulát szerkezetet alkotnak. Ezekben a zónákban a piroklasztit mátrixa igen gazdag ezen lherzolitzárványokból származó kristálytöredékekben. A lherzolitzárványok mérete a lapilli mérettartományon belüli, alakjuk szinte mindig szögletes. A piroklasztitban a karbonát-fragmentumok is szinte kizárólag szögletesek. A breccsazóna alsó részén lherzolitzárványokban gazdag telér-csúcsok ismerhetők fel, amelyek sokszor igen kaotikus kapcsolatban vannak a bezáró piroklasztittal.

A fent leírt piroklasztitbreccsa-zónától északnyugatra két másikat is sikerült azonosítani (8. ábra). Mindkettő hasonló



7. ábra. Diatréma szerkezet a Latemar platformjának középső részén
Figure 7. Diatreme structure in the central part of the Latemar platform



8. ábra. Piroklasztit breccsa zóna a Latemar platformjának ÉNy-i részén

Figure 8. Pyroclastic breccia zone in the northwestern part of the Latemar



9. ábra. Vulkáni breccsa karbonát klasztokkal a Latemar platformjának ÉNy-i részén

Figure 9. Volcanic breccia with carbonate clasts in the northwestern part of the Latemar

szerkezetű, szövetű és összetételű masszív, gyengén rétegzett piroklasztitbreccsa. Litológiai szempontból mátrixvázúak, így alapvetően tufabreccsák, közbetelepült lapillitufa egységekkel (9. ábra). A képződmények mátrixa finom juvenilis hamuból, illetve karbonátporból áll. A mátrix sötét színű a jelenlévő kőzetüvegtől vagy annak mállott agyagásvány-tartalmától. A breccsák gazdagok lapilli méretű fragmentumokban, amelyek elsősorban a környező platformkarbonátból származhatnak. A karbonátklasztok változatos szövege arra utal, hogy azok a karbonátplatform-sorozat különböző szintjeiből származhatnak. A karbonátlapillik mellett gyakoriak a rétegzett, vörös vulkanoklasztit-fragmentumok deciméteres, szögletes példányai is. Ezek rétegtani helyzete nem ismert. Alárendeltekben a Latemar környéki perm rétegekből ismert savanyú vulkanoklasztikus képződményekhez hasonló szövetű és szerkezetű fragmentumok is felismerhetők. A két piroklasztitbreccsa előfordulás alapvetően csak méretében különbözik egymástól (át-

mérőjük 200 m, illetve 30 m). A nagyobb méretű piroklasztit-előfordulásban a gyenge rétegzettség mellett vertikális szemcsesorok, zsendelyes elrendeződésű szemcsék is megfigyelhetők.

A nagyméretű diatréma anyagából vett minta K/Ar módszerrel mért kora 204 ± 7.8 M év (BALOGH Kadosa szóbeli közlése), ennek a késő-triász kornak az értelmezése, illetve annak a pontosítása, további kutatás része.

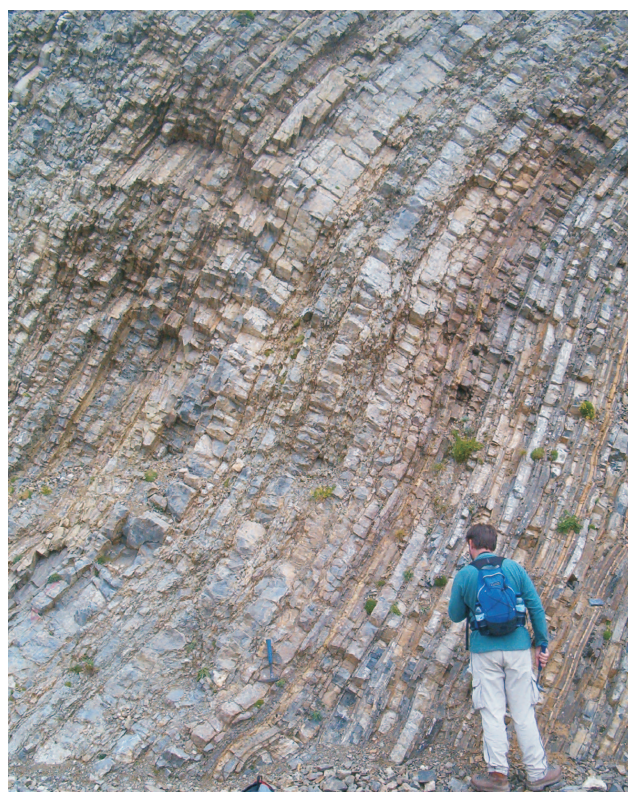
Értelmezés

A Latemar belsejében felismert vulkáni breccsák egykori vulkáni központok kitérésű csatornáját kitöltő piroklasztitként értelmezhetők. A piroklasztit gazdag vulkáni üvegben vagy üveges juvenilis fragmentumokban, ami magma és víz kölcsönhatására utalhat (HEIKEN, WOHLETZ 1986). A jelentős mennyiségű szögletes karbonát- és egyéb litikus töredék a robbanásos vulkáni kitérésűek által a kőzetrétegekből feltépett anyag, hasonló más diatrémákhoz, kontinentális freatomagmás kitérésű központok kúrtőzónájában azonosítható piroklasztit képződményekhez, amelyek vastag karbonátos rétegsort törtek át (mint pl. a Balaton-felvidéki pliocén vulkáni eróziós maradványok Szentbékállánál, a Fekete-hegynél — NÉMETH, MARTIN 1999; MARTIN et al. 2002, 2003; vagy a Joya Honda Maar Mexikóból — ARANDAGOMEZ, LUHR 1996). A vulkáni breccsázónák diatrémák, amelyek egykori (feltehetően kis térfogatú) bázisos, monogenetikus vulkanizmus eredményeként születtek, és jelenleg az egykori paleofelszín alatti helyzetet rögzítik. Ezekhez hasonlókat neogén bazaltos vulkáni rendszerekben jól ismerünk a Pannon-medence nyugati részén (NÉMETH et al. 2003). A Latemar közepén felismert diatrémák a paleofelszín alatt legalább 500 méterrel lévő szintet rögzítik, amennyiben a Latemar platformjának tetején nem számolunk lepusztulással (ami nyilvánvalóan abszurd). A Latemari diatrémák közel azonos lepusztultsági fokon állnak, mint a Hopi Butte hasonló diatrémái (WHITE 1991b). A felismert diatrémák kitűnő további kutatási célpontul szolgálhatnak a freatomagmatizmus, illetve a magma-víz robbanásos kölcsönhatásának vizsgálatára olyan területen, ahol a magmatizmus a törésekkel átjárt karbonátkőzet hasadékaiban tárolt karsztvíz jelenlétében, speciális hidrogeológiai környezetben zajlott. A karbonátos és a laza, konszolidálatlan kőzetek közötti alapvető hidrogeológiai különbség feltehetően hatással lehet a kialakuló vulkáni szerkezetekre is (NÉMETH et al. 2001). A lepusztulási folyamatok figyelembevétele, valamint a Latemari vulkáni breccsák kialakulásának maar/diatréma vulkanizmussal történő magyarázata fontos ösföldrajzi következtetésekre is vezet. Maar/diatréma vulkanizmus ugyanis alapvetően szárazföldi körülmények között, a magma és a felszín alatti vizek vagy víztartalmú üledékek robbanásos kölcsönhatásaként jön létre (LORENZ 1987), de vannak utalások arra is, hogy sekély vízzel fedett területeken is kialakulhatnak diatrémák (SUITING, SCHMINCKE 2004). A Latemari diatrémák felismerése azt is jelentheti, hogy ezen vulkánok kitérésű termékei csak viszonylag közeli területre juthattak

el, és alapvetően horizontálisan mozgó piroklaszt-tömegárak (pl. alapi torlóár) révén kerülhettek lerakódási helyükre (CHOUGH, SOHN 1990). A hullott vulkáni anyag azonban akár több tíz km távolságra is eljuthatott a kitérésű központoktól, ahol mm–dm vastagságú, vulkáni üvegben gazdag piroklasztikus rétegek formájában rakódott le, tengeri üledékekkel összefogazódva. A Latemar diatrémái kitűnően feltárt szerkezetek, amelyek vizsgálata jelentősen hozzájárulhat az ilyen típusú vulkanizmus működésének megértéséhez.

A Dos Capel disztális vulkanoklasztit-rétegei

A Latemar platformjával részben egyidős medence üledékeiből álló rétegsor a Dos Capel geológiai tanösvénye mentén tárul fel. A Balaton-felvidéki Buchensteini Formációval megfeleltethető Livinallongo Formáció (BUDAI 1992) középső, „knollenkalk” tagozatán belül (10. ábra) több szintben jelennek meg 20-30 cm vastag tufa- és lapillitufa-betelepülések (11. ábra). A piroklasztit-rétegek éles alsó és felső kontaktussal települnek, gyakran azonban „boudinage” szerkezetűek szabálytalanul hullámzó réteglapokkal. A szelvény erősen gyűrt, redőzött. A 20-30 cm vastag rétegek jellegzetes belső szerkezettel (szemcselemezekkel, -zsebekkel) rendelkeznek, amelyek gyenge belső rétegzést adnak a rétegeknek. E szerkezetek he-



10. ábra. A Livinallongo Formáció alsó („plattenkalk”) és középső („knollenkalk”) tagozatának határa a Dos Capel geológiai tanösvényének feltárásában

Figure 10. Boundary between the lower (“plattenkalk”) and middle (“knollenkalk”) member of the Livinallongo Formation (Dos Capel)



11. ábra. „Pietra verde” betelepülés a Livinallongo Formáció középső („knollenkalk”) tagozatában (Dos Capel)

Figure 11. “Pietra verde” bed in the middle (“knollenkalk”) member of the Livinallongo Formation (Dos Capel)

lyenként enyhe, lapos szögű kereszttrétegzést mutatnak. A belső szerkezetet mutató rétegek mellett vannak tömeges jellegű piroklasztit betelepülések is, amelyek finomszemcsés, többnyire szemcsevázúak, és enyhe inverz- vagy normál gradáció ismerhető fel bennük. A piroklasztitrétegek viszonylag mélyvízi (a hullámbázisnál mélyebben lerakódott) tengeri üledékekbe települnek, szisztematikus térbeli eloszlás nélkül. A piroklasztitrétegek zöldes színe a mafikus ásványok enyhe epidotosodásának következménye, mely folyamat nem egységes az egész rétegsorra nézve.

Következtetés

A Dos Capel medencefáciesű rétegsorában települő vulkanoklasztit rétegek („pietra verde”) anyaga valamilyen mértékű áthalmozódást szenvedett, erre utal a belső rétegzettség, a gradált jelleg és az erősen koptatott juvenilis szemcsék jelenléte. A horizontális üledékmozgást jelző üledékszerkezet arra enged következtetni, hogy a piroklasztikus üledék turbiditárok által szállított. A szemcsevázú, de alapvetően finomszemcsés, masszív vulkanoklasztit-rétegek értelmezhetőek hullott piroklasztiként is, bár ennek eldöntése granulometriai vizsgálatokat igényel.

A betelepült vulkanoklasztit rétegek genetikájának értelmezésében kulcskérdés annak eldöntése, hogy a piroklasztiszállítás közvetlen kapcsolatba hozható-e az üledékképződéssel egyidős robbanásos vulkáni kitörési ese-

ménnyel (MUELLER, et al. 2000, WHITE 2000), vagy a piroklaszt áthalmozás normál üledékképződés (pl. kontúr-áramlatok) eredménye-e (WHITE, BUSBY-SPERA 1987). Természetesen a „pietra verde” képződményeket a rétegek vulkániüveg-tartalma szempontjából is vizsgálni kell annak eldöntésére, hogy azok keletkezése valóban robbanásos kitörésekre vagy a magma passzív, víz alatti kifolyásából, benyomulásából származó hűlve-töredezésre vezethető-e vissza (MAICHER et al. 2000). A „pietra verde” tanulmányozása során is kiderült, hogy a vulkáni üvegek pásztázó elektronmikroszkópos alaktanulmányozása célravezető módszer a képződmények elsődleges vagy áthalmozott voltának eldöntésére (OBENHÖLZNER 1991a).

A Dos Capel proximális vulkanoklasztit-rétegei

A Dos Capel tanösvényének legfelső szintjén, közel vízszintes településsel táru fel egy kb. 20 méter vastag vulkanoklasztit-összlet. A rétegsor enyhén zöldes színű, vastagon rétegzett, gyakran lapos szögű kereszttrétegzett



12. ábra. Freatomagmás eredetű, proximális fáciesű piroklasztit a Dos Capel szelvényének felső szakaszán

Figure 12. Phreatomagmatic pyroclastite of proximal facies in the upper part of the Dos Capel section



13. ábra. Ballisztikus eredetű márványblossz a Dos Capel szelvényének felső szakaszát alkotó piroklasztit összletben

Figure 13. Marble clast of ballistic origin in the pyroclastite succession of the Dos Capel

üledékekből áll (12. ábra). A vulkanoklasztit-rétegek gazdagok cm-dm méretű márvány- és mészkőfragmentumokban. A fragmentumok szögletesek, jelentős koptatottságot nem mutatnak. A nagyobb klasztok gyakran rétegbehajlást okoznak (13. ábra), bár azok nem túl mélyek a klasztok méretéhez képest. A képződmény mátrixa gazdag vulkáni anyagban, amely gyakran erősen mállott, de reliktum üveg- vagy üveges vulkáni klaszt még makroszkóposan is felismerhető. A képződmény laterális elterjedése néhány száz méter. Kapcsolata a medenceterületek vulkanoklasztit-sorozataival tisztázatlan.

Következtetés

A proximális vulkanoklasztit-sorozat elsődleges vulkáni robbanásos kitörés által keltett, horizontálisan mozgott piroklaszt-tömegárak által szállított és lerakott anyagként értelmezhető (WHITE 2000). A rétegbehajlásokat okozó nagyobb szögletes bombák és blokkok ballisztikus szállítású kidobott klasztokként értelmezhetők, amelyek a horizontálisan mozgó anyagárba hullottak. A képződmény osztályozatlansága, gyengén fejlett rétegzettsége, laposszögű keresztretegzettsége, valamint a blokkok jelentős mérete alapvetően szárazföldi kitörési környezetre, monogenetikus vulkáni szerkezetekkel kapcsolatba hozható, freatomagmás robbanásokkal jellemzett kitörési környezetre utalhatnak (WHITE 1991a). Sekélyvízi környezetben is kialakulhatnak azonban (különösen proximális

helyzetben) a fenti piroklasztit-sorozathoz hasonló rétegsorok (MARTIN 2002). Ilyen jellegű piroklasztit-szerkezetek ismertek a legtöbb, vízből kiemelkedő, ún. Surtsey-típusú vulkánok rétegsorában (SOHN, CHOUGH 1992; KANO 1998; SOHN et al. 2003).

Új tanulmányok arra is rávilágítottak, hogy sekély vízzel fedett karbonátplatformokon is létrejöhetnek olyan diatrémaszerkezetek, amelyek intrakontinentális szárazföldi területekre jellemzők. Ilyen esetben piroklasztit-tömegárból leülepedett, lapos piroklasztitlencsék keletkezhetnek, amelyek alatt, azok kürtőzónájában akár jelentős diatréma is kialakulhat (MARTIN et al. 2004).

Köszönetnyilvánítás

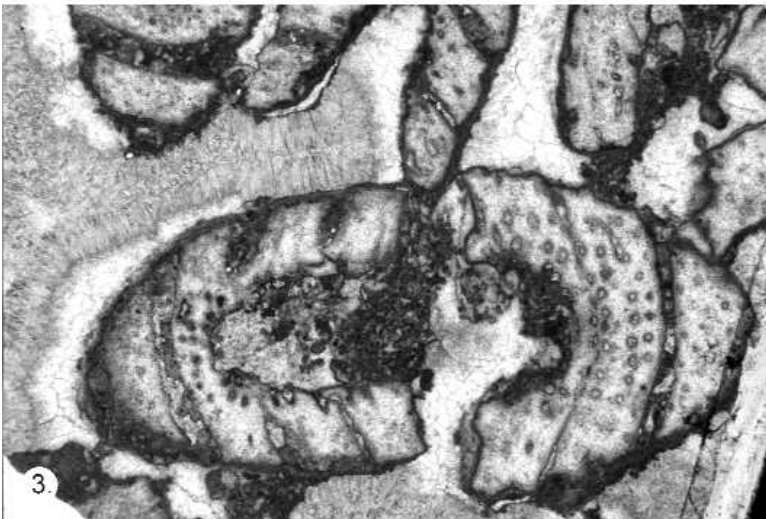
Jelen cikk az OTKA T043341 számú kutatási projektjének keretében a Dolomitok Ny-i részén tett tanulmányút tapasztalatait foglalta össze. A szerzők köszönettel tartoznak Nereo Pretonak (University of Padova) a terepbejárás során nyújtott szakmai vezetésért, valamint Sven Eggenhofnak (Freiberg University) és Arndt Peterhänselnek (Cambridge University), amiért lehetővé tették a Latemarról készített geológiai térképük felhasználását e publikáció céljára. Haas János és Balla Zoltán lektori észrevételei jelentősen hozzájárultak a cikkben tárgyalt problémák árnyalásához és a szabatos megfogalmazáshoz.

Irodalom — References

- ARANDAGOMEZ, J. J. and LUHR, J. F. 1996: Origin of the Joya Honda maar, San Luis Potosi, Mexico. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 74, pp. 1–18.
- BECHSTÄDT, TH., BRACK, P., PRETO N., RIEBER, H., ZÜHLKE, R. 2003: Field trip to Latemar. Guidebook. — *Triassic geochronology and cyclostratigraphy Field Symposium St. Christina/Val Gardena, Dolomites, Italy, September 11–13, 2003*.
- BRACK, P., RIEBER, H. 1993: Towards a better definition of the Anisian/Ladinian boundary: New biostratigraphic data and correlations of boundary sections from the Southern Alps. — *Eclogae geologicae Helveticae* 86 (2), pp. 415–527.
- BRACK, P., MUNDIL, R., OBERLI, F., MEIER, M., RIEBER, H. 1996: Biostratigraphic and radiometric age data question the Milankovitch characteristics of the Latemar cycles (Southern Alps, Italy). — *Geology* 24 (4), pp. 371–375.
- BRACK, P., RIEBER, H., NICORA, A. 2003: A proposal for the GSSP at the base of the Curionii Zone in the Bagolino section (Southern Alps, Northern Italy). The Stratigraphic Section and Point (GSSP) of the base of the Ladinian Stage (Middle Triassic). — *Albertiana* 28, pp. 13–25.
- BUDAI, T. 1992: Middle Triassic formations of the Balaton Highland and of the Southern Alps. Stratigraphic correlation. — *Acta Geologica Hungarica* 35 (3), pp. 217–236.
- BUDAI, T., HAAS, J. 1997: Triassic sequence stratigraphy of the Balaton Highland (Hungary). — *Acta Geologica Hungarica* 40 (3), pp. 307–335.
- BUDAI T., CSILLAG G., VÖRÖS A., DOSZTÁLY L. 2001: Középső- és késő-triász platform- és medencefáciések a Veszprémi-fennsíkban. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), 37–70.
- BUDAI T., CSILLAG G., VÖRÖS A., LELKES GY. 2001: Középső- és késő-triász platform- és medencefáciések a Keleti-Bakonyban. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), 71–95.
- BUDAI T., FODOR L., CSILLAG G., PIROS O. 2005: A Vértes délkeleti triász vonulatának rétegtani és szerkezeti felépítése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése (jelen kötet)*
- BYSTRICKY, J. 1986: Stratigraphic Ranging and Zonation of Dasyclad Algae in the West Carpathians Mts., Triassic. — *Mineralia Slovaca* 18 (4), pp. 289–321.
- CALANCHI, N., LUCCHINI, F. and ROSSI, P. L. 1978: The volcanic rocks from the Mount Agnello area (Fiemme Valley, Italy): a contribution to the knowledge of the Mid-Triassic magmatism of the Southern Alps. — *Tschermaks Mineralogische Und Petrographische Mitteilungen* 25, pp. 131–143.
- CHOUGH, S. K. and SOHN, Y. K. 1990: Depositional Mechanics and Sequences of Base Surges, Songaksan Tuff Ring, Cheju Island, Korea. — *Sedimentology* 37, pp. 1115–1135.
- CROS, P. and LAPOINTE, P. 1984: Les paléokarst triasiques sud-alpins et l'origine des tuffites „pietra verde” ladinienes: exemple des Dolomites Italiennes. — *Proceedings of the 5th European Regional Meeting of Sedimentology, Marseille*. p. 2.
- DE ZANCHE, V., GIANOLLA, P., MANFRIN, S., MIETTO, P., ROGLI, G. 1995: A Middle Triassic back-stepping carbonate plat-

- form in the Dolomites (Italy): sequence stratigraphy and biostratigraphy. — *Memorie di Scienze Geologiche* 47, pp. 135–155.
- DIENI, I. and SPAGNULO, G. 1964: Lapilli accrezionari nei tufi ladinci del Dosso dei Morti (Adamello Sud-Orientale). — *Mem. Accad. Patavina, Cl. Sci. Mat. Nat.* 76, pp. 3–21.
- DOGLIONI, C. 1984: Triassic Diapiric Structures in the Central Dolomites (Northern Italy). — *Eclogae Geologicae Helveticae* 77, pp. 261–285.
- EGENHOFF, S., PETERHÄNSEL, A. 1995: Laterale und vertikale Faziesänderungen in einer mitteltriassischen isolierten Karbonatplattform, der Latemar, Dolomiten, Norditalien. — *Unpublished Master's Thesis, Universität Heidelberg*
- EGENHOFF, S., PETERHÄNSEL, A., BECHSTÄDT, TH., ZÜHLKE, R., GRÖTSCH, J. 1999: Facies architecture of an isolated carbonate platform: tracing the cycles of the Latemar (Middle Triassic, northern Italy). — *Sedimentology* 46, pp. 893–912.
- GAETANI, M., FOIS, E., JADOU, F., NICORA, A. 1981: Nature and evolution of Middle Triassic carbonate buildups in the Dolomites (Italy). — *Marine Geology* 44 (1–2), pp. 25–57.
- GOLDHAMMER, R.K., DUNN, P.A., HARDIE, L.A. 1987: High frequency glacio-eustatic sea level oscillation with Milankovitch characteristics recorder in Middle Triassic carbonates in northern Italy. — *American Journal of Science* 287, pp. 853–892
- GOLDHAMMER, R.K., DUNN, P.A., HARDIE, L.A. 1990: Depositional cycles, composite sea level changes, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing. Examples from the Alpine Triassic platform carbonates. — *Geological Society of America Bulletin* 102, pp. 535–562
- HAAS J. 1993: Budaörsi Dolomit Formáció. — In: Haas J. szerk. 1993: Magyarországi litosztratiográfiai alapegység. Triász. Földt. Int. kiadv., pp. 49–51.
- HEIKEN, G. H. and WOHLETZ, K. H. 1986: Volcanic Ash. — Berkeley, University of California Press, 246
- KANO, K. 1998: A shallow-marine alkali-basalt tuff cone in the Middle Miocene Jinzai Formation, Izumo, SW Japan. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 87, pp. 173–191.
- LEONARDI, P. (ed.) 1968: Le Dolomiti, geologia dei monti tra Isarco e Piave, 1019 p.
- LORENZ, V. 1987: Phreatomagmatism and Its Relevance. — *Chemical Geology* 62, pp. 149–156.
- MAICHER, D., WHITE, J. D. L. and BATIZA, R. 2000: Sheet hyaloclastite: density-current deposits of quench and bubble-burst fragments from thin, glassy sheet lava flows, Seamount Six, Eastern Pacific Ocean. — *Marine Geology* 171, pp. 75–94.
- MARTIN, U. 2002: The Miocene eruption of a small emergent volcano at the Otago Peninsula, New Zealand. — *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen* 225, pp. 373–400.
- MARTIN, U., NÉMETH, K., AUER, A., BREITKREUZ, C. and CSILLAG, G. 2002: Depositional record of a Pliocene nested multivert maar complex at Fekete-hegy, Pannonian Basin, Hungary. — *Geologica Carpathica* 53.
- MARTIN, U., AUER, A., NÉMETH, K. and BREITKREUZ, C. 2003: Mio/Pliocene phreatomagmatic volcanism in a fluvio-lacustrine basin in western Hungary. — *Geolines – Journal of the Geological Institute of AS Czech Republic* 15, pp. 75–81.
- MARTIN, U., BREITKREUZ, C., EGENHOFF, S., ENOS, P. and JANSÁ, L. 2004: Shallow-marine phreatomagmatic eruptions through a semi-solidified carbonate platform (ODP leg 144, site 878, Early Cretaceous, MIT Guyot, west Pacific). — *Marine Geology* 204, pp. 251–272.
- MIETTO, P., MANFRIN, S. 1995: A high resolution Middle Triassic ammonoid standard scale in the Tethys Realm. A preliminary report. — *Bull. Soc. Géol. France* 1995 (5), pp. 539–563.
- MIETTO, P., MANFRIN, S., PRETO, N., GIANOLLA, P., KRYSZYN, L., ROGHI, G. 2003: GSSP at the base of the Avisianum Subzone (FAD of *Aploceras avisianum*) in the Bagolino section (Southern Alps, NE Italy). Proposal of the Global Stratigraphic Section and Point (GSSP) for the base of the Ladinian Stage (Middle Triassic). — *Albertiana* 28, 26–34.
- MUELLER, W. U., GARDE, A. A. and STENDAL, H. 2000: Shallow-water, eruption-fed, mafic pyroclastic deposits along a Paleoproterozoic coastline: Kangerluluk volcano-sedimentary sequence, southeast Greenland. — *Precambrian Research* 101, pp. 163–192.
- MUNDIL, R., BRACK, P., MEIER, M., OBERLI, F. 1996: High resolution U-Pb dating of Middle Triassic volcanics: Time-scale calibration and verification of tuning parameters for carbonate sedimentation. — *Earth Planetary Science Letters* 141, pp. 137–141.
- MUNDIL, R., ZÜHLKE, R., BECHSTÄDT, TH., PETERHÄNSEL, A., EGENHOFF, S., OBERLI, F., MEIER, M., BRACK, P., RIEBER, H. 2003: Cyclicity in Triassic platform carbonates: synchronizing radio-isotopic and orbital clocks. — *Terra Nova* 15 (2), pp. 81–87.
- MUTTONI, G., NICORA, A., BRACK, P., KENT, D. V. 2004: Integrated Anisian-Ladinian boundary chronology. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 208, pp. 85–102.
- NÉMETH, K., MARTIN, U. 1999: Small-volume volcanoclastic flow deposits related to phreatomagmatic explosive eruptive centres near Szentbékállá, Bakony-Balaton Highland Volcanic Field, Hungary: Pyroclastic flow or hydroclastic flow? — *Földtani Közlemény* 129, pp. 393–417.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., CSILLAG, G. 2003: Lepusztult maar/diatrema szerkezetek a Bakony-Balaton Felvidék Vulkáni Területről. — SA Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése a 2000 évről, pp. 83–99.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., HARANGI, S. 2001: Miocene phreatomagmatic volcanism at Tihany (Pannonian Basin, Hungary). — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 111, pp. 111–135.
- OBENHOLZNER, J. H. 1991a: Triassic Volcanogenic Sediments from the Southern Alps (Italy, Austria, Yugoslavia) — a Contribution to the Pietra Verde Problem. — *Sedimentary Geology* 74, pp. 157–171.
- OBENHOLZNER, J. H. 1991b: Petrography and geochemistry of an Anisian ash-flow tuff, Carnic Alps (Austria). — In: HOLSER, W. T., SCHÖNLAUB, H. P. The Permian-Triassic boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region). — *Abhandlungen Geol. Bundesanst.*, 45, pp. ??–??
- OBERHOLZER, J. D., ERIKSSON, P. G. 2000: Subaerial volcanism in the Palaeoproterozoic Hekpoort Formation (Transvaal Supergroup), Kaapvaal craton. — *Precambrian Research* 101, pp. 193–210.
- OTT, E. 1972: Zur Kalkalgen Stratigraphie der Alpenen Trias. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.* 21, pp. 445–464.
- PIROS, O. 2002: Anisian to Carnian carbonate platform facies and dasycladacean biostratigraphy of the Aggtelek Mts, Northeastern Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 45 (2), pp. 119–151.
- PIROS, O., PRETO, N. 2003: A tentative correlation of Dasycladacean biozones with Ammonoid standard zones in

- the Anisian-Ladinian Latemar succession, Italy. – *Triassic Geochronology and Cyclostratigraphy field symposium St. Christina/Val Gardena, Dolomites, Italy, September 2003, Abstracts* p. 47.
- PIROS, O., PAVLIK, W., BRYDA, G., KRYSZYN, L., MOSER, M., KREUSS, O. 2002: The Anisian-Carnian dasycladacean biostratigraphy and an attempt for platform and basin correlation. – In: PIROS (ed): I.U.G.S. Subcommittee on Triassic Stratigraphy. *STS/IGCP 467 Field Meeting, Veszprém, Hungary, 5-8. September*, pp. 56-58.
- PRETO, N., MIETTO, P., MANFRIN, S. 2002. Ammonoid biostratigraphy of the Latemar platform and its significance for the A/L boundary. – In PIROS (ed): I.U.G.S. Subcommittee on Triassic Stratigraphy. *STS/IGCP 467 Field Meeting, Veszprém, Hungary, 5-8. September*, p. 21.
- ROSSI, D. 1957: La scogliera del Latemar. – *Annali dell'Università di Ferrara sez. 9* (2-5), pp. 213-241.
- SCHUMACHER, R., SCHMINCKE, H.-U. 1995: Models for the origin of accretionary lapilli. – *Bulletin of Volcanology* 56, pp. 626-639.
- SOHN, Y. K., CHOUGH, S. K. 1992: The Ilchulbong Tuff Cone, Cheju Island, South-Korea – Depositional Processes and Evolution of an Emergent, Surtseyan-Type Tuff Cone. – *Sedimentology* 39, pp. 523-544.
- SOHN, Y. K., PARK, J. B., KHIM, B. K., PARK, K. H., KOH, G. W. 2003: Stratigraphy, petrochemistry and Quaternary depositional record of the Songaksan tuff ring, Jeju Island, Korea. – *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 119, pp. 1-20.
- SUITING, I., SCHMINCKE, H.-U. 2004: The submarine "Costa Giardini" diatreme (Monti Iblei, Sicily). – In: NÉMETH, K., MARTIN, U., GOTH, K., LEXA, J.: *Abstract Volume of the Second International Maar Conference, Hungary-Slovakia-Germany (Lajosmizse/Keckemét, Hungary)*. – *Geological Institute of Hungary, Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary* 203, 93 p.
- VÖRÖS, A. 1998: A Balaton-felvidék triász ammonoideái és biostratigráfiája (Triassic ammonoids and biostratigraphy of the Balaton Highland). – *Studia Naturalia* 12, 105 p.
- VÖRÖS, A., BUDAI, T., HAAS, J., KOVÁCS, S., KOZUR, H., PÁLFY, J. 2003: A proposal for the GSSP at the base of the Reitzi Zone (sensu stricto) at Bed 105 in the Felsőörs section, Balaton Highland, Hungary. – In: GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point). Proposal for the base of Ladinian (Triassic). – *Albertiana* 28, 35-47.
- WARCH, A. 1979: Perm und Trias der nördlichen Gailtaler Alpen. – *Carinthia* 2, pp. 1-111.
- WHITE, J. D. L. 1991a: The depositional record of small, monogenetic volcanoes within terrestrial basins. – In: FISHER, R. V. and SMITH, G. A. *Sedimentation in Volcanic Settings*. – *Society for Sedimentary Geology, SEMP Special Publications* 45, pp. 155-171
- WHITE, J. D. L. 1991b: Maar-diatreme phreatomagmatism at Hopi Buttes, Navajo Nation (Arizona), USA. – *Bulletin of Volcanology* 53, pp. 239-258.
- WHITE, J. D. L. 2000: Subaqueous eruption-fed density currents and their deposits. – *Precambrian Research* 101, pp. 87-109.
- WHITE, J. D. L., BUSBY-SPERA, C. J. 1987: Deep marine arc apron deposits and syndepositional magmatism in the Alisitos group at Punta Cono, Baja California, Mexico. – *Sedimentology* 34, pp. 911-927.
- ZÜHLKE, R., BECHSTADT, TH., MUNDIL, R. 2003: Sub-Milankovitch and Milankovitch forcing on a model Mesozoic carbonate platform – the Latemar (Middle Triassic, Italy). – *Terra Nova* 15 (2), pp. 69-80.



1. *Diplopora annulatissima* PIA, LA208. sz. minta, N: 25×
2. *Diplopora comelicana* FOIS, LA120. sz. minta, N: 20×
3. *Diplopora annulata annulata* HERAK, LA109. sz. minta, N: 20×
4. *Physoporella leptotheca* KOCHANSKY-DEVIDE, LA09. sz. minta, N: 37×
5. Dasycladaceás mészkö a Latemaron

A Vértes délkeleti triász vonulatának rétegtani és szerkezeti felépítése

Stratigraphy and structure of the southeastern Triassic range of the Vértes Mountain (Transdanubian Range, Hungary)

BUDAI TAMÁS, FODOR LÁSZLÓ, CSILLAG GÁBOR, PIROS OLGA

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: triász, rétegtan, platformfejlődés, tektonika, Dunántúli-középhegység, Vértes

Összefoglalás

A Vértes DK-i vonulatát túlnyomórészt ciklusos felépítésű, platformfáciésű karbonátösszlet építi fel. A mintegy 1,7 km vastag középső–felső-triász rétegsoron belül két szintben települ medencefáciésű összlet, amelyek alapján térképezhető litosztratigráfiai egységek különíthetők el (1. táblázat, 1. ábra). A felszínre bukkanó legidősebb platformkarbonát a Budaörsi Dolomit, amely a *Diplopora annulatissima* Zónától a *Poikiloporella duplicata* Zónáig, azaz a felső-anisusitól az alsó-karniig terjed. A Budaörsi Dolomit fölött mintegy 40–50 m vastagságú agyagközös dolomit települ, amelynek ciklusos rétegsorában medencefáciésű betelepülések is vannak, jellegzetes, de rossz megtartású radiolária-együttessel. Ezt a rétegösszletet a Balaton-felvidéki intraplatform karni medence rétegsorát alkotó Veszprémi Márka alsó, Mencshelyi Tagozatának legnagyobb elterjedését jelző helyi kifejlődéseként értékeltük, és „Hajdúvágási Tagozat” néven különítettük el. A Hajdúvágási Tagozat fölött ciklusos felépítésű, platformfáciésű dolomitösszlet következik, amelynek jellegzetessége a lilás szín és az apró Megalodusokból álló fauna. Ezt a kifejlődést „Gémhegyi Tagozatként” a Sédvölgyi Formációba soroljuk. A Gémhegyi Dolomitra következő lemezes-bitumenes-kovás-tűzköves dolomit, dolomárga és mészkő építi fel a felső-triász platformkarbonátok közé települő fiatalabb medencefáciésű rétegcsoportot, amely – Foraminifera-faunája alapján – az alsó-karni felsőbb szakaszát alkotja. A „Csákberényi Tagozat” néven elkülönített képződmény – rétegtani helyzete szerint – a Balaton-felvidéki Veszprémi Formáció helyi kifejlődéseként értékelhető, amely a Csicsói Márka heteropikus fáciése lehet.

A Vértes kréta deformációját a Dunántúli-középhegységre általánosan jellemző szinklinális-szerkezet kialakulása határozta meg, melynek során a délkeleti szárnyon levő rétegsor kb. 30°-kal ÉNy-ra billent. Ehhez kapcsolódva, a deformáció késői fázisában ÉNy-i vergenciájú „visszatolódások” jöhettek létre a vizsgált területen. A „visszatolódás” monoklinális flexúrákat hozott létre a merev dolomitokban („Gémhegyi Tagozat”), míg a kevésbé meszes „Csákberényi Tagozatban” kisebb rátolódás és kapcsolódó redők alakultak ki a Bucka-hegyen. E redők aszimmetrikusak és helyenként átbuktattak, jelezve a mozgások ÉNy-i vergenciáját.

A kibillent triász rétegsort egy kisebb jelentőségű eocén és négy (öt) késő-kainozoos töréses deformációs fázis deformálta. A jellemző ÉNy-DK-i csapású vetők mindegyik fázisban aktívak lehettek, de kinematikájuk balos eltolódásról a normál elmozduláson keresztül, fokozatosan jobbos eltolódásra váltott az oligocén közepe és a negyedidőszak közötti időintervallumban. Ezek a vetők váltakozó balos vagy jobbos látszólagos elvetéssel szétarabolták a billentett triász karbonátos rétegsort. A 0,1–1 km nagyságú elvetések nehezítik, de nem akadályozzák meg a triász rétegtani egységek csapás menti korrelációját. A szintén jellemző É-D-i, ÉÉK-DDNy-i csapású vetők normál kinematikával a legfiatalabb, késő-miocén–pliocén fázis(ok)ban működhettek, de nem kizárt, hogy még negyedidőszaki aktivitásuk is volt.

Keywords: Triassic, stratigraphy, platform evolution, tectonics, Transdanubian Range, Vértes Mts

Abstract

The south-eastern range of the Vértes Mts is made up by cyclic platform carbonates. Based on two intercalations of basin facies the 1.7 km thick Middle to Upper Triassic succession could be subdivided into different lithostratigraphic units (Table I, Figure 1). The oldest part of the platform carbonate belongs to the Budaörs Dolomite extending from the Upper Anisian *Diplopora annulatissima* Zone up to the Lower Carnian *Poikiloporella duplicata* Zone. The Budaörs Dolomite is overlain by a 40–50 m thick dolomite succession characterised by clayey interlayers. Within this cyclic sequence, beds of basin facies contain characteristic but poorly preserved radiolaria assemblage. These layers may indicate the maximum flooding of the Early Carnian intraplatform basin of the Balaton Highland. According to this interpretation this unit (“Hajdúvágás Member”) belongs to the Veszprém Marl Formation, i.e. it is a coeval facies of the Mencshely Marl Member of the Balaton Highland. The overlying cyclic platform dolomite succession that is characterised by lilac colour and small Megalodontids belongs to the middle Julian Sédvölgy

Dolomite Formation (“Gémhegy Member”). It is overlain by laminated, bituminous cherty dolomites, marls and limestones of basin facies containing Upper Julian Foraminifera assemblage. This unit (“Csákberény Member”) may correspond to the upper member (Csicsó Marl) of the Veszprém Formation on the Balaton Highland.

Cretaceous deformation of the SE Vértes is characterised by the formation of a regional tilt of 30°, which is connected to the formation of the large-scale synclinal structure of the whole Transdanubian Range. On the south-eastern limb of the large syncline, NW-vergent “backthrust” was formed after the main folding event. This deformation resulted in formation of monocline(s) in rigid dolomite lithology (“Gémhegy Member”), and reverse faults and folds in less competent marly lithology (“Csákberény Member”). On the Bucka Hill near Csákberény, folds are asymmetric, and locally overturned, suggesting NW vergency of both folds, and reverse faults.

One Eocene and four (five) late Cenozoic deformation phases characterise the southern Vértes Mountains. NW-SE to E-W trending faults had gradually changing kinematics, from sinistral through normal to dextral, during the middle Oligocene to Pliocene period. These faults dismember the Triassic carbonate units by alternating apparent dextral and sinistral strike slip faults. The 0.1–1 km displacements make difficult but do not obscure the along-strike correlation of Triassic units. The N-S to NNE-SSW trending faults could have been formed during the youngest, late Miocene to Pliocene tensional phases, but might have remained active during the Quaternary.

Bevezetés

A Vértes jelenleg zajló részletes és rendszeres földtani térképezési programja a végéhez közeledik. Az 1:10 000-es méretarányú felvételi térképlapok lezárása és az 1:50 000-es tájegységi térkép szerkesztésének előkészítése során olyan jellegű, szerkezetföldtani konzekvenciával is járó rétegtani problémák vetődtek fel a Vértes délkeleti vonulatát alkotó, nagy vastagságú triász platformkarbonát-összlet tagolása terén, amelyek miatt szükségessé vált a korábban kialakult litosztratigráfiai felosztás átértékelése. Ennek érdekében szelvény menti terepbejárást végeztünk a vonulat több szakaszán abból a célból, hogy a dolomitest tagolására alkalmas rétegcsoportokat egyértelműen meghatározzuk, azokat csapásban kövessük, és egymáshoz viszonyított helyzetüket tisztázzuk.

A Vértes délkeleti vonulatát alkotó dolomitösszlet meglehetősen egyveretű, amelyen belül egymástól egy-

értelműen elkülöníthető, jól definiálható és térképezhető litológiai egységek kijelölése igen nehéz. Ugyancsak nehezíti a rétegsorban való tájékozódást és a képződmények rétegtani besorolását a „szintjelző értékű” ősmaradványok (megalodusok, dasycladaceák) szórványos megjelenése és rossz megtartási állapota. Ez a bizonytalanság tükröződik a képződményeknek a korábbi irodalomban szereplő besorolásán is (1. táblázat).

Kutatási előzmények

A Vértes részletes földtani kutatása TAEGER (1909) munkásságával vette kezdetét, aki a hegység fő tömegét felépítő triász dolomitot egységesen a „földolomitba” sorolta. Megemlített ugyanakkor egy tarka vagy vörös, meszes dolomitbetelepülést, amely Csákberénynél és a gánti Gémhegyen jelenik meg.

1. táblázat. A Vértes DK-i vonulatát alkotó középső-felső-triász rétegsor litosztratigráfiai tagolása

Table 1. Lithostratigraphic classification of the Middle-Upper Triassic sequence of the south-eastern Vértes

Taeger 1909	Schréter 1909 Vigh 1933	Szóts 1953	Oravec, Véghné 1961	Balogh 1980	Gyalog et al. 1993	Budai, Csillag 2004	Budai et al. 2005	Emelet Stage	
földolomit	raibli rétegek	raibli rétegek	karni apró-megalodusos dolomit	Földolomit F. ?	Edericsi F. Sédvölgyi T. („gémhegyi rétegek”)	Sédvölgyi Dolomit F.	Veszprémi F. Csákberényi T.	Alsó-karni Lower Carnian	
			agyagközös dolomit	Veszprémi Márga F.	Kádártai T.	Veszprémi F.	Veszprémi F. Hajdúvágási T.		
	ladini? dolomit	diploporás dolomit	Diplopora annulata tartalmú dolomit	Budaörsi Dolomit F.	Budaörsi Dolomit F.	Budaörsi Dolomit F.	Budaörsi Dolomit F.		Felső-ladini Upper Ladinian

Rövidítések: F = Formáció, T = Tagozat – Abbreviations: F = Formation, T = Member

A Vértes dolomitösszletét tagoló „szaruköves” szürke mészkő csákberényi előfordulásáról SCHRÉTER (1909) tett először említést. A képződményt — a korabeli általános felfogásnak megfelelően — a „raibli rétegekkel” azonosította.

TAEGER (1913) az Iszka-hegy triász rétegsorának tagolását tartalmazó cikkében már elkülönítette a „megehegyi dolomit” és a „fődolomit” közötti „gyroporellás dolomitot”, amelynek vastagságát 1000 méternél is többre becsülte. Ez felel meg a HOFMANN (1871) által a „fődolomit” leírásánál ismertetett „annulátás dolomitnak” a Budai-hegységben, amelyet később KUTASSY (1925) „diploporás dolomit” néven a ladin emeletbe sorolt.

TELEGI RÓTH (1925) a „raibli szaruköves mészkő és dolomit” elterjedését Csákberény és Csákvár között több ponton tapasztalta, de további részletet a képződményről nem közölt.

VÍGH GY. (1933) a Dunántúli-középhegység felső-triász képződményeinek összefoglalásában ismertette részletesen a csákberényi „Öreg szőlőhegyen” Schréter által felfedezett rétegcsoport litológiai felépítését és faunáját. A tűzköves mészkövet a felette települő sárgásbarna mészmárga, márgás mészkő és agyagmárga rétegcsoporttal együtt a Balaton-felvidéki „sándorhegyi mészkő” megfelelőjének tartotta. Felvetette a gánti bányateleptől délre húzódó fehér, cukorszövetű dolomit ladin emeletbe sorolásának a lehetőségét is, amit a szaruköves mészkő alatti települési helyzettel indokolt. A besorolás bizonytalanságára figyelmeztetve említette meg a vonulat pikkelyes szerkezetét és a diploporák hiányát.

SZÓTS (1953) őslénytani monográfiájában 1:50 000-es méretarányú földtani térképet közölt Gánt környékéről. Ezen mészmárga, szaruköves mészkő és dolomitos mészkő alkotta „raibli” rétegsort ábrázolt a diploporás dolomit fedőjében Csákberénytől ÉK felé a Gránási-hegy gerincének ÉNy-i végéig, majd egy ÉNy–DK-i csapású, kb. 1,5 km-es ugrómagasságú jobbos eltolódás túloldalán a Disznó-hegytől ÉK felé (ugyancsak oldalelmozdulások által szabdaltnak) a Gém-hegyig.

ORAVECZ és VÉGHÉ (1961) a vértesi és az iszkahegyi triász rétegtani és szerkezeti kapcsolatának értékelése során hivatkozás nélkül hagyta a két terület előbbiekben ismertetett földtani irodalmának túlnyomó részét, így többek között TAEGERnek (1913) a „gyroporellás” dolomit rétegtani elkülönítésére és a Balaton-felvidék eltérő kifejlődésű rétegsorával mutatkozó heteropikus kapcsolatára vonatkozó megállapításait is. Több fontos új megfigyelést tettek ugyanakkor a Vértes középső–felső-triász dolomitösszletének tagolásával kapcsolatban, amelyek jelentős része a jelenleg lezárás előtt álló részletes földtani térképezés során helytállóan bizonyult.

A vértesi triász rétegsor „hivatalos” litosztratigráfiai rendszere lényegében ORAVECZ és VÉGHÉ (1961) felosztásán alapult. BALOGH (1981) a diploporás dolomitot Budaörsi Dolomit Formáció néven definiálta, amely felett a Veszprémi Formáció tűzköves mészkő, márga, mészmárga és dolomárga rétegekből álló összlete települ. A Veszprémi Formáció csökevényes vastagságát a Vértesben a Fődolo-

mit rátolódásával magyarázta. Meg kell jegyezni, hogy Balogh a Veszprémi Formáció rétegtani tartalmát lefelé kiterjesztette a karni emelet aljába sorolt Füredi Mészkőre is a Balaton-felvidéken, és a táblázatában ábrázolt vértesi márgás rétegsor ebbe a rétegtani intervallumba tartozik („cordevolei alemelet”).

A Vértes DK-i vonulatát alkotó több száz méter vastag dolomitösszlet tagolására a hegység részletes térképezési programja során történt először kezdeményezés a 1990-es évek elején (GYALOG et al. 1993). Ennek alapjául a Gánt-bányatelepi dolomitbánya szelvényének és a rétegsor megismerése céljából a gánti Gém-hegyen mélyült Csákvár Csá–2 és Csá–3 térképező fúrásnak a vizsgálata szolgált. GYALOG et al. (1993) a Gánt és Csákvár közötti vonulat dolomitösszletén belül hat rétegcsoportot különített el. A Gánt-bányatelepi kőfejtőben feltárt mintegy 40 m vastag agyagközös, „mészkő küllemű” dolomitot a benne talált brachiopoda-együttes értékelése alapján a karni emelet alsó („cordevolei”) és középső (juli) alemeletének a határára helyezték, és a Balaton-felvidéki Veszprémi Márga Formáció Nosztori Mészkő Tagozatával párhuzamosították. Ebből adódóan az alatta települő vastagpados, felfelé algalemezes rétegekkel váltakozó dolomitot a Budaörsi Dolomit Formáció felső-ladin–alsó-karni Kádártai Tagozatával, míg a fedő lilás színű dolomitot — „gémhegyi rétegek” néven — a Sédvölgyi Dolomittal feleltették meg. A vonulat legfiatalabb tagjaként a Fődolomitot is elkülönítették a Csá–2 fúrás legfelső szakaszán egy kb. 15 m vastagságú átmeneti rétegcsoport felett. A Vértes DK-i vonulatának ezen a szakaszán tehát a felső-triászba sorolták a bányatelepi kőfejtő alsó szakaszától a gánti süllyedék déli pereméig terjedő dolomitösszletet, és megállapították a korábbi irodalomban szereplő tűzköves mészkő hiányát.

A Földtani Intézet és a Mol Rt. közös projektjének a keretében készült egységes digitális térképi és fúrási adatbázis létrehozása során új litosztratigráfiai egységek bevezetésére történtek javaslatok a Vértes délkeleti területén, amelyek elsősorban a fenti új rétegtani eredményeken alapultak. GYALOG et al. (2000) a lilás színű dolomitot Gémhegyi Dolomit Formáció néven önálló egységként, míg a lemezes, tűzköves dolomit, mészkő és márga összetételű rétegsort a Sándorhegyi Formáción belül Csákberényi Tagozat néven javasolták elkülöníteni (BUDAI, CSILLAG 2000).

Később az utóbbi kifejlődés formáció rangra történő emelését ajánlották Csákberényi Formáció név alatt (BUDAI, CSILLAG 2004), kiterjesztve tartalmát ÉK felé a Gánt-bányatelepi murvabányában feltárt agyagközös, brachiopodás rétegcsoportra is. A csákberényi és a gánti terület közötti litológiai eltérést a formáción belüli laterális fáciesváltozásként értelmezték. A Csákberényi Formációt az előzetes foraminifera-vizsgálatok (ORAVECZNÉ szóbeli közlése) alapján a ladin és a karni emelet határára helyezték, és a fekéjében települő dolomitösszletet a Budaörsi Dolomitba sorolták.

A délkeleti vonulat triász képződményeinek elterjedése és tagolása

A Vértes délkeleti vonulatát alkotó több száz méter vastag platformkarbonát-rétegsor térképezhető egységekre történő tagolása és rétegtani besorolása alapvetően a köz-betelepülő medencefáciesű üledékek segítségével végezhető el, korának meghatározása pedig a szórványosan előforduló Dasycladacea-flóra és a Megalodontacea-fauna alapján lehetséges.

Budaörsi Dolomit Formáció

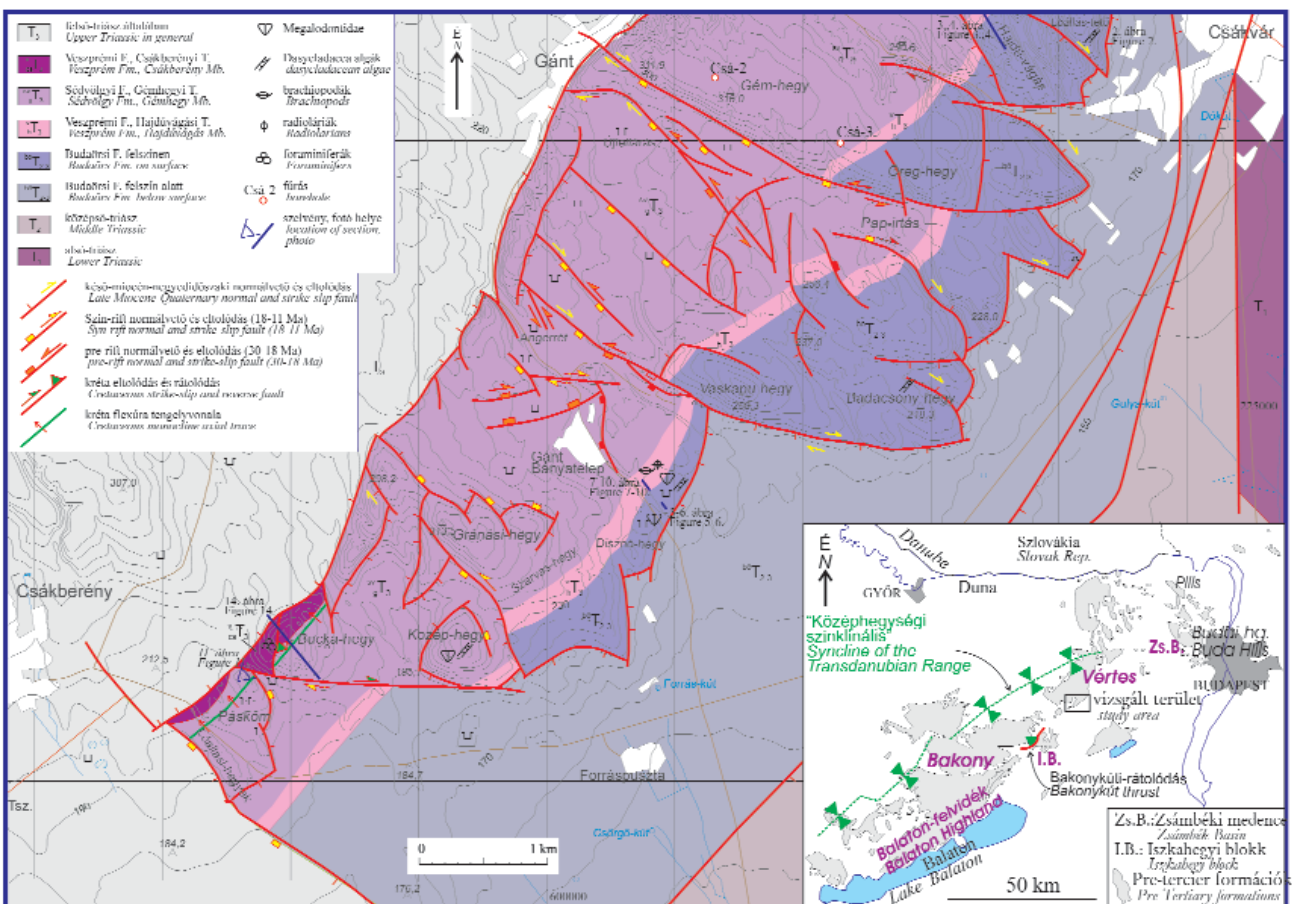
A vonulat legidősebb felszíni képződménye a Budaörsi Dolomit, amely Csákvártól a Gránási-hegy DNy-i peremvetőjéig követhető csapásirányban (1. ábra). A többkevésbé kopár hegyoldalokban és sziklás völgyperemek mentén kibukkanó rétegsor egy-egy szakaszát kisebb-nagyobb kőfejtők is feltárják.

A Budaörsi Dolomit közvetlen fekélye nem ismert a Vértesben. A Veszprémi-fennsík (BUDAI et al. 2001a) és a

Keleti-Bakony (BUDAI et al. 2001b) középső-triász képződményeinek vastagságában és fáciesében mutatkozó laterális változási tendenciák alapján azonban valószínűsíthető, hogy a Vértes rétegsora az alsó-anisusitól fölfelé platformkarbonát kifejlődésű (Megyehegyi/Tagyoni Formáció).

A Budaörsi Dolomit ősmaradványokkal igazolt legmélyebb szintje a Csákvártól Ny-ra emelkedő Lóállás-tető DK-i gerincén ismert, ahol a loferciklusos rétegsor stromatolit kifejlődésű, peritidális B-tagokkal váltakozó, 20–30 cm vastag szubtidális C-tagjaiból *Diplopora annulata* és *D. annulatissima* fajokból álló Dasycladacea-flóra került elő (I. tábla: 1–3. kép). Ugyanez a flóraegyüttes a Badacsony-hegy É-i részén arra utal, hogy a hegyet alkotó anisusi dolomit-összlet a Vértes legidősebb felszínre bukkanó képződménye.

A Budaörsi Dolomit magasabb szakasza nyomozható a Lóállás-tetőtől Ny-ra lévő Hajdú-vágás ÉÉNy–DDK-i csapású gerincén (2. ábra). A feltárt rétegsor alsó szakaszát pados C-tagok és vékonypados, stromatolitos B tagok ciklusos váltakozása alkotja, amelyre mintegy 1 m vastagságú

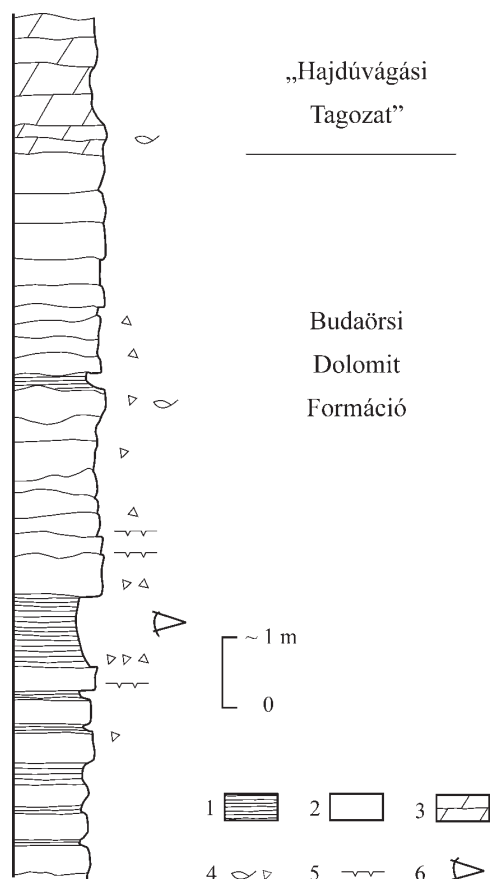


1. ábra. A Vértes DK-i vonulatának földtani térképe a kainozoos képződmények elhagyásával

A Hajdúvágási Tagozat a kisebb terciar elvetések ellenére jól követhető. A több fázisban mozgott vetőknél mindegyik mozgástípust feltüntettük. A kivágot a Vértes és ezen belül a tanulmányozott terület elhelyezkedését mutatja a Dunántúli-középhegységben

Figure 1. Geological map of the Vértes without Cenozoic formations

The Hajdúvágás Member of the Veszprém Formation (^hT₃) can be followed despite smaller Tertiary displacements. Multiphase faults have signs for all kinematics. Inset shows the location of the Vértes and the study area within the Transdanubian Range. Note NE-trending Cretaceous syncline and the Bakonykút thrust, which resulted in monoclinial north-westerly dip of the Vértes



2. ábra. A Budaörsi Dolomit felső és a Hajdúvágási Tagozat alsó szakaszának feltárása a csákvári Hajdú-vágás gerincén (a szelvény helyét lásd az 1. ábrán)

1 – stromatolit (B-tag); 2 – pados dolomit (C-tag); 3 – kovás, finomkristályos dolomit; 4 – brachiopoda, litoklaszt; 5 – száradási repedés; 6 – a 3. ábrán szereplő foto

Figure 2. Section of the upper part of the Budaörs Dolomite and the lower part of the Hajdúvágás Member on the ridge of Hajdú-vágás near Csákvár (location of section is shown on Figure 1)

1 – stromatolite (member B); 2 – bedded dolomite (member C); 3 – siliceous dolomiticrite; 4 – brachiopods, lithoclasts; 5 – desiccation cracks; 6 – location of the photo of Figure 3

B-tag települ (3. ábra). E fölött elmosási felszínekkal tagolt, C-tagokból álló rétegcsoport következik, átülepített stromatolit-klasztokkal, néhány, laterálisan kiékelődő B-taggal. A rétegsorban felfelé növekvő vastagságú C-tagok, majd brachiopoda-metszetekkel jellemzett, enyhén kovás, finomkristályos dolomit következik, amely a Budaörsi Dolomit fedőjét alkotja a vonulatban („Hajdúvágási Tagozat”).

A Budaörsi Dolomit felső szakaszának legjobb feltárása a Gánt-bányatelepen működő kőfejtőben ismert. A bányában feltárt rétegsor alsó szakaszát a Budaörsi Dolomit B és C tagjainak ciklusos váltakozása alkotja (4. ábra), amelyben a Hajdú-vágás szelvényéből már ismert 1-1,5 m vastag B-tag mellett egy kb. 2-3 m vastag üledékes dolomitbreccsa is megfigyelhető. Ez utóbbi ugyancsak térképezhető rétegtagként azonosítható a vonulat több pontján (pl. a Csákvár és Gánt közötti Öreg-hegyen). A Budaörsi Dolomitból *Teutloporella herculea*, *Poikilopo-*



3. ábra. Lemezes szerkezetű intertidális B-tag a Budaörsi Dolomit felső szakaszán (fotó: Budai T.). Csákvár, Hajdú-vágás

Figure 3. Laminated intertidal member B in the upper part of the Budaörs Dolomite (photo by T. Budai). Csákvár, Hajdú-vágás



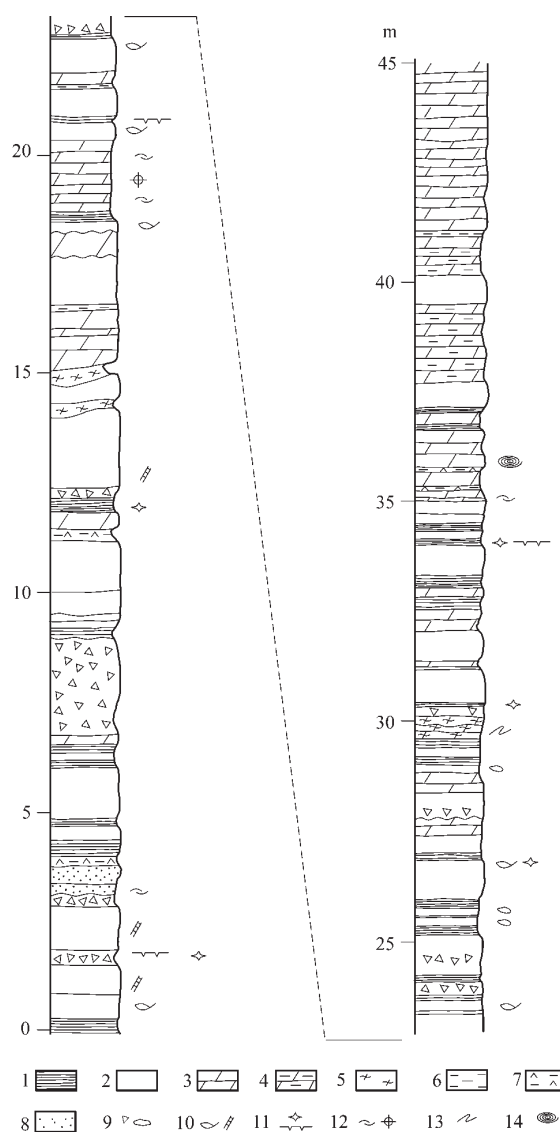
4. ábra. A Budaörsi Dolomit felső szakaszának ciklusos rétegsora a Gánt-bányatelep dolomitbányájának DNy-i falán (fotó: Budai T.)

Figure 4. Cyclic succession of the upper part of the Budaörs Dolomite on the south-western wall of Gánt-bányatelep quarry (photo by T. Budai)

rella duplicata és *Zornia obscura* fajokból álló alsó-karni Dasycladacea-együttes került elő (I. tábla: 4–5. kép).

Veszprémi Formáció, „Hajdúvágási Tagozat”

A Budaörsi Dolomit felső szakaszának és a fedőjében települő, agyagbetelepülésekkel tagolt „Hajdúvágási Tagozatnak” a legjobb feltárása a Gánt-bányatelepen működő kőfejtőben ismert. A Budaörsi Dolomit fölötti „Hajdúvágási Tagozat” mintegy 45–50 m vastag, jól rétegzett rétegcsoportjára (5. ábra) jellemzőek a néhány cm-es vastagságú, zöld vagy vörös agyagbetelepülések, amelyek lilás vagy vöröses árnyalatú, általában sötét tónusú szürke, mikrokristályos vagy afanitos szövettű, szilánkos-kagylós törésű dolomitrétegekkel váltakoznak, a vastagpados C-tagok és lemezes B-tagok mellett (6. ábra). A medencefáciesű mészkő dolomitósodott változataként értékelhető litofáciesre ugyancsak jellemző a brachiopoda teknők kőzetalkotó mennyiségű dúsulása egyes rétegekben, de néhol a filamentumos szövet is megőrződött



az utólagos dolomitósodástól. A Brachiopoda-faunát a *Crurātula* nemzetséghez tartozó fajok uralják: *Crurātula eudora*, *C. faucensis*, *C. beyrichi*, *C. damesi*, *Rynchonella pichleri*, *Terebrātula debilis*, *Spiriferina* cf. *halobiarum*, *Ampiclina amonea*, *Adygella julica* (DETRE in: GYALOG et al. 1993).

A mikrites kagylós törésű dolomitból vett egyik mintából a következő Radiolaria-fauna (I. tábla: 6–9. kép) került elő (OZSVÁRT P. szóbeli közlése szerint): *Archeospongoprunum* sp., *Spongostylus* cf. *tortili*, *Paleosaturnalis* cf. *zapfei*, *Hungarosaturnalis* sp., *Paronaella* sp., *Ruesticyrtium* sp., *Oertlispongus* sp., *Pseudostylosphaera* sp., *Heliosoma* sp., *Spumellaria* gen. indet., *Triassocampe* sp., *Nasselaria* gen. indet. A radioláriák mellett néhány meghatározhatatlan foraminifera és az *Eucyclus* sp. csiga egy példánya fordult elő (det. Szabó J.).

Az egyik vastagabb padban észlelt 1–2 cm széles és 10–15 cm mély, a fedő réteg anyagával kitöltött hasadék (7. ábra) szinszediment tágulások tektonikára utal.

A dolomitösszetétel tagoló agyagbetelepülések ásványtani vizsgálatát Földvári Mária és Kovács-Pálffy Péter végezte. Szóbeli közlésük szerint az agyagásvány-együttest az illit dominanciája jellemezte, néhány mintában kaolinit is előfordult. Az alárendelten megjelenő kevert szerkezetek között illit–vermikulit, illit–klorit, klorit–szmektit, klorit–vermikulit volt azonosítható. Értelmezésük szerint az illit dominanciája és a kaolinit szárazulati lepusztulásra utal, míg a kevert szerkezetű agyagásványok populációjából vulkáni kőzetek tengeri környezetben lejátszódott mállására lehet következtetni.

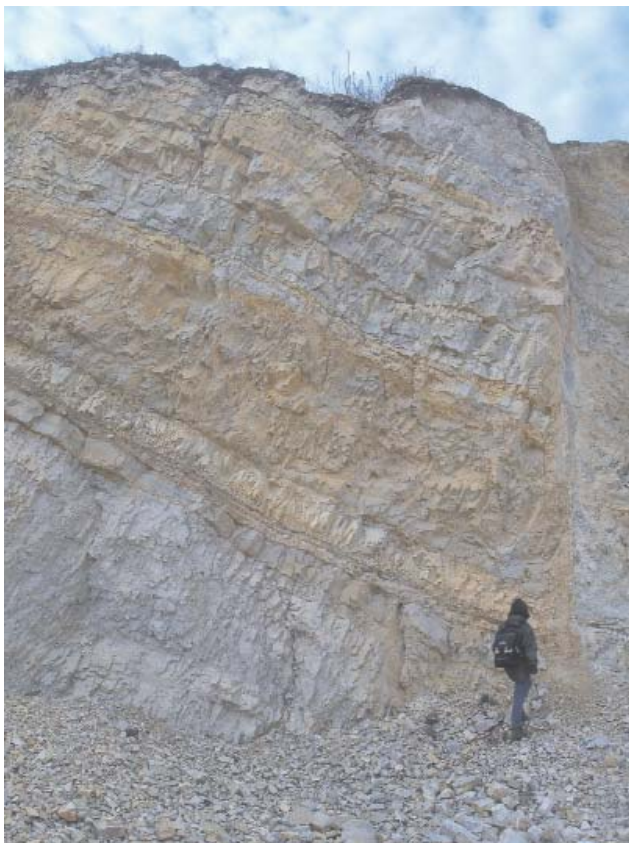
Az agyagbetelepülések mikromineralógiai összetételét THAMÓNÉ BOZSÓ (2005) vizsgálta. A könnyűfrakció túlnyomó részét jól koptatott kvarc- és kvarciszemcsék, alárendelten szericitesedett földpátok, muszkovit és homokkő közötti rétegek alkotják. A nehézfrakcióra a jól koptatott gránátok, magnetit- és ilmeniszemcsék populációja jellemző, amelyben egyéb metamorf ásványok (epidot, zoizit, szillimanit, andaluzit, sztaurolit, kianit) is előfordulnak. THAMÓNÉ BOZSÓ (2005) értelmezése szerint mindez arra utal, hogy a törmelékanyag forráskőzeteként gránáttartalmú metamorf kőzetek jöhetnek számításba.

5. ábra. A Budaörsi Dolomit fedőjében települő agyagközös dolomit („Hajdúvágási Tagozat”) rétegsora Gánt-bányatelep dolomitbányájának DNy-i falán (a Budaörsi Dolomit felső határa megfelel az ábrázolt szelvény bázisának)

1 – stromatolit (B-tag); 2 – pados dolomit (C-tag); 3 – jól rétegzett agyagközös dolomit; 4 – jól rétegzett agyagos dolomit; 5 – dolomitos márga; 6 – vörös agyag; 7 – zöld agyag; 8 – kalkarenit; 9 – litoklaszt, plasztoklaszt; 10 – brachiopoda, Dasycladacea; 11 – száradási pörus, száradási repedés; 12 – filamentum, radiolaria; 13 – iszaprogtyás; 14 – onkoid

Figure 5. Dolomite succession with clay intercalations (“Hajdúvágási Member”) above the Budaörs Dolomite on the southwestern wall of the Gánt-bányatelep quarry (the upper boundary of the Budaörs Dolomite fits with the base of the stratigraphic column)

1 – stromatolite (member B); 2 – bedded dolomite (member C); 3 – well-bedded dolomite with clay intercalations; 4 – well-bedded clayey dolomite; 5 – dolomitic marl; 6 – red clay; 7 – green clay; 8 – kalkarenite; 9 – lithoclasts, plasticlasts; 10 – brachiopods, filaments; 11 – desiccation cracks; 12 – Dasycladacea, vugs; 13 – slump; 14 – oncoids



6. ábra. Agyagközökkel tagolt, jól rétegzett dolomit rétegcsoport a „Hajdúvágási Tagozat” rétegsorában (fotó: Budai T.). Gánt-bányatelep, murvabánya

Figure 6. Well-bedded dolomite succession with clay intercalations within the “Hajdúvágás Member” (photo by T. Budai). Gánt-bányatelep quarry



7. ábra. Tágulásokkal kitöltött hasadék agyagközös dolomitban (fotó: Budai T.). Gánt-bányatelep, murvabánya

Figure 7. Extensional syn-sedimentary dyke in clay intercalated dolomite (photo by T. Budai). Gánt-bányatelep quarry

A „Hajdúvágási Tagozat” a Vértes délkeleti vonulatában töréses szerkezeti elemek által szét darabolva nyomozható a felszínen a Csákvár fölötti hegységperemtől DNy felé a Hajdú-vágásig. Innen tovább az Öreg-hegyen keresztül a Pap-irtás környékéig, majd a Vaskapu-hegy

ÉNy-i részén, valamint a Gánt-bányatelepi és a disznó-hegyi kőfejtőn át a Szarvas-hegyig követhető. Az Öreg-hegyen mélyült Csákvár Csá-3 fúrás mintegy 60 m vastagságban harántolta.

Sédvölgyi Dolomit Formáció, „Gémhegyi Dolomit Tagozat”

A „Hajdúvágási Tagozat” fedőjében szürke–lilas–szürke színű, nagy vastagságú dolomitösszetel települ (Sédvölgyi Formáció „Gémhegyi Dolomit Tagozat”), amelynek alsó szakaszát az Öreg-hegyen mélyült Csákvár Csá-3, felső szakaszát pedig a Gém-hegyen mélyült Csákvár Csá-2 fúrás tárta fel (GYALOG et al. 1993). Az uralkodóan lila színű (néhol foltosan tarka) sekélyszubtidális fáciesű padok sárgásbarna rétegekkel váltakoznak. A lilás-szürke dolomit több szintben breccsás szerkezetű, a klasztok közötti kitöltés általában sárgásfehér, agyagos dolomit. A sárgásfehér rétegek gyakran lemezes szerkezetűek, a felserepedett breccsa- és madárszemszerkezet ugyancsak jellemző. A Hajdú-vágástól ÉNy-ra a lila dolomit számos Megalodonta-metszetet tartalmaz. A rétegsor vastagsága mintegy 400-450 m-re tehető.

A Gémhegyi Dolomitot a Gránási-hegytől D-re lévő Közép-hegyen viszonylag jól feltárt, természetes sziklafélek formájában kibukkanó ciklusos felépítésű dolomit alkotja. A jól rétegzett összleten belül biotrituszos C-tagok és stromatolit szerkezetű B-tagok váltakoznak egymással. A magassági ponttól D-re kb. 100 m-re csapásban jól követhető rétegcsoportot alkot néhány 1-1,2 m vastagságú pad, amelyekben kőzetalkotó mennyiségben található 1-4 cm-es Megalodus-köbelek. A faunát a *Neomegalodon triquetus pannonicus* faj egyedei alkotják (VÉGH S.-né szóbeli közlése). A biotrituszos C-tagok alga-flórájában *Poikiloporella duplicata* és *Physoporella leptotheca* fajok fordulnak elő.

Veszprémi Formáció, „Csákberényi Tagozat”

A triász vonulat DNy-i szakaszát a csákberényi Ló-állási-hegyek, a Páskom és a Bucka-hegy alkotja. A felszínre bukkanó triász rétegsor alsó szakaszát túlnyomórészt pados–vastagpados C-tagokból álló szubtidális dolomit alkotja (Gémhegyi Dolomit felső szakasza), amelyen belül alárendelten jelennek meg stromatolit szerkezetű intertidális B-tagok, valamint jól osztályozott klasztokból álló közbetelepülések.

A platformkarbonát összletre jól rétegzett, pados–lemezes, bitumenes, tűzköves dolomitból, dolomárgából és mészkőből álló összlet következik, igen meredek dőlésben. Ez a kifejlődés csapásban jól követhető a hegyvonulat ÉNy-i oldalán a Lóállási-hegyektől ÉK felé egészen a Bucka-hegy ÉK-i pereméig. Legjobb feltárása a Bucka-hegy DNy-i oldalában lévő útbevágás (8. ábra), ahol a rétegsort alkotó lemezes, bitumenes, kovás dolomitban sötétbarna tűzközsinórok és átülepített bio- és litoklasztokat tartalmazó közbetelepülések vannak. A rétegsort kisméretű



8. ábra. A = A Csákerényi Tagozat lemezes, bitumenes tűzköves dolomitjának feltárásai a csákerényi Bucka-hegy DNy-i oldalán (fotó: Csillag G.); B = közel függőleges tűzköves dolomit rétegek (fotó: Csillag G.); C = aszimmetrikus redő lemezes márgás dolomitban (fotó: Budai T.); D = közel függőleges lemezes dolomit rétegek (fotó: Budai T.). Minden fénykép egyformán ÉNy-DK-i tájolású

Figure 8. A = Outcrop of the laminated, bituminous cherty dolomite of Csákerény Member on the southwestern side of Bucka Hill, near Csákerény (photo by G. Csillag); B = subvertical cherty dolomite layers (photo by G. Csillag); C = asymmetric open fold in laminated marly dolomite (photo by T. Budai); D = subvertical laminated dolomite layers (photo by T. Budai). All photos are NW-SE oriented

üledékrogyásos redők is jellemzik. A rétegsor felső szakaszán a dolomitot finomkristályos–mikrites, vékonyréteges–lemezes mészkő váltja fel. A Bucka-hegy ÉNy-i oldalában nyomozható törmelék alapján a viszonylag változatos litológiájú rétegsorban pados–tűzköves mészkő és echinodermatás biopátit is előfordul. Feltehetően ebből a rétegcsoportból származik a SCHRÉTER (1909) által gyűjtött és VÍGH Gy. (1933) által ismertetett molluszka-együttes. A mészkőben lévő viszonylag gyér és gyenge megtartású Foraminifera-fauna a következő fajokból áll: *Tolypammina gregaria*, *Gsollbergella spiroloculiformis*, *Ophthalmipora* sp., *Ophthalmipora?* sp., *Aulotortus praegaschei*, *Meandrospirella* sp., *Pseudonodosaria phoechingeri*, *Nodosaria ordinata*, *Variostoma?* sp. (ORAVECZNÉ 2004). A csákerényi rétegsor vastagsága az erős gyüredezettség miatt csak becsülhető, kb. 150 méterre tehető.

A Csákerényi Tagozatot északkelet felé fokozatosan váltja fel a vele részben heteropikus Gémhegyi Dolomit platformkarbonátja.

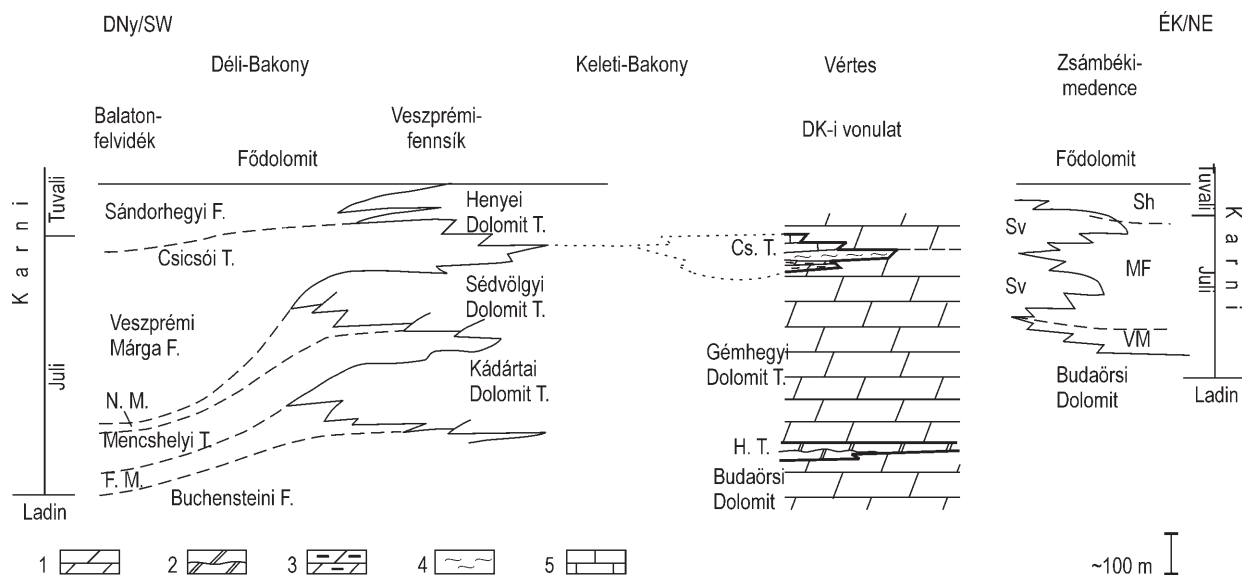
A délkeleti vonulat triász képződményeinek korrelációja

A Vértes délkeleti triász vonulatának túlnyomó részben sekélytengeri platformfáciesű dolomitból felépülő réteg-

során belül a litológiai jellegek változása és a szórványosan előforduló ősmaradványok alapján elkülöníthető rétegtani egységeket és azoknak a Déli-Bakony, valamint a Zsám-béki-medence megfelelő kifejlődéseihez viszonyított helyzetét a 9. ábra foglalja össze.

A vonulat ősmaradványokkal igazoltan legidősebb felszínre bukkanó képződménye a *Diplopora annulata* és *D. annulatissima* algafajokat tartalmazó Budaörsi Dolomit. Ilyen összetételű flóra a „hagyományos” Dasycladacea-zonáció szerint az anisusi/ladin határ környékére tehető (PIROS 2002, PIROS et al. 2002), a dél-alpi Latemar platformjának ammoniteszeken alapuló biosztratigráfiai tagolása szerint pedig az Avisianum Zónával párhuzamosítható (BUDAI et al. 2005, jelen kötet). Ugyanakkor a Gánt-bánya-telepi kőfejtőben a Budaörsi Dolomit felső szakaszából előkerült *Poikiloporella duplicata* egyértelműen arra utal (PIROS 2002, PIROS et al. 2002), hogy a formáció felső szakasza a karni emeletbe is átnyúlik (Kádártai Tagozat).

Ez az új biosztratigráfiai adat megerősíti a Budaörsi Dolomit fedőjében települő agyagközs dolomit rétegcsoport alsó-karni besorolását, amelyet GYALOG et al. (1993) a brachiopoda-fauna alapján javasolt. Nem mond ellent az alsó-karni besorolásnak a dolomitodott medencefáciesű mészkőből előkerült radiolária-fauna sem, mivel a rossz megtartású példányok alapján azonosított középső-triász nemzetségek a felső-triászban is előfordulnak



9. ábra. A Déli-Bakony és a Vértes középső-felső-triász képződményeinek korrelációja (HAAS, BUDAI 1999, 6. ábrájának felhasználásával) 1 – platformfáciesű dolomit; 2 – agyagközös dolomit; 3 – lemezes, bitumenes, tűzköves dolomit; 4 – márga; 5 – mészkő. Rövidítések: Cs. T. = Csákberényi Tagozat (Veszprémi Formáció); F. M. = Füredi Mészkő Formáció; H. T. = Hajdúvágási Tagozat (Veszprémi Formáció); MF = Mátyáshegyi Formáció; N. M. = Nosztori Mészkő Tagozat (Veszprémi Formáció); Sh = Sándorhegyi Formáció; Sv = Sédvölgyi Formáció; VM = Veszprémi Márga Formáció; F. = Formáció; T. = Tagozat

Figure 9. Correlation between the Middle to Upper Triassic formations of the Southern Bakony and Vértes Mts (with the application of Figure 6, HAAS, BUDAI 1999)

1 – platform dolomite; 2 – well-bedded dolomite with clay intercalations; 3 – laminated, bituminous cherty dolomite; 4 – marls; 5 – limestones. Abbreviations: Cs. T. = Csákberény Member (Veszprém Formation); F. M. = Füred Limestone Formation; H. T. = Hajdúvágás Member (Veszprém Formation); MF = Mátyáshegy Formation; N. M. = Nosztor Limestone Member (Veszprém Formation); Sh = Sándorhegy Formation; Sv = Sédvölgy Formation; VM = Veszprém Marl Formation; F. = Formation; T. = Member

(OZSVÁRT P. szóbeli közlése), a *Paleosaturnalis zapfei* pedig a Balaton-felvidéki Füredi Mészkőben is előforduló alsó-karni („cordevolei”) taxon (BUDAI, DOSZTÁLY 1990). GYALOG et al. (1993) által felállított párhuzam az agyagközös dolomit rétegcsoporthoz és a Balaton-felvidéki Nosztori Mészkő között azonban fejlődéstörténeti és szekvencia sztratigráfiai megfontolások alapján vitatható. A karni medencék és az azokat környező platformok egymás rovására történt kiterjedése illetve visszahúzódása közötti szoros összefüggés részben a medencék fokozatos feltöltődésére, részben a tengerszint euszatikus változásaira vezethető vissza a Dunántúli-középhegységben (HAAS, BUDAI 1999). A Nosztori Mészkő megjelenése a Veszprémi Márga rétegsorában a karni medencéket környező platformok előrenyomulásához kapcsolható a Balaton-felvidéken (BUDAI, HAAS 1997), és feltehetően hasonló eseményt képvisel a Mátyáshegyi Mészkő a Zsámbéki-medence rétegsorában (középső-karni „karbonát periódus” HAAS 1994 értelmezése szerint). Ezzel szemben a Gánt-bányatelepi medencefáciesű rétegsor a kora-karni legnagyobb kimélyülését jelzi a Vértes platformján. Ennek alapján az agyagközös dolomit leginkább a Veszprémi Formáció alsó, Mencshelyi Márga Tagozatának lehet egy helyi heteropikus kifejlődése, amelyet „Hajdúvágási Tagozat” néven javasolunk elkülöníteni. Önálló rétegtani egységként történő bevezetését két fontos szempont alapján tartjuk indokoltnak:

— A jól térképezhető kőzettest fontos marker a vértesi platformok nagyvastagságú dolomitösszletének tagolásában.

— Litológiai jellege lényegesen eltérő a vele heteropikus Balaton-felvidéki intraplatform medencekifejlődésű Mencshelyi Márgától.

A Hajdúvágási Tagozat agyagbetelepüléseinek ásványtani vizsgálata arra utal, hogy lerakódása idején a részben metamorf kőzetekből (illetve azokból származó sziliciklasztokból) felépült szárazulati térszínről származó terrigén törmelék mellett vulkanitok egyidejű lepusztulásából is történt behordódás az üledékgyűjtőbe. Hasonló, változatos kőzettani felépítésű lepusztulási háttér-területről származtatható a Zsámbéki-medence kora-karni törmelékösszlete is (HAAS et al. 1991; HAAS, BUDAI 2004). A Hajdúvágási Tagozat heteropikus megfelelője a Zsámbéki-medencében a Veszprémi Formáció alsó márga tagozata lehet a jelenlegi rétegtani besorolások szerint (KRISTAN-TOLLMANN et al. 1991; GÓCZÁN, ORAVECZ-SCHEFFER 1996).

A Veszprémi Formáció Hajdúvágási Tagozata fölött következő „lila dolomitot” — GYALOG et al. (1999) kezdeményezésével összhangban — a Sédvölgyi Formáció Gémhegyi Tagozataként különítjük el, és az alsó-karniba soroljuk. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy a karni platformtestek és medencekifejlődések vastagságának laterális változási tendenciája szerint (HAAS, BUDAI 1999) a Gém-

hegyi Dolomit a Veszprémi-fennsíkon alsó-karniba sorolt Budaörsi Dolomitnak (Kádártai Dolomit Tagozat) és a Sédvölgyi Dolomit alsó szakaszának (Sédvölgyi Dolomit Tagozat) együtt felelhetne inkább meg (9. ábra). Ebben az esetben a feküjében települő „Hajdúvágási Tagozat” nem kora-karni (Mencshelyi Márga), hanem késő-ladin (Buchensteini Formáció) kimélyüléshez kapcsolódó medence-kifejlődésként lenne értelmezhető (ennek azonban a rendelkezésre álló biosztratigráfiai adatok ellentmondanak). A Gémhegyi Dolomit a Sédvölgyi-platform további épülését és kiterjedését képviseli a karni közepén, amely a Zsámbéki-medence üledékképződésében a karbonátok lerakódását eredményezte a törmelékeny üledékek rovására. A Gémhegyi Dolomit tehát a medencefáciesű Mátyáshegyi Mészkövel részben heteropikus fáciesként értelmezhető a Vértes platformján.

A csákberényi Bucka-hegy lemezes-bitumenes-tűzköves dolomit és mészkö rétegsorából előkerült Foraminifera-együttes az alsó-karni (juli alemelet) felsőbb szakaszát jelzi (ORAVECZNÉ 2004). Ennek alapján kénytelenek vagyunk felülbírálni azon korábbi álláspontunkat (BUDAI, CSILLAG 2004), amely szerint a csákberényi medencefáciesű rétegösszlet heteropikus a Gánt-bányatelepi kőfejtő agyagközs dolomitjával, és azzal együtt a felső-ladin–alsó-karni emeletbe tartozó önálló litosztratigráfiai egység. A Balaton-felvidéki Füredi Mészkö heteropikus megfelelőjeként definiált Csákberényi Formáció rétegtani besorolása és a ladin–karni platformfejlődés rekonstrukciója közötti ellentmondást egyébként már korábban is érzékeltük. A csákberényi rétegsor ugyanis a platform időszakos megfulladását jelzi a Vértesben, ezzel szemben a Füredi Mészkö megjelenése a Balaton-felvidéki medencében a Budaörsi-platform erőteljes progradációjához kapcsolódik, ami ugyanabban az időben nem lehetséges. Az új biosztratigráfiai adatok szerint azonban ez az ellentmondás feloldódik, hiszen a csákberényi medencefáciesű rétegsor a karni medencének a késő-juli során történt kiterjedéséhez köthető. Litosztratigráfiai vonatkozásban a rétegsoportot a Veszprémi Formáció felső, Csicsói Márga Tagozatával heteropikus helyi kifejlődésként értékeljük, amelynek elkülönítését „Csákberényi Tagozat” néven javasoljuk. Ezt a rétegsoportot azzal a tűzköves dolomittal tartjuk korrelálhatónak a Zsámbéki-medence rétegsorában (9. ábra), amelyet egyes szerzők még a Mátyáshegyi Formációhoz (KRISTANTOLLMANN et al. 1991; HAAS 1994), míg mások a Sándorhegyi Formációhoz sorolnak (GÓCZÁN, ORAVECZSCHEFFER 1996).

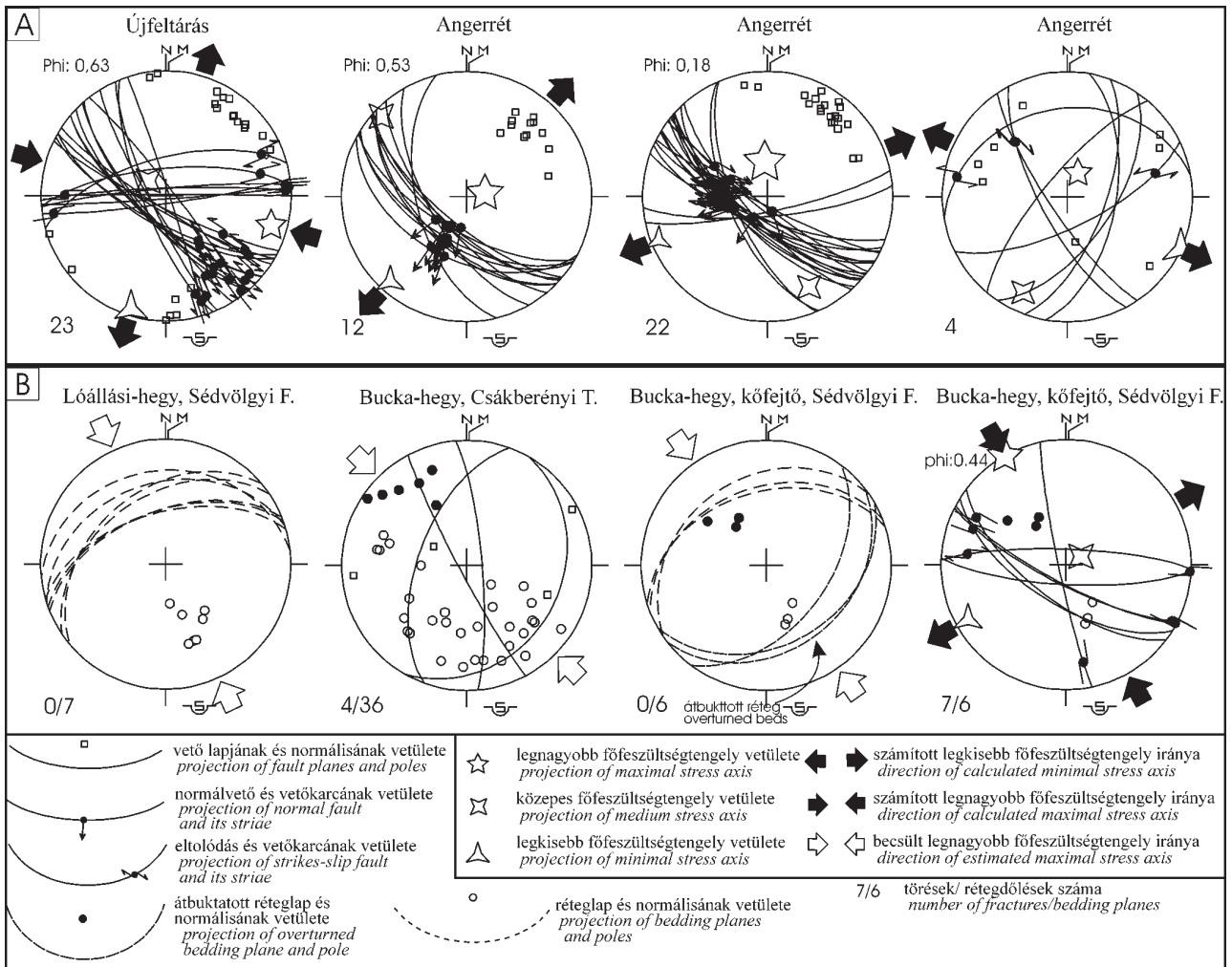
A Vértes délkeleti vonulatának szerkezete

A Vértes délkeleti vonulatán belül számos ÉNy–DK-i vagy K–Ny-i töréses elemet lehet azonosítani. Ilyenek jelennek meg a gánti bauxitbányákban, és ilyen zárja le a vonulatot a csákberényi Lóállási-hegyeknél. A vetők menti

elvetés térképi nézetben hol balosnak, hol jobbosnak tűnik. Ez a kibillent triász rétegsor egyszerű normálvetős elvetésekor is kiadódhatna. A szerkezetfejlődés azonban ennél bonyolultabb volt. E vetők mentén négy fázisban történt elmozdulás (ALMÁSI 1993; MÁRTON, FODOR 2003) és kérdéses egy ötödik (neotektonikus) mozgásfázis. A középső-eocén bauxit képződése során néhány méteres elmozdulás rekonstruálható a gánti bauxitbányák vető menti jelenségei alapján (MINDSZENTY, FODOR 2002). Az eocén üledékképződést követően, az oligocén végén, a koramiocénben balos elmozdulás történt az ÉNy-i irányú vetők mentén (10. ábra, A). A feszültségteret kb. K–Ny-i összenyomás és É–D-i széthúzás jellemezte. A balos eltolódások párjaként K–Ny-i jobbos eltolódások is létrejöttek, mint pl. a Gánt-bagolyhegyi bauxitfejtő déli peremén (ALMÁSI 1993; 1. ábra). Ilyen lehet az a K–Ny-i eltolódás is, amely a Bucka-hegy déli oldalán húzódik és kb. 200 méterrel elveti a Csákberényi Tagozatot (1. ábra), bár itt kréta mozgás sem zárható ki. Ezt követte a vetők menti dőlésirányú mozgás, amelyet a Pannon-medence riftesedésével lehetett korrelálni (FODOR et al. 1999). A széthúzás iránya ekkor ÉK–DNy-i volt (10. ábra A). A negyedik fázisban a dőlésirányú csúszás fokozatosan jobbos–normál kinematikájúvá vált (10. ábra A). A tenzió iránya ekkor KÉK–NyÉNy felé fordult.

A legutolsó fázisban az ÉNy–DK-i irányú vetők normál–jobbos, helyenként teljesen jobbos kinematikájúak lehettek. E vetők mentén kisebb elmozdulás történhetett, míg ekkor aktiválódhattak az ÉÉK–DDNy-i csapású vetők, KDK–NyÉNy-i tenziós feszültségterben (10. ábra A). Az ÉÉK-i és az ÉNy-i irányú vetők egykorúságát az is jelezheti, hogy helyenként kölcsönösen elvetik egymást, illetve a fővetők átlépéseket formálnak az ÉNy-i irányú, rövidebb vetőszegmensekkel való metszetüknél. A legnagyobb ilyen vetők határolják a Vértes délkeleti triász vonulatát (1. ábra) keletről és nyugatról is. A nyugati peremvető viszonylag egyenes, míg a keleti változó irányú szakaszokból áll össze. Utóbbit FODOR et al. (2005) „Kelet-Vértesi peremvetőnek” nevezte. A keleti peremvető működése már a pannóniaiban (késő-miocénben) megkezdődött, és a nyugatival együtt a pliocénben és esetleg a negyedidőszakban is folytatódott (MÁRTON, FODOR 2003; CSILLAG et al. 2004).

A főleg töréses deformációval jellemzett kainozoos fázisokkal szemben a kréta időszakba sorolhatjuk a Bucka-hegy gyűrődéses-töréses deformációját (8., 10. B és 11. ábra). A Bucka-hegy déli oldalán húzódó útbevágásban néhány métertől néhány tíz méteres hullámhosszú, néhány méter amplitúdójú redők figyelhetők meg a Csákberényi Tagozat lemezes-bitumenes dolomitjában (8. ábra). A redőszárnyak általában egyenesek, a csuklózónák folyamatos görbületűek. A redőalak a szárnyszög alapján a nyílt osztályba sorolható. A redőtengelysíkok általában DK felé dőlnek. A redőcsuklók ÉK felé közepesen dőlnek vagy közel vízszintesek. Palásság nem észlelhető, a redők valószínűleg réteg menti csúszás révén jöttek létre, amit néhány karc is sugall.



10. ábra. Töréses szerkezeti adatok a Vértes délkeleti részéből

A sztereogramok Schmidt háló alsó félgömb vetületében készültek. A - késő-oligocén-negyvedidőszaki szerkezetek és feszültségterek; B - a kréta szerkezetek ÉNy-DK-i kompresszióban jöttek létre. A bal felső szám a feszültségtengelyek Φ hányadosát jelzi ($\sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_2$). A bal alsó számok a mért törések és rétegdőlések mennyiségét jelzik. A mérési helyek az 1. és 8. ábrán azonosíthatók

Figure 10. Brittle structural data from the south-eastern Vértes

Stereograms use lower hemisphere projections on Schmidt net. A - late Oligocene to Quaternary structures and stress fields; note gradual clockwise change in stress axes; B - Cretaceous structures were formed in NW-SE compressional stress field. The first site shows data from the Lóállási Hill, across a monocline. The other three sites are from the section of the Bucka Hill, (Figure 1 and 8), and represent the folds in the Csákberény Member, normal and overturned beds and striated faults in the Bucka Hill dolomite quarry, exposing the Gémhegy Member of the Sédvölgy Formation. Upper left numbers indicate the ratio Φ between stress axes ($\sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_2$). Lower left numbers show total number of fractures and bedding planes. Measurement sites can be located on Figures 1 and 8

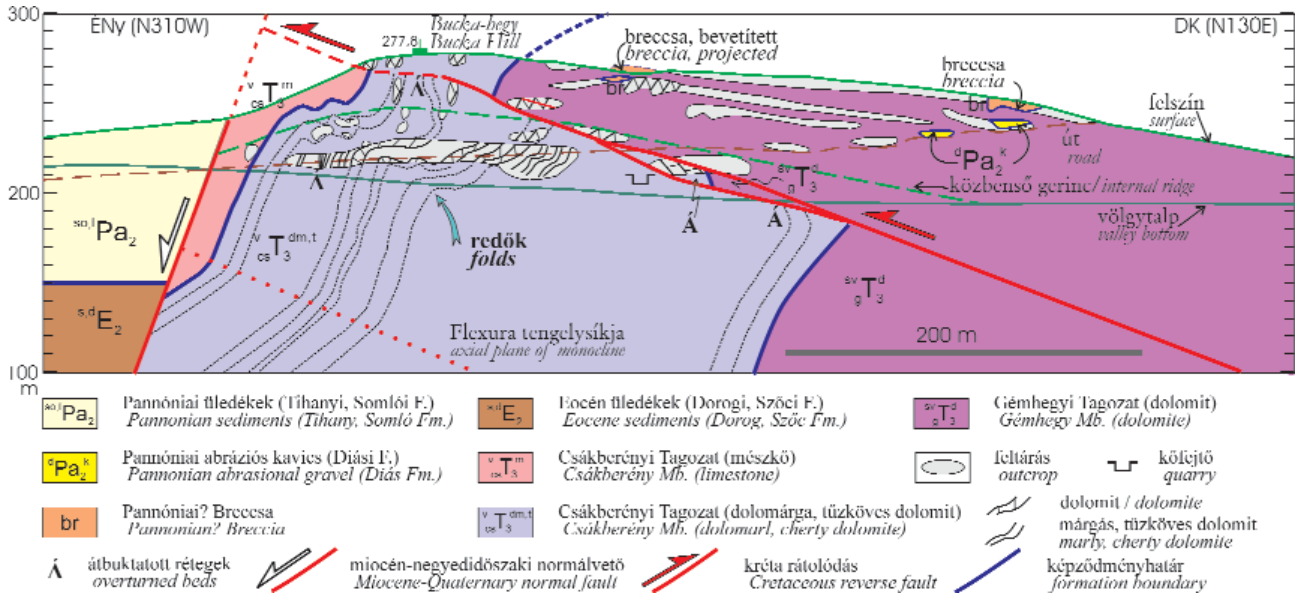
Az ÉNy-i vergenciának megfelelően a redők ÉNy-i szárnya gyakran függőleges vagy kissé átbuktató (8. ábra). Ezt a szárnyat lehet követni az útbevágástól majdnem egészen a Bucka csúcsáig, a teljes Csákberényi Tagozatot magában foglaló nagyobb méretű redő részeként. Hasonló, részben átbuktató állású rétegek jelennek meg a csákberényi műút mentén, a Lóállási-hegyek ÉNy-i orránál.

A redők aszimmetriáját, az átbuktatót valószínűleg egy ÉNy-i vergenciájú, közepesen dőlő rátolódás okozhatja. A vetősík közvetlenül nem látható, de a képződmények elterjedése alapján jól követhető a Bucka-hegy DK-i oldalán, ahol az útbevágás meredek állású lemez-kövás dolomit rétegei masszív dolomitnak futnak neki. A rátolódást breccsa is jelzi. A rátolódás síkja valószínűleg a

Bucka-hegy csúcsa alatt, attól ÉNy-ra éri el a vonulat nyugati peremvetőjét. Így a Bucka-hegy csúcsától D-re már rétegtani, bár meredek állású a Csákberényi és Gémhegyi Tagozat települési határa. A rátolódás minimális nagysága 300 m-re becsülhető.

A rátolódás menti breccsa a völgy kőfejtőjének É-i falán fel van tárva. Itt a rátolódás alatt DK-i dőlésű, lilás, márgás dolomitrétegek jelennek meg (Gémhegyi Tagozat), amit átbuktató helyzetként értelmezzük (10. ábra B és 11. ábra).

Redők a rátolódott masszív dolomitban már nem észlelhetők, ami a ridegebb reológiai tulajdonságnak tudható be. Ugyanakkor, néhány eltolódásos vetőkarc jelenik meg, amelyek alapján ÉNy-DK-i kompressziós feszültségtér becsülhető (10. ábra B). Megemlíthető, hogy a közeli Ló-



II. ábra. Szelvény a Bucka-hegyen keresztül, több egymással párhuzamos gerinc adatainak vetítésével

Jellemző az inkompetens, márgásabb Csákberényi Tagozat erős gyűrődése és ÉNy-i vergenciájú rátolódása. A rétegek a rátolódás mentén ábtuktatottak, amit a kőfejtőben észlelni. A szelvény összevethető, de nem teljesen azonos a 8. ábrával

Figure II. Cross section in the Bucka Hill projecting observations from several ridges

Note strong folding in the incompetent, marly Csákberény Member and NW-vergent reverse fault, which places Sédvölgy Fm. Gémhegy Mb. over Csákberény Mb. Folds are part of a monocline, which is connected to the reverse fault. Beds are overturned near the reverse fault plane in the quarry. The cross section is comparable but not identical with the picture of Figure 8

állási-hegyen kissé változó dőlésszögű, de általában meredek dolomitrétegek bukkannak ki. Az átlagosnak mondható 30° körüli dőlésszög csak DK felé, a fekü Hajdúvágási Tagozat közelében áll helyre. Így a Gémhegyi Tagozat merev dolomitösszletében egy nagyméretű monoklinális flexura értelmezhető. Ezt vágja át a bucka-hegyi rátolódás, amelyhez az inkompetens rétegekből álló Csákberényi Tagozatban redők is társulnak. Érdeemes megjegyezni, hogy hasonló flexura Kápolna-pusztától északra is kitérkezhető volt a triász dőlésadatok alapján (FODOR et al. 2004); a vergencia ott is ÉNy-i, de rátolódás nem volt megállapítható. A meredek állású triász rétegsort közel vízszintesen települő eocén üledékek fedik, a deformáció tehát középső-eocén előtti, valószínűleg kréta.

A bucka-hegyi redők és a rátolódás csapása párhuzamos a Dunántúli-középhegység szinklinálisának hosszanti szerkezetével (TARI 1994). A szinklinális DK-i szárnyán húzódó vonulatban azonban DK-i vergenciájú szerkezetek fellépése lenne inkább várható, mint amilyen pl. a közeli iszkahegyi blokkban ismert Bakonykúti-rátolódás (RAINCSÁK 1980). A Bucka-hegy szerkezeti elemei elvileg lehetnének a Bakonykúti-rátolódás ÉK-i folytatódásaként értelmezett délkeleti irányú rátolódás párjai. Ennek azonban némileg ellentmond a következő okfejtés. A bucka-hegyi rátolódás már a 30° körüli dőlésre kibillentett rétegeket érinthette, mivel ha visszabilenténék a rétegek és az azokat metsző rátolódást, az utóbbi igen meredek, kb. 60–70° (80°) dőlésűvé válna. Ez a szög je-

lentősen eltér a kőzetmechanikai alapon várható 30° körüli dőlésszögtől, ami egy frissen keletkezett rátolódást jellemezne (ANDERSON 1951). Viszont a mai állapotbeli dőlés megfelel e kritériumnak, így valószínűbb a rátolódásnak a 30°-os általános billentés utáni kialakulása. A 30°-nál meredekebb dőlés, illetve a teljes ábtuktatás azonban a rátolódáshoz kapcsolható. Ezek alapján a bucka-hegyi rátolódás és redők a Dunántúli-középhegység szinklinális szerkezetének kialakulását követően jöhettek létre, a szerkezetalakulás pontos kora azonban nem adható meg.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak Thamóné Bozsó Editnek a mikromineralógiai, valamint Földvári Máriának és Kovács Pálffy Péternek az agyagásványtani vizsgálatok elvégzéséért, az eredmények értelmezéséért. Ozsvárt Péternek a radiolariák feltárásáért és meghatározásáért, Végh Sándornának pedig a Megalodusok meghatározásáért tartozunk hálával. Az ábrák digitális szerkesztéséhez Albert Gáspár és Paulheim Gáspár nyújtott segítséget. Haas János lektori véleménye hasznos tanácsokkal szolgált a vértési triász rétegsor korrelációjával kapcsolatban.

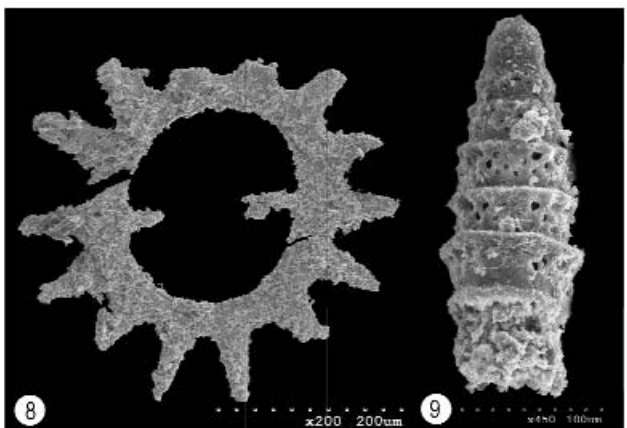
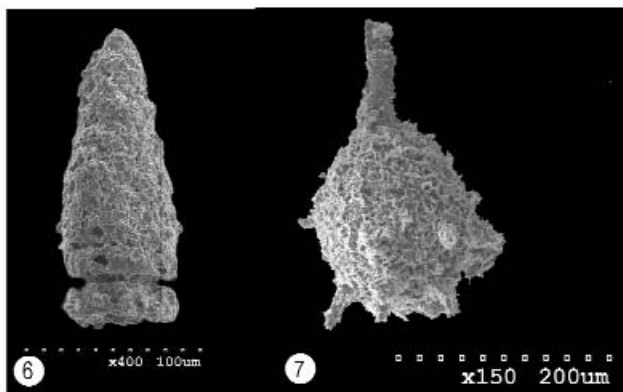
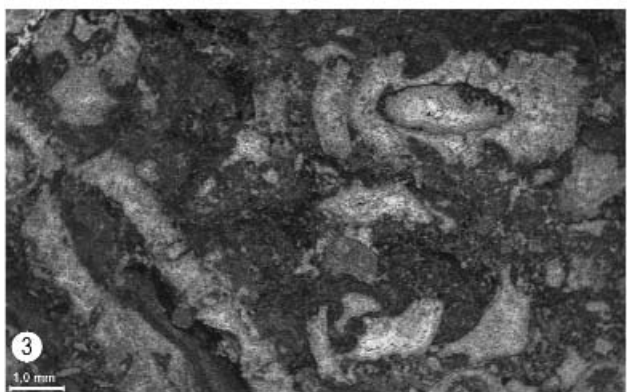
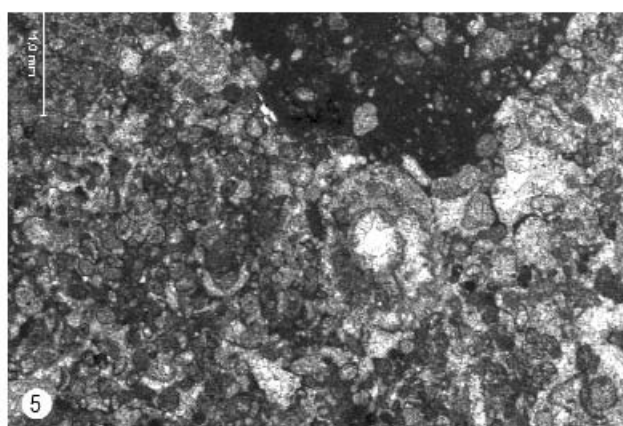
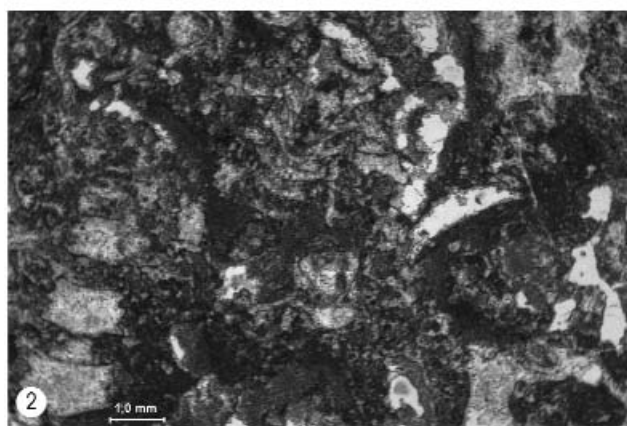
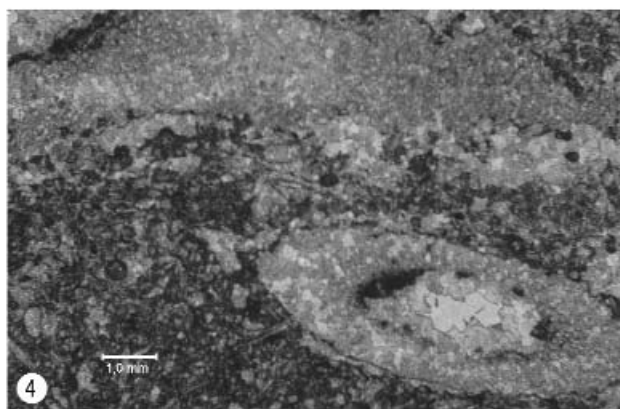
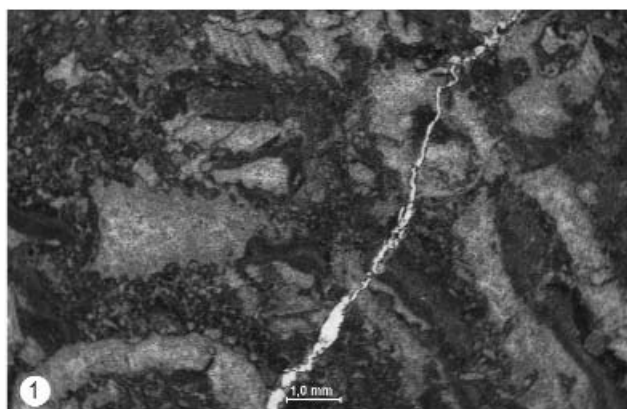
A jelen cikk a T43341 (Budai T.) és a T42799 (Fodor L.) számú OTKA kutatási projekt támogatásával készült.

Irodalom — References

- ALMÁSI I. 1993: A Gánt környéki bauxitterület szerkezetföldtani vizsgálata. Szakdolgozat. — *Kézirat*, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék.
- ANDERSON, E. M. 1951: *The dynamics of faulting*. — 2nd ed., Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 p.
- BALOGH, K. 1981: Correlation of the Hungarian Triassic. — *Acta Geologica Hungarica* 24 (1), pp. 3–48.
- BUDAI T., CSILLAG G. 2000: Záróbeszámoló „A Bakony és a Vértes-Gerecse ladin-karni rétegsorának összefoglaló vizsgálata és értékelése” c. OTKA kutatás eredményeiről (T.014902). — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- BUDAI T., CSILLAG G. 2004: Csákberényi Formáció. — In: GYALOG L., BUDAI T. (szerk.) 2004: Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztatigráfiai tagolására. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 204–205.
- BUDAI T., DOSZTÁLY L. 1990: A Balaton-felvidéki ladin képződmények rétegtani problémái. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1988*, I. rész, pp. 61–79.
- BUDAI T., HAAS, J. 1997: Triassic sequence stratigraphy of the Balaton Highland (Hungary). — *Acta Geologica Hungarica* 40 (3), pp. 307–335.
- BUDAI T., CSILLAG G., VÖRÖS A., DOSZTÁLY L. 2001a: Középső- és késő-triász platform- és medencefaciések a Veszprémi-fennsíkon. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 37–70.
- BUDAI T., CSILLAG G., VÖRÖS A., LELKES GY. 2001b: Középső- és késő-triász platform- és medencefaciések a Keleti-Bakonyban. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 71–95.
- BUDAI T., NÉMETH K., PIROS O. 2005: Középső-triász platformkarbonátok és vulkanitok vizsgálata a Latemar környékén (Dolomitok, Olaszország). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004* (jelen kötet).
- CSILLAG, G., FODOR, L., MÜLLER, P., BENKŐ, K. 2004: Denudation surfaces, development of Pannonian formations and facies distribution indicate late Miocene to Quaternary deformation of the Transdanubian Range. — *Geolines* 17, pp. 26–27.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I., BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F., SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. Geological Society, London, *Special Publications* 156, pp. 295–334.
- FODOR L., CSILLAG G., PEREGI Zs. 2004: A kápolnapusztai késő-neogén-negyedidőszaki(?) pull-apart „medence” rekonstrukciója komplex eredetű lepusztulási felszín alapján (Reconstruction of the late Neogene-Quaternary(?) Kápolnapusztai pull-apart basin using denudation surfaces of complex origin). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 283–294.
- FODOR, L., CSILLAG, G., NÉMETH, K., BUDAI, T., MARTIN, U., CSERNY, T., BREZSNYÁNSZKY, K., DEWEY, J.F. 2005: Tectonic development, morphotectonics and volcanism of the Transdanubian Range and Balaton Highland: a field guide. — In: FODOR, L., BREZSNYÁNSZKY, K. (eds.): *Proceedings of the workshop on “Application of GPS in plate tectonics, in research on fossil energy resources and in earthquake hazard assessment”*. *A Magyar Állami Földtani Intézet 204. Alkalmi Kiadványa*, pp. 59–86.
- GÓCZÁN, F., ORAVECZ-SCHEFFER, A. 1996: Tuvallian sequences of the Balaton Highland and the Zsámbék Basin (Part I, II). — *Acta Geologica Hungarica* 39 (1), pp. 1–101.
- GYALOG, L., DETRE, Cs., CSILLAG, G. 1993: Upper Triassic brachiopodal dolomite in the Gánt region. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1993*, pp. 175–191.
- GYALOG L., TULLNER T., TURCZI G., BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., JOCHÁNÉ EDELÉNYI E., KNAUER J., MÜLLER P., NÁDOR A., SELMECZI I., SZEILER R., TAMÁS G., TÓTHNÉ MAKK Á. 2000: Jelentés „A szénhidrogénkutatás térinformatikai alapú földtudományi adatbázisrendszerének építése” című szerződés teljesítéséről a Dunántúli-középhegység területén. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- HAAS J. 1993: Budaörsi Dolomit Formáció. — In: HAAS J. (szerk.) 1993: *Magyarország litosztatigráfiai alapegységei. Triász*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 49–51.
- HAAS, J. 1994: Carnian basin evolution in the Transdanubian Central Range, Hungary. — *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1, 1992 H. (11/12), pp. 1233–1252.
- HAAS, J., BUDAI, T. 1999: Triassic sequence stratigraphy of the Transdanubian Range, Hungary. — *Geologica Carpathica* 50 (6), pp. 459–475.
- HAAS J., BUDAI T. 2004: Dunántúli-középhegységi egység. — In: HAAS J. (szerk.) 2004: *Magyarország geológiája. Triász*. ELTE Eötvös Kiadó, pp. 25–124.
- HAAS J., ORAVECZ J., GÓCZÁN F. 1981: Jelentés a Zsámbék, Zs-14. sz. alapszelvény fúrás vizsgálatáról. — *Kézirat*. Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- HOFMANN K. 1871: A buda-kovácsi hegység földtani viszonyai. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* 1, pp. 199–274.
- KAISER M., RAINCSÁK GY. 1984: *Magyarászó a Bakony hegység 20 000-es földtani térképsorozatához. Csőr*. — Magyar Állami Földtani Intézet, 69 p., Budapest.
- KRISTAN-TOLLMANN, E., HAAS, J., KOVÁCS, S. 1991: Karnische Ostracoden und Conodonten der Bohrung Zsámbék-14 im Transdanubischen Mittelgebirge (Ungarn). — *Jubileumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn*, pp. 193–219, Wien.
- KUTASSY E. 1925: A budavidéki triász sztratigráfiája. — *Földtani Közöny* 55, pp. 231–236.
- KUTASSY E. 1933: Adatok a Vértes- és Bakonyhegységi földolomit faunájának ismeretéhez. — *Földtani Közöny* 63, pp. 12–19.
- 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, pp. 201–224.
- MINDSZENTY A., FODOR L. 2002: A Gánti Bauxit felhalmozódásának tektonosedimentológiai értelmezése. — In: „Hegységek és előtöreik földtani kutatása”, *Magyarhoni Földtani Társulat Vándorgyűlése, Bodajk, Előadaskivonatok*, p. 23.
- ORAVECZ J., VÉGHNÉ NEUBRADT E. 1961: A Vértes- és Bakony-hegységi triász rétegtani és szerkezeti kapcsolata. — *Földtani Közöny* 91 (2), pp. 162–171.
- ORAVECZNÉ SCHEFFER A. 2004: Jelentés a Vértes triász szelvényeiben 2004. során végzett foraminifera-vizsgálatokról. — *Kézirat*. Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- PIROS, O. 2002: Anisian to Carnian carbonate platform facies and dasycladacean biostratigraphy of the Aggtelek Mts, Northeastern Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 45 (2), pp. 119–151.

- PIROS, O., PRETO, N. 2003: A tentative correlation of Dasycladacean biozones with Ammonoid standard zones in the Anisian-Ladinian Latemar succession, Italy. — *Triassic Geochronology and Cyclostratigraphy field symposium St. Christina/Val Gardena, Dolomites, Italy, September 2003, Abstracts*, p. 47.
- PIROS, O., PAVLIK, W., BRYDA, G., KRYSZYN, L., MOSER, M., KREUSS, O. 2002: The Anisian-Carnian dasycladacean biostratigraphy and an attempt for platform and basin correlation. — In: PIROS O. (ed): *I.U.G.S. Subcommission on Triassic Stratigraphy. STS/IGCP 467 Field Meeting, Veszprém, Hungary, 5-8. September*, pp. 56-58.
- RAINCSÁK GY. 1980: A Várpalota-Iszkaszentgyörgy közötti triász vonulat szerkezete és földtani felépítése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1978*, pp. 187-196.
- SCHRÉTER Z. 1909: A budai hegyek legrégebb képződménye. — *Földtani Közöny* 39, pp. 401-402.
- SZÓTS E. 1953: Magyarország eocén puhatestűi I. Gántkörnyéki eocén puhatestűek. — *Geologica Hungarica series Palaeontologica* 22, 241 p.
- TARI, G. 1994: Alpine Tectonics of the Pannonian basin. — *Kézirat*, PhD Thesis, Rice University, Texas (USA), 501 p.
- TAEGER H. 1909: A Vérteshegység földtani viszonyai. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* 12 (1), pp. 1-256.
- TAEGER H. 1913: A tulajdonképpeni Bakony délkeleti részének szerkezeti alapvonásai. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1912*, pp. 156-170.
- TELEGDI RÓTH K. 1925: A Tokod-dorogi és a tatabányai barnaszén-medencék között elterülő vidék és a móri árok környéke. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1920-23*, pp. 69-81.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E. 2005: A Gánt-bányatelepen működő murvabányából gyűjtött késő-triász minták mikromineralógia vizsgálati eredményei. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- VÉGHNE NEUBRANDT E., ORAVECZ J. 1961: A Gerecse- és Vérteshegységi felsőtriász dolomit- és mészkőösszet. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 49 (2), pp. 291-294.
- VÍGH GY. 1933: Adatok a Dunántúli Középhegység felsőtriász kori képződményeinek ismeretéhez. — *Bányászati és Kohászati Lapok* 66 (13-14), pp. 289-295.

I. Tábla — Plate I



1-5. Zöldalga-metszetek a csákvári Lóállás-tetőről (1-3) és a Budaörsi Dolomit felső szakaszán Gánt-bányatelep, murvabánya (4-5) (meghatározás és fotó: Piros O.). 6-9. Radioláriák a „Hajdúvágási Tagozat” agyagközs dolomit rétegsorának medencefáciesű rétegeiből (meghatározás és fotó: Ozsvárt P.). Gánt-bányatelep, murvabánya (a minta helyét a 5. ábra tünteti fel)

1-5. Green algae sections from Lóállás Hill, Csákvár (1-3) and from the upper part of the Budaörs Dolomite (4-5) determination and photo by O. Piros). 6-9. Radiolarians from the basin facies dolomite of the „Hajdúvágás Member” (determination and photo by P. Ozsvárt). Gánt-bányatelep quarry (sampling point is shown on Figure 5)

1 – *Diplopora annulata annulata*, *D. annulatissima*; 2, 3 – *Diplopora annulata annulata*; 4 – *Teutloporella herculea*; 5 – *Poikiloporella duplicata*; 6 – *Nasellaria* sp.; 7 – *Oertlispongia* sp.; 8 – *Palaeosaturnalis* cf. *zapfei*; 9 – *Triassocampe* sp.

Kavics- és breccsabetelepülések a Vasasi Márga Formációban Zsibrik és Ófalu között

*Pebble and breccia intercalations in the Lower Jurassic Vasas Marl Formation
between Zsibrik and Ófalu villages, Eastern Mecsek Mountains*

CSÁSZÁR GÉZA

Magyar Állami Földtani Intézet / ELTE Regionális Földtani Tanszék, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: Vasasi Márga F., gresteni-allgäui fácies, kavics- és breccsarétegek, telepes korall, gravitációs átülepítés, oldaleltolódás, alsó-jura, Keleti-Mecsek

Összefoglalás

A Mecsek több alsó- és középső-jura képződményéből ismeretes extraformációs – főként triász rendszerből származó karbonát, és idősebb metamorfit anyagú – valamint intraformációs kavics és szögletes kőzettörmelék. A tanulmány erről rövid áttekintésben számol be. A fentiekkel ellentétben a Vasasi Márga Formációból csak a radioaktív hulladék elhelyezését célzó kutatásokhoz kapcsolódó térképezési munka során került elő – mégpedig nagy mennyiségben – ilyen jellegű törmelék. Igazán különlegessé azonban a helyzetet a törmelék között viszonylag gyakran megjelenő telepes korall törmeléke jelentette. NAGY E. (1969) a finom- és aprószemcséjű törmelék északi és északnyugati irányú származásával szemben ezeket déli eredetűnek tekintette.

Az eddigi terepi munka eredményei megerősíteni látszanak ezt a fenti értelmezést, de számos további megállapításra is lehetőséget kínálnak. Közülük a legfontosabbak:

- a karbonátközetek mállottsága arra utal, hogy azok késő-triász végi üledékképződési térszínről, gravitációs újraülepítéssel kerültek jelenlegi helyükre, amelynek során a kavicsok az ütközés eredményeként töredezhettek szét;
- az északi irányú átülepítés mértéke aligha haladhatta meg az 1-2 km-t;
- a kvarc vagy metamorf eredetű törmelék megjelenése arra utal, hogy a metamorf aljzat területi elterjedése a kora-liászban korlátozott volt;
- a telepeskorall-töredék a déli sziklasparkközeli, sziliciklasztban szegényebb környezetből származhat;
- az Ófalui-vonal mentén – valószínűleg a neogén folyamán – a zsibriki területnek jelentősebb mérvű oldaleltolódásával kell számolnunk. Jobbos oldaleltolódást feltételezve a terület legalább mintegy 20 km-nyire délnyugatra lehetett a liász folyamán a karbonátos kifejlődésű triász képződmények közvetlen szomszédságában.

Key words: Vasas Marl Fm, Gresten-Allgäu facies, pebble and breccia beds, colonial coral, gravitational resedimentation, strike slip fault, Lower Jurassic, Eastern Mecsek Mts

Abstract

Extra-formational, mainly Triassic and some Palaeozoic metamorphic pebbles and angular rock fragments are known to occur together with intra-formational rocks within the Lower and Middle Jurassic formations of the Mecsek Mts. In this study some details are given about these formations. There was no information about reworked rock fragments from the Vasas Marl Formation so far. This kind of extra-formational clastics were discovered sometimes in rock-forming quantity during mapping activity aiming to find optimal conditions for radioactive waste disposal. Nevertheless the occurrence of coral colony fragments are the real exciting feature among pebbles and other clastics. According to E. NAGY (1969) the pebbles and other rock fragments are derived from southern direction as far as the fine and medium-grained siliciclastics from the north or northwest.

The results of the field works seems to support Nagy's model above although some further conclusion also can be drawn. These are as follows:

- the highly weathered carbonate rocks suggest a Late Triassic depositional environment from where pebbles (and angular clastics) were transported via gravitational reworking (debris flow) to the recent place. The pebbles might have been knocking and breaking into angular fragment while reworking;
- the transport distance to the north hardly could exceed 1-2 km;
- the occurrence of quartz and metamorphic pebbles in the sediments indicate a limited occurrence of metamorphic rocks on the surface;
- fragments of coral colonies might have derived from a southerly coastal area covered by Triassic carbonates, where the shallow sea was therefore poor in siliciclastics;
- significant strike slip movement of the Zsibrik block should be calculated along the Ófalu Line, probably in the Neogene. In case a dextral strike slip fault the Zsibrik Block must have been situated in the neighbourhood of a Triassic carbonate field – appr. 20 km south-westward – during the Liassic age.

Előzmények

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésére alkalmas tárolóhely felderítését célzó előzetes kutatások során a legalkalmasabb térségnek a Mórágyi Gránit felszíni előfordulási területe bizonyult (BALLA 1997, 2000, 2004). A részletes kutatásnak alávetett terület északnyugati peremén a gránittesthez metamorf palaburoknak tekintett képződmény csatlakozik, amelyet újabban metamorfizált tektonikus megabreccsának (melanzsnak) tekintenek (BALLA 2003), ami többé-kevésbé azonosítható a Mecsekalja-övvel (Ófalui Fillit Formáció). A fentiekből következően ennek az egységnek mindkét határa tektonikus. Az Ófalui Fillithez észak felé a gresteni és az allgäui fácies közötti átmenetet képviselő alsó-jura Vasasi Marga Formációba sorolt képződmény csatlakozik. A fenti kutatás keretében ennek a képződménynek a földtani térképezésére kaptam megbízást. Már az előzetes terepbejárás során kiderült, hogy a képződmény a helyenként jelentősen feldúsuló kagylóteknők mellett, egyes szintekben, nagy mennyiségben tartalmaz különböző mértékben koptatott, főként mészkő, esetleg dolomit, kisebb mértékben metamorfit és kvarcit anyagú törmelék-szemcséket is.

Bár a különböző jura képződményekből már a korábbiakban is írtak le kavics- és breccsa-közbetelepüléseket (NAGY E. 1969; NÉMEDI VARGA, BÓNA 1972), konkrétan a Vasasi Formációból azonban a Mecsek hegységi térképezés kapcsán a jura rendszerről született korai összefoglaló áttekintések (HETÉNYI 1964, 1966) sem említettek ilyen jellegű törmelék. Az igazi meglepetést azonban a telepalkotó szervezeteknek a kavics- és szögletes kőzet-törmelék közötti — viszonylag gyakori — előfordulása okozta, minthogy hasonló előfordulásról eddig nem volt tudomásunk. A telepalkotó szervezetek között Görög Á. (szóbeli közlés) már szabad szemmel is korallokat ismert fel. [A szakirodalomban eddig csupán VADÁSZ E. (1935, XXV. tábla.) tett említést telepes korallról, mégpedig meglepő módon Hosszúhetény környékéről. Ez a körülmény arra utal, hogy a terület már a kora-jura idején is egy kiemeltebb vonulat része lehetett]. A fentiekre is tekintettel a kutatást a képződmény sajátos őslénytani és szedimentológiai jellegeinek feltárására is ki kívántuk terjeszteni. Ennek érdekében a kutatásba — sajnos, csak nagyon rövid időre — négy geológushallgató is bekapcsolódott. A későbbiekben az Eötvös Loránd Tudományegyetem Őslénytani Tanszékének szakemberei vállalták a közreműködést a jelenséggel kapcsolatos kérdések megoldásához. A Magyar Állami Földtani Intézetben a radioaktív hulladék elhelyezésével foglalkozó projekt irányítását végző Balla Zoltán felkérésére az eddigi (terepi) eredmények rövid áttekintését kívánom adni.

Áttekintés az extraformációs kavicsot és breccsát tartalmazó jura képződményekről

A kavics- és breccsaszintekről az első érdemi információ NAGY E.-től (1969) származik, aki a Mecsek hegység alsó-liász kőszénösszletéről (ma Mecseki Kőszén Formáció) monografikus jellegű feldolgozás részeként adott számot. Ebben a munkájában jelzi, hogy a legidősebb kavics- és breccsarétegek a Pécs–26 fúrásban már a felső-triász — általa a rhaeti emeletbe sorolt, ma **Karolinavölgyi Formációnak** nevezett — legelső (4.) rétegcsoportjában megjelennek. A törmelék-szemcsék uralkodóan mészkő, alárendelten dolomit anyagúak, mennyiségük a rétegcsoportnak 34,4%-át adja.

Kavics méretű törmelék NAGY E. (1969) ugyanennek a fúrásnak (Pécs–26) a hettangi emeletbe tartozó, általa 3. rétegcsoportnak nevezett szakaszából is említett, mennyisége már csupán 0,7%-nak bizonyult. Konkrét adatok említése nélkül kavics-előfordulásokról számolt be a **Mecseki Kőszén Formációba** tartozó további, így a Pécs–23, –25, továbbá az Ófalu–3, a Zsibrik–1, a Hosszúhetény–33/a és a MÉV (Kővágószőlős–) 1428 fúrásból is. A hosszúhetényi fúrásban 721,5–1200,0 m között 7 gravelitszintet különített el. Megfigyelése szerint a kavicsszintek a Mecseki Kőszén Formáció jelenlegi elterjedési területének déli pereme mentén fordulnak elő Mecseknádasdtól DK-re és Pécsbányateleptől DK-re. Feltételeken ide sorolta továbbá a Bodától DK-re eső előfordulást is, amiből arra következtetett, hogy a kavicsok származási helye az üledékgyűjtőtől délre keresendő. A kavicsszintek mátrixa túlnyomó részben kvarchomok, amelyet viszont északról, illetve nyugatról származtat.

NAGY E. (1969) a Pécs–26 fúrás triász és hettangi rétegeiben előforduló, kizárólag karbonát anyagú kavicsokban az alábbi szövettípusokat különböztette meg: 1. mikrites szövetű mészkő (dolomit), finom eloszlású agyaggal; 2. mint az előbbi, de finom (10–50 μ -os) szemcseméretű kvarc-szemcsékkel; 3. agyagos, mikrites, mikrofaunás mészkő, 4. homokos mészkő.

A fentiekben túlmenően NÉMEDI VARGA (1998) aprókavicsos homokkő-betelepülésekről számolt még be az alábbi fúrásokból: Pécs P–7, –28 és Tettye–1. Ezeket, valamint a Hosszúhetény–33/a kivételével a NAGY E. (1969) által említettek is a Karolinavölgyi Formációba sorolta. A Tettye–1 fúrás mészkő és dolomit anyagú konglomerátumos rétegeiből tufitkavicsokat is említ, a Zsibrik–1 fúrásban a kőszénrétegek alatti 2,1 m vastag mészkőbreccsa sötétszürke színű. Ezen túlmenően VITÁLIS (1944) a fúrási dokumentációban még egy 0,9 m vastag kovásodott, kövületes, kavicsos mészkőbetelepülésről is említést tett.

A Mecseki Kőszén Formációnak az alsó és a középső tagozatában szinte kizárólag Phyllopora-félék fordulnak elő (NÉMEDI VARGA 1998), míg a felső tagozat egyes szintjei nagyon gazdagok ősmaradványban (NAGY E., NAGY J. 1969; SZENTE 1992, 1993), amelyekből NÉMEDI VARGA (1998) szerint szinte csak a korallok és a brachiopodák hiányzanak.

Különös módon a **Vasasi Márga Formációból** senki sem számolt be durvatörmelék előfordulásáról, miközben NÉMEDI VARGA (1998) szerint az ezt fedő formációk jelentős részében szögletes vagy jól kerekített kavics méretű törmelék található. NÉMEDI VARGA, BÓNA (1972) a Komló–132 fúrás 141,7–142,0 m-ében a **Hosszúhetényi Mész márga Formáció** felső tagozatából (a pliensbachi emelet 2. rétegcsoportja) 21 cm vastag, részben szögletes, részben kerekített kavicsokból álló réteget írt le. Ennek anyaga középső-liász foltosmárga, alsó-liász meszes aleurolit, homokkő, kagylóteknő, továbbá felső-triász minősített kőszénkavics (a palinológiai adatok szinte minden vizsgált mintában triászt jeleztek). A kavicsok átlagos mérete 0,5–2,0 cm, a legnagyobb 12 cm. Az értelmezés szempontjából nem elhanyagolható, hogy a fúrásban a triász rendszer tetejét 1141 m-ben érték el. A törmelék délről származtatják, amerre egyébként NÉMEDI VARGA (1998) szerint a Mecseki Kőszén (NAGY E. 1969 modelljével szemben) a jelenleginél délebbre is kifejlődött.

A **Mecseknádasdi Homokkő Formáció** első tagozata ciklusos felépítésű, ahol a 0,8–2,0 m között változó vastagságú ciklusok bázisát néhány cm vastag breccsa vagy crinoidea mészke vezet be. A törmelék szemcsék Apátvarasd térségében triász karbonáttól és liász meszes, törmelékes kőzetekből állnak (HETÉNYI 1964, 1966; NÉMEDI VARGA 1998). A pontosabb litológiai összetételről nem áll rendelkezésre adat. A formáció vastagsága a Mecsek területén 0–900 m között változik; a legvastagabb a Mecsek déli peremén (Zengői-vonulat), míg az Északi-pikkely területén ki sem fejlődött. A törmelék forrásaként NÉMEDI VARGA (1998) a déli területeket (Máriakéménd–Bári-vonulat) jelölte meg, ahol ez a képződmény ugyancsak hiányzik, itt az első üledék a középső-jurában rakódott le. A megnövekedett törmelék szállítás okaként a regresszióban is megnyilvánuló szerkezeti mozgásokat jelölték meg (WEIN 1961; NÉMEDI VARGA 1998), aminek csak egy sajátos epizódja lehetett a breccsaképződés. El kell ismerni, hogy a durvább szemcseméretű sziliklasztit ismételt, és pedig nagytömegű megjelenéséhez az euszatikus tengerszintesés valóban nem tűnik elegendő oknak.

Bár medencén belüli okai vannak a durva Crinoidea-törmelékből álló **Kecskeháti Mészke** lokális megjelenésének, de törmelék voltából adódóan a Mecseknádasdi Homokkővel együtt, ezen belül jelenik meg.

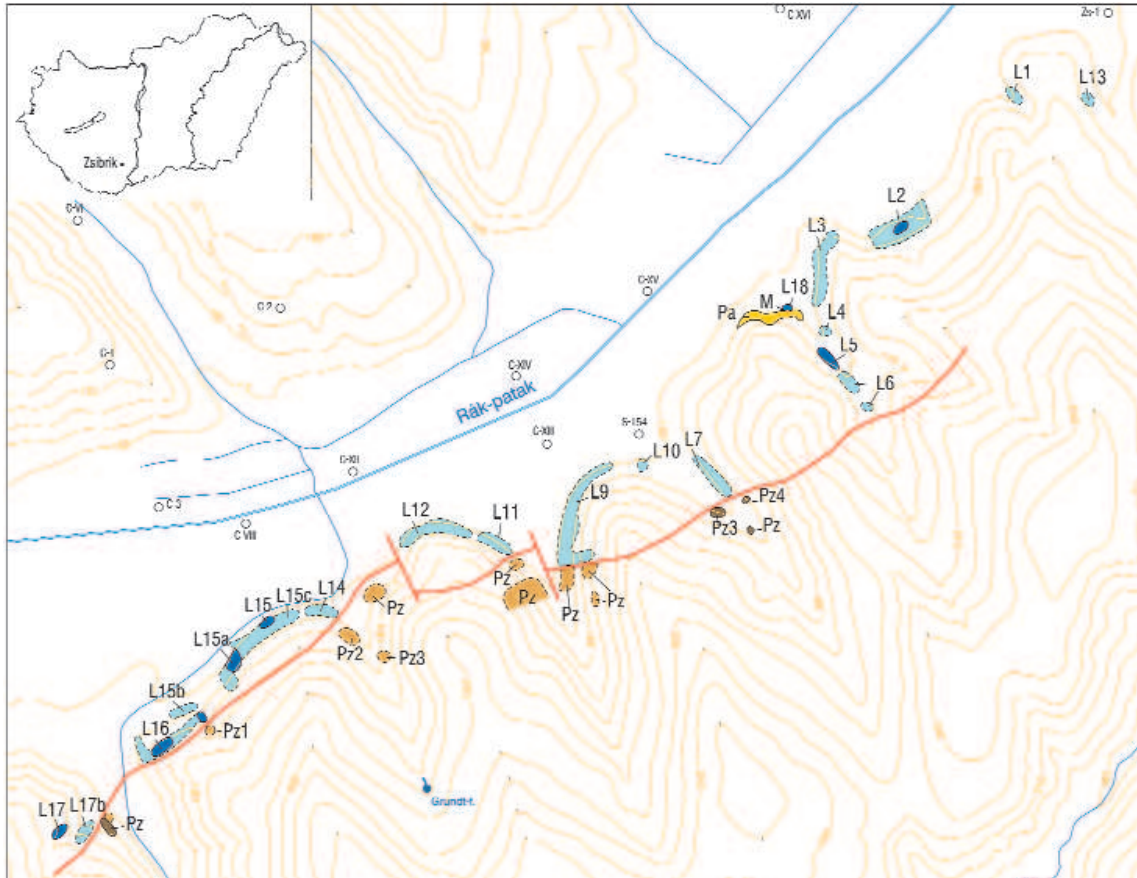
A felső-liászba tartozó, szerves anyagban gazdag, sekélybatiális eredetű **Óbányai Aleurolit** (DULAI et al. 1992) gyors átmenettel fejlődött ki a Mecseknádasdi Homokkőből, ennek megfelelően már alig tartalmaz vékony homokkő-közbetelepülést. A növekvő karbonát-tartalommal összhangban a **Komló Mész márgában** a sziliklasztnak csupán finomszemcsés frakciója — aleurit és agyag — jelenik meg, miközben a Mecseki-zóna déli peremén az aaleni emeletbe tarozó Komló Mész márgán belüli helyzetű **Pusztakisfalui Mészke Formációban** kavics és breccsa foglal helyet. Az alapvetően vörös színű, crinoidea mészkeben a (sekély?)batiális környezetet

jelző brachiopodák és cephalopodák egyaránt előfordulnak (NÉMEDI VARGA 1998). A viszonylag gyakori kvarcit- és egyéb metamorfit-kavics mindazonáltal viszonylag közeli szárazföldi környezetre utal. Sztratotípushelyén kívül NÉMEDI VARGA (1998) a formációba tartozó képződmények előfordulását kizárólag a Mecseki-zóna déli pereméről jelzi: az ófalui Meszes- és Szén-völgyből, továbbá — feltételeken — a Máriakéménd–Bári-vonulatból is.

A Zsibrik melletti Vasasi Márga-előfordulások

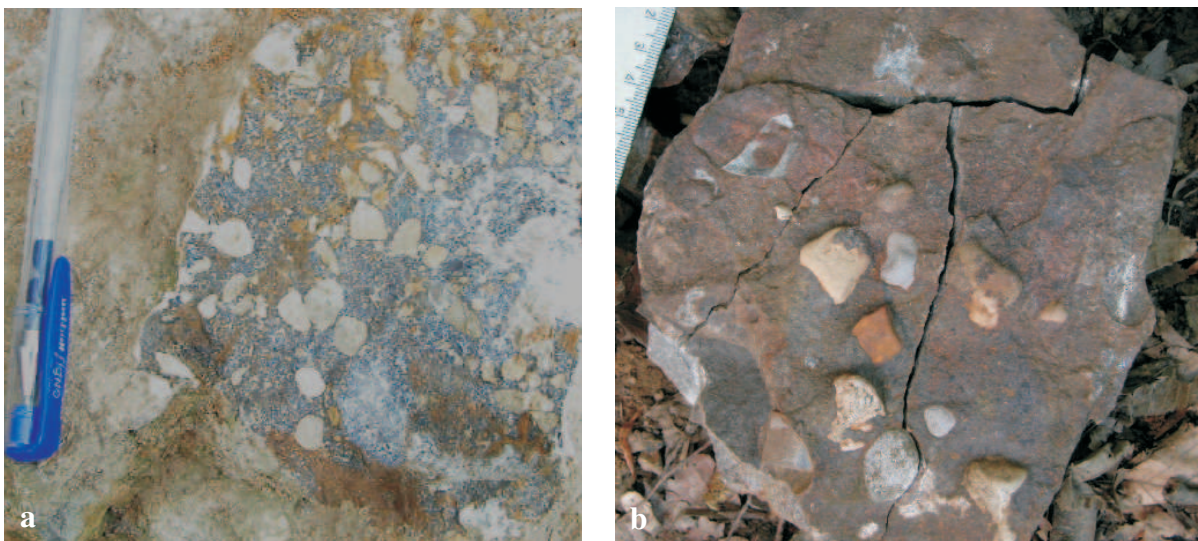
A vizsgált területen a Vasasi Márga főként törmelékként és néhány kisméretű szálibúvás formájában jelenik meg a Rák-patak völgyének DK-i oldalán Zsibrik és az Ófaluhoz tartozó Perczel-kastély közötti keskeny (20–200 m széles) sávban, az erdő pereme mentén (1. ábra). Litosztratigráfiai megnevezésével ellentétben a formáció uralkodó képződménye a homokkő, amely a felszínen rendszerint okker vagy fakó barnássárga színű, az erősen meszes, ugyanakkor nemritkán kovás kötőanyagú változatának friss törési felülete szürke. A kőzet túlnyomórészt pados kifejlődésű, de a padok között esetenként világosbarna vagy sötétszürke színű homokos aleurolitból és aleuritos agyagmárgából, valamint márgából álló közbetelepülések is előfordulnak. A terület nagyobbik DNY-i felén a homokkőben változó gyakorisággal jelenik meg a rendszerint okkersárga színűre mállott, néhány mm-től 4 cm-ig változó méretű mészke, esetleg dolomit anyagú, tökéletesen kerekített kavics, ritkábban szögletes kőzet-törmelék formájában. Egyetlen olyan feltárása is ismert (2. ábra), ahol a homokosaleurolit-közbetelepülésekkel tagolt padokban a szögletes kőzettörmelék nem csupán rendszerint hintett formában, hanem rétegszerű vagy jelentősebb méretű breccsalencsék formájában. A törmelék szemcsék között ezekben a rétegekben is megfigyelhető a képződmény rendszerint jellegadó ősmaradványa, a Gryphaea-teknő, de mindig töredékes formában, az egyéb gyöngyházhéjú kagylótöredékhez hasonlóan. Nem zárható ki Brachiopoda-teknők töredéke sem, de a legfeltűnőbb jelenség a telepalkotó szervezetek (korallak) viszonylag gyakori kis, maximum 5 cm-es törmeléke, valamint a beazonosíthatatlan csonttöredék.

Minthogy a formáció a területen döntő mértékben homokkő anyagú, a benne lévő ősmaradványok rendszerint erősen töredékesek, míg az egyetlen jelentősebb vastagságú szürke aleurolitmárga anyagú előfordulás — a terület legkeletebbi ismert szálibúvása (3. ábra) — gazdag és viszonylag változatos kagylótársaságot, ezen belül nagy mennyiségű Gryphaea-teknőt rejt magába, többnyire jó, de legalábbis elfogadható megtartási állapotban. A formáción belül néhány további, rendszerint kisebb vastagságú, pelites, aleuritos előfordulás a térképezési terület más pontjain is megfigyelhető, rendszerint oxidált állapotban és valamelyest kisebb makrofauna-tartalommal.



1. ábra. Zsibrik és a Perczel-kastély közötti terület jura Vasasi Márga Formációjának (L) észlelési földtani térképe a kapcsolódó neogén (Pa = pannónia és M = miocén) és alsó-paleozoos (Pz) képződmények kibúvásainak, valamint a liász képződményeket harántolt fúrásoknak a feltüntetésével

Figure 1. Surface geological map of the Vasas Marl Fm (L) between the small settlement Zsibrik and castle Perczel. It also contains some outcrops of Lower Palaeozoic (Pz) and the nearby Neogene (Pa = Pannonian, M = Miocene) formations, more over boreholes penetrating Lower Jurassic formations



2. ábra. A Vasasi Márga konglomerátum- és breccsarétegeit tartalmazó L/15 feltárás kőzettípusairól
 a) mátrixvázú kavicsos, meszes breccsapad, b) kovás kötőanyagú homokkő, a rétegfelszínen kavicsal és breccsával, valamint kagylóhéjtörmelékkel
Figure 2. Rock types of conglomerates and breccia layers of the Vasas Marl Formations from the occurrence L/15
 a) matrix-supported, calcareous, pebbly breccia bank, b) silica cemented sandstone with pebbles, breccias and fragmented Bivalve shells on bedding planes



3. ábra. A Gryphaea- és egyéb kagylóteknőben gazdag márgarétegek az egykori márgafejtőben (L/2)

Figure 3. Marl beds with abundant Gryphaea and other Bivalve shells in an abandoned quarry (occurrence L/2)

4. ábra. A Vasasi Márga és az alsó-paleozoos metamorfit tektonikus kapcsolatát szemléltető nem méretarányos rajzok (L/16 feltárás)

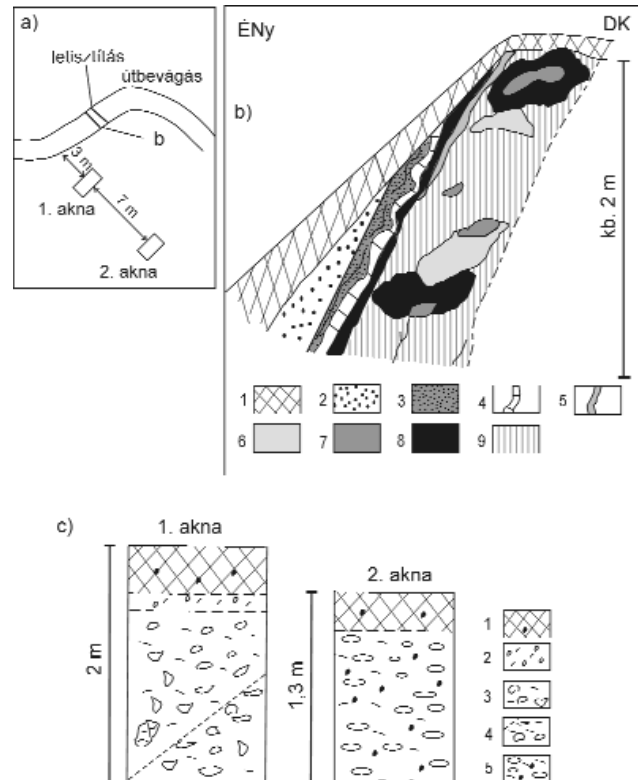
a) Helyszínrajzi vázlat; b) A Vasasi Márgát és az eltolódási zóna északnyugati peremét feltáró földtani metszet, benne az eltolódás során bepréselődött fiatal képződményekkel: 1. talaj, 2. Vasasi Márga Formáció, 3-9. az eltolódási zóna képződményei: 3. lila, laminált aleurolit, 4. világosszürke, fehér, lilás, aleuritos mészkő, 5. szürke agyag, 6. sárga agyag, 7. porló, fehér mészkőgumó, 8. sötétszürke, szívós agyag, 9. szürke, foltos agyag; c) 1. és 2. akna vázlatos földtani szelvénye: 1. barna erdei talaj, kavicsos, 2. átmeneti zóna a talaj és a metamorfitmálladék között, 3. mállott metamorfitmálladék hasonló mátrixban, 4. sötétszürke és okkersárga metamorfitmálladék, 5. metamorfit (üres), kvarcit (fekete) kavics metamorfit málladékban

Figure 4. Sketchy map and lithologic column showing the contact between the Vasas Marl Fm and the Palaeozoic Ófalu Phyllite Fm (occ. L/16)

a) Sketchy location map; b) Sketchy profile indicating the Vasas Marl and younger formations incorporated into the strike-slip fault during the horizontal displacement, NW part of the fault zone: 1 Soil, 2 Vasas Marl Fm, 3-9 Formations of the fault zone: 3 Laminated, lilac siltstone, 4 Variegated (dull grey, white or lilac) silty limestone, 5 Grey clay, 6 Yellow clay, 7 White limestone nodules (sometimes powder-like), 8 Dark-grey, tough clay, 9 Grey, spotted clay; c) Sketchy columnar section of shaft 1 and 2: 1 Brown forest soil with pebbles, 2 Transitional zone between the soil and the weathering products of metamorphites, 3 Weathered fragments of metamorphites in a matrix similar to that of the previous number (2), 4 Weathering products of metamorphites of dark-grey and ochre colour, 5 Pebbles of metamorphic rocks (without internal signal) and quartzites (black) in a matrix of weathering products of metamorphites

A kutatási terület északnyugati részén a Vasasi Márgát (és a Mecseki Kőszén Formációt is) több, főként szénkutató célú fúrás is harántolta, helyenként jelentős mennyiségű Molluscával, amelyek között ammonitesz (Arietites sp.) is előfordul (pl. Zsibrik-1 fúrás). A felszíni feltárások uralkodó kőzettípusa a homokkő, míg a fúrások rétegsora nagyon változó; a Cikó C-XII és C-XIV fúrásban aleurolit és agyagmárga a meghatározó, ugyanakkor a C-XIII és C-XV-ben homokkő, míg a C-XVI fúrás alsó részén agyag és márga, felső részén pedig főleg homokkő települ. A formációt teljes vastagságban harántolt két fúrás rétegsora arra utal, hogy a szemcseméretre vonatkozóan egyértelmű, általánosítható tendencia nem állapítható meg, ami részben a rétegsor litológiai változékonyságára, részben meredek dőlésű szerkezeti elemek menti változatos mértékű horizontális elmozdulásokra vezethető vissza. Ebből adódik az a körülmény is, hogy a formációt teljes vastagságban harántoló két fúrás rétegsora alapvetően eltér egymástól mind a vastagság, mind a kőzetösszetétel tekintetében.

A Vasasi Márga DK-i irányú szomszédságában az Ófalui Fillit Formáció található, de a vele alkotott kontaktusa sehol sincs egyértelműen feltárva. A Perczel-kastély völgyének ÉK-i oldalán a Vasasi Márga szálkibúvása közelében megjelenő metamorfitmállék alapján esélyt láttunk arra, hogy a két képződmény kontaktusát feltárjuk. Az itt folytatott árkolás eredményeként világossá vált, hogy amíg a Vasasi Márga homokkő padjai viszonylag élesen, kb. 70°-os ÉNy-i irányú dőlés mentén határolódnak le (4. ábra), addig a metamorfit mállott anyaga ismeretlen korú és változatos üledékekkel összegyúrtan váltakozik (5. ábra). A Vasasi Márgához közvetlenül egy 20 cm vastag,



ráncolt köteg csatlakozik, amely az alábbi rétegekből áll: lila, laminált aleurolit, világosszürke, fehér, lilás, agyagos mészkő, majd szürke, végül kiékelődő sárga agyagréteg. A metamorfit felőli oldalon ezt szürkefoltos, tarka málladék követi, amiben szürke, fehér, porló mészkőtörmelékéből, másutt sárga agyagból, illetve szívós, sötétszürke agyagból álló testek vannak begyúrt állapotban. A továbbiakban a metamorfit felé haladva a teljesen mállott alapanyagban

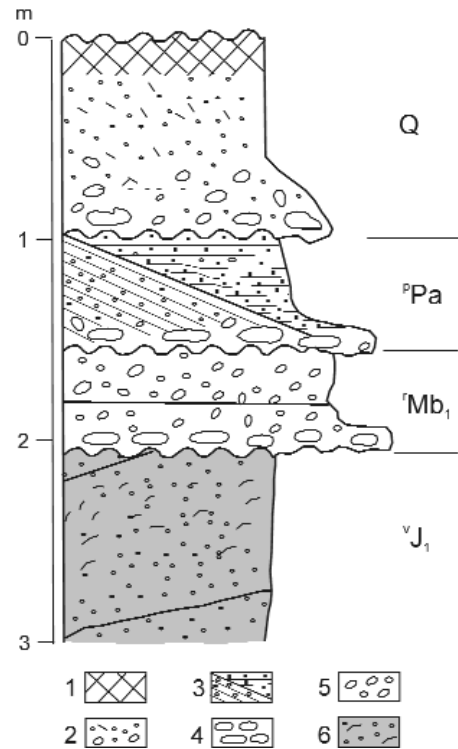


5. ábra. Az eltolódási zónába begyúrt képződmények eloszlása. Helyzetét a 4a ábra szemlélteti

Figure 5. Various formations incorporated into the fault zone. For location see Fig. 4a)

egyre gyakoribbá válik a mállékony metamorfittörmelék, esetenként metamorfitkavics (az 1. aknában, 3 m-nyire a Vasasi Márga határától — 4.c ábra). Az ettől 7 m-nyire található 2. aknában (4.c ábra), sem sikerült az elérni a metamorfit-szálkőzetet, de annak málladékában nagyon gyakori a változatos méretű metamorfitkavics.

A Vasasi Márga fedőjében többnyire kvarter, kisebb részben pannóniai képződmények települnek. Egyetlen kivételes esetben, 0,5 m vastagságban echinodermataválttöredéket tartalmazó, tehát tengeri eredetű, meszes kötőanyagú, homokos, konglomerátum települ a pannóniai homok fekéjében (6. ábra). A legnagyobb valószínűséggel a Rákosi Mészkő Formációba sorolható transzgressziós jellegű képződmény bázisán a feké liász homokkőhöz és mészkőhöz a Vasasi Márgához DK felől csatlakozó meta-



6. ábra. A Vasasi Márgából, az arra transzgressziós településű Pécsszabolcsi Mészkő bázistörmelékéből, valamint az erre ugyancsak bázistörmelékkal induló pliocén („felső-pannóniai”) homokkőből álló rendhagyó rétegsor (L/18)

Figure 6. Exceptional sequence composed of Vasas Marl Fm, basal beds of the Miocene Rákos Limestone Fm and basal beds of the Pliocene („Upper Pannonian”) sandstone. The sequence capped by Quaternary sediments (occ. L/18)

morfitövből származó, közepesen vagy jól kerekített kavicsok társulnak, azokkal kb. egyező gyakorisággal. A metamorfitkavics legnagyobb mérete meghaladja a 10 cm-t. A miocént fedő laza pannóniai homok esetében már csak metamorfitkavicsok fordulnak elő, ahol a legnagyobb mérete 18 cm.

Vita

A Mecseki-zónába tartozó liász és dogger képződményeknek döntő hányada megtalálható a Keleti-Mecsek szinte teljes területén. Közöttük több olyan is előfordul, amelyből kavics- és breccsatartalmú lencsék, ritkábban rétegek is ismertek. Ezek legfőbb sajátossága, hogy ez a breccsa- és kavicsanyag — mai ismereteink szerint — a Mecseki-zóna déli sávjából került elő. Némi kétséget ébreszt ugyan a komló terület egyetlen fúrásából (K-132 — NÉMEDI VARGA, BÓNA 1972) említett kavics-közbetelepülés, de ezek a kavicsok nagy valószínűséggel mind intraformációs eredetűek. Ezen az alapon NAGY E.-nek (1969) a felső-triász és hettangi kavicsokra vonatkozó azon megállapítása, hogy ezek származási helye a hegységtől délre keresendő, joggal tekinthető általánosabb

érvényű megállapításnak is. E megállapításhoz ugyanakkor szervesen hozzátartozik az is, hogy a homok-, az aleurolit- és az agyagfrakció északi, északnyugati irányból szállítódott a medencébe. Ebben a tanulmányban ez utóbbi kérdéssel nem kívánok foglalkozni, minthogy az ehhez szükséges ásvány-kőzettani és geokémiai, valamint törmelék-szedimentológiai vizsgálatokat jelenleg még csak tervezük.

A Zsibrik környéki Vasasi Márga-feltárások durvatörmeléke csaknem kizárólag karbonát anyagú; rendszeres karbonátvizsgálat nélkül egyelőre csak valószínűsíthető, hogy leginkább mészkő eredetű. A törmelék származási helye és szállítási módja szempontjából ugyanakkor nem elhanyagolható tényező, hogy a törmelékben a nagyobbik hányadot a változó mértékű, többnyire jól kerekített kavics képviseli. Mindazonáltal szögletes kőzettörmelék is szép számmal van jelen. Figyelmet érdemlő továbbá az a körülmény is, hogy olyan törmelék-szemcse is akad, amelynek egyik fele jól kerekített, miközben másik felét törési felület képezi. Ez utóbbi körülmény arra utal, hogy ezek már kavicsként szállítottak, de útközben az egyébként okkersárgára színeződött, mállékony kavicsok valószínűleg az egymással történő ütközés hatására darabolódtak fel.

A karbonát anyagú szemcsék mellett esetenként alig koptatott kvarcit- és kivételesen metamorfítkavics is előfordul (5. ábra). Ezekkel kapcsolatban említést érdemel az a körülmény is, hogy a miocén (Rákosi Mészkő) és a pannóniai emeletbe tartozó képződmények bázisán található, ezeknél jóval nagyobb, akár a dm-es méretet is elérő, fentebb említett metamorfítkavicsok jól kerekítettek. A Vasasi Márgában nagyon ritkán előforduló 2-4, maximum 10 mm-es méretű kvarcitkavics rendre közép- és durvaszemcséjű homokkőrétegekben jelenik meg, ezért ezek a kavicsok valószínűleg nem a homokfrakcióval együtt északról szállítottak be. Átmeneti méretüknél fogva mindazonáltal nem zárható ki teljesen ezek északi, északnyugati eredete sem, ezért forrásuk tekintetében határozott állásfoglalás csak célirányos petrográfiai vizsgálatok után tehető.

A faunaelemek szerepe az üledékképződés szempontjából kettős. A változatos méretű, falvastagságú és alakú kagylóteknők egy része ép vagy alig sérült, ezekről többnyire egyértelműen megállapítható, hogy gyakorlatilag fellelési helyükön vagy minimális mértékű mozgítás után temetődtek be. Ebben a környezetben kavics és breccsa nem fordul elő. A fauna más része erőteljesen törmelékes, nemritkán jól koptatott. Ez csaknem kizárólag gyöngyházfényű teknőtöredékből áll. A faunaelemeket rendszerint olyan homokkőrétegek zárják magukba, amelyek kisebb vagy nagyobb gyakoriságban mészkőkavicsot vagy szögletes mészkőtörmeléket is tartalmaznak.

Koralltelep-töredék eleddig egyetlen feltárásból került elő, ahol a rétegek kavicsot vagy szögletes törmeléket konglomerátum-, ill. breccsajellelleggel tartalmaznak. Az eddig feltárt legnagyobb koralltelep-töredék 5 cm-es méretű. A teleptöredék származási helye ismeretlen. Amennyiben sikerül ezt a törmeléket meghatározni, úgy koruk alapján

származási helyük is nagyobb biztonsággal lesz kijelölhető. Ezekben a kérdésekben jelenleg csupán megfontolásokra szorítkozhatunk. Mindazonáltal teljes biztonsággal megállapíthatjuk, hogy a szűkebb környezet szárazföldi eredetű karbon és permii formációi nem tartalmazhattak koralltelepeket, vagyis nem lehettek ezek forrásképződményei. Ezzel szemben a Békés–Codruizóna erdélyi-középhegységi és főként vajdasági triász képződményei kiterjedt zátonytesteket zárnak magukba (Wettersteini Mészkő, Dachsteini Mészkő). Ilyen jellegű képződmények azonban a Villány–Bihari-zónában nem fordulnak elő. A koralltelep-törmelék szerkezete és a koptatással szembeni ellenálló-képessége alapján egyértelműen kijelenthető, hogy 1-2 km-es távolságnál többet legfőljebb csuszamlási testeként szállítódhatott volna, de a paleogeográfiai viszonyok ismeretében a Vajdaság és a Mecseki-zóna között a kora-jura idején az ilyen jellegű szállítást lehetővé tevő morfológiai helyzet nem fordulhatott elő.

Ahhoz, hogy továbblépjünk, át kell gondolnunk a triász és idősebb kavics- és szögletes törmelékanyag származását és szállítási módját. A karbonátanyagra vonatkozóan a fentiekben mondottak alapján joggal tételezhető fel, hogy jelenlegi helyére legfőljebb csupán néhány km-es szállítás után került. Eddig nem fordítottunk figyelmet arra, hogy ez az anyag elsődleges forrásterületéről közvetlenül, vagy netán a késő-triász végi lepusztulás során kialakult — köztes — üledékfelhalmozódási helyéről került-e ide átülepítésre. Ez utóbbi esetre utalhat a karbonátanyag nagymérvű mállékony-sága, és talán ezzel magyarázható a szögletes és a féloldalasan szögletes szemcsék együttes jelenléte is. Ebben az esetben gravitációsan újraülepített konglomerátummal állhatunk szemben, amikor is a szemcsefolyás során a szemcsék között bekövetkezett ütközések eredményeként jöhettek létre a fenti szokatlan alakú szemcsék (MIDDLETON, HAMPTON 1973).

A szárazföld, vagyis a durvább karbonát anyagú törmelék forrása egyértelműen dél felé keresendő. Ahhoz, hogy a lehetséges megoldások között megtaláljuk a legvalószínűbbet, szót kell ejteni a Vasasi Márga itteni előfordulási területét jelentő Zsibriki-tömböt délről határoló szerkezeti vonalról kialakult képről. A munkák többsége ezt a vonalat nem minősíti, mint ahogy Magyarország szerkezetföldtani térképe (DANK, FÜLÖP 1990) sem. WEIN térképe (WEIN et al. 1965) vetőt, NÉMEDI VARGA (1983) balos eltolódást (elvi szerkezeti vázlat, ahol az öv egyetlen vonalként szerepel), CSONTOS et al. (1991) és CSONTOS, BERGERAT (1993) balos eltolódást ábrázol. FODOR et al. (1999) a Mecsekaljai-övet egybevonva a neogén folyamán az övezetnek különböző minősítést ad: a kárpáti–kora-badeniben jelöli, de nem minősíti, a késő-badeni–szarmatában északi irányú, a késő-miocénben déli irányú vetőként, a késő-miocén végén és a kvarterben déli irányú feltolódásként ábrázolja. A területéről készült legújabb térképen (BALLA et al. 2003) a Mecsekaljai-öv egyik tektonikus határának sincs kitüntetett minősítése, miközben MAROS et al. (2003) a Mórággyi Formációról szóló tanulmányukban a pontosabban meg nem határozott „Köztes

tömböt” alkotó töréses övezet mentén több km-es balos elmozdulást tart legvalószínűbbnek. A fentiek többségével szemben BARABÁS, BARABÁSNÉ (1998) a Mórágai tömböt délkeleti oldalról határolja balos eltolódási vonallal.

A törmelékanyag összetétele alapján a törmelék forrását és lehetséges szállítását illetően két feltételezés tűnik realisztikusnak. Amennyiben abból indulunk ki, hogy a Mecsek-aljai-övvel azonosítható alsó-paleozoos metamorfítot és a liász képződményeket elválasztó szerkezeti vonal mentén — melyet a félreértések elkerülése céljából a közeli településről Ófalui-vonalként látok célszerűnek megjelölni — a fentiek alapján balos horizontális elmozdulást kellene feltételezni. Ha ennek a mértéke nem haladta meg a 10 km-t, akkor a Mórágai-rögöt a kora-jura idején triász képződményeknek kellett fedniük, különben mind a kavics, mind a szögletes törmelék anyaga nagymértékben metamorf és granitoid kőzetekből állna. A Mórágai tömböt délkeleti oldalról határoló balos eltolódási vonallal szemben (BARABÁS, BARABÁSNÉ 1998). Ha azonban a fenti vonal mentén jobbos eltolódást tételezünk fel, amelynek mértéke elérte vagy valamelyest meghaladta a 20 km-t, akkor a kainozoos aljzatbeli jelenlegi képződményelrendezés alapján a liász képződmények közvetlen déli szomszédságában a karbonátos kifejlődésű felső-triászt találjuk [FÜLÖP, DANK (szerk.) 1987], míg balos eltolódás esetén a triász szomszédság csak nagymérvű késő-kréta vagy paleogénbeli lepusztulás feltételezését követeli meg. A jelenlegi szerény adatok birtokában sem a balos, sem a jobbos eltolódás nem zárható ki. (Ezzel kapcsolatban fontosnak tartom megemlíteni, hogy a Mórágai- és a Zsibriki-blokk süllyedéstörténetét rekonstruáló tanulmány (CSÁSZÁR 2004) a fentiekből következően két olyan tömböt hasonlít össze, amely fejlődéstörténetének csak késői — jelenleg még nem tisztázott időtartamú — (késő-neogén?) szakaszától van egymás szomszédságában.

Akár jobbos, akár balos eltolódás eredményeként állt elő a jelenlegi helyzet, a valószínűbbnek tűnő második lehetőség esetén tehát a tenger partvonala a sinemuri korszakban a szerkezeti vonaltól délre mindössze 1-2 km-nyire húzódhatott. A nagyon ritka kvarcit- és metamorfít-kavics arra utal, hogy tovább dél felé felszínen lehetett a metamorfít is, de a granitoid kőzeteknek fedett állapotban kellett lenniük. A finom- és aprószemcsés sziliciklaszt forrásterülete tehát nem itt, hanem északon vagy nyugaton keresendő, ezért a déli perem mentén a sekélyebb parti környezetbe nagy valószínűséggel csak korlátozott mértékben juthatott el a Zsibrik környékén megismert sziliciklasztos anyag. Az így kialakult tisztább vizű melegtengeri környezetben akár nagyobb számban is élhettek telepes ko-

rallok. Ezek a sinemuri idején a part mentén képződött, vagy a felső-triász Mészhegyi Formációból átülepített kavicsok társaságában viszonylag könnyen jutottak a liász kori medence gyorsabban süllyedő részének déli peremén húzódnó töréshez, ahonnan viharok idején a törmelékanyaggal együtt zúdulhattak be a medencébe.

Konklúzió

A folyamatban lévő vizsgálatok lezárulta előtt, pusztán a terepi megfigyelések és a tárgykörből rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján az alábbi elsődleges következtetéseket bátorkodom levonni:

— a főként triász mészkő, esetleg dolomit anyagú kavics és szögletes törmelék a területtől délre elhelyezkedő lepusztulási térszínről származik;

— a karbonátkőzetek mállottsága arra utal, hogy azok nem elsődleges, hanem másodlagos (késő-triász végi) üledékképződési térszínről, gravitációs újraülepítéssel kerültek jelenlegi helyükre; ennek során a sérülékennyé vált az ütközés eredményeként szét is töredezhettek;

— a mai orientáció szerinti közel északi irányú átülepítés mértéke aligha haladhatta meg az 1-2 km-t;

— az extraformációs kavicsok között csak kevés kvarc vagy metamorf eredetű törmelék fordul elő, ami a triász platform mögötti (délebbi) térszínen a metamorf aljzat kora-liászbéli, kis területű felszíni előfordulására utal;

— intraformációs eredetű törmelékként csak a kagylóhéj- és valószínűleg a telepeskorall-töredékek vehetők számításba; ez utóbbiak a sziklásparthoz közeli, sziliciklasztban szegényebb környezetből származhatnak;

— a közettörmelék összetétele alapján valószínűsíthető, hogy tárgyalt zsibriki terület az Ófalui-vonal mentén (valószínűleg a neogén folyamán) legalább 20 km-nyire toltódott el északkeleti irányban a liász korban még vele szomszédos triász karbonátos térszíntől;

— számos egyéb kérdés mint pl. a kettős törmelék-szállítási modell megválaszolásához további őslénytani, közzettan-geokémiai és tektonikai elemzésre lesz szükség.

Köszönetnyilvánítás

Az ábrák elkészítésében nyújtott segítségükért Piros Olgát, Simonyi Dezsőt és Tamás Gábort, míg a szöveghez fűzött kritikai megjegyzéseikért Balla Zoltánt, továbbá az ősmaradványok tekintetében nyújtott készséges tájékoztatásért Szente Istvánt illeti hálás köszönetem.

Irodalom — References

- BALLA Z. 1997: Kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezését célzó földtudományi kutatás (Site exploration for low and intermediate level radioactive waste disposal). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1996*, pp. 27–45.
- BALLA Z. 2000: Az üveghutai telephely kutatása és összesítő ismertetése (Exploration and characteristics of the Üveghuta site). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1999*, pp. 59–90.
- BALLA Z. 2003: A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére kutatott Bataapáti (Üveghutai) telephely földtani felépítése. – *A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése. A radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete, Bataapáti, 2003. szeptember 11–13. Előadáskivonatok*, 1. nap, pp. 3–5.
- BALLA Z. 2004: A Bataapáti (Üveghutai)-telephely általános jellemzése (General characteristics of the Bataapáti [Üveghuta] Site [South-western Hungary]). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 73–92.
- BALLA Z., ALBERT G., CHIKÁN G., DUDKO A., FODOR L., FORIÁN-SZABÓ M., FÖLDEVÁRI M., GYALOG L., HAVAS G., HORVÁTH I., JÁMBOR Á., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., KOVÁCS-PÁLFFY P., MAROS GY., MARS I., PALOTÁS K., PEREGI ZS., RÁLISCH L.-NÉ, ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZŐCS T., TÓTH GY., TURCZI G., PRÓNAY ZS., ZILAH I.-SEBES L., GALSA A., SZONGOTH G., MEZŐ GY., MOLNÁR P., SZÉKELY F., HÁMOS G., SZÜCS I., TURGER Z., BALOGH J., JAKAB G., SZALAI Z. 2003: Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló program. A felszíni földtani kutatás zárójelentése, Bataapáti (Üveghuta) 2002–2003. – *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- BARABÁS A., BARABÁS-NÉ STUHL Á. 1998: A Mecsek és környezete perm képződményeinek rétegtana. – In: BÉRCZI I., JÁMBOR, Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. A Mol Rt. és a MÁFI kiadása*, Budapest, pp. 187–215.
- CSÁSZÁR G. 2004: A Mórágymárga és környezete betemetődési viszonyai az alpi földtani ciklus folyamán. (Alpine burial history of the Mórágymárga Block and its environs.) – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2003*, pp. 395–406.
- CSONTOS, L., BERGERAT, F. 1993: Reevaluation of the Neogene brittle tectonics of the Mecsek-Villány area (SW Hungary). – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica* 29, pp. 3–12.
- CSONTOS, L., TARI, G., BERGERAT, F., FODOR, L. 1991: Evolution of the stress fields in the Carpatho-Pannonian area during the Neogene. – *Tectonophysics* 199, pp. 73–91.
- FÜLÖP J., DANK V. (szerk.) 1987: *Magyarország földtani térképe a kainozoikum elhagyásával*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- DANK V., FÜLÖP J. (szerk.) 1990: *Magyarország szerkezetföldtani térképe*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- DULAI, A., SUBA ZS., SZARKA A. 1992: Toarci (alsó-jura) anoxikus feketepala a mecseki Réka-völgyben. – *Földtani Közöny* 122 (1), pp. 67–87.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I., BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian Basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. – In: DURAND, B., JOLIVET L., HORVÁTH, F., SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. – *Geological Society, London, Special Publications* 156, pp. 295–334.
- HETÉNYI R. 1964: A Mecsek-hegység és a Villányi-hegység mezozoikumuma a középső-liásztól – *Magyar és jugoszláv geológus találkozók 1964 szeptember 24–27, Pécs*, pp. 22–38.
- HETÉNYI R. 1966: A mecseki középső-liásztól tagolása. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1964-ről*, pp. 23–29.
- MAROS GY., DUDKO A., FODOR L., FORIÁN-SZABÓ M., KOROKNAI B., PALOTÁS K., SZABADOSNÉ SALLAY E. 2003: A Mórágymárga szerkezetalakulása. – *A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése. A radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete, Bataapáti, 2003. szeptember 11–13. Előadáskivonatok*, 1. nap, pp. 8–9.
- MIDDLETON, G. V., HAMPTON, M. A. 1973: Sediment gravity flows: Mechanics of flow and deposition. – In: *Turbidites and deep water sedimentation*. – *AGI SEPM (American Geological Institute, Society for Sedimentary Geology) Short Course Lecture Notes, Anaheim, California*, pp. 1–38.
- NAGY E. 1969: A Mecsek hegység alsóliásztól kőszénösszlete (földtan) Ősföldrajz. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 51 (2), pp. 289–317.
- NAGY E., NAGY J. 1969: A Mecsek hegység alsóliásztól kőszénösszlete (földtan), Rétegtan. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 51/ (2), pp. 261–288.
- NÉMEDI VARGA Z. 1983: A Mecsek hegység szerkezetalakulása az alpi hegységképződési ciklusban. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1981-ről*, pp. 467–484.
- NÉMEDI VARGA Z. 1998: A Mecsek- és a Villányi egység jura képződményeinek rétegtana. – In: BÉRCZI I., JÁMBOR, Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. A Mol Rt és a MÁFI kiadása*, Budapest, pp. 319–336.
- NÉMEDI VARGA Z., BÓNA J. 1972: Breccsaréteg a mecseki Márga összletben. – *Földtani Közöny* 102 (1), pp. 29–39.
- SZENTE I. 1992: Early Jurassic molluscs from the Mecsek Mountains – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös nominatae, Sectio Geologica* 29, pp. 25–343.
- SZENTE I. 1993: Benthosz társulások változásai egy korai jura delta-sorozatban (a Mecseki Kőszén Formáció Pécsbányánál) – *Őslénytani Viták* 39, pp. 13–23.
- VADÁSZ E. 1935: *A Mecsek-hegység*. – Magyar Tájékozódási Földtani Leírása, Stádium Sajtóvállalat Rt., Budapest, 180 p.
- VITÁLIS S. 1944: A Zsibrik 1. sz. fúrás rétegsorrendje – *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- WEIN GY. 1961: A szerkezetalakulás mozzanatai és jellegei a Keleti-Mecsekben. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 49 (3), pp. 759–768.
- WEIN GY., RÓNAI A., MOLDAVAY L. 1965: *Magyarország földtani térképe 200 000-es sorozat, L-34-XIII. Pécs, Földtani változat*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

Középső-eocén karbonátos üledékképződési környezetek és egymásra épülésük a Tatabányai-medence DK-i peremén

Evolution of Middle Eocene carbonate sedimentation on the southeastern part of the Tatabánya Basin

KERCSMÁR ZSOLT

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

Tárgyszavak: karbonátos üledékképződés, középső-eocén medencefejlődés, Tatabányai-medence, Vértes-hegység

Összefoglalás

Az eocén kori Tatabányai-medence DK-i peremének üledékképződése, a késő-lutetiai–kora-bartoni globális euszatikus vízszintcsökkenéshez és az utána következő bartoni vízszintemelkedéshez köthető. Az alacsonyvízi állapotot követő transzgresszió előtési felszíne, a szerkezetiileg meghatározott medenceperemen részben eróziós felszínen, részben áthalmozott sziliciklasztos üledékek felett alakult ki. Kezdetben nagy energiájú, eleinte jelentős mennyiségű sziliciklasztot tartalmazó karbonátrámpa jött létre, ami a vízmélység folyamatos növekedésével és a medenceperem normálvétődések menti differenciált süllyedésével peremes selfé alakult át. A medenceperemen létrejött korallzátony zátonyelőtéri és zátonyháttéri fáciesekre osztotta a korábbi karbonátrámpát. A vízszintnövekedéssel kezdetben lépést tartó korallzátonyos, medenceperemi üledékképződés a medenceperemet meghatározó szerkezeti vonalak mentén mélyebb vizivé vált. A hirtelen megnövekedett vízszint a korallzátony megfulladását eredményezte. A kedvező vízmélység, táplálék-, aljzat- és áramlási viszonyok először apró (*Nummulites hottingeri*), majd nagy méretű nummuliteszek tömeges megjelenését és megtelepedését okozták, kezdetben az elsüllyedt korallzátony aljzatmorfológiai egyenetlenségén, később a hátráló szerkezeti süllyedés fennmaradt blokkjainak tenger alatti morfológiai magaslatán (*Nummulites millecaput*, *Nummulites perforatus*). A Tatabányai-medence DK-i peremén, a késő-lutetiai–bartoni során kialakult karbonátos fáciesek rétegtanilag a durvább törmelékes üledékeket magába foglaló Tokodi Formáció felett, a középső-eocén végén kifejlődött Szóci Mészke Formáció aljához tartoznak.

Key words: basin evolution, carbonate sedimentation, Hungary, middle Eocene, Vértes Mountains

Abstract

The transgressive sedimentation started in the Late Lutetian – Early Bartonian on the southeastern part of the Tatabánya Basin, which formed the erosion surface on the northern part of the Vértes Mountains caused by the Late Lutetian eustatic sea-level fall. The combination of infilling of topographic lows by the re-deposited siliciclastic sediment, erosion and the transgressive ravinement process reduced local slope gradients on the basin margin.

During the initial phase, sedimentation was siliciclastic-rich on the high-energy carbonate ramp. The inner ramp accumulated calcareous red algae, and composed of peloids and quartz-rich sediments. The lower part of ramp is represented by bioclastic and siliciclastic packstone and wackestone with flat Foraminifera.

The coral-reef facies represents the rising sea level caused by combination of transgression and synsedimentary tectonics. The coral reef growing up on the palaeohigh of the basin margin. Fore-reef was a high-energy environment with re-deposited bioclasts and corals. Back-reef was a smaller energy background environment with *Alveolina* and echinoids. The back-reef is represented by packstone and wackestone with re-deposited coral fragments, bioeroded molluscs and bioclasts.

The drowning of the coral reef caused by the rapid relative sea-level rise on the tectonic controlled basin margin. The active synsedimentary normal faults were connected to the flexural extension of the Hungarian Palaeogene Basin.

The nummulitic limestones and marly limestones represent highstand sedimentation on a top of the drowned coral reef. The subsequent palaeohigh, algae-rich environments and the hard bottom surface were good conditions of the nummulites. This facies represents the development of nummulite shoals or banks on a basin margin. Currents caused by storm wave or seismic wave concentrated the bioclasts and washed out the lime mud from nummulitic sediments.

These sediments are the transition position facies between the Tokod Formation and the upper part of the Szóc Formation (main nummulite limestone) on the northern margin of the Vértes Mountains.

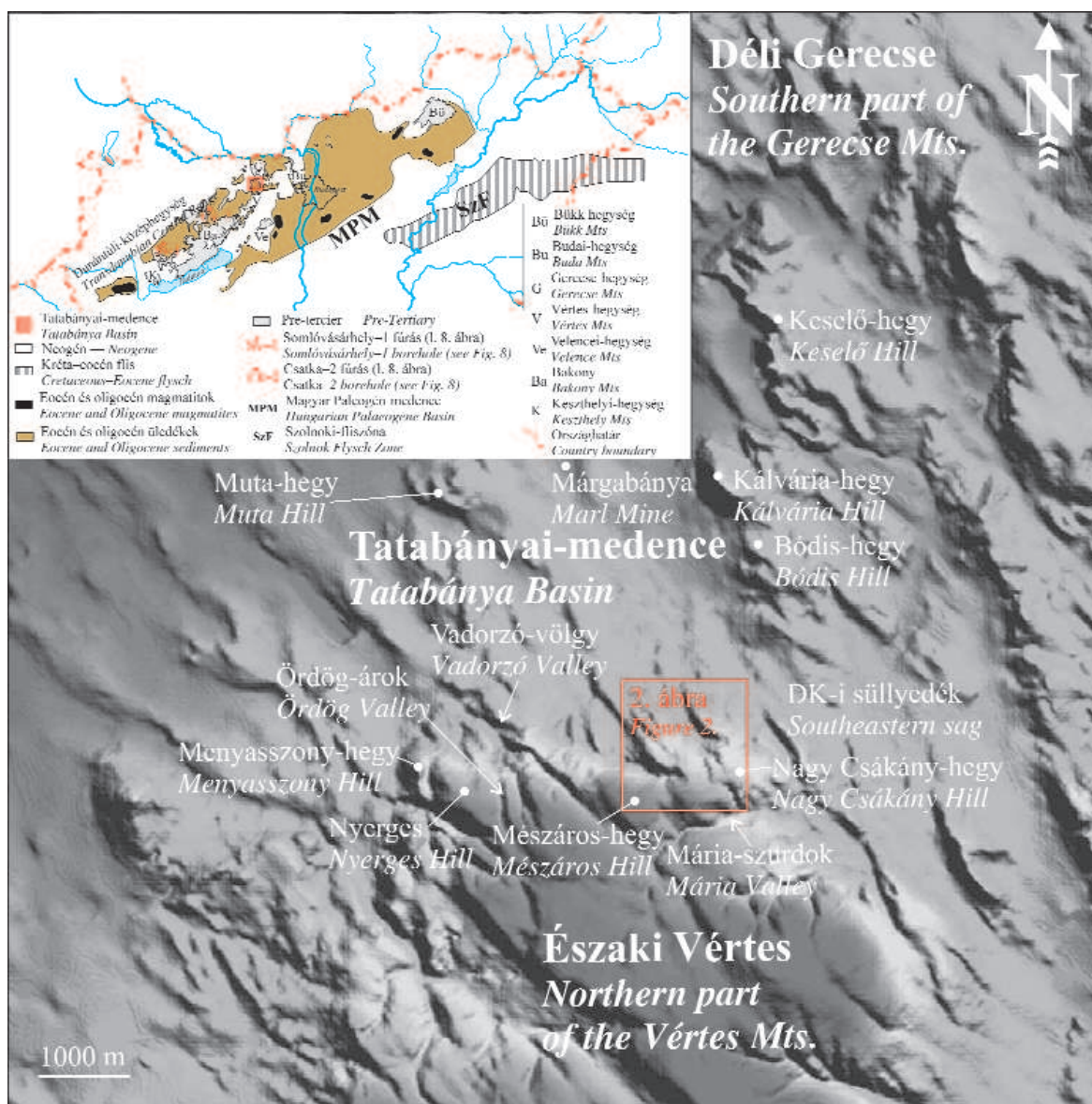
Bevezetés

A vizsgált terület lehatárolása

Tatabányai-medence alatt a Gerecse hegység délnyugati elvégződése és a Vértes hegység északi pereme közti, nyugat felé nyitott, északkeleten és délen idősebb szerkezeti vonalak által meghatározott, túlnyomórészt felsőtriász és középső-eocén karbonátos képződményekből álló, jelenkori medenceperemmel határolt süllyedéket értjük. A medenceperemet délkeleten keskeny mélyedés szakítja meg, elválasztva a Keselő-hegy, Kálvária-hegy és Bódis-hegy vonulatából álló keleti peremet, a Menyasszony-hegy, a Nyerges, a Mészáros-hegy és a Nagy-Csákány-hegy alkotta déli peremtől (1. ábra).

A déli perem a középső-eocén medenceperemi karbonátos rétegsorainak különbsége alapján keleti és nyugati részre osztható (KERCSMÁR 2005). A jelen tanulmányunkban a Tatabányai-medence déli peremének keleti részén található karbonátos kifejlődések vizsgálatával foglalkozunk.

A Mária-szurdoktól É-ra, a Mészáros-hegy és a Nagy-Csákány-hegy ÉÉNy–DDK-i irányú gerincein és ÉK-i lejtőin, kb. 2 km²-es területen bukkannak elő középső-eocén képződmények. A helyben maradt törmelékes feltárások nagy területen, sok nagyméretű kőzettörmelékekkel jelennek meg a felszínen. A szálfeltárások ritkasága a rétegdőlés és a mai lejtők esésirányának hasonlóságából adódik. A legfiatalabb szerkezeti vonalakat tükröző, uralkodóan ÉNy–DK-i, illetve ÉÉNy–DDK-i csapású recens



1. ábra. A Tatabányai-medence digitális terepmodellje (KERCSMÁR, UNGER 2004. évi nem publikált eredmények) a kutatási terület (2. ábra) megjelölésével. Kivágatban a terepmodell elhelyezkedése a Magyar-Paleogén-medencén belül (TARI et al. 1993; KÁZMÉR et al. 2003)

Figure 1. The digital elevation model of the Tatabánya Basin (KERCSMÁR & UNGER, unpublished data of 2004) with the studied area (Figure 2). Insert: Location of the Tatabánya Basin in the Hungarian Palaeogene Basin (TARI et al. 1993; KÁZMÉR et al. 2003)

völgyhálózat — miután nagy részben negyedidőszaki eolikus homokkal és proluviális, deluviális üledékekkel van kitöltve — elfedi az esetleges csapásirányú feltárásokat. Szálfeltárások a terület eocén képződményeinek mai elterjedését meghatározó poszt-eocén jobbos eltolódási vonalak és normálvetődések mentén találhatók (2. ábra).

Célok, feladatok, módszerek

A tanulmány célja, hogy közelebb kerüljünk az eocén kori Tatabányai-medence üledékképződésének és szerkezetfejlődésének megértéséhez, és ennek kapcsán pontosítsuk a medence eocén rétegtanát.

A fenti célok elérésének érdekében a Tatabányai-medence DK-i peremén található középső-eocén képződmények üledékképződési környezetét vizsgáljuk, és a képződmények egymáshoz való viszonyának felderítésével igyekszünk minél pontosabb rétegtani képet felállítani. Mivel az egykori középső-eocén medenceperem az a térbeli hely, ahol az eocén kori Tatabányai-medence fejlődését befolyásoló tényezők a legnagyobb intenzitással jelentkeznek, célszerűnek láttuk a kutatásokban elsősorban a medenceperemi képződményekre és azok összefüggéseinek megértésére koncentrálni. Ehhez a kutatási terület részletes földtani és szerkezetföldtani térképezésére, az egyes litofációs tektono-szedimentológiai és paleoökológiai értékelésére volt szükségünk.

A földtani térképezési munkálatok a Magyar Állami Földtani Intézet Térképezési Főosztályának keretében folytak. Ennek alapján, a szerző felvételében készült el a vizsgált terület 1:10.000-es méretarányú fedetlen földtani térképe (2. ábra).

A Tatabányai-medence középső-eocén fáciesének és üledékképződési környezeteinek vizsgálatát az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Karának Ősleánytani Tanszékén folytatott PhD-kutatás keretében vizsgáltuk, elsősorban a nagyforaminiferák paleoökológiáját és rétegtani elterjedését, valamint a képződmények mikrofáciesét és egyéb ősmaradvány-tartalmát figyelembe véve. Az egyes fáciesek elemzéséhez nagyméretű felületi csiszolatok készültek, amiket síkágyas szkennelrel digitálisan képeztünk le.

Az egyes fáciestípusok meghatározására WILSON (1975) modelljét használtuk, HALLOCK, GLENN (1986), valamint KECSKEMÉTI (1989) ökológiai kiegészítéseivel. A közettípusok és szövetek leírásához DUNHAM (1962), EMBRY, KLOVAN (1971) és HAAS (1998) rendszerét, az értelmezéshez FLÜGEL (1982) kézikönyvét és KÁZMÉR (1983) hazai felső-eocén mikrofácies-vizsgálatainak eredményeit használtuk. Az ökológiai értékeléseknél ARNI (1965), BIGNOT (1972), AIGNER (1982, 1983, 1985), HOTTINGER (1983), HALLOCK, GLENN (1986), LOUCKS et al. (1998) és KECSKEMÉTI (1989), valamint BEAVINGTON-PENNEY et al. (2005) modelljeire és megállapításaira támaszkodtam. Sztratigráfiai következtetéseimet BÁLDI-BEKE (2002, 2003), valamint NAGYMAROSY & BÁLDI-BEKE (1988) és KOLLÁNYI et al. (2003) nannoplankton és plankton-foraminifera vizsgálataira alapoztam.

A felszínen térképezett képződmények vertikális térbeli elterjedését és horizontális átmenetüket a medence terület irányába a ROZLOZSNIK (1924) bányaföldtani térképén feltüntetett, a MÁFI által újraértékelt és pontos koordinátákkal ellátott fúrások (Tb–136, Tb–134, Tb–132, Tb–158, Tb–156, l. a 2–3. ábrán) segítségével dolgoztuk fel, az Országos Földtani és Geofizikai Adattárban fellelhető részletes fúrásleírások alapján.

Földtani felépítés

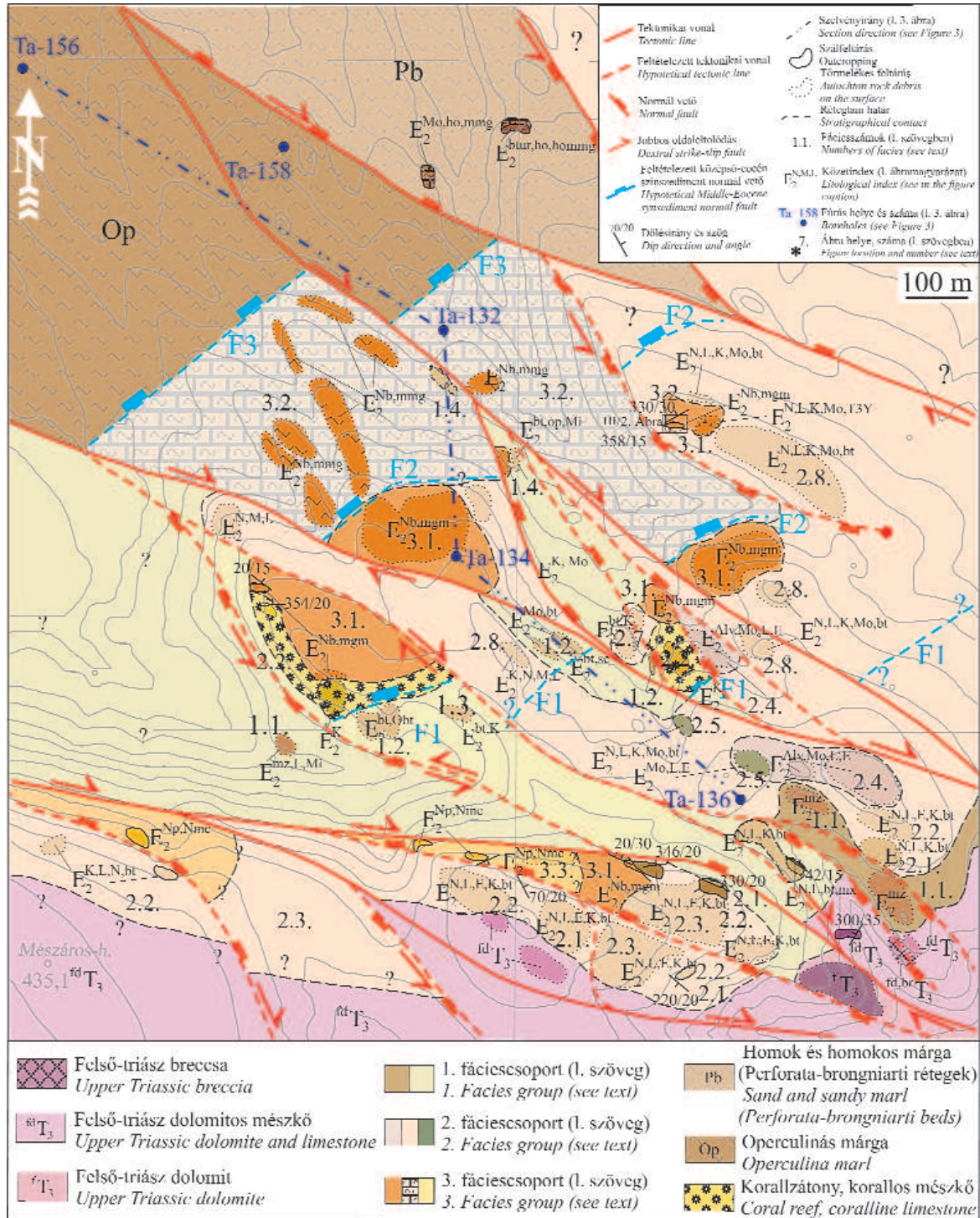
Sztratigráfia

A Tatabányai-medence DK-i peremén lemélyült öt fúrásból (2–3. ábra), négy harántolta a Dorogi Formációba sorolt „kőszentelepes összletet”. Ezek közül három, a medencéhez közelebb eső fúrásban, a bitumenes agyag és kőszenes agyagpala közbetelepülésével jellemezhető paralikus barnakőszentelep, márgás, agyagos „fekvő édesvízi üledékekre” (SÓLYOM 1953, 1960) települ. A fekvő üledékek déli irányban 250 m-en belül eltűnnek. A Tb–134-es fúrásban a kőszentelepes összlet közvetlenül a felső-triász karbonátos kőzetekre települ, majd tovább dél felé 550 m-en belül teljesen kimarad a rétegsorból.

A szentelepes összletet 10–20 m, a medence felé vastagodó, szürke, barna, molluszkás, cerithiumos márga fedi (Csernyei Formáció). Ez a szint sok, a sótartalom változását szélsőségesen tűrő, de tengeri molluszkát tartalmaz, viszonylag kevés fajszámmal (SZÓTS 1956). A márgában jelentkező kőszéncsíkok az ún. „alsó elegevízi rétegek” időnkénti elmocsarasodását, a *Nummulites subplanulatus* (SÓLYOM 1953, 1960) megjelenése pedig a normál sósvízi elöntés szintjeit jelzi.

A rétegsorban felfelé ezek a rétegek a Csolnoki Agymárga Formáció 30–40 m vastag, világosszürke finomszemű operculinás, mélyebb vízi agyagmárgájába mennek át. A „foraminiferás-molluszkumos tengeri agyagmárga” (SZÓTS 1956) vagy más néven „alsó foraminiferás molluszkumos agyagmárga” rétegeket (SÓLYOM 1953, 1960) felfelé homokos agyagmárga követi, ami a vizsgált fúrásokban 30–40 m vastagságú. A Ta–156, Ta–158 és Ta–132-es fúrások homokos agyagmárga szintjével megegyezően, a medenceperem felé eső Ta–134 és Ta–136-os fúrásokban, 10–15 m vastag sárga és szürke homokrétegek jelennek meg. A peremhez közeli Ta–132-es fúrás homokos agyagmárgája dús, nagy méretű molluszkafaunát tartalmaz.

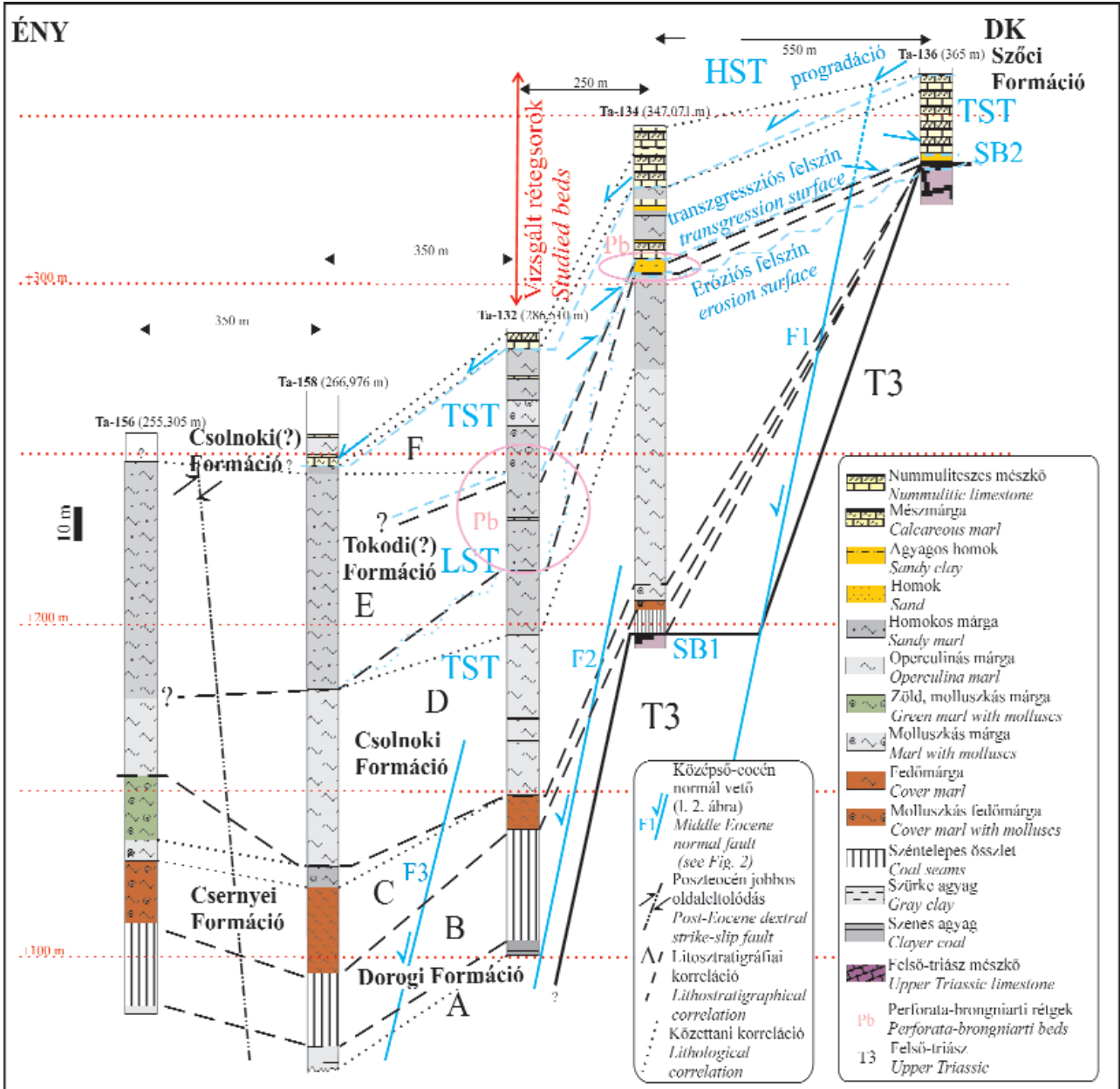
A Ta–136-os fúrásban, hasonlóképpen a Ta–134-es fúrás szentelepehez, a homokrétegek, az idősebb középső-eocén rétegek hiányával, közvetlenül a felső-triász karbonátos kőzetek eróziós felszínére települnek. Ebben a fúrásban a homokrétegek felett kb. 20–25 m vastagságú, peremi kifejlődésű molluszkás, nummuliteszes, korallós mészkő rétegek (TAEGER 1909) zárják a rétegsort. É-felé a karbonátos rétegek kiépülése homok, agyagos homok, mészmárga és márgás mészkő váltakozásával történik (Ta–134-es fúrás), miközben ezek a rétegek É-felé elvékonyodva már a



2. ábra. A Tatabányai-medence DK-i részének fedetlen földtani térképe, a területen lemélyült fúrások (3. ábra) helyének és a vizsgált litofáciák (8. ábra) sorszámának feltüntetésével

E₂ = középső-eocén, N = Nummulites, Nb = Nummulites böckhi, Np = Nummulites perforatus, Nmc = Nummulites millecaput, Obt = Orbitolites, Op = Operculina, Mi = Miliolina, Alv = Alveolina, L = vörös alga, K = korall, E = Echinoidea, Mo = Mollusca, Pb = perforata-brongniarti rétegek, bt = biogén törmelék, btur = bioturbáció, mz = „mezozoos küllemű”, mmg = mészmárga, mgm = márgás mészkő, ho = homok, hommg = homokos mészmárga, T₃ = felső-triász, f = Földolomit, fd = Földolomit és Dachsteini Mészkő Átmeneti Tagozata, br = breccsa, T3Y = felső-triász extraklasztok, F1, F2, F3 = középső-eocén színszediment normálvetők (l. a 3. és 8. ábrán)

Figure 2. Geological map of the SE part of the Tatabánya Basin with the boreholes (Figure 3) and numbers of the studied lithofacies (Figure 8) E₂ = Middle Eocene, N = Nummulites, Nb = Nummulites böckhi, Np = Nummulites perforatus, Nmc = Nummulites millecaput, Obt = Orbitolites, Op = Operculina, Mi = Miliolina, Alv = Alveolina, L = red algae, K = coral, E = Echinoidea, Mo = Mollusca, Pb = perforata-brongniarti beds, bt = biogenic clasts, btur = bioturbation, mz = „mezozoic face”, mmg = calcareous marl, mgm = marly limestone, ho = sand, hommg = sandycalcareous marl, T₃ = Upper Triassic, f = Main Dolomite, fd = Transitional Unit between Upper Triassic Main Dolomite and Dachstein Limestone, br = breccia, T3Y = Upper Triassic extraclasts, F1, F2, F3 = Middle Eocene synsedimentary normal faults (see Figures 3 and 8)



3. ábra. Fúrasi rétegsorok korrelációja a Tatabányai-medence DK-i részén, a litosztratógráfiai egységek és a főbb üledékképződési ciklusok feltüntetésével

A rétegsorok tanúsága szerint, a vizsgált terület középső-eocén üledékképződése két részre bontható. Az első szakaszban - folyamatosan növekvő vízszint és aktív tektonikai süllyedés mellett - paralikus szén-, molluszkás, cerithiumos márga- és mélyebb vízi operculinás márgaképződés zajlott. A második szakaszban uralkodóan karbonátos üledékképződés jellemző. A karbonátos rétegek ÉNy felé a mélyebb vízi márga tetejére progradálnak. A két transzgresszív üledékképződési szakaszt a medenceperemen erózió és üledékhány, a mélyebb részekben pedig durvább törmelék üledékek (homok, homokos márga) választják el egymástól. A = világosszürke homokos agyag, agyagpala, barna szenes agyagpala; B = barnakőszén 5 db teplel, agyagpala, homokos agyag meddő-közvetelepüléssel; C = világos szürke *Cerithium*-os, *Brachyodontes*-es márga, agyagos márga a medence felé agyagos barnakőszén-betelepüléssel; D = szürke, világosszürke, a medence felé zöldesszürke *Operculina*-s márga; E = szürke, világosszürke homokos márga, a medenceperem felé homokbetelepülésekkel, a peremen a felső-triász képződményekre közvetlenül települő világosszürke homokkal; F = sötétszürke nagyméretű molluszkákat tartalmazó kagylós márga, a medenceperem felé mészmárga, sziliciklasztos márgás mészkő, nummuliteszes mészkő heteropikus faciésekkal (ide tartoznak az e tanulmányban vizsgált karbonátos rétegsorok is)

Figure 3. Correlated stratigraphic sections of the boreholes on the southeastern part of the Tatabánya Basin with lithostratigraphy and sedimentological cycles

Two transgressive processes have been identified in the sedimentation of southeastern part of the Tatabánya Basin. The early formations were transgressive paralic coal, *Cerithium* marl and deeper *Operculina* marl layers, and the later formations were mainly carbonate sediments which prograded to the basin on the top of more deep-water marls. Siliciclastic sediments represent the erosional phase of the background and the grain size deposits on the shallow marine environments connected by the decrease of sea level between the early and the later transgressive phase.

A = gray sandy clay, clay shale, brown clayey coal shale; B = coal with 5 layers interbedded clay shale and sandy clay; C = light gray *Cerithium* and *Brachyodontes* marl interbedded clayey coal to the basin; D = gray, light gray and greenish gray *Operculina* marl; E = gray, light gray sandy marl interbedded sand layers to the basin margin and light grey sand overlying the Upper Triassic carbonates F = dark gray marl containing large Molluscs with heteropik marly limestone, siliciclastic limestone and nummulitic limestone to the basin margin (these carbonate layers are the deposits studied in this work)

homokos molluszkás agyagmárga rétegek tetejére települnek. A peremtől távolabb lévő Ta–158-as fúrásban mészmárga és szürke homokos márga váltakozása mutatja a medencefáciésekkal történő összefogozódást.

A Ta–156-os fúrás rétegsora kérdéses korú, a középső-eocén peremvetőkhöz képest antitetikus normálvető fennmaradt szárnyán található, aminek következtében a rétegsor idősebb képződményei magasabban helyezkednek el, míg a fiatalabbak erodálódtak. A homokos, márgás rétegsorok tetején kialakuló karbonátos fáciéseket bőséges *Nummulites*-tartalmuk alapján „főnummuliteszes mészkőnek” nevezték el (TAEGER 1909; ROZLOZNIK 1924, 1928; SÓLYOM 1953, 1960; SZÓTS 1956). SZÓTS (1956) jellemzéséből ítélve a molluszka-maradványokban viszonylag ritka főnummuliteszes mészkő elsősorban a *Nummulites millecaput* és *Nummulites perforatus* zónajelző nagyforaminiferából épül fel, ugyanakkor jelentős szerep jut a kisebb *Nummulites*-eknek és a *Discocyclinák*nak is. Ez a képződmény ROZLOZNIK (1924) térképe szerint a Ta–136-os fúrásban jelenik meg.

ROZLOZNIK (1924, 1928) és SZÓTS (1956) leírása szerint a főnummuliteszes mészkő heteropikus fáciéseként, a medence felé megjelenő homokos mészmárga rétegeket, a *Nummulites millecaput* helyett fellépő *Nummulites brongniarti* alapján „perforata-brongniarti rétegeknek” is neveznek. SÓLYOM (1953, 1960) szerint ez a képződmény D-en lilás árnyalatú mészmárga, sok miliolinával, valamint molluszka és korall maradvánnyal.

ROZLOZNIK (1924) térképe és a lemélyült fúrások korrelációja alapján a Ta–136, Ta–134, Ta–132 és Ta–158-as fúrások záró rétegtagja a sok molluszka-kőbelet tartalmazó „molluszkumos márgás mészkő” (SZÓTS 1956), amelyre a bőséges vörösalga- és echinoidea-töredéket és helyenként kőzetalkotó mennyiségű apró nummuliteszt tartalmazó ún. „márgás mészkő a *Nummulina böckhi*vel” települ (ROZLOZNIK 1924).

A korábban Rozloznik által *Nummulites böckhi*-nek nevezett apró nummulitesz faj — az újabb gyűjtés anyagából — LESS Gy. meghatározása és szóbeli közlése alapján az alsó-bartonira jellemző *Nummulites hottingeri* SCHAUB fajként írható le.

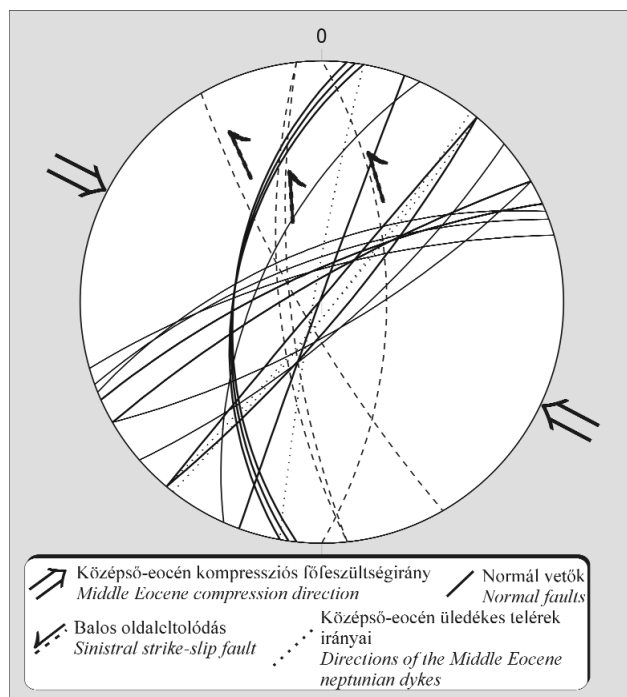
Tektonika

FODOR et al. (1999) és BADA et al. (1996) szerint a medence főfeszültség irányai a középső-eocénben NyÉNy–KDK irányú kompresszióval és erre merőleges tenzióval jellemezhetők.

A középső-eocén kompressziós, illetve transzpressziós erőterben NyÉNy–KDK-i jobbos és ÉNy–DK-i csapású balos oldaleltolódások jöttek létre, amelyek korát az ép vetősíkot erodáló középső-eocén fűrókagylók és szinszediment, valamint szindiagenetikus deformációk rögzítik (KERCSMÁR 1993, 1995, 1996, 2003; FODOR, KERCSMÁR 1995; KERCSMÁR, FODOR 2005).

A medence K-i és D-i peremén KERCSMÁR, FODOR (2005), valamint KERCSMÁR (2005) lokális extenzió által létrehozott, a kompressziós főfeszültség irányra merőleges

csapású középső-eocén szinszediment normálvetőket (bio-perforáció, megabreccsa, plasztikus üledékmozgások és vetődés menti deformációk) mutatott ki (4. ábra), amelyek csapása — SÓLYOM (1960) dolgozatából ítélve — merőleges a szételepek vastagság- és vízszintes irányú minőségváltozásának irányára. A szételepek vastagságát és minőségét is meghatározó és a szénképződés befejeződése után is aktív szerkezeti vonalakra utal a medence DK-i részén, a felső-triász képződményeknek támaszkodó széntáblák meredek, 15–30°-os dőlése és a szételepben megjelenő felső-triász mészkő anyagú breccsa is (VITÁLIS 1939).



4. ábra. A Tatabányai-medence keleti részén észlelt középső-eocén szinszediment szerkezeti elemek sztereografikus projekciója. Schmidt-féle sztereogram alsó félgömbi vetülete. Megjelölve a Magyar-Paleogén-medencére jellemző középső-eocén kompressziós főfeszültség irányok (KERCSMÁR 2003; KERCSMÁR, FODOR 2005)

Figure 4. Stereographic projection of the Middle Eocene synsedimentary tectonic structures on the eastern part of the Tatabánya Basin. Schmidt-stereogram, lower hemisphere projection. The main compressional stress directions of the Hungarian Paleogene Basin (KERCSMÁR 2003; KERCSMÁR, FODOR 2005) indicated

Ezek a kompresszióra merőleges flexurális hajlítás okozta, lokális extenziós térben normálvetőként működő és a medencesüllyedést meghatározó szerkezetek, részben a felső-kréta kompressziós feszültségtérben létrejött szerkezeti vonalakhoz kötődnek, részben azok felújulásaként értelmezhetők (KERCSMÁR 2004; KERCSMÁR, FODOR 2005).

Középső-eocén üledékképződési modellek és paleoökológiai alapjaik

A középső-eocén üledékképződési környezetek rekonstruálása főként a sokszor kőzetalkotó mennyiségben található Foraminiferák és a különféle bekéregző szervezetek,

elsősorban mészvázú algák és a befogadó kőzet szedimentológiai bélyegei alapján történik (5. ábra). A recens analógiák (kihalt fajoknál alaki hasonlóság) megfigyelése szerint a nagyforaminiferák megjelenése, mennyisége, típusa és alakja jellemző az adott üledékképződési környezetre, ami a hozzájuk kötődő szymbionták (HOTTINGER, DREHER 1974; LEUTENEGGER 1977) környezeti érzékenysége miatt számos külső tényezővel van kapcsolatban: úgymint átvilágítottság, a vízmozgás energiája, vízhőmérséklet, só tartalom és vízmélység. A robusztus, kis méretű és vastag héjjal rendelkező kerekded formák nagy energiájú, jól átvilágított, táplálékban gazdag, sekélyvízi környezetet jeleznek. Ezzel szemben a nagyobb, vékonyabb héjú, lapos alakok kis energiájú, kevésbé átvilágított táplálékban szegényebb, mélyebb vízi környezetre jellemzőek (HALLOCK 1979; HOTTINGER 1983; HALLOCK, GLENN 1986; SINCLAIR et al. 1998). Recens nagyforaminiferák alak és nagyság szerinti csoportosításában, a ma élő *Borealis*, mint kerekded, gömbszerű forma, az *Alveolinának* alaki megfelelője. A *Sorites*, az *Amphisorus* és a *Heterostegina*, mint tányérszerű, lapos alakok, az *Orbitolitesnek* és az

Operculinának feleltethetők meg. Míg az *Operculina ammonoides*, a zátonyok külső lejtőjén 15 m-nél mélyebb vízben él és akár 200 m-ig is lehúzódik, addig a lagúnákban, nagy mennyiségben a 30–40 m-es vízmélységben fordul elő. Az Orthophragmináknak nincs mai megfelelőjük. Hozzájuk hasonló alakok ma mélyebb vizekben, az eufotikus zóna határa alatt élnek, finomszemcsés, lágy aljzaton (HOTTINGER 1983; KECSKEMÉTI 1989). A ma élő *Nummulites cummingsi* a korallzátonyok külső lejtőjén és lagúnákban fordul elő, általában 40–70 m mélységben. A mai nagyforaminiferák mélység szerinti elterjedésének alsó határa kb. 130–140 m (HOTTINGER 1983; MURRAY 1973).

A nagyforaminiferáknak paleoökológiai szerepükön kívül szedimentológiai jelentőségük is van. AIGNER (1982, 1983, 1985) szerint, a kedvező körülmények között nagy mennyiségben felhalmozódó nagyforaminifera, elsősorban nummulitesz-vázak, az aljzaton heverve, az üledéket alkotó törmelékes szemcsékként viselkedhetnek. Ezeket a vihar keltette áramlások átmoshatják, helyben koncentrálnak, vagy átüllepíthetők. A viharhullámbázis környékén, a vi-

FZ	7	6	5	4	3
Topográfia Topography					
Litológia Lithology	különböző mészkő típusok, és törmelékes üledékek jól elkülönülő padokban, terrigén szemcsékkel <i>various limestone types and some thin bedded terrigenous clastics</i>	oolitos, kvarc és dolomitszemcsés homok, bioklasztos kalkarenit <i>calcarenite with ooids, bioclasts, some dolomite, quartz sand admixtures</i>	biogén zátonymészkő, masszív karbonátos kőzetek <i>biogenic reef limestone, massive carbonate rocks</i>	üledékes breccsák, átülepített mészkövek, kalkarenit, bioherma-törmelék, változó energia <i>sedimentary breccias and resedimented limestones, calcarenite, bioherm debris and changing water energy</i>	finomszemcsés mészkő <i>fine-grained limestones</i>
	szemcséköztől az iszapkőzetig változatos szöveti megjelenés <i>texture from grainstone to mudstone</i>	jól osztályozott, kerekített szemcsés szemcsékőzet <i>well sorted and rounded grainstone</i>	zátonykőzet, szemcsékőzet-zsebekkel <i>framestone and boundstone with grainstone caps</i>	mészhomokos és bioklasztos ritka- és sűrűszemcsés kőzet <i>calcarenite and bioclastic wackestone-packstone</i>	iszapkőzet, mésziszap <i>mudstone, lime mud</i>
Üledék-földtan Sedimentology	gyakori bioturbáció <i>abundant bioturbation</i>	gyakori kereszttrétegzettség <i>abundant cross-bedding</i>	masszív, organikus zátonyépítmény <i>massive organic reef building</i>	üledékes redők, lejtőn mozgó exotikus blokkok és biohermák <i>slump structures, exotic blocks and bioherms moving along slope</i>	lencsés, gradált üledékek, nagyobb blokkok <i>lenses of graded sediments, some large blocks</i>
Biogén szervezettek Organisms	nagy diverzitású fauna, molluszkák, szivacsok, foraminiferák, foltzátonyok, tüskésbőrűek <i>diverse fauna, Molluscs, Porifera, Foraminifera, patch-reefs, Echinoids</i>	kagylók, ásó szervezetek, robusztus foraminiferák <i>Bivalves, bioturbation organisms, robust Foraminifers</i>	zátonyépítő szervezetek, korallak, kagylók <i>reef organisms, corals, bivalves</i>	áthalmazott ősmaradvány-együttesek, biogén törmelék <i>redeposited fossils, bioclasts</i>	áthalmazott sekélytengeri bioklaszt, autochton bentosz és plankton szervezetekkel együtt <i>redeposited shallow marine bioclasts with autochthonous benthonic and planktonic organisms</i>
	Miliolina, Alveolina, Orbitolites, Nummulites, közepes méretű foraminiferák, mészvázú algák <i>Miliolina, Alveolina, Orbitolites, Nummulites, medium size Foraminifera, calcareous algae</i>	Nummulites <i>Nummulites</i>	Nummulites, Bryozoa, korall, molluszkák, tüskésbőrűek <i>Nummulites, Bryozoa, Corals, Echinoids</i>	Operculina, Discocyclus, Bryozoa, Nummulites, molluszka- és tüskésbőrű-váztörmelék <i>Operculina, Discocyclus, Bryozoa, Nummulites, Molluscs, Echinoid skeletal fragments</i>	nagy, lapos foraminiferák, Operculina, Foraminifera, Operculina

5. ábra. Wilson-féle standard fácieszónák kőzettani, üledékföldtani valamint bioökológiai jellemzői. WILSON (1975), FLÜGEL (1982) és KECSKEMÉTI (1989) nyomán

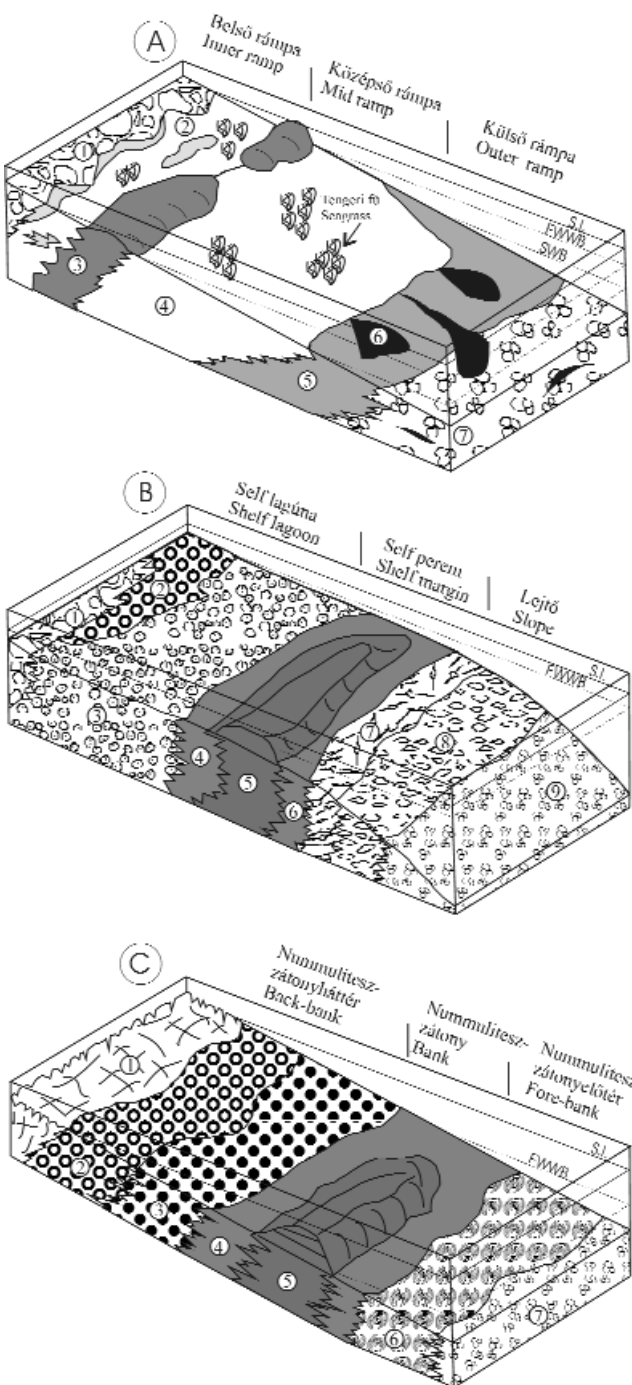
FZ = fácies zónák, NWB = normálhullámbázis, SWB = viharhullámbázis, SL = vízszint

Figure 5. Lithology, sedimentology and bioecology of the standard facies zones. After WILSON (1975), FLÜGEL (1982) and KECSKEMÉTI (1989)

FZ = facies zones, NWB = normal wave base, SWB = storm wave base, SL = sea level

harok keltette oszcillációs áramlás kereszttrétegzett, összemossott, mikritmentes nummulitesz-zátony (nummulite bank) jön létre. A különböző eocén üledékképződési modelleket a 6. ábra mutatja be.

ARNI (1965) modellje szerint a nummulitesz-zátony kiépülése fácies-differenciációt is okozhat, aminek következtében sekélyebb, viszonylag védett zátony mögötti lagúna és mélyebb, zátony előtti nyíltabb vízi fáciesek alakulhatnak ki. AIGNER (1983) az ilyen fajta fácies-differenciációt okozó nummulitesz-zátony létrejöttét, az aljzatban már meglévő morfológiai egyenetlenséghez (egykori self-perem, zátonyépítmények) köti.



SINCLAIR et al. (1998) által, a Francia Alpokból leírt középső-eocén korú, alacsony dőlésszögű rámpa karbonátos kifejlődéseinek nummuliteszes fácieseiről megállapította, hogy alacsony energiájú, hullámzás-dominált karbonátrámpa belső részén, a viharhullámbázis határán fejlődtek ki, a rámpa nagyvízi állapotában. A rámpa középső részén lapos foraminiferákból álló ritkaszemcsés (wackestone) és vihar keltette áramlás által bemosott sűrűszemcsés (packstone) karbonátos kőzetanyag jellemző. A rámpa külső

6. ábra. Eocén üledékképződési modellek, BEAVINGTON-PENNEY et al. (2005) nyomán módosítva

S.I. = vízszint; FWWB = normál hullámbázis; SWB = viharhullámbázis

A) Az El Garia Formáció (Tunézia) rámpa-üledékképződési modellje LOUCKS et al. (1998) alapján. A középső-rámpa magas nummulitesz termelését GILHAM, BRISTOW (1998) és LUTERBACHER (1998) mutatta ki. 1 – Sabkha, tidal flat evaporitokkal; 2 – Elzárt sekélylagúna csigák partvidéki fáciesekkel; 3 – Discocyclinás, vörös algás, nagy energiájú homokzátony; 4 – Kis meredekségű nummulitesz-lepel; 5 – Nummuliteszes bioklasztból álló finom homok-silt méretű törmelék; 6 – Gravitációs üledékfolyásos képződmények; 7 – Globigerinás iszap

B) A líbiai Sirte Medence üledékképződési modellje ARNI (1965) alapján. Hasonló felépítésű modelleket állított fel ARNI, LATERNO (1972), AIGNER (1982, 1983, 1985), MOODY (1987) és a hazai középső-eocénből KECSKEMÉTI (1989). 1 – Elzárt lagúna/sabkha; 2 – Lagúna sok miliolinával; 3 – lagúna Orbitoliteszel és Alveolinával; 4 – Nummuliteszekből álló bioklasztos nummulitesz-zátonyháttér; 5 – meredek oldalfalú nummulitesz-zátony; 6 – nummulitesz-zátonyelőteri képződmények Nummuliteszel és Assilínával; 7 – Külső self üledékek Operculinával; 8 – Külső self és lejtő márgák kis méretű bentosz foraminiferákkal; 9 – Mély tengeri agyagok, agyagmárgák Globigerinával

C) A horvátországi eocén képződmények üledékképződési modellje BIGNOT (1972) nyomán. Hasonló modelleket állított fel COMTE, LEHMANN (1974), FOURNIE (1975), SERRA-KIEL, REGUANT (1984), BUXTON, PEDLEY (1989) és SINCLAIR et al. (1998). 1 – Lagúna és tavi üledékképződés gyakran szárazra kerülve; 2 – Lagúna miliolinával; 3 – Lagúna Alveolinával és Orbitoliteszel; 4 – Nummuliteszes és molluszkás bioklasztos törmelék; 5 – Nummulites-bioherma (nummulitesz-zátony); 6 – Nummulitesz-zátonyelőter Assilínával, Discocyclinával és Nummuliteszel; 7 – Medenceüledékek plankton-foraminiferákkal

Figure 6. Examples of earlier models for the Eocene depositional setting and facies associations

S.I. = sea level; FWWB = Farewell wave base; SWB = Storm wave base

A) Depositional model for the Lower Eocene El Garia Formation, modified from LOUCKS et al. (1998). High Nummulites production in mid-ramp setting has also been concluded by GILHAM, BRISTOW (1998) and LUTERBACHER (1998). 1 – Sabkha, tidal flats with evaporites; 2 – Restricted shallow lagoon with gastropod beach/bar deposits; 3 – Discocyclinid-red algal high energy shoal; 4 – Low-relief, embayed Nummulites sheets; 5 – Fine sand- to silt-sized nummulithoclastic debris; 6 – Gravity flow deposits; 7 – Globigerinid „ooze”

B) Depositional model for Eocene Nummulites accumulation of the Sirte Basin, Libya, modified from ARNI (1965). Similar shallow water buildups have been noted from winnowed shelf-margin or on the crest of structural domes by ARNI, LATERNO (1972); AIGNER (1982, 1983, 1985), MOODY (1987) and in the Hungarian Middle Eocene by KECSKEMÉTI (1989). 1 – Restricted lagoon and sabkha; 2 – Lagoon with abundant miliolids; 3 – Lagoon with Orbitolites and Alveolina; 4 – Nummulithoclastic “back-bank”; 5 – High relief Nummulites “bank”; 6 – “Fore-bank” or fragmented Nummulites and Assilina; 7 – Outer shelf deposits with common Operculina; 8 – Outer self/slope marls with smaller benthic foraminifera; 9 – Deep marine shales/marls with Globigerina

C) Depositional model for Eocene Nummulites accumulations of Croatia, modified from BIGNOT (1972). Similar ramp models have been published by COMTE, LEHMANN (1974); FOURNIE (1975); SERRA-KIEL, REGUANT (1984); BUXTON, PEDLEY (1989) and SINCLAIR et al. (1998). 1 – Lagoonal-lacustrine deposits, commonly sub-aerially exposed; 2 – Lagoon with miliolids; 3 – Lagoon with Alveolina and Orbitolites; 4 – Nummulithoclastic and mollusc debris; 5 – Biohermal Nummulites accumulation; 6 – Fore-bank with elongate Assilina, Discocyclina and Nummulites; 7 – Basinal deposits with planktonic foraminifera

részére iszapközet (mudstone) szövetű márgás, mészmárgás rétegek jellemzőek. Felfelé a rétegsor mélyebb vízi hemipelágikus márgába megy át, hasonlóan a Magyar-Paleogén-medence rétegsorának képződményeihez (BÁLDI, BÁLDI-BEKE 1986; KECSKEMÉTI 1989). A rámpa kialakulásához szükséges alacsony esésszögű lejtő létrejöttét az aljzat morfológiai egyenetlenségeit kitöltő, a transzgresszió korai szakaszára jellemző folyóvízi konglomerátumösszlet, továbbá az azzal heteropikus tengerparti (bioperforált klasztokból és tömbökből álló konglomerátum) és tengeri lagúnafáciesek (cerithiumos márga) tették lehetővé.

A Magyar-Paleogén-medence DNY-i részén, a késő-lutetiai globális euszatikus vízszintemelkedés (HAQ et al. 1988) és a tektonikai süllyedés gyorsan mélyülő, TARI et al. (1993) szerint ívmögötti hajlításos, KÁZMÉR et al. (2003) szerint ívelőtű, nagy mélységű (BÁLDI, BÁLDI-BEKE 1986; KECSKEMÉTI 1989; VÖRÖS 1989; BÁLDI-BEKE, BÁLDI 1990) üledékgyűjtőt, és ÉK felé vándorló, szerkezetileg meghatározott fáciesöveket hozott létre.

A SINCLAIR et al. (1998) által leírt folyamatokhoz hasonlóan, bár más nagytektonikai helyzetben, a Magyar-Paleogén-medence peremén, a Dunántúli-középhegység DNY-i részén, a lutetiai során ideiglenesen gyorsan mélyülő, foltzátany-peremes karbonátplatform alakult ki (KECSKEMÉTI 1989). A zátony által elzárt lagúnában gazdag nagyforaminifera együttes fejlődött ki, *Nummulites*, *Operculina*, *Alveolina*, *Orbitolites*, *Discocyclina* vázakat tartalmazva. Ugyanakkor a zátony külső peremén már csak az *Operculina* és a *Nummulites* és *Discocyclina* vázak jelenléte jellemző. Ennél mélyebb előfordulásaik lejtőn történt üledék-áthalmazódással lehetségesek.

A Szóci Mészke karbonátos kifejlődései és üledékképződési környezetek a tatabányai eocén medence DK-i peremén

A Tatabányai-medence DK-i peremén található eocén képződmények, a középső-eocén fáciesek változékonysága és az eocén utáni szerkezeti mozgások miatt, viszonylag kis területen nagy litológiai és térbeli változatosságot mutatnak (2–3. ábra). A könnyebb értelmezhetőség érdekében, a bemutatandó litofácieseket képződési környezetek és relatív időbeli sorrendjük alapján három csoportba soroltuk. A fáciescsoportok rétegtanilag alulról-felfelé követik egymást. A képződmények bemutatása után, a fentebb ismertetett paleoökológiai alapokra és a kőzetek mikro-, illetve makroszkópos szöveti jellegeire támaszkodva értelmeztük az egyes fáciescsoportokat, és rekonstruáltuk az egyes képződmények lerakódási környezetét.

1. fáciescsoport:

a peremi üledékképződés kezdetén kialakult karbonátrámpa partvidéki és mélyebb vízi fáciesei

Az 1. fáciescsoport a vizsgált karbonátos rétegsor alján, a területen általánosan elterjedve, de rosszul feltárva talál-

ható, délen közvetlenül a felső-triász Daschteini Mészke és Földolomit közti átmeneti rétegek dolomitos mészkővére települve. Fúrások tanúsága szerint ÉNy felé először a mezozoos peremre közvetlenül települő homokos kifejlődésekre, majd homokos mészmárgára következik. Ebben az együttesben 3 főbb fáciest lehet elkülöníteni, amelyek közös jellemzője az apróra zúzott biogén törmelék és vörösalga-zúzalék kőzetmátrixként való jelenléte, amiben nagyforaminiferák, vörösalga- és echinoidea-töredékek találhatóak. Szövetük minden esetben tömött, gyakran átkristályosodott, igen kemény, tömör, az északi feltárásokban lilás rózsaszín kőzetet eredményezve. Alsóbb rétegeik megjelenésükben sokszor megtévesztésig a felső-triász karbonátkőzetekre emlékeztetnek.

(1.1.) „Mezozoos küllemű”, vörösalgás, mikrokristályos, peloidos mészkő

Egységesen átkristályosodott, küllemre a fekvő felső-triász dolomitos mészkőre emlékeztető, vörösalgából álló, ritkán, nehezen észlelhetően átkristályosodott nummuliteszes, pátitos, tömött szövetű mészkő (I. tábla, 1. fénykép). D-en közvetlenül a felső-triász dolomitos mészkőre (Földolomit és Dachsteini Mészke „Átmeneti Tagozata”) települ, helyenként áthalmazott felső-triász klasztokat, kőzettörmeléket tartalmazva.

Az „mezozoos küllemű” mészkő pontos kőzettani definíciójáról nincs egységes álláspont. A többféle változatban észlelt kőzet alapvetően két csoportba sorolható. Az egyik csoport csak küllemében, mállott felületén mutat hasonlóságot a felső-triász mészkővel, a másik csoport szöveti jellegeiben is. Míg az első csoport friss törési felületén jól azonosítható középső-eocén bioklasztoz (apróra zúzott biogén törmelék, legtöbbször echinoidea vázelemekkel vagy vörösalga-töredékekkel) található, a második csoport átkristályosodott mészkőve csak nagyon ritkán tartalmaz apró, a kristályos alapkőzettől alig elkülöníthető nummuliteszt.

(1.2.) Biogén törmelékes, féregjáratos, finomhomokos bioklasztos, sziliciklasztos, pátitos kalkarenit

Apróra zúzott biogén törmeléket kőzetmátrixként tartalmazó, alsóbb részén *Ostrea* héjtöredékes és vörösalga-törmelékes, felsőbb részén bioturbált, ásásnyomos és halfogmaradványos (I. tábla, 2. fénykép), finomszemcsés sziliciklasztot tartalmazó mészkő, márgás mészkő, ritkán vékony héjú molluszká töredékekkel jellemezhető sűrűszemcsés és szemcsékőzet (packstone/grainstone).

(1.3.) Orbitoliteszes, miliolinás, operculinás, finomhomokos, bioklasztos, sziliciklasztos, pátitos kalkarenit

Orbitoliteszes, miliolinás, echinoidea-töredékes, apróra zúzott biogén törmeléket tartalmazó, finomszemcsés sziliciklasztos sűrűszemcsés kőzet, apró nummuliteszel, felfelé koralltöredékekkel és *Operculina* sp.-vel.

(1.4.) Biogén törmelékes, apró nummuliteszes, molluszkás, echinoideás, miliolinás, mikrites, márgás kalkaleurolit

Jellemzően echinoidea-töredékeket és miliolinákat tartalmazó, ritkán nagy molluszkás (*Velates* sp.) és apró nummuliteszes, vörösesbarna tónusú ritka- és sűrűszemcsés (wackestone/packstone) kőzet. A mátrix apóra őrlött biogén törmelékből áll. D-re lévő feltárásában a kiépülő korallzátony (foltzátony?) közvetlen fekvőjeként jelenik meg, mint ehhez a fáciescsoporthoz tartozó, a területen legjobban elterjedt képződmény.

Az 1. fáciescsoport értelmezése

Az 1. fáciescsoport a felső-triász dolomitos mészkő eróziós térszínén kialakult, ÉNy- felé mélyülő, sziliciklasztos-karbonátrámpa fácieseit foglalja magába.

Az 1.1-es fácies, a karbonátos rámpa belső részén, sekély vízi, partvidékhez közeli, relatíve nagy energiájú közegben lerakódott, helyben maradt, mikritmentes, átkristályosodott algaszőnyeg üledéke, hasonlóképpen a SINCLAIR et al. (1998) által leírtakhoz. Ez a képződmény D-en közvetlenül a felső-triász karbonátkőzetekre, ÉNy felé pedig a fúrásokban említett sziliciklasztos rétegekre települ. A 1.2-es és 1.3-as fáciesek a rámpa mélyebb vízi környezetében összeszomott biogén törmeléket és áthalmozott sziliciklasztos szemcséket tartalmaznak. Az 1.4-es fácies márgás, finomhomokos, egyre meszesebb, mészmárgás kifejlődése, a rámpa felszínén nyomozható legmélyebb környezetének felel meg.

2. fáciescsoport:

korallzátony-, zátonyelőtéri és zátonyháttéri fáciesek

A vizsgált területen legjobban feltárt fáciescsoport, ami a rétegdőlésből és a terület geomorfológiájából adódik. Elterjedésük ugyanezen okokból az 1-es fáciescsoport képződményeivel azonos, de dőlésük alapján D-felé valószínűleg túlterjedtek azokon.

A 2-es fáciescsoport közös vonása, hogy nagy mennyiségben tartalmaz apróra tört bioklasztokat, valamint vörösalga-töredékeket. Egyes kifejlődéseikben nagy méretű egészben maradt molluszkák és echinoideák, valamint telepes korallok, vagy héj-, váz-, illetve tékatöredékeik találhatóak. Különleges kifejlődésnek számítanak a telepeskorall-építmények önálló, befogadó kőzetmátrix nélküli darabjai.

(2.1.) Biogén törmelékes, vörösalgás, echinoideás, koralltöredékes bioklasztos, mikrites kalkarenit

Az 1,2 m vastag, hullámos rétegzettségű, ritkán apró nummuliteszes, apróra zúzott biogén törmelékből álló sűrűszemcsés és szemcsekőzet (I. tábla, 3. fénykép) folyamatosan fejlődik ki a biogén törmelékes „mezozoos küllemű” mészkőből, miközben felfelé, a bioklasztok között egyre több vörösalga-töredék jelenik meg. A

rétegsor középső részén kb. 0,5 m vastag, átülepített vörösalgagumó-töredékeket, korallokat tartalmazó durvább biogén törmelékes, keresztarétegzett rétegösszlet betelepülés található (2.2-es fácies megjelenése a rétegsorban), amit 0,8 m vastag, ritkán apró nummuliteszes, vörösalga-töredékes, a korábinál durvább kalkarenites mátrixú mészkő fed.

(2.2.) Vörösalgagumós, korallós, sűrűszemcsés kőzet

A 2.1-es fáciesben 0,5 méteres betelepülésként már említett, vörösalgában dús fácies itt már önálló, 2,6 m vastag réteget alkot. Az erősen gumós megjelenésű, vastag kötegekben (0,8–1,0 m) keresztarétegzett, durvább biogén törmeléket tartalmazó kalkarenitet vörösalga-töredékek tömeges megjelenése jellemezi. A bioklasztok között apró nummuliteszek és telepalkotó korallok is találhatóak. A gumós rétegzettség szindiagenetikus eredetére és egyben az aljzat vagy az üledék, esetleg mindkettő egyidejű instabilitására utal az összletben található plasztikus redő és a hozzá kapcsolódó szindiagenetikus breccsásodás is. Az összlet felső 1 métere hullámozás által az aljzaton mozgatott, durvább törmeléktől mentes üledékképződési környezetre utaló vörösalga-onkoidokat tartalmaz.

(2.3.) Echinoideás, mikrokristályos bioklasztos mészkő

Délen a legnagyobb felszíni elterjedésű litofáciestípus tartozik ide. Rétegtanilag a 2.2-es fácies fedőjében helyezkedik el. A feltárásban 0,8 m vastag, bioklasztként szinte kizárólag echinoidea-töredékeket, másutt jó megtartású, egész tengerisün-maradványokat tartalmazó finomszemcsés, pátitos sűrűszemcsés és szemcsekőzet szövetű mészkő. A képződményt fedő apró nummuliteszes szemcse- és sűrűszemcsés kőzet szögdiszkordanciával települ erre a rétegre.

(2.4.) Vörösalgás, biogén törmeléket tartalmazó mikrites kalkarenit, nagy molluszkás, koralltöredékes, alveolinás mészkő

A 2.1-es litofációs *Alveolina* sp.-t tartalmazó változata (I. tábla, 4. fénykép), ahol a nagy energiájú üledékképződésre utaló molluszkahéj-töredékek, korallok és nagyméretű, vastag molluszkahéjak, valamint a csendesebb, nyugodtabb környezetet kedvelő apró nummuliteszek és alveolinák kalkarenites mikritben sűrűszemcsés- és szemcsekőzet szövetű képződményben találhatóak. A molluszkákat gyakran marószivacsok bioerodálták, ami a héjfelszín folyamatos lefedettségét jelzi, olyan nagyobb energiájú környezetre utalva, ahol a finomabb üledéket az áramlások elmosták.

(2.5.) Apróra zúzott biogén törmeléket tartalmazó bioklasztos kalkarenit nagyméretű molluszkakőbelekkel

A 2-es fáciescsoport rétegtanilag legfelül elhelyezkedő tagja, az Alveolinák kimaradásával és a nagy méretű mol-

luszkák ritkulásával és a koralltöredékek eltűnésével külön el az alatta fekvő litofáciestól.

(2.6.) Telepes korallokból felépülő mészkő

Az eddig ismertetett fáciesektől ÉÉNy-ra elhelyezkedő korallzátony-maradványok szálfeltárásban sehol nem láthatók. Jelenlétükre a zátonyelőtéri, illetve a zátonyháttéri üledékekben felhalmozódó telepeskorall-töredékek utalnak. Két helyen azonban korallzátonytest-darabok jelzik a zátonyépítmény meglétét (II. tábla, 1. fénykép). Az egyetlen masszív tömbből álló zátonyalkotó, hermatipikus korallzátonydarab egy része teljesen átkristályosodott, belső szerkezet nélküli, más részében vékony, oszlopos szerkezetű, 12 szeptummal rendelkező korallfaj építménye (II. tábla, 2. fénykép). Ez a képződmény ÉNy-on biogén törmelékes, alul orbitoliteszes, felfelé miliolinás, vörösalga-töredékes, echinoideás, sziliciklasztos márgás mészkőre (1.3-as, 1.4-es fáciesek) települve fejlődik ki, a korall maradványok számának növekedésével (2. ábra). Közvetlen fedője a kizárólag apró nummuliteszeket tartalmazó molluszkás szemcsekőzet (3.1-es fácies).

Az áthalmozott korallok nagy diverzitása a környezet számukra ideális voltát jelzi, ami a zátonyépítő korallok esetében, szűk határokon belül max. 20 m-es vízmélységet, normál sótartalmat és 26–29°-os vízhőmérsékletet jelent (READING 1978). Mivel ezek a litofációsak számban nem találhatóak meg, és nem lehet igazolni egybefüggő voltukat, nem zárható ki, hogy nem egy egységes zátonyperemet, hanem több kisebb-nagyobb foltzátonyt látunk. A megszerkesztett fedetlen földtani térképen a zátony vagy zátonysor kb. ÉK–DNy-i csapású sávra korlátozódik, a mélyebb vízi márgásabb, bioklasztban dús és a sekélyebb vízi, főleg vörösalgás, echinoideás mészkő litofációsak között. A zátonyépítmény csapása párhuzamosnak tűnik a medence keleti peremén észlelt középső-eocén szinszediment normálvetődések csapásával, és közel merőleges a fennálló kompressziós főfeszültség irányára (2. és 4. ábra)

(2.7.) Bioklasztos, korallós áthalmozott zátony (foltzátony?) törmelék

Közvetlenül a korallzátonyos litofációsaktól É-ra található képződmény áthalmozott, osztályozatlan, kerekítetlen telepeskorall-törmelékéből és nagy méretű biogén törmelék szemcsékből áll (rudstone). A 10–15 cm-es, egymással érintkező koralldarabok irányítva, vízáramlási irányba fordulva „úsznak” a bioklasztos, süntüskés, echinoidea-váz-elemeket tartalmazó kalkarenitben (II. tábla, 3–5 fényképen).

(2.8.) Nagy molluszkás, vörösalgás, koralltöredékes, apró nummuliteszes, mikrites, márgás kalkarenit, kalkaleurolit

Apró nummuliteszes, koralltöredékes, sok vörösalga-törmelék tartalmazó, echinoideás, helyenként nagy molluszkás (*Velates* sp., *Strombus* sp., *Natica* sp., *Tellina*(?) sp.) sűrűszemcsés kőzet. A korallós fáciestól É-ra, márgás

mátrixba összesomott osztályozott bioklasztok mélyebb, csendesebb üledékképződési környezetet jeleznek. A rétegdőlésből és a mai morfológiából adódóan, ÉNy felé ez a kőzettípus észlelhető a legnagyobb felszíni kiterjedésben. ÉK-en a nagy méretű molluszkák mellett kaotikusan összesomott, felső-triász karbonátos extraklasztok és nummuliteszek is megjelennek.

A DNy-ra található kisebb feltárásban ugyanez a képződmény vörösalgás, echinoideás, korallós sűrűszemcsés kőzetként jelenik meg, nagy méretű molluszkák nélkül, ahol ezeket biogén törmelék helyettesíti a mikrites kalkarenitben.

Felfelé a nummuliteszek gyakorisága nő, jelezve a szögdiszkordánsan települő fedő nummuliteszes sűrűszemcsés-, illetve szemcsekőzet kiépülését (3.1-es litofációs).

A 2. fáciescsoport értelmezése

A 2-es fáciescsoport litofációsai fokozatosan növekvő vízmélység mellett fejlődtek ki, az alattuk lévő biogén törmelék és sziliciklasztot tartalmazó, nagyobb energiájú rámpán kialakult fáciesekből. A két üledékképződési környezet közötti fő különbséget a zátonyalkotó korallok megjelenése jelenti. A korallzátony létrejötté, a növekvő vízszint és a medenceperemi aktív normálvetők a kezdeti kiegyenlített lejtésű rámpát ideiglenesen peremes selffé változtatták, aminek következtében nyíltabb, gyorsabban mélyülő zátonyelőtéri és védettebb, de viszonylag sekély zátonyháttér fáciesek alakultak ki (FLÜGEL 1982).

A zátonyháttérben kisebb mértékben összetört vörösalgategalepek, biogén törmelékes sűrűszemcsés- és szemcsekőzet, valamint egészben maradt echinoideákat tartalmazó ritkaszemcsés kőzet és az alveolinák jelenléte jelzi a nyugodtabb, kisebb energiájú lagúna környezetet (ARNI 1965; WILSON 1975; HOTTINGER 1983; KECSKEMÉTI 1989; HALLOCK, GLENN 1986). Az ebben a környezetben megjelenő, nagy energiájú folyamatokra utaló, vastaghéjú molluszkákat, vörösalga-törmelék és koralldarabokat tartalmazó, vastagpadosan keresztarétegzett képződményeket nagyobb viharok, esetleg földrengés keltette árhullámok hozhatták létre, áthalmozva a korallzátony környezetében élő szervezeteket a zátonyháttérbe. Az azonos szintben lévő áthalmozott üledékek ősmaradvány-tartalmának különbözőségét a zátonyperemtől való távolság magyarázza.

A zátonyelőtér nagyobb energiájú üledékképződési környezetében korallok, nagy méretű, vastag héjú molluszkák és héjtöredékek, echinoidea-vázdarabok és apróra zúzott biogén törmelékéből álló mészhomok osztályozatlan anyaga halmozódott fel az áthalmozott koralltöredékeket is beforgató erőteljes áramlási viszonyok között. Távolodva a zátonyperemtől, kis távolságon belül kimélyült környezetben márgás, a zátonyelőtérből átülepített bioklasztokból álló, felfelé apró nummuliteszes képződmények rakódtak le.

A vízszint-emelkedéssel lépést tartó karbonátos üledékképződésnek és a korallzátony fejlődésének nagy valószínűséggel tektonikai okokra visszavehető, viszonylag hirtelen vízszintemelkedés vethetett véget.

3. fáciescsoport: nummuliteszes mészkő fációsek

Az ebbe a csoportba tartozó litofációsek közös vonása az, hogy a nummulitesz vázak kőzetalkotó mennyiségben fordulnak elő bennük. Az 3.1-es és 3.2-es litofációsekben egy kicsi nummulitesz faj A formája, a 3.3-as litofációsekben uralkodóan két faj mindkét formája, de elsősorban a nagyobb B formák alkotják a kőzetet.

(3.1.) Apró nummuliteszes szemcsekőzet

Az É-ra és ÉNy-ra dőlő, keresztarétegzett, apró nummuliteszes litofációs (III. tábla, 1. fénykép), a mai morfológiának és rétegtani helyzetének megfelelően, az ÉÉNy-ra lefutó keskeny gerincek É-i végén jelenik meg, sapkaszerűen borítva a gerincek elvégződését. A vizsgált terület ÉK-i részén található szálfeltárásban a 1,5 m vastag, kizárólag apró, vonalazott, egymással szorosan érintkező nummulitesz-vázakból álló, hullámosan rétegzett nummuliteszes szemcsekőzet réteg, szög- és eróziós diszkordanciával települ az alatta fekvő 2.8-as litofációs, felsőtriász extraklasztokat és *Ostrea* sp. héjtöredékeket tartalmazó képződményére (III. tábla, 2. fénykép).

A 3.1-es litofációs apró, granulált felszínű B formájú és meanderezően vonalazott A formájú nummuliteszeit ROZLOZSNIK (1924, 1926) *Nummulites böckhi*-ként említette, de formálisan soha nem publikálta. Ezek a nummuliteszek az újabb térképezés során begyűjtött minták alapján az alsó-bartoni korszakra jellemző *Nummulites hottingeri* SCHAUB fajként határozhatók meg (Less Gy. szóbeli közlés). Ebben a képződményben ritka A és gyakori B formákkal jelentkezik ez a nummulitesz faj.

Ugyanakkor a terület Ny-i részén ez a képződmény a masszív korallzátonytestre települ, kitöltve annak egyenetlenségeit, üregeit (?) (III. tábla, 3. fénykép). Ezen a területen a nummuliteszek között, eredetileg a zátonykörnyezetből származó molluszkák héjtöredékei is megjelennek.

(3.2.) Apró nummuliteszes, sűrűszemcsés kőzet

Szemcsevázú, szinte kizárólag apró nummuliteszeket (*Nummulites hottingeri* SCHAUB) tartalmazó márgás, mikrites mészkő. A kőzetalkotó mennyiségű nummulitesz vázak közül nincs kimosva a mikrit. Ez a képződmény a 3.1-es litofációs mélyebb vízi megfelelője, ahová a nummulitesz vázak részben már áthalmozódva kerülhettek.

(3.3.) Nagy méretű nummuliteszeket tartalmazó sűrűszemcsés- és szemcsekőzet

A nagy méretű *Nummulites millicaput*, BOUB fajból és *Nummulites perforatus*, MONTF fajból álló nummuliteszes mészkő rétegek szerkezetileg levett és becsipett helyzetben található az eocén litofációsek mai elhelyezkedését meghatározó poszt-eocén szerkezeti vonalak mentén (2. ábra).

A Budai-hegységből FODOR et al. (1992) és MAGYARI (1996) által leírtakhoz hasonlóan gumósan, hullámosan

rétegzett, szigmoidális redőkkel, pasztikus nyírási síkokkal átjárt képződménynek sem fekvő, sem fedő képződménye nem látszik, amiből következően rétegtani helyzetét közvetlenül nem lehet meghatározni. A szemcsék közti mikrittartalom mélyebb, az áramlásoknak kevésbé kitett környezetet jelez.

A 3. fáciescsoport értelmezése

AIGNER (1982, 1983, 1985), RACEY (1990), SINCLAIR et al. (1998) és BEAVINGTON-PENNEY et al. (2005) nyomán az egymással érintkező nummuliteszvázakból álló, mikritmentes litofáciest, hullámzás keltette, nagy energiájú oszcillációs áramlások által, a viharhullámbázis határán összemosott, de helyben maradt, keresztarétegzett nummulitesz-zátonynak tekinthetjük. Hasonló jelenséget említ SINCLAIR et al. (1998) a Francia-Alpokból, valamint ARNI (1965) Líbiából (6. ábra) és AIGNER (1982, 1983, 1985) az egyiptomi nummuliteszes mészkő kifejlődésekből. AIGNER (1983) a nummulitesz-zátony kialakulását elősegítő feltételként említi az aljzat esetleges morfológiai egyenetlenségeit. BEAVINGTON-PENNEY et al. (2005) tunéziai modelljében a nummulitesz-zátony kialakulását víz alatti paleomorfológiai magaslatokhoz, ugyanakkor kis vízmélységhez köti.

A korallzátony „elsüllyedt” paleomorfológiai egyenetlensége, — ami egyben a medence szinszediment szerkezeti vonalak által meghatározott pereme is volt — valamint a zátony viszonylag szilárd felszíne és a táplálékot jelentő szinbionta algák jelenléte kedvezett a vízmélység növekedésével megjelenő nummuliteszek tömeges elszaporodásának (KECSKEMÉTI 1989, 1993 és szóbeli közlés). A viharhullámbázis környékére süllyedt, morfológiailag egyenetlen peremen a viharhullámok keltette áramlások nummulitesz-zátonyt építettek, kimosva a szemcsék közti mikrit nagy részét. Ezt erősíti meg a nummulitesz-zátony „zátonykövető” elterjedése is (2. ábra).

A szemcsék közti mikrittartalom növekedése és a márgásabb kifejlődés, a nummuliteszes mészkő mélyebb, a nummulitesz-zátony a medence felé elhelyezkedő fációseire jellemző. A korallzátony-előtéri fációsekre települő, mélyebb környezetbe áthalmozódott nummulitesz-vázak lejtőn való gravitációs mozgásának eredményeképpen pasztikus redők jöttek létre az üledékben. A szinszediment deformáció tektonikai eredetűre közvetve a Tatabányai-medence keleti peremén KERCSMÁR (1995, 1996, 2003, 2004) és KERCSMÁR, FODOR (2005) által leírt középső-eocénben aktív szinszediment és szindiagenetikus normálvetődések és eltolódások utalnak (4. ábra). A 3.2-es litofációs D-i, a zátonyháttér képződményeire települő heteropikus fációsei a mai morfológiai viszonyok és a rétegdőlésekből ítélve az eocén után erodálódtak.

A 3.3-as litofációs kisebb energiájú környezetet és mélyebb vizet kedvelő, lapos és nagy méretű nummuliteszekből álló képződménye — mint az ismertetett rétegsorok település szerinti legfiatalabb tagja — a vízmélység további növekedésével fejlődött ki a 3.1-es fációs felett.

Üledékképződési és sztratigráfiai modell

A vizsgált terület üledékképződési modelljének megalkotásában fontos tényező a globális tengervízszint-változáshoz köthető üledékképződési ciklusok és a rekonstruált üledékképződési környezetek közti korreláció. Ennek alapja a Tatabányai-medence eocén képződményeinek minél pontosabb rétegtani elhelyezése.

A rétegtani helyzet pontosítása után, a Tatabányai-medence DK-i peremének középső-eocén üledékképződését és fejlődéstörténetét a vizsgált üledékképződési környezetek, a globális vízszintváltozás, valamint a szinszediment szerkezeti események kapcsolata alapján rekonstruáljuk, és ez alapján összefoglaljuk a vizsgált rétegsorok, valamint a fúrásokból és korábbi szerzők leírásából ismert medencebeli képződmények kapcsolatát, tér- és időbeli összefüggését.

A Tatabányai-medence litosztratigráfiai egységeinek rétegtani helyzete

A Tatabányai-medence középső-eocén képződményeinek korábbi rétegtani felosztásait a képződmények jelenkori geomorfológiai helyzete (azonos képződmények elszigetelt földrajzi megjelenéseinek különféle értékelése, a jelentős poszteocén szerkezeti mozgások figyelembevétele nélkül) és nagyforaminifera-tartalma (főként az egyes nummuliteszfajok megjelenése és azok biosztratigráfiai zónahatárt jelölő szerepe), valamint az egyes kutatók által előnyben részesített eocén üledékképződési időintervallum (éppen aktuális bio- és litosztratigráfiai párhuzamosítások) kitöltése határozta meg. Ezért ezek a felosztások csak részleteikben, az egyes képződmények relatív sorrendjének meghatározására vagy az azonos rétegtani szinthez tartozó különféle kifejlődések korrelációjára használhatók fel.

A hazai eocén képződmények litosztratigráfiai egységeinek pontos sztratigráfiai helyzetét először BÁLDI-BEKE (1984) és NAGYMAROSY, BÁLDI-BEKE (1988), valamint KOLLÁNYI, BÁLDI-BEKE (2002) adta meg nannoplankton- és planktonforaminifera-vizsgálatok alapján. BÁLDI-BEKE (2002, 2003) szerint az ÉK-Dunántúli terület kőszénfeküje, így a Tatabányai-medence széntelepes összetételének alja is, az NP 16-os nannoplankton-zónába tartozik. Tovább pontosítja ezt a megállapítást a *Reticulofenestra tokodensis* endemikus nannoplanktonfaj rétegsorbéli megjelenése is, ami az ÉK-dunántúli területen a kőszénfedő képződményekben fordul elő, kivéve a Tatabányai-medencét, ahol már a kőszéntelepek közti meddő betelepülésekben is jellemző (BÁLDI-BEKE 2003). Az Oroszlány–2370-es fúrásban a *Reticulofenestra tokodensis*, a *Morzovella lehneri* planktonforaminifera-zónán belül jelenik meg, a Dorogi Formáció tetejére és a Csernyei Formációra jellemzően (BÁLDI-BEKE 2002).

Ezek alapján megállapítható, hogy a Tatabányai-medence középső-eocén üledékképződése a késő-lutetiaikora-bartoniban indult meg, a Dorogi Formációba sorolt

kőszéntelepes képződményekkel. A kőszéntelepek fedőjében, a Csernyei Formáció molluszkás márga, mészmárga rétegei után, folyamatos vízmélység-növekedéssel fejlődött ki a Csolnoki Formáció „operculinás márgája”. Ezekben a képződményekben a bartoni és a lutetiai emeletek határát pontosan nem lehet megadni, mivel az a 16-os nannoplankton-zónán belül található (BÁLDI-BEKE 2002; BÁLDI-BEKE 2003).

KOLLÁNYI, BÁLDI-BEKE (2002), valamint KOLLÁNYI et al. (2003) magnetosztratigráfiai vizsgálatok és planktonforaminifera alapján az Oroszlány–2370-es fúrás Csolnoki Agyagmárga Formációját már a bartoni emeletbe sorolja. Az operculinás agyagmárga rétegek az NP 17-es nannoplankton-zónába felnyúlva, a *Truncorotaloides rohri* planktonforaminifera-zónába tartoznak, felső részükön denudációs felszínnel érintkezve a fiatalabb képződményekkel. Ettől DNy-ra, a Móri-árok tulsó felén, a Ck–2-es fúrásban még ugyanezen a zónán belül a Csolnoki Agyagmárga Formációt a mélyvízi Padragi Márga Formáció fedi (BÁLDI, BÁLDI-BEKE 1986; BÁLDI-BEKE, BÁLDI 1990; KOLLÁNYI et al. 2003).

A nummuliteszekkel kapcsolatban BÁLDI-BEKE (2003) megállapítja, hogy az operculinás márgára jellemző apró nummulitesz faj, a *Nummulites subplanulatus*, valamivel magasabban és rétegtanilag szélesebb intervallumban fordul elő, mint a *Reticulofenestra tokodensis*. Ugyanakkor a *Nummulites subplanulatus* szintén erre a területre jellemző, endemikus fajnak tekintendő. Megjelenése tehát nem zónajelző szerepű, mint azt korábban gondolták, hanem inkább a *Reticulofenestra tokodensis* feletti rétegtani szintet jelöli, és nyílttengeri, normál sósvízi ökológiai viszonyokat jelez.

Az NP 16-os zónában általánosan elterjedt nummulitesz faj a *Nummulites perforatus* (BÁLDI-BEKE 1984). Sőt KECSKEMÉTI (1993) és BÁLDI-BEKE (2002), valamint BERNHARDT et al. (1985, 1988) a *Nummulites perforatus* megjelenését már az NP 15-ös zónából is megemlíti. A *Nummulites perforatus*-szal azonos rétegtani értékkel bír, de mélyebb vízi ökológiai viszonyokat kedvel a nagyobb termetű *Nummulites millecaput* (Kecskeméti, szóbeli közlés).

A Tatabányai-medencében mindkét nummulitesz faj a Szőci Mészke Formációba sorolt nummuliteszes mészkő kőzetalkotó faunájához tartozik. A fentiekből kitűnik, hogy a *Nummulites perforatus* biosztratigráfiai zónája szélesebb, mint az általunk vizsgált képződmények rétegtani kiterjedése, ezért indokolt megjegyezni, hogy a *Nummulites perforatus* és *Nummulites millecaput* rétegsorbéli megjelenése nem csak biosztratigráfiai zónahatárhoz, hanem ökológiailag kedvező viszonyok kialakulásához is köthető.

Pontosítja a rétegtani képet a vizsgált rétegsorban megjelenő ritka *Nummulites hottingeri* faj, ami az eddig ismert néhány lelőhelyén az alsó-bartoni rétegekben jelent meg (Less Gy. szóbeli közlés).

Mindezek alapján a korábbi szerzők által a Tatabányai-medencére felállított és bányaföldtanilag kiválóan használható rétegtani és medencefejlődési felosztás (alsó-eocén:

szénteles és *Nummulites subplanulatus*-os, középső-eocén: uralkodóan mészköves és *Nummulites perforatus*-os, felső-eocén: *Discocyclinás*, *Nummulites millecaput*-os képződmények — TAEGER 1909; ROZLOZSNIK 1924, 1928; SZÓTS 1956; SÓLYOM 1953, 1960) ma már túlhaladott.

Ennél jóval rövidebb időintervallumban és dinamikusabb, szerkezetföldtani és globális-eusztatikus vízszintváltozásokra visszavezethető, térben és időben viszonylag gyors ökológiai váltásokkal jellemezhető medencefejlődésben kell gondolkodni.

*Üledékképződési környezetek és változásaik
a késő középső-eocén
globális-eusztatikus vízszintváltozás
és a medence szerkezetfejlődésének tükrében*

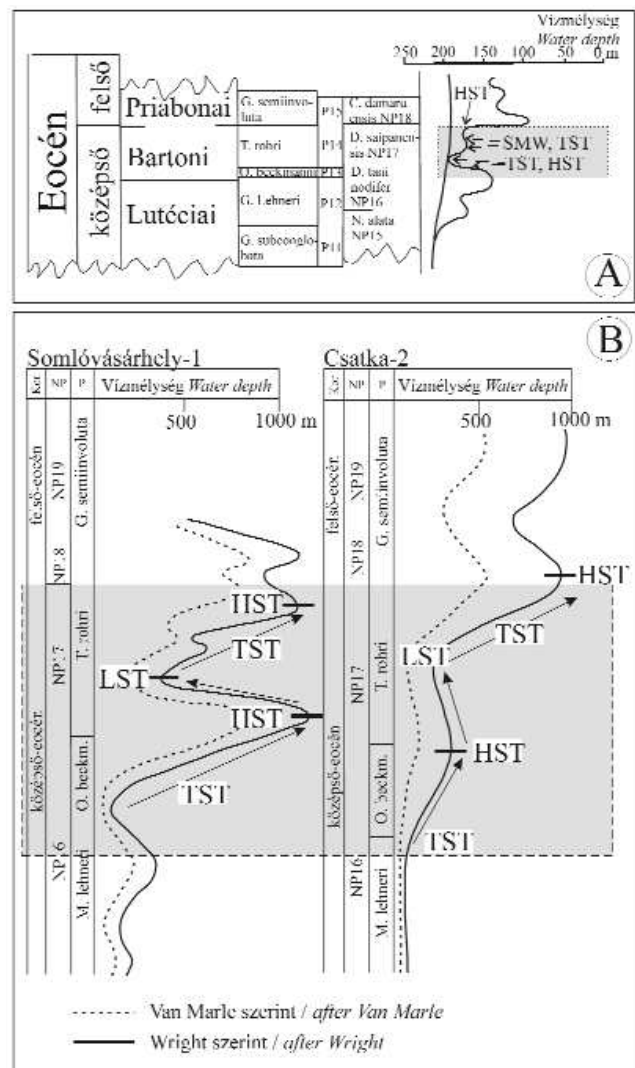
A fúrások tanúsága szerint a peremi üledékképződés a felső-triász karbonátkőzetekre települő homokrétegekkel indul. Ezek a rétegek 550 m-el ÉNy-ra (Ta-134-es fúrás) átmenet nélkül a közel 50 m vastag operculinás márga tetején nagy valószínűséggel eróziós diszkordanciával települnek, amit a medence DK-i részéről — ma már feltárásokból nem látható — ROZLOZSNIK (1924, 1928) írt le. A közel 30 m vastag üledékösszet alsó része anomias agyagból, agyagos, kőszénmaradványos, apró molluszkás homokból áll. Középső, kb. 20 m-es részére, két korallpadot, nummuliteseket és sok nagyméretű molluszkaköveget tartalmazó homokos márgás, agyagos homokos, durvahomokos és mészmárgás rétegek jellemzőek. A rétegsort zöldesszürke finomhomokos agyagmárga, glaukonitos, homokkőkonkréciós, homokos agyag és nummuliteses mészhomokkő zárja (3. ábra). Az operculinás márgára települő durvább törmelékes üledéket a medence több pontjáról (volt márgabánya, Muta-hegy) és számos fúrásból is leírtak (TAEGER 1909; ROZLOZSNIK 1924, 1928; SÓLYOM 1960; SZÓTS 1956; GIDAI 1977; KERCSMÁR 2005). Ezek alapján a mélyebb vízi, medence-környezetben képződött (BÁLDI-BEKE, BÁLDI 1990; KECSKEMÉTI 1989; BÁLDI-BEKE 2003) operculinás márga tetejére, a peremeken átmenet nélkül, eróziós diszkordanciával, a mélyebb részekben fokozatosan, a homoktartalom növekedésével, durvább törmelékes, sekélytengeri faunát tartalmazó képződmények rakódtak le. Egyazon időszinthez tehát a peremeken eróziós diszkordancia, a mélyebb részekben durvább, sziliciklasztosabb, de folyamatos üledékképződés tartozik, ami a medence relatív vízszintcsökkenését jelenti.

Mivel a középső-eocén végéről, ebből a rétegtani szintből több szerző is durvább törmelékes, sziliciklasztos rétegeket említ a Dunántúli-középhegység eocén kifejlődéseiből (SZÓTS 1948, SENEŠ 1964, KOPEK, KECSKEMÉTI 1965, BÁLDI-BEKE, BÁLDI 1990), a jelenség általánosnak tekinthető, és nagy valószínűséggel a lutetiai emelet legvégéből leírt globális eusztatikus vízszintcsökkenéshez (HAQ et al. 1988) köthető (7. ábra, A). A regressziós folyamat gyorsaságát és a megnövekedett reliefenergiájú háttérrel behordott sziliciklasztos üledék nagyobb mennyiségét, a vízszintcsökkenéssel egyidőben tektonikusan (kom-

pressziós fázis) emelkedő háttér okozhatta (FODOR, BÍRÓ 2004; KERCSMÁR, FODOR 2005; Fodor, szóbeli közlés). Ezek alapján az eocén kori Tatabányai-medence peremén kialakuló karbonátos üledékképződést megelőző törmelékes esemény, valamint a peremi üledékhány (operculinás márga sekélyebb vízi heteropikus fáciensei) létrejötté alacsonyvízi állapothoz tartozó szekvencia-határhoz köthető. Ezt támasztja alá az 50 m vastag, mélyebb vízi operculinás márga dél felé, 500 m-en belüli, átmenet nélküli teljes eltűnése és a medence felé eróziósan rátelepülő homokrétegek medenceperemi felső-triász aljzata is.

A lepusztítási, majd elöntési felszín felett, az elmosarasodó, helyenként széncsíkos, agyagos, homokos csökentsósvízi peremek, majd a homokos, korallós, molluszkás rétegek a vízszint növekedését, az erodált peremekre transzgredáló tengert és az újabb transzgressziós folyamatot jelzik. Ezzel megegyező folyamatot írt le SENEŠ (1964), a Lábatlantól É-ra fekvő felső-lutetiai rétegsorok vizsgálata alapján.

Az általunk vizsgált képződményeket a középső-eocén végén meginduló újabb transzgressziós folyamat hozta létre. A vízszintemelkedést a háttér kompressziós emelkedésével kísért tektonikus medenceperemi süllyedés és a



bakonyi területről is kimutatott (KOLLÁNYI et al. 1997) késő-lutetiai globális vízszintváltozás (HAQ et al. 1988) együttes hatása okozhatta (7. ábra). A kisvízi állapotban lepusztított medenceperem és a durvább sziliciklasztos üledékekkel feltöltött medenceterület ideális, kiegyenlített paleomorfológia térszín volt az 1-es fáciescsoport karbonátos rámpa típusú fáciesének kialakulásához, hasonlóképpen a SINCLAIR et al. (1998) által leírtakhoz (8. ábra, A). Ebben a fáciesegyüttesben részben a fekvő homok, homokos márga üledékek, részben a szárazföldről behordódó törmelékes üledékek miatt még jelentős mennyiségű sziliciklaszt található. A kezdeti, bioturbált, ásásnyomos rétegek a transzgresszió elmosási felszínét jelzik (BABINSZKI 2002).

Míg a nagy energiájú rámpakörnyezetet apróra zúzott biogén törmelék és a szemcsék jól osztályozottsága mutatja, addig az egyre mélyülő és egyben kisebb energiájú környezetre a miliolinák, orbitolitesek és operculinák megjelenéséből lehet következtetni. (HOTTINGER 1983; HALLOCK, GLENN 1986) A vízmélység növekedésével lecsökkenő sziliciklasztos üledékbehordás következtében a rétegsor tetején korallok (ROZLOZSNIK 1924, 1928) jelentek meg, és egyre jelentősebbé vált a mészvázú vörösalgák és egyéb mészkiválasztó szervezetek szerepe. Az ideális körülmények között (mozgatott, tápanyag dús víz, kevés

vagy semmi sziliciklasztos törmelék, szerkezetileg meghatározott morfológiai medenceperem) a peremeken megtelepedő és a vízszintváltozással együtt növekvő telepes korallok, zátonyperemet vagy foltzátonyokat hoztak létre (2-es fáciescsoport — 8. ábra, B).

Bár közvetlen tektono-szedimentológiai bizonyíték nincs rá, a korallzátony kiépülése a szénképződés és az operculinás márga lerakódása közben is aktív szerkezeti vonalak által preformált medenceperemen történhetett, az azok feletti differenciált sülyedés következtében. Ezt támasztja alá a zátony- és zátonykörnyéki fáciesek szerkezeti peremet követő elterjedése és eredetileg ÉK–DNy-i csapása is, amely a középső-eocénben aktív normálvetődésekkel és a háttérben húzódnó antiformal csapásával párhuzamos (KERCSMÁR 2004, KERCSMÁR, FODOR 2005, Fodor, szóbeli közlés).

A medenceterület szerkezeti sülyedése és a kezdeti vízszintnövekedéssel lépést tartó korallzátony-fejlődés a karbonátos rámpát peremes selffé változtatta. A korallzátony (foltzátonysor?) kiépülése fáciesdifferenciációt, nagyobb energiájú zátonyelőtéri és védettebb, zátonymögötti lagúnafácieseket hozott létre. A perem nagy energiája megmaradt, amit a háttérbe időnként bemosott, keresztretegzett, durvább bioklasztos üledékek jelenléte és az előtér koralltöredékes, molluszkahéj- és echinoidea-törmelékes képződményei mutatnak. A védettebb környezetben ugyanakkor alveolinák és mészvázú telepes vörösalgák, valamint számos echinoidea élt. A zátonyelőtér litofáciesei gyors mélyülést és horizontálisan gyorsan változó üledékképződési környezetet jeleznek (8. ábra, B).

A harmadik fáciescsoport kialakulásáért a medenceperemi vízszint további gyors növekedése a felelős. A vízszint-emelkedéssel korábban lépést tartó zátonyépítő szervezetek „elsülyedése” jelentős környezeti változásokra utal. A nummulitesz-zátony erős lokális áramlást (AIGNER 1982, 1983, 1985, SINCLAIR et al. 1998) jelez. A nummuliteszek elszaporodásához és a vázak nagy mennyiségű felhalmozódásához szükséges környezeti feltételeket a növekvő vízmélység és a szilárd, morfológiailag kiemelkedő aljzatot biztosító korallzátony hozta létre. A nummulitesz-zátony térbeli elterjedése nagyjából a korallzátony kifejlődését követi, a medence irányába túlterjedve azon a víz alatti paleomorfológiai magaslaton kialakuló nummulitesz-zátonyok vázelemei tömegesen halmozódhatnak át a mélyebb üledékképződési környezetekbe (BEAVINGTON-PENNEY et al. 2005), ezzel a nummuliteszes rétegek medence felé történő progradációját okozva (8. ábra, C).

A medence ugrásszerű tengerszintváltozását a glacio-euszatikus növekvő vízszint mellett elsősorban a Tatabányai-medence több pontjáról említett szinszediment tektonikai aktivitás (KERCSMÁR 1995, 1996; KERCSMÁR, FODOR 2005) miatt bekövetkező, tektonikus jellegű medenceperem-(el)sülyedés okozhatta a bartoni korban. Ezt támasztják alá a nummuliteszes rétegek alatti képződményekben található felső-triász extraklasztok és a hullámsan rétegzett nummuliteszes szemcsékőzet több feltárásban észlelt, kb. 30–40°-os csapásbeli eltérése és szögdiszkor-

7. ábra. Középső-eocén végi vízszintváltozási görbék

TST = transzgresszív üledékciklus, HST = nagyvízi üledékciklus, LST = kisvízi üledékciklus, SMW = jelentősebb erózió nélküli alacsonyvízi állapothoz tartozó selfperemi képződmények, P = planktonforaminifera-zónák, NP = nannoplankton-zónák

A) Globális euszatikus vízszintváltozás a középső-eocén végén, HAQ et al. (1988) szerint. A szürke négyzet a vizsgált időszakban lejátszódó globális vízszintváltozást és az ezen belüli szekvencia-sztratigráfiai eseményeket jelöli. Az események jól korrelálhatók a Magyar-Paleogén-medence azonos időszakának vízszint-ingadozási görbéivel (l. 7. ábra, B)

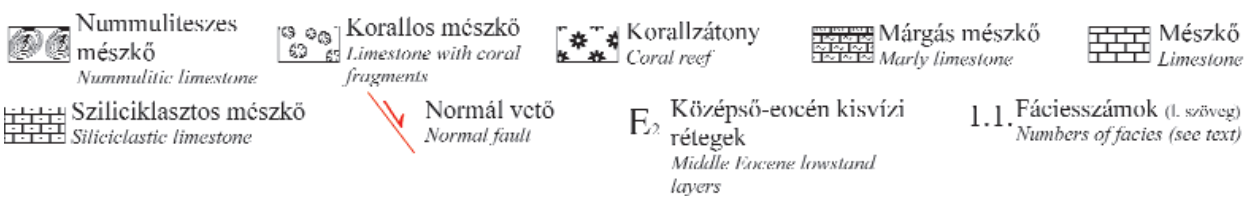
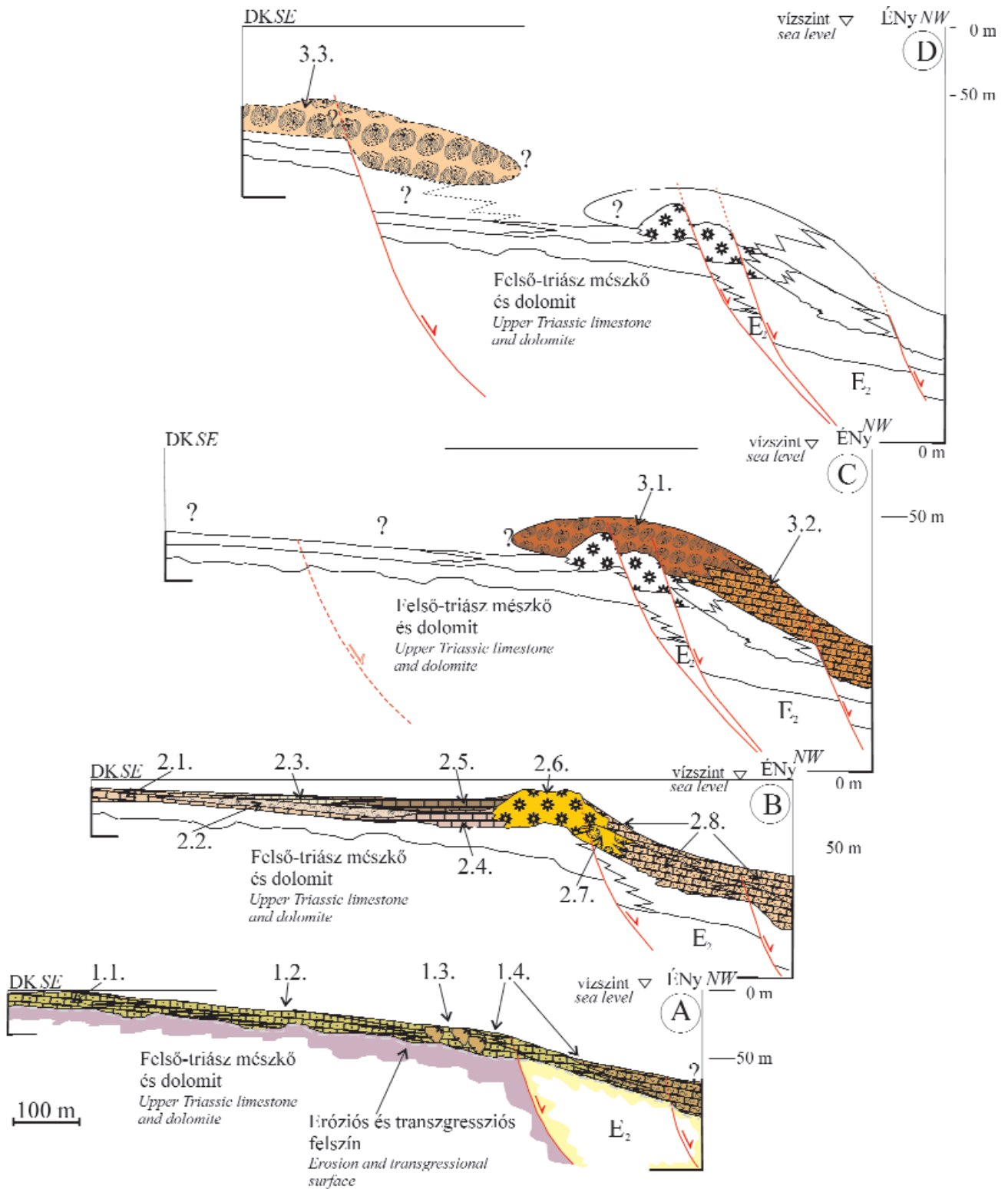
B) A DNy-i (Somlósárhely-1 fúrás) és az ÉK-i Bakony (Csatka-2 fúrás) területére vonatkozó középső-eocén végi batimetrikus görbék, plankton-bentosz foraminifera aránya alapján számítva (HORVÁTH-KOLLÁNYI, NAGY-GELLAI 1989; KOLLÁNYI et al. 1997). A szürke négyzet az ÉK-Dunántúli középső-eocén képződmények biosztratigráfiai helyét jelöli, BALDI-BEKE (2003) nannoplankton- és KOLLÁNYI, BALDI-BEKE (2002) planktonforaminifera-vizsgálatai alapján. A kijelölt zónán belüli vízszintváltozási események határozzák meg a vizsgált terület üledékképződésének főbb törvényszerűségeit. A késő-lutetiai-bartoni során két jelentősebb tengerszint-emelkedés és az azokat elválasztó vízszintes volt az üledékképződés jellegét meghatározó esemény

Figure 7. Global and regional sea-level curves from the end of the Middle Eocene

TST = Transgressive Systems Tract, HST = Highstand Systems Tract, LST = Lowstand Systems Tract, SMW = Shelf Margin Wedge Systems Tract, P = plankton foraminifera zones, NP = nannoplankton zones, Kor = age, eocén = Eocene, felső = Upper, középső = Middle

A) Eustatic sea-level change for the late Middle Eocene after HAQ et al. (1988). The studied zone is indicated by in the grey square. The correlation is well between the global eustatic sea-level changes and the bathymetric curves of the Hungarian Palaeogene Basin in the end of Middle Eocene (see Figure 7, B)

B) Bathymetric records of benthic and planktonic foraminifera versus sediment age of the SW Bakony (Somlósárhely-1 borehole, see Figure 1) and NE Bakony (Csatka-2 borehole, see Figure 1) after HORVÁTH-KOLLÁNYI, NAGY-GELLAI (1989) and KOLLÁNYI et al. (1997). The grey square covers the biostratigraphic zone of the Middle Eocene sediments in the NE part of the Transdanubian Range after BALDI-BEKE (2003) and KOLLÁNYI, BALDI-BEKE (2002)



8. ábra. A Tatabányai-medence DK-i peremének középső-eocén üledékképződési modellje

- A) A lutetiai emelet végén, bartoni emelet elején létrejött karbonátrámpán sekélytengeri üledékképződés indult meg. A sziliciklasztos szemcsékkel kevert karbonátos képződmények a tektonikailag preformált medenceperemen közvetlenül a felső-triász képződményekre, a medence irányában pedig középső-eocén törmeléken üledékekre („perforata-brongniarti rétegek”) települnek
- B) A szinszediment normálvétők által létrehozott selfperemen – a vízszintemelkedéssel lépést tartva – korallzátony épült ki, ami nagyobb energiájú zátonyelőteri és védettebb zátonyháttéri fácieseket hozott létre (l. az 5. és 6. ábrán)
- C) A szinszediment tektonikai süllyedés és a globális vízszintemelkedés a vízmélység gyors növekedését, és a korallzátony-peremes self elsüllyedését okozta. Az egykori zátonyperem víz alatti paleomorfológiai magaslatán apró-nummuliteszes mészkőképződés indult meg. A viharhullámbázis környékén az áramlások által átmosott, de helyben maradt nummulitesz-vázak nummulitesz-zátonyt alkottak (l. az 5. és 6. ábrán)
- D) A medenceperem újabb területeket érintő, hátralépő szerkezeti süllyedése és a tovább folytatódó vízszintemelkedés nagy területre kiterjedő nummuliteszes mészkőképződést („főnummuliteszes mészkő”) eredményezett. A kedvező ökológiai viszonyoknak megfelelően ekkor jelentek meg a medenceperemen általánosan elterjedt *Nummulites millecaput* és *Nummulites perforatus* fajok is

Figure 8. Depositional evolution of southeastern part of the Tatabánya Basin from Middle Eocene

- A) The Late Lutetian – Early Bartonian sediments were produced on a carbonate ramp with abundant siliciclasts. The mixed carbonate and siliciclastic facies were deposited in shallowmarine and high-energy conditions, covered the erosion surface of the Upper Triassic limestone and dolomite on the basin margin, and the Middle Eocene lowstand sediments (“perforata-brongniarti layers”) towards the basin.
- B) The eustatic sea-level rise produced the carbonate facies differentiation on the basin margin controlled by flexural extension and transpression tectonics. The facies differentiation was caused by the coral reef build-up, which was separated the sedimentological environments of the basin margin. The fore-reef facies was a high-energy conditions, and the back-reef facies was a lagoonal restricted environment (see in Figures 5 and 6)
- C) Combination of the eustatic sea-level rise and the synsedimentary tectonic subsidence resulted in the rapid water-depth growing. The abruptly drowned coral-reef facies was covered by nummulitic limestone with small nummulite fragment. The contact with the overlying nummulitic facies and the coral-reef, fore-, and back-reef facies is abrupt. The storm wave currents concentrated the nummulite fragments which build-up the nummulite bank or shoal (see Figures 5 and 6)
- D) The backstepping structural subsidence produced the rapid sea-level rise and the sedimentation of the nummulitic limestone containing *Nummulites perforatus* and *Nummulites millecaput* all over the basin margin (“main nummulitic limestone”)

dáns települése is. Ugyanakkor a medence DNy-i peremén, az apró nummuliteszes szemcsékőzet rétegek is bőségesen tartalmaznak felső-triász dolomit- és mészkőtörmeléket (KERCSMÁR 2005) Ehhez a litofácieshez tartozó, áthalmozott, apró nummulitesz-vázakból felépülő mélyebbvízi rétegek, ÉNy-ra egyre több mikrittel és mészmárgás kifejlődéssel jelennek meg a homokos, mészmárgás, nagy molluszkákat tartalmazó képződmények tetején.

A hirtelen vízszintemelkedést és a medenceperem általános elöntését mutató, nagy területen egységesen megjelenő nummuliteszes mészkőrétegek, hasonlóan azokhoz, amelyeket SINCLAIR et al. (1998) figyelt meg, a medence késő-bartoni nagyvízi állapotához köthetők. A dolgozatban említett fúrások alapján megállapítható, hogy az általunk a felszínen vizsgált rétegsor tetején található nummuliteszes mészkő-, mészmárga- és márgásmészkő-fáciesek ÉNy-i irányban, a nagyvízi állapotnak megfelelően progradálnak a medence felé.

A területen megjelenő, *Nummulites millecaput* és *Nummulites perforatus* nagy méretű B formáit tömegesen tartalmazó litofácies mindkét előfordulása szerkezetileg levetett, tektonikusan becsípett helyzetben van. Mivel ennek a képződménynek sem a fekvő sem a fedő üledékei nem látszanak, rétegtani besorolásuk itt bizonytalan. Azonban a Tatabányai-medence DNy-i és K-i peremén a *Nummulites millecaput* és *Nummulites perforatus* tartalmú rétegek a felső-triász karbonátközetekre települő biogén törmeléken, alapbreccsás, vörösalga-töredékes, echinoidás mészkő-, márgás mészkő- és szinszediment tektonikus breccsából álló rétegek felett következnek (KERCSMÁR 1995, 1996, 2003, 2005 — 8. ábra, D).

Mivel az apró nummuliteszes mészkő a molluszkás, biogén törmeléken, koralltöredékes mészkőre települ, és a bemutatott rétegsorban ez alatt sem található *Nummulites perforatus* vagy *Nummulites millecaput* tartalmú kőzet, a nagyméretű nummuliteszeket tartalmazó litofáciest a vizs-

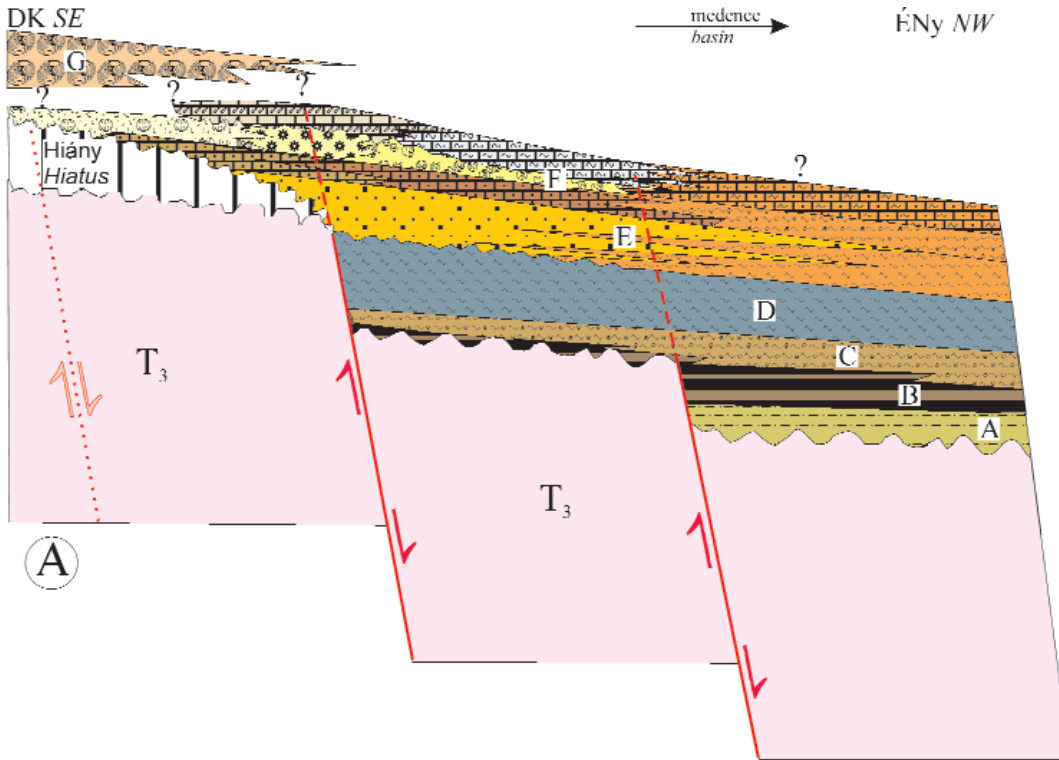
gált rétegsorok tetejére kell helyezni, aminek az alja összefogozódhat az apró nummuliteszes mészkővel.

Rétegtani, litosztratigráfiai megállapítások és összefüggések a vizsgált területen

A felállított üledékképződési modellünk értelmében az általunk vizsgált karbonátos rétegsor az operculinás márga képződése közben, azt részben megszakítva, a lutetiai-bartoni határ közelében létrejött glacio-eusztatikus kisvízi állapot (HAQ et al. 1988) után következő transzgressziós ciklus terméke (3, 9. ábra).

A kisvízi állapot a peremeken eróziót, a mélyebb részeken durvább törmeléken üledékképződést okozott. Ennek következtében az operculinás márga alsó részének heteropikus, sekélyebb vízi fácieseit, a Tatabányai-medence DK-i részén nem ismerjük.

A Tatabányai-medencéből „alsó- és felső perforata-brongniarti” rétegekként leírt és különválasztott (ROZLOZNIK 1924, 1928; SZÓTS 1956) sziliciklasztos, molluszkás, nummuliteszes rétegek egy része nagy valószínűséggel az operculinás márga hiányzó, sekélyebb fácieseknek erodált és mélyebb környezetbe áthalmozott üledékét, más része pedig a kisvízi állapot utáni transzgresszió kezdeti, még sziliciklasztos rétegeit tartalmazza. A korábbiakkal ellentétben, a perforata-brongniarti tartalmú rétegsorok nem tekinthetők két külön regressziós szakasz termékének, és nem helyezhetők két külön rétegtani szintre sem. Rétegtani helyzetükből adódóan a perforata-brongniarti rétegek nem a *Nummulites millecaput*-os és *Nummulites perforatus*-os ún. „főnummuliteszes mészkő” (Szöci Mészkő) heteropikus fáciesét képezik (ROZLOZNIK 1924, 1928; SZÓTS 1956), hanem ezek a képződmények a medence kisvízi állapotához köthető, áthalmozott sziliciklasztos üledékek, amelyek tartalmazzák az operculinás márga sekélyebb fácieseknek lepusztított kő-

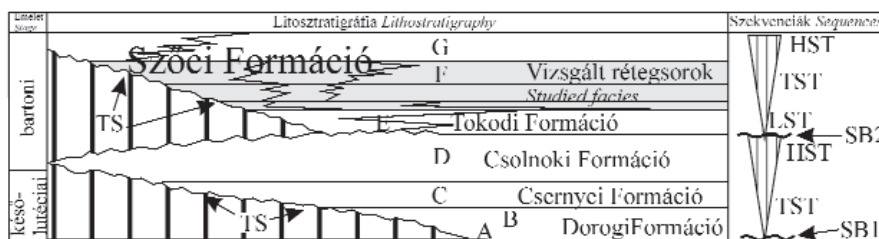


- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Nummuliteszes mészkő (<i>N. perforatus</i> , <i>N. millecaput</i>)
Nummulitic limestone (G) | | Homokos mészkő (F)
Sandy limestone |
| | Nummuliteszes homokos mészmárga (T)
Nummulitic marly limestone with sand | | Homokos márga (E)
Sandy marl |
| | Nummuliteszes márgás mészkő, mészmárga (T)
Nummulitic marly limestone | | Homok (E)
Sand |
| | Nummuliteszes mészkő (<i>Nummulites böckhi</i>) (F)
Nummulitic limestone | | Operculinás márga (D)
Operculina marl |
| | Koralltöredékes, nagy molluszkás mészkő (F)
Limestone with coral fragments and large Molluscs | | Kőszénfedő molluszkás márga (C)
Marl with molluscs on the coal layers |
| | Korallzátony, korallós mészkő (F)
Coral reef, limestone with coral fragments | | Kőszéntelepesség (B)
Coal seams |
| | Koralltöredékes, echinoideás, vörösalgás mészkő (F)
Limestone with echinoids, coral and red algae fragments | | Kőszénfekvő agyag, homokos agyag (A)
Clay, sandy clay under the coal layers |
| | Molluszkás márga (F)
Marl with molluscs | | Felső-triász dolomit és mészkő
Upper Triassic Limestone and Dolomite |
| | | | Hiány
Hiatus |

9. ábra. Középső-eocén rétegtani, litosztratigrafiái, tektonikai és szekvencia-sztratigrafiái összefüggések a Tatabányai-medence DK-i részén

A) A Tatabányai-medence DK-i részének szematikus sztratigrafiái és fácies-rekonstrukciója. A kétdimenziós szerkezeti és fácies-eloszlási modell a vizsgált karbonátos képződmények (F) időszintjén értelmezendő. A betűjelek a sztratigrafiái egységeket jelölik (1. még a 9B és a 3. ábrát)

B) A litosztratigrafiái egységek medenceperemi kifejlődési sémája a relatív vízszint-változások függvényében. A betűjelek a közzettani tartalmat, a szürke szín a vizsgált karbonátos kifejlődések helyét jelöli (1. még a 9A és a 3. ábrát)



- B**
- - Középső-eocén színszediment normál vető
Middle Eocene synsedimentary normal fault
 -
 - Nem aktív színszediment normál vető
Non-active synsedimentary normal fault
 -
 - Vízszintnövekedés
Sea-level rise
 -
 - Szekvenciahatár
Sequence boundary

- TST Transzgressziós üledékciklus
Transgressive Systems Tract
- LST Alacsonyvízi üledékciklus
Lowstand System Tract
- HST Nagyvízi üledékciklus
Highstand System Tract
- TS Transzgressziós felület
Transgressive Surface

Figure 9. Middle Eocene stratigraphical, lithostratigraphical, tectonical and sequence-stratigraphical relations of south-eastern margin of the Tatabánya Basin

Formáció = Formation, bartoni = Bartonian, késő-lutetiai = Late Lutetian

A) Schematic stratigraphical and facies reconstruction on southeastern margin of the Tatabánya Basin. The bidimensional facies and tectonic model interpretation corresponds to the time of studied carbonate sediments deposition (F). The alphabetic indexes correspond to the stratigraphical units (see also Figures 9B and 3)

B) Lithostratigraphical pattern of the basin margin related to the relative sea-level changes. The alphabetic indexes corresponds to the lithological properties of the Middle Eocene sediments on the basin margin (see also Figures 9A and 3.). The grey section indicates the position of the studied carbonate sediments in the lithostratigraphic chart

zetanyagát és áthalmozott ősmaradványait, valamint a kora-bartoni transzgressziós szakaszban kialakuló karbonátos, sziliciklasztos rámpa alsóbb rétegeit.

A ROZLOZSNIK (1924, 1928) és SZÓTS (1956) által is megemlített, újonnan meghatározva *Nummulites hottingeri*-s, alsó-bartoni apró nummuliteszes mészkő és márgás mészkő rétegtanilag a *Nummulites perforatus* és *Nummulites millicaput*-os mészkő és mészmárga, valamint a *Nummulites subplanulatus*-os operculinás agyagmárga rétegtani szintje között, illetve kérdésesen részben a perforatusos-millicaputos rétegek alsó részével összefogazódva helyezkedik el.

A bartoni emeletben, az NP 17-es zónában, a kisvízi törmeléken üledékek felett kifejlődő, transzgressziós ciklushoz tartozó karbonátos rétegsor, a peremi részeken közvetlenül a felső-triász aljzatra, heteropikus, mélyebb vízi analógjai a Csolnoki Agyagmárga felett — illetve részben annak felsőbb részével összefogazódva — márga, homokos márga (Tokodi Formáció) kifejlődésekre települ. Ősmaradvány-tartalmuk, litológiai jellegeik és települési helyzetük alapján ezek a rétegek az ÉK-dunántúli, középső-eocén végén képződött Szóci Mészkő Formáció alsóbb részéhez tartoznak (9. ábra; GYALOG, BUDAI 2004). Ebben a települési helyzetben lévő képződményekre DUDICH, GIDAI (1980) korábban a Nagysápi Formáció elnevezést javasolta, aminek rétegtani szintjét azonban a felső-eocén aljára tették. Nem kizárt, hogy a Tatabányai-medence középső-eocén karbonátos rétegeinek felső része már átnyúlik a felső-eocén aljába, a vizsgált rétegsorok azonban még a *Nummulites millicaput* és *Nummulites perforatus*

tömeges megjelenése előtti, középső-eocén végi kifejlődésekhez tartoznak.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik jelen munkának a létrejöttét segítették, közvetve, vagy közvetlenül részt vállaltak benne. A témafelvetést, az építő konzultációkat, és a közös munkát köszönöm Dr. Monostori Miklósnak, Dr. Mindszenty Andreának, dr. Kázmér Miklósnak és dr. Fodor Lászlónak. A munkák elvégzésének lehetőségéért köszönet illeti az ELTE TTK Doktori Iskoláját, az ELTE TTK Őslénytani Tanszékét, az ELTE TTK Alkalmazott- és Környezetföldtani Tanszékét, a MÁFI Alapkutatási Főosztályát és Medenceanalízis Osztályát és a MÁFI Térképezési Főosztályát. Hálás vagyok dr. Brezsnaynszky Károlynak, dr. Nádor Annamáriának, dr. Budai Tamásnak, Unger Zoltánnak, Dr. Müller Pálnak, dr. Csillag Gábornak, dr. Selmeczi Ildikónak és dr. Magyar Árpádnak támogató biztatásukért és segítségükért. Köszönöm Dr. Kecskeméti Tibor, Dr. Haas János, Dr. Császár Géza, dr. Makk Ágnes, Bernhardt Barnabás és Pálfalvy Sarolta tanácsait és észrevételeit. Külön köszönöm Dr. Balla Zoltán szerkesztői és dr. Less György hasznos lektori segítségét és észrevételeit, valamint a nummuliteszek meghatározásában nyújtott segítségét. A kutatást, a dr. Fodor László vezette T 042799 sz. OTKA-projekt támogatta.

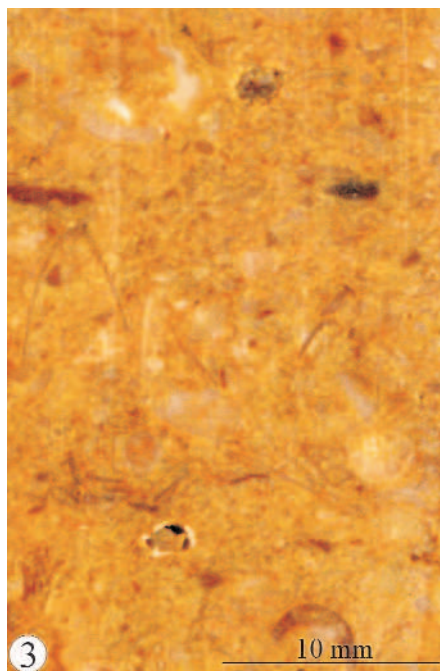
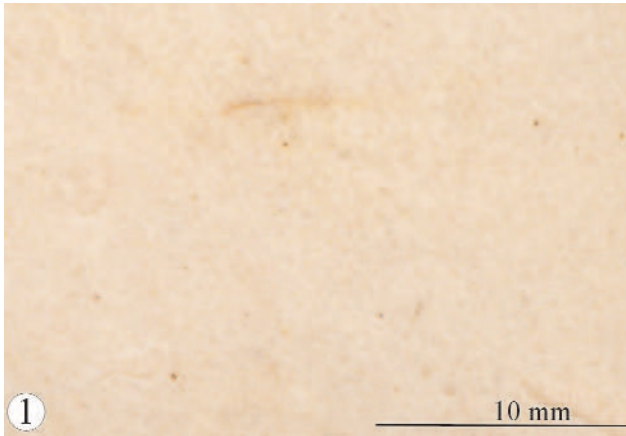
Irodalom — References

- AIGNER T. 1982: Event stratification in nummulite accumulation and in shell beds from the Eocene of Egypt. — In: EINSELE, G., SEILACHER, A. (eds): *Cyclical and Event Stratification*. Springer, Berlin, pp. 248–261.
- AIGNER T. 1983: Facies and origin of nummulitic buildups: an example from the Giza Pyramids Plateau (Middle Eocene, Egypt). — *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 166, pp. 347–368.
- AIGNER T. 1985: Biofabrics as dynamic indicators in nummulite accumulations. — *Journal of Sedimentary Petrology* 55 (1), pp. 131–134.
- ARNI P. 1965: L'évolution des Nummulitinae en tant que facteur de modification des dépôts littoraux. — *BRGM Memoire* 32, Paris, pp. 7–20.
- ARNI P., LANTERNO E. 1972: Considérations paléocéologiques et interprétation des calcaires de l'Éocène du Véronais. — *Archives de Sciences (Geneve)* 25, pp. 251–283.
- BABINSZKI E. 2002: Nyomfossziliák szerepe az őskörnyezeti értelmezésben: áttekintés. — *Földtani Közöny* 132 (3–4), pp. 423–447.
- BADA G., FODOR L., SZÉKELY B., TIMÁR G. 1996: Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mountains, northern Hungary. — *Tectonophysics* 255, pp. 269–289.
- BÁLDI T., BÁLDINÉ-BEKE M. 1986: A magyarországi paleogén medencék fejlődéstörténete. — *Őslénytani Viték* 33, pp. 95–145.
- BÁLDINÉ BEKE M., BALDI T. 1990: A Bakonyi Eocén Medence sülyedéstörténete. — *Általános Földtani Szemle* 25, pp. 83–118.
- BÁLDINÉ-BEKE M. 2002: A planktonsztratigráfia hatása a hazai eocén rétegtanára. — *Földtani Közöny* 132 (3–4), pp. 355–366.
- BÁLDINÉ-BEKE M. 2003: A dunántúli eocén kőszénösszletek fedőképződményeinek rétegtana és paleoökológiája nannoplankton alapján. — *Földtani Közöny* 133 (3), pp. 325–343.
- BERNHARDT B., BÁLDI-BEKE M., LANTOS M., HORVÁTH-KOLLÁNYI K., MÁRTON P. 1988: Eocene magneto-, and biostratigraphy at Somlóvásárhely, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 31 (1–2), pp. 33–52.
- BERNHARDT B., LANTOS M., MÁRTON P., BÁLDI-BEKE M., HORVÁTH-KOLLÁNYI K., KECSKEMÉTI T. 1985: Magneto-, and biostratigraphy of the Eocene sequence from borehole

- Somlólásárhely 1. (SW Bakony Mts., Western Hungary). – *INA Newsletter* 7, pp. 53–56.
- BEAVINGTON-PENNEY S. J., WRIGHT V. P., RACEY A. 2005: Sediment production and dispersal on foraminifera-dominated early Tertiary ramps: the Eocene El Garia Formation, Tunisia. – *Sedimentology* 52 (3), pp. 537–569.
- BIGNOT G. 1972: Recherches stratigraphiques sur les calcaires du Crétacé Supérieur de l'Éocène d'Istrie et des régions voisines. Essai de révision de Liburnien. – *Travaux du Laboratoire de Micropaleontologie* 2, 353 p.
- BUXTON M. W. N., PEDLEY H. M. 1989: Short paper: a standardised model for Tethyan Tertiary carbonate ramps. – *Journal of Geological Society London* 146, pp. 746–748.
- COMTE D., LEHMANN P. 1974: Sur les carbonates de l'Ypresien et du Lutétien basal de la Tunisie centrale. – *Compagnie Française des Pétroles Notes et Mémoires* 11, pp. 275–292.
- DUNHAM R. J. 1962: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. – *American Association of Petrology Geologists Memoire* 1, pp. 108–121.
- DUDICH E., GIDAI L. 1980: A magyarországi eocén kőzetrétegtani egységei. előzetes közlemény – *Általános Földtani Szemle* 14, pp. 81–111.
- EMBRY A. F., KLOVAN J. E. 1971: A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island. – *Canadian Society of Petroleum Geologists Bulletin* 19, pp. 730–781.
- FLÜGEL E. 1982: *Microfacies analysis of limestones, handbook* – Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 633 p.
- FODOR L., BÍRÓ I. 2004: Sziklás eocén tengerpart a kréta korú Vértessomlói-rátalódás mentén. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 153–162.
- FODOR L., KERCSMÁR ZS. 1995: Tectonically controlled, Middle Eocene scarp, Early Oligocene strike-slip fault. In: ÁRGYELÁN, G., FOGARASI, A. (eds.): *Upper Cretaceous and Paleogene of the Transdanubian Central Range. Field guide – Cretaceous and Paleogene Paleogeography and Geodynamics of the Alpine-Carpathian-Pannonian Region*, ALCAPA Workshop, Hungary, 1995, pp. 23–24.
- FODOR L., KÁZMÉR M., MAGYARI Á., FOGARASI A. 1992: Gravity-flow dominated sedimentation on the Buda paleoslope (Hungary). Record of Late Eocene continental escape of the Bakony Unit. – *Geologische Rundschau* 82, pp. 695–716.
- FODOR L., CSONTOS L., BADA G., GYÖRFI I., BENKOVICS L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian Basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. – In: Durand B., Jolivet L., Horváth F. and Séranne M. (eds.): *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogene*. – *Geological Society of London, Special Publications* 156, pp. 295–334.
- FOURNIE D. 1975: L'analyse séquentielle et la sédimentologie de l'Ypresien de Tunisie. – *Bulletin Centres de Recherches Pau-SNPA* 9, pp. 27–75.
- GIDAI L. 1977: A Tatabányai TA–1481. számú fúrás eocén rétegsora. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1975. évről*, pp. 219–228.
- GILHAM R. F., BRISTOW C. S. 1998: Facies architecture and geometry of a prograding carbonate ramp during the early stages of foreland basin evolution: Lower Eocene sequences, Sierra de el Cadí, SE Pyrenees, Spain. In: WRIGHT V. P., BURCHETTE T. P. (eds.) *Carbonate Ramps*. – *Geological Society Special Publications* 149, pp. 181–203.
- GYALOG L., BUDAI T. (eds.) 2004: Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratigráfiai tagolására. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 195–232.
- HAAS J. 1998: *Karbonátszedimentológia. Egyetemi tankönyv*. – Eötvös Kiadó, Budapest, 147 p.
- HALLOCK P. 1979: Trends in test shape in large, symbiont-bearing foraminifera to paleoecologic interpretation. – *American Association of Petrology Geologists Bulletin* 64 (5), pp. 716–717.
- HALLOCK P., GLENN 1986: Larger Foraminifera: a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies. – *Palaos* 1, pp. 55–64.
- HAQ B. U., HARDENBOL J., VAIL P. R. 1988: Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: WILGUS C. K., HASTINGS B. S., KENDALL C. G., POSAMENTIER H. W. ROSS C. A., VAN WAGONER J. C. (eds.) – *Sea Level Changes: An Integrated Approach, Society of Economic, Paleontological and Mineralogical, Special Publications* 42, pp. 71–108.
- HOTTINGER L. 1983: Processes determining the distribution of larger Foraminifera in space and time. In: MEULENKAMP J. E. (ed.) *Reconstruction of Marine Paleoenvironments*. – *Bulletin of Utrecht Micropaleontology* 30, pp. 239–253.
- HOTTINGER L., DREHER D. 1974: Differentiation of Protoplasm in Nummulitidae (Foraminifera) from Elat, Red Sea. – *Marine Biology* 25, pp. 41–60.
- KÁZMÉR M. 1983: Microfacies pattern of the Upper Eocene limestones at Budapest, Hungary. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestensis de Rolando Eötvös nominatae Sectio Geologica* XXV, pp. 139–152.
- KÁZMÉR M., DUNKL I., FRISCH W., KUHLEMANN J., OZSVÁRT P. 2003: The Paleogene forearc basin of the Eastern Alps and Western Carpathians: subduction erosion and basin evolution. – *Journal of the Geological Society*, London 160, pp. 413–428.
- KECSKEMÉTI T. 1989: Bathymetric significance of recent larger foraminifera an example of application to the Eocene of Hungary. – *Fragmenta Mineralogica et Paleontologica* 14, pp. 73–82.
- KECSKEMÉTI T. 1993: Paleokommunitás vizsgálatok a bakonyi eocén nagyforaminiferáin. – *Őslénytani Viták* 39, pp. 97–113.
- KerCSMár Zs. 1993: Eocene scarp, Oligocene strike-slip, Tatabánya. field guide – In : Balla Z., Dudko A., Fodor L. (eds.): *Guide to pre-workshop excursion in the Transdanubian Range*, ALCAPA Workshop, Hungary, 1993. pp. 24–29.
- KERCSMÁR ZS. 1995: A tatabányai eocén medence keleti peremének öskörnyezeti rekonstrukciója és tektono-szedimentológiai vizsgálata. szakdolgozat. – *Kézirat*, Eötvös Loránd Tudomány Egyetem Őslénytani Tanszék; Alkalmazott- és Környezetföldtani Tanszék, Budapest.
- KERCSMÁR, ZS. 1996: Syntectonic sedimentation in the marine Eocene of Tatabánya, Hungary. Kurzfassungen der Vorträge und Poster. – *Sediment '96 11. Sedimentologentreffen 9-15. Mai 1996*, Institut für Geologie-Institut für Paläontologie Universitate, Wien. 74. p.
- KERCSMÁR ZS. 2003: Late Lutetian synsediment tectonic activity on the NE part of the Transdanubian Range (Tatabánya Basin, Vértes Mts., Hungary). *Abstract – 22nd IAS Meeting of Sedimentology*, Opatija, Croatia, September 17–19, 2003, p. 94.
- KERCSMÁR ZS. 2004: A tatabányai vöröskalcittelérek szerkezetföldtani jelentősége. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 163–174.
- KERCSMÁR ZS. 2005: A Tatabányai Eocén Medence földtani felépítésének és fejlődéstörténetének újabb kutatási eredményei, üledékföldtani és tektono-szedimentológiai vizsgálatok alapján.

- PhD Thesis. — *Kézirat*, Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem, Természettudományi Kar, Óslénytani Tanszék (in prep.).
- KERCSMÁR Zs., FODOR L. 2005: Syn-sedimentary deformations in the Eocene Tatabánya Basin, Central Hungary. abstract. — *3rd Meeting of the Central European Tectonic Studies Group*, Felsőtárkány, April 14–15, 2005, Hungary, Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic, pp. 60–61.
- KOLLÁNYI K., VETŐ I., HERTELENDI E. 1997: Változások a bakonyi eocén tengerben foraminiferák izotóp összetétele tükrében. — *Földtani Közlöny* 127 (1–2), pp. 111–126.
- KOLLÁNYI K., BÁLDINÉ-BEKE M. 2002: Eocén fúrások részletes plankton zonációja, mint az integrált bio- és magnetosztatigráfiai vizsgálatok alapadatai. — *Földtani Közlöny* 132 (3–4), pp. 325–354.
- KOLLÁNYI K., BERNHARDT B., BÁLDINÉ-BEKE M., LANTOS M. 2003: Dunántúli eocén fúrások integrált sztratigráfiai vizsgálata. — *Földtani Közlöny*, 133 (1), pp. 69–90.
- KOPEK E., KECSKEMÉTI T. 1965: Felsőlutéciai transzgresszió az északkeleti-Bakonyban. — *Földtani Közlöny* 95 (3), pp. 320–327.
- LEUTENEGGER S. 1977: Reproduction cycles of larger Foraminifera depth distribution of generations. — *Bulletin of Utrecht Micropaleontology* 15, pp. 27–34.
- LOUCKS R. G., MOODY R. T. J., BELLIS J. K., BROWN A. A. 1998: Regional depositional setting and pore network systems of the El Garia Formation (Metlaoui Group, Lower Eocene), offshore Tunisia. In: MACGREGOR, MOODY R. T. J., CLARK-LOWES D. D. (eds.): *Petroleum Geology of North Africa*, Geological Society of London Special Publication 132, pp. 355–374.
- LUTERBACHER H. 1998: Sequence stratigraphy and the limitations of biostratigraphy in the marine Paleogene strata of the Tremp Basin (central part of the southern Pyrenean foreland basin, Spain). In: DE GRACIANSKY P. C., HARDENBOL J., JACQUIN, VAIL P. R.: *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. — *SEPM Special Publications* 60, pp. 303–309.
- MAGYARI Á. 1996: Eocén szinszediment tektonikai jelenségek és üledékképződésre gyakorolt hatásai a Budai-hegységben. PhD thesis. — *Kézirat*, Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem, Természettudományi Kar, Általános és Történelmi Földtani Tanszék, Budapest.
- MOODY R. T. J. 1987: The Ypresian carbonates of Tunisia — a model of foraminiferal facies distribution. In: HART M. B.: *Micro-palaeontology of Carbonate environments*. — *British Micropalaeontological Series*, Ellis Horwood, Chichester, pp. 82–89.
- MURRAY J. W. 1973: *Distribution and ecology of living benthic foraminiferids*. Handbook. — London, 274. p.
- NAGYMAROSY A., BÁLDINÉ-BEKE M. 1988: The position of the Paleogene Formations of Hungary in the standard nannoplankton zonation. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae Sectio Geologica* 28, pp. 3–25.
- RACEY A. 1990: Nummulitid biostratigraphy and Paleogene paleoenvironments of the Sultanate of Oman. PhD thesis. — *Manuscript*, University of London.
- READING H. G. (ed.) 1978: *Sedimentary environments and facies*. Handbook. — Blackwell, Oxford, 557 p.
- ROZLOZSNIK P. 1924: A Tatabányai-medence bányaföldtani térképe, M = 1:12 500. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa*, Budapest.
- ROZLOZSNIK P. 1928: Führer in Tatabánya. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa*, Budapest, pp. 33–41.
- SENEŠ J. 1964: Az üledékképződéssel egyidejű kéregmozgások időbeli helyzete a szedimentációs ciklusokban. — *Földtani Kutatás* 7 (2–3), pp. 36–41.
- SERRA-KIEL J., REGUANT S. 1984: Paleocological conditions and morphological variation in monospecific banks of Nummulites: an example. — *Bulletin Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine Memoire* 6, pp. 557–563.
- SINCLAIR H. D., SAYER Z. R., TUCKER M. E. 1998: Carbonate sedimentation during early foreland basin subsidence: the Eocene succession of the French Alps. — In: WRIGHT V. P., BURCHETTE T. P. (eds.) *Carbonate Ramps*. Geological Society Special Publications 149, pp. 205–227.
- SÓLYOM F. 1953: Az Északi-Vértes és a Déli-Gerecse földtani felvétele. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1950-ről*, pp. 221–230.
- SÓLYOM F. 1960: A tatabányai barnakőszén-medence földtani felépítése és fejlődésének története. Kandidátusi értekezés. — *Kézirat*, Budapest 1960, 83. p.
- SZÓTS E. 1948: Az Északi Bakony Eocén képződményei. — *Földtani Közlöny* 78, pp. 39–59.
- SZÓTS E. 1956: Magyarország eocén (paleogén) képződményei. — *Geologica Hungarica Series Geologica* 9, 320 p.
- TAEGER H. 1909: A Vértes-hegység földtani viszonyai. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* 17, 256. p.
- TARI G., BÁLDI T., BÁLDI-BEKE M. 1993: Paleogene retroarc flexural basin beneath the Neogene Pannonian Basin: a geodynamic model. — *Tectonophysics* 226, pp. 433–455.
- VITÁLIS I. 1939: *Magyarország szénelőfordulásai*. — Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Könyvkiadó Alapja, Sopron, pp. 161–186.
- VÖRÖS A. 1989: Middle Eocene transgression and basin evolution in the Transdanubian Central Range, Hungary: sedimentological contributions. — *Fragmenta Mineralogica et Paleontologica* 14, pp. 63–72.
- WILSON J. L. 1975: *Carbonate facies in geologic history*. Handbook — Springer, New York, 471. p.

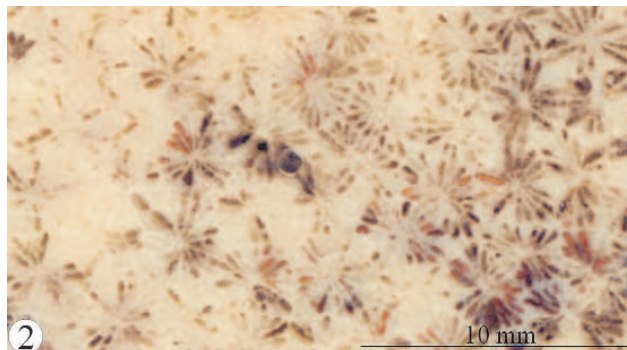
I. Tábla — Plate I



1. Peloidos, vörösalgás, átkristályosodott mészkő (1.1.) – Recrystallised limestone with peloids and red algae (1.1.)
 2. Bioturbált, sziliciklasztos mészkő (1.2.) – Bioturbated siliciclastic limestone (1.2.)

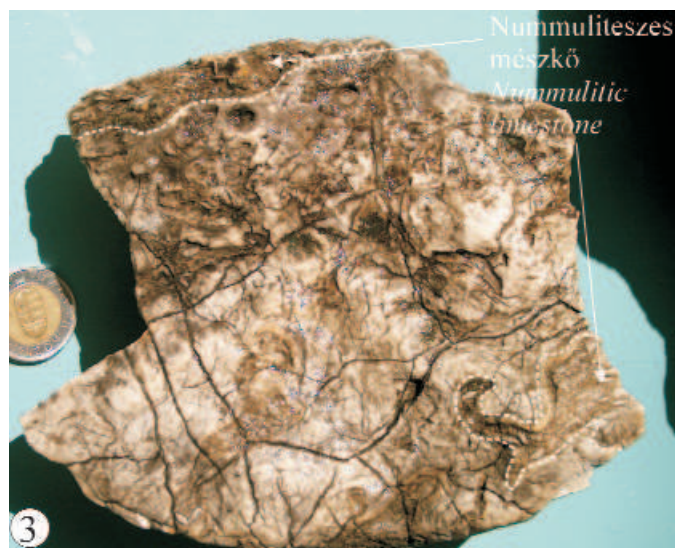
3. Bioklasztos sűrűszemcsés kőzet (2.1.) – Bioclastic packstone
 4. Alveolinás, vörösalgás sűrűszemcsés/szemcsékőzet (2.4.) – Alveolina, red algae packstone/grainstone (2.4.)

II. tábla — Plate II



1. Korallzátany-töredék (2.6.) – Rock debris of a coral reef (2.6.)
2. Zátanyépítő korallok vékonycsiszolati képe (ld. II. tábla, 1. fénykép) – Thin section of the reef-building corals (see Plate II, Photo 1)
3. Korallzátany (foltzátany?) darab (2.7.) - Rock debris of a coral reef (patch-reef?) (2.7.)
4. Áramlási irányba fordított telepeskorall-darabok bioklasztos szemcsékőzetben (2.7.) – Currents-directed coral fragments in bioclastic grainstone (2.7.)
5. Korallzátany (foltzátany?) törmeléke echinoideás, mol-luszkahéj-töredékes, bioklasztos sűrűszemcsés és szemcsekőzetben (2.7.) – Coral fragments in the bioclastic pack-stone/grainstone (2.7.)

III. tábla — Plate III



1. Apró nummuliteszes mészkő (*Nummulites hottingeri* SCHAUB) (3.1.) – Small nummulitic limestone (*Nummulites hottingeri* SCHAUB) (3.1.)
2. A 3.1-es, apró nummuliteszes, kereszttrétegzett litofációs szögdiszkordáns települése az alatta lévő rétegekre, a dőlésadatokkal (ld. 2. ábra fekete négyzettel jelölt terület) – Discordancy between the cross bedded small nummulitic limestone (3.1.) and the earlier formations, with dip and strike data (see fig. 2.the black rectangle)
3. Korallzátóny (2.6.) üregeit és mélyedéseit kitöltő apró nummuliteszes mészkő (3.1.) – Small nummulitic limestone (3.1.) in the cavity of a coral reef (2.6.)

Az M3-as autópálya burkolatának környezetföldtani vizsgálata

Environmental geological studies on the road surface of highway M3

CSENYI TIBOR, THAMÓNÉ BOZSÓ EDIT, KIRÁLY EDIT, MUSITZ BALÁZS, MAROS GYULA,
KOVÁCS-PÁLFFY PÉTER, BARTHA ANDRÁS

Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: Magyarország, autópálya, kőbánya, környezetföldtan, piroxénandezit, pirit, aszfalt, mállás

Összefoglalás

Az M3-as autópálya egyes szakaszainak felületén rozsdafoltok és más kőzetelváltozások figyelhetők meg. Ezek okának kiderítése céljából megvizsgáltuk az aszfaltba beépített kőzetanyag származási helyeit, az ott begyűjtött kőzetfajtákat, az autópálya aszfaltjába mélyített magfúrások anyagát, továbbá az autópálya kopórétegének néhány erősen mállott kőzetdarabját (a rozsdafoltok közepét). Az ásvány-kőzettani (makroszkópos, mikroszkópos, röntgendiffrakciós) és geokémiai vizsgálatok eredményei alapján megállapítottuk, hogy:

– Az útépitésnél felhasznált kőzetanyagok származási helyein, a Recsk, Csákánykő- és Tállya, Kopasz-hegy-bányákban begyűjtött kőzetminták piroxén- és plagioklász-fenokristályokat tartalmazó andezitek. A recski andezit szubvulkáni jellegű, jól kristályosodott, a tállyai andezit vulkáni jellegű, kevésbé kristályos, kőzetüveget tartalmazó, a recsknél savanyúbb kőzet.

– A recski andezitben a kőzetalkotó ásványok (plagioklászok, piroxének) átalakulása változatos elszíneződést okoz. A világosabb szürke változatokban karbonátosodás, a vörösből limonitosodás figyelhető meg, míg a vöröses-sárgás elváltozásokat a limonit mellett megjelenő agyagásványok okozzák. A tállyai bánya sötétszürke porfiros és világosszürke andezitváltozataiban előforduló pirit és markazit a szabad levegőn limonittá, goethitté alakul, ez okozza a bánya kőzetein és az aszfalt kopórétegén is megfigyelhető rozsdabarna foltokat.

– A fentebb ismertetett folyamatok közül az aszfalt kopófelületén a pirit (markazit) mállása megy végbe a leggyorsabban és leglátványosabban. A bomlási folyamat mindaddig eltart, ameddig a kiindulási anyag megtalálható és az átalakuláshoz kedvező feltételek is fennállnak. Az átalakulás lassabban ugyan, de végbemehet az aszfalttréteg belsejében is olyan esetekben, amikor a zúzottkődaraboknak nincs bitumenburka és a porusokon keresztül vízzel (főleg sós vízzel), valamint oxigénnel érintkeznek. A pirit mállása során keletkezett kénessav és kén-sav a kőzet, vagy a közvetlen környezet karbonáttartalmával reagálva megkötődik, semlegesítődik. A kémiai reakciók következtében az adott kőzetdarab mechanikai szilárdsága csökken.

– Az autópálya aszfaltjába mélyített magfúrások anyagának makroszkópos és mikroszkópos vizsgálata szerint 114,5 és 143,5 km között recski andezit, 143,5 és 174,5 km között pedig tállyai andezit használtak fel az útépitésre. A fúrómagok metszetein végzett számítógépes planimetrlálás alapján az aszfaltban a zúzottkődarabok részaránya 70% körüli, maximum 2%-nyi az üreg, a többi részt pedig bitumenhabarcs tölti ki. Vizsgálataink szerint az aszfalthoz felhasznált kőzetek masszívak, nagy részük üde, de kis hányaduk (maximum 2%) már különböző mértékben mállottan került a helyére. A bitumenhabarcs a kőzetszemcsék legtöbbszörének felszínét jól bevonja, azokra jól tapad, kivéve az üregek szomszédságában elhelyezkedő, a bontott és a töredezett, illetve egyenetlen szegélyű kőzetdarabokat.

– Az elvégzett vizsgálatok eredményei bizonyították, hogy az útépitéshez felhasznált kőzetanyagok alkalmasságának eldöntéséhez nem elegendő csupán a szabványokban kötelezően előírt kőzetmechanikai vizsgálatok elvégzése, emellett szükség van ásvány-kőzettani és geokémiai elemzésekre is, és nem csak a bányanyitás előtt. Erre példaként szolgálhat az olyan üde andezit, amely 1-2% piritet tartalmaz és a mechanikai vizsgálatok alapján kiváló minősítést kap. Ugyanakkor rövid időn belül a pirit víz, oxigén és meleg hatására mállásnak indul, ezzel a kőzet szilárdsága csökken. A folyamat az utak téli sózása után, amely a közeg pH-ját megváltoztatja, felgyorsul. A mállás akkor indul be, ha a piritet tartalmazó kőzetdarab bitumenfilm-burka hiányzik, vagy eltűnik.

Keywords: Hungary, highway, quarry, environmental geology, pyroxene andesite, pyrite, asphalt, weathering

Abstract

Some rusty spots and weathered rocks can be observed on certain sections of highway M3. In order to find out its reason the following features were investigated: the sites of origin of rocks built in the asphalt, the rock types collected there, the composition and rock fragments of the asphalt layer of M3, and the strongly weathered rock fragments in the central part of the rusty spots on the abrasive layer. Based on mineralogical and petrologic investigations (macroscopic, microscopic and X-ray diffraction) and geochemical analyses the following conclusions have been drawn:

– The rock samples collected from the original sites, the Csákánykő quarry at the village of Reck and the Kopasz Hill quarry at the village of Tállya, that were used for road construction turned out to be andesite with pyroxene and plagioclase phenocrystals. The andesite of Reck is well crystallised with subvolcanic character, while that of Tállya is a more felsic and less crystallised volcanic rock with glass.

– The weathering of the rock-forming minerals (plagioclase, pyroxene) causes varying discolouration. The light grey varieties are caused by carbonisation and the reddish colours by limonitisation, while the red and yellow alterations appear as results of the occurrence of clay minerals with limonite. In the dark grey porphyric and light grey andesites of Tállya pyrite and marcasite transform to limonite and goethite on fresh air. This weathering causes the rusty spots both on the rocks of the quarry and on the abrasive layer of the asphalt.

– Within the above mentioned disintegration processes, the weathering of pyrite (marcasite) is the fastest and the most spectacular process occurring on the abrasive layer. The weathering proceeds until the starting material and the conditions of weathering still exist. This weathering process can also occur, though more slowly, in the inner part of the asphalt if the rock fragments are not coated with bitumen and so they can be in contact with (salty) water and oxygen through the pores. The sulphurous and sulphuric acid arising by the weathering of pyrite reacts to carbonates of rock fragments or those of the immediate surroundings, thus it is bound and neutralised. As the consequence of chemical reactions the mechanical stability of the given rock fragment is also diminishing.

– Macroscopic and microscopic tests of core drillings penetrated in the asphalt of the highway showed that andesites of Reck and Tállya were used for road construction in the sections between 114.5–143.5 km and 143.5–174.5 km, respectively. According to the digital planimetric study of core sections some 70% and 2% of the asphalt is made up of road-metal and caverns, respectively, the rest is filled with bituminous mortar. According to the study performed the main part of the rocks used for the asphalt is unweathered, massive but some of them (max. 2%) had already been weathered when they were delivered. Bituminous mortar encrusts well the main part of rock fragments, it adheres well to them except for weathered, fractured rock fragments of uneven border in the vicinity of cavities.

– The results of the investigations confirm that the required examinations of rock mechanics are not sufficient to decide the suitability of the rock material built in the asphalt. Moreover, mineralogical, petrological and geochemical investigations are also required and not only before opening the quarry. For example, a fresh andesite with only 1-2% of pyrite can get excellent qualification of rock mechanics. However, pyrite is altered quickly if water, oxygen and high temperature are present, therefore the stability of the fragment will decrease. This process becomes faster after the salting of roads in winter because of the change in pH. This weathering process starts if the bitumen coat of the rock fragment containing pyrite is either missing or disappears.

Bevezetés

Az M3-as autópálya Füzesabony–Polgár (114,5–174,5 km) közötti szakaszának (1. ábra) burkolatában kőzetelváltozások, vörösesbarna rozsdafoltok figyelhetők meg. Az Állami Autópálya-kezelő Rt.¹ megbízásából megvizsgáltuk a jelenség okát, az érintett kőzetek különböző mállási fokozatait, ásvány-kőzettani és geokémiai összetételét, valamint származási helyét.

Munkánk célja annak megállapítása volt, hogy (1) az aszfaltrétegbe beépített kőzetanyag valóban az utépítési dokumentumokból ismeretes bányákból származik-e; (2) mi okozza az aszfaltréteg felszínén megfigyelt kőzetelváltozásokat, és előfordulnak-e azok az aszfaltréteg teljes szelvényében; (3) milyen az aszfalt mintaszelvényekben az összetevők aránya, minősége.

Kitűzött célunk elérése céljából az alábbi munkákat végeztük el:

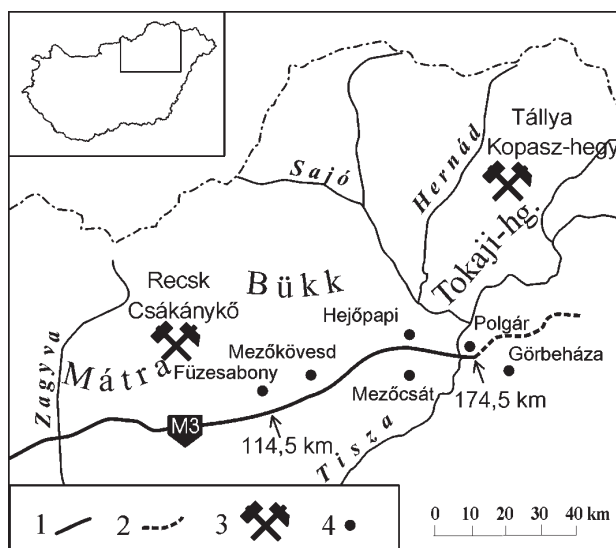
– Megvizsgáltuk a recksi Csákánykő- és a tállyai kopasz-hegyi bánya falait, mintákat gyűjtöttünk be, és részletesen megvizsgáltuk azok ásványtani, kőzettani és geokémiai tulajdonságait.

– Planimetrálást végeztünk az említett útszakaszon lemélyült 24 db ellenőrző fúrás magjából kivágott mintaszelvényen. Ennek során meghatároztuk a kőzettípusok aszfaltrétegenkénti előfordulási arányát, a zúzottkő felületének bitumenfilmmel történő bevonását, a szemcseeloszlást és a pórusok arányát. Összehasonlítottuk a bányákból származó kőzettípusokat az aszfaltban lévő kőzetekkel.

¹ Az intézmény a következő nevet használja: Állami Autópálya Kezelő Részvénytársaság, Budapest.

– Mintákat szedtünk az autópálya kopórétegének felületén észlelt elszíneződött foltokból és bontott kőzdarabokból, megvizsgáltuk ásványtani és kémiai összetételüket, majd összehasonlítottuk a bányákból származó kőzettípusokkal.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján részletesen jellemeztük a két bányában található kőzettípusokat és az aszfaltrétegben fellelhető kőzeteket, azoknak bontottsági fokát, valamint meghatároztuk aszfaltrétegenkénti elter-



1. ábra. Az M3 autópálya vizsgált szakaszának helyszínrajza
1 – autópálya; 2 – jelenleg épülő autópálya szakasz; 3 – kőbánya; 4 – település

Figure 1. Overview map of the studied section of highway M3
1 – highway; 2 – highway section currently under construction; 3 – quarry; 4 – settlement

jedését. Hasonlóságot és különbözőséget mutattunk ki az általunk vizsgált bányák kőzettípusai és az aszfaltréteg zúzottkönyaga között. Az elvégzett vizsgálatok eredményeiről részletes jelentés készült (CSERNY et al. 2004).

Az Állami Autópálya-kezelő Rt. minősítési dokumentációi és vizsgálati jegyzőkönyvei szerint az M3-as autópálya vizsgált szakaszának aszfaltjához az utépítési bitument Százhalombattáról, a mészkőlisztet Bélapátfalváról, a zúzottkővet Recskről és Tállyáról szállították a keverőüzemekbe, azaz Mezőkövesdre, Hejőpapira, Mezőcsátra, illetve Görbeházára (1. ábra).

Az autópálya építése során a megfelelő anyagból előkészített és tömörített alapra három réteg aszfaltot vittek fel mintegy 25–30 cm össz-vastagságban. Az aszfaltharccsal körbevett zúzottkő szemcseeloszlása rétegenként változott. A vastagabb alsó és középső rétegben a durvább kőzetdarabok domináltak, míg a kb. 3-5 cm vastag felületi, ún. „kopóréteg”-be a kisebb méretű zúzottkő került.

Az aszfalt kőzetanyagát szolgáltató bányák földtani helyzete

A *recski Csákánykő-bányában* (1. fénykép) a Mátrai Andezit Formációba tartozó felső-bádeni karbonátos piroxénandezit kitermelése folyik már az 1950-es évek óta. A bányanyitáskor JUGOVICS (1950, 1951), majd a kőbányászat erőteljes fejlesztése és a térképezés során többek



1. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya, a bánya alsó és középső szintje

Photo 1. Csákánykő quarry, Recsk, the lower and middle levels

között BALOGH, RÓNAI (1965), NAGY (1967), VARGA et al. (1975) vizsgálták részletesen ezt a különös kémiai összetételű andezitet, amely az átlagos, üde andezitekhez képest hatszoros-tízszeres mennyiségű CaCO_3 -ot tartalmaz.

Ez a világosszürke, durvaszemcsés, karbonátos piroxénandezit a Mátra hegység keleti főgerincének északi előterében a Som-hegy, Pálbikk, Csákánykő, Györketető vonulatában jelenik meg. Az andezit vastagsága elérheti a 180 métert. A Csákánykő-bánya falát függőlegesen álló vastag, öt- és hatszögletes andezitoszlopok alkotják. A plagioklász (labradorit) és a piroxén (hipersztén vagy bronzit és kevesebb klinopiroxén) fenokristályok szabad szemmel

is jól láthatók. A kőzet alapanyaga gyakran erősen kalcitosodott, szideritesedett. A kőzet üregeiben különböző karbonátásványok találhatóak, amelyek kiválási sorrendjét NAGY (1967) vizsgálta. Ez az andezit sokféle kőzetzárványt tartalmaz, pl. mélységi pegmatitos jellegű kvarcot (kontaktalakulási szegéllyel), márványosodott mészkövet, márgát, gránitot, piroxenitet, diabázt, oligocén agyagmárgát és homokkövet. Kőolajtartalmú üregek is megfigyelhetők benne (VARGA et al. 1975). Nagy karbonáttartalmát az eredményezhette, hogy a magma hosszú időn át a mélyaljzat karbonátos tömegében nagy mennyiségű CaCO_3 -ot asszimilált, amit üvegállományába épített be, így karbonátos metasomatózis játszódott le (VARGA et al. 1975).

A bányában az andezit fekjét felső-oligocén agyagos üledékek alkotják, keleti szegélyén riolittufa, nyugati szárnyán pedig felszakított ostreás karbonátos aleurit fordul elő (VARGA et al. 1975).

Repedések mentén és felszínközelségben, ahol oxidáció érte a kőzetet, ott erősebben bontott, eredeti világosszürke színe barnásrózsaszínre változott. Az utóbbi kőzetben limonit-, goethit- és hematitfészkek fordulnak elő (VARGA et al. 1975). A bányafalban az andezitoszlopok törési felületén jól látszik a fokozott, repedés menti oxidáció. A bányászok szerint a kitermelt szürke kőzetanyag színe is hamarosan barnásrózsaszínre változik.

A *Tállya melletti Kopasz-hegyen* a Tokaji Vulkanit Formációba tartozó felső-szarmata piroxénandezitet fejtik (2. fénykép). Itt is már több évtizede működik a kőbánya, amelynek részletes kutatását az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Észak-magyarországi Üzemvezetősége végezte 1967–1970 között. A bányászat és a térképezés kapcsán is többen vizsgálták a bánya kőzetanyagát (BOCZÁN et al. 1966; VÁRHEGYI 1968; KÁLI et al. 1970; GYARMATI 1977; RÓZSA, PAPP 1988, 1996).

Ez a felső-szarmata piroxénandezit a Tokaji-hegységben elszigetelten, különálló foltokban jelenik meg, területi elterjedése lényegesen kisebb, mint a hegység arculatát kialakító savanyú piroxénandezitnek. A kőbányászati ku-



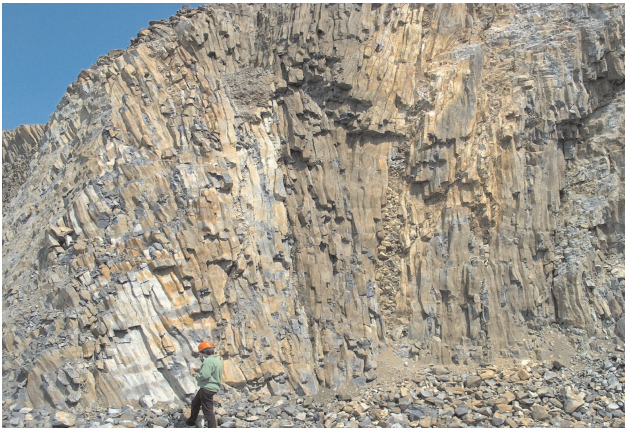
2. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya, a bánya alsó, középső és mállott fedő szintje

Photo 2. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Lower and middle levels and the top weathered layer

atatófúrások szerint Tállya és Erdőbénye környékén a piroxénandezit átlagosan 50–250 méter vastagságú.

Az általánosan jellemző sötétszürke, lemezes-pados megjelenésű, makroszkóposan üdének tűnő piroxénandezit a bányától nem messze mélyült mádi fúrások vizsgálata szerint bontott, szericitesedett, karbonátosodott, kloritosodott fenokristályokat tartalmaz. Kovásodás, illetve kalcedon- és karbonát-üregkitöltések is megjelennek benne. Az andezit legfelső részét lyukacsos, hólyagos, salakos vörös andezit és agglomerátum alkotja, amely erősen limonitosodott, kaolinosodott, piritesedett, kloritosodott. Gyengén kristályos alapanyaga és fenokristályai is erősen bontottak, földpátjai teljesen átalakultak, szericitesedtek és agyagásványosodtak, piroxénje kloritosodott, repedések mentén kova, kvarc, alunit és krisztobalit jelenik meg (GYARMATI 1977).

A kopasz-hegyi bányában a piroxénandezit többnyire sötétszürke színű, szembetűnően oszlopos megjelenésű (3. fénykép). A kőzet kristályosságja foka és a porfirós ás-



3. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya, a fedő szint oszlopos elválású andezitje, benne repedések és erősen mállott zónák láthatók

Photo 3. Kopasz-hegy quarry, Tállya. The columnar jointing of the top layer andesite with cracks and strongly weathered zones

ványszemcsék részaránya a mélységgel nő. A porfirós ásványszemcsék között leggyakoribb a plagioklász, továbbá az augit és a hipersztén (ferrohipersztén), valamint elvétve olivin is előfordul. A zónás plagioklászok anortit-maggal és külső labradoritövével rendelkeznek. Az andezit hólyagüregeinek falán kalcit-, dolomit-, sziderit- és baritkiválás található, és a legfelső szintben gyakoriak az opál-csomók is (GYARMATI 1977).

A Kopasz-hegy piroxénandezitje szarmata korú, hullott és áthalmazott riolittufába nyomult be, valamint azt részben áttörve felszíni lávafolyásokat képezett (4. fénykép). A képződmények legfelső részén megjelenő lyukacsos, hólyagos, salakos vörös andezit és agglomerátum gázokban és gőzökben gazdag láva felszínre ömlése nyomán alakult ki. Az andezittest felső része oszlopos elválású, gyakran hidrotermálisan elváltozott (agyagásványosodott, karbonátosodott, kovásodott, piritesedett) és főként barnászörös, montmorillonitból és kaolinitből álló andezitmálladék képződött (5. fénykép). Lejjebb pneumatolitos



4. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. A bánya alsó szintjének kőzetfalában különböző szerkezetű és színű andezittestek figyelhetők meg, melyek az egyes lávafolyások termékei

Photo 4. Kopasz-hegy quarry, Tállya. In the lower level of the quarry, the differently structured and coloured andesite bodies are the products of different lava flows top weathered layer



5. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. A fedő szint oszlopos elválású andezitje, melyben hidrotermálisan erősen elváltozott részek figyelhetők meg, fehér és barnászörös foltokként, zónákként

Photo 5. Kopasz-hegy quarry, Tállya. In the weathered andesite, the whitish and reddish spots and zones are indications of hydrothermal alteration

ásványosodás (turmalin, epidot) jellemző (GYARMATI 1965, 1966; BOCZÁN et al. 1966).

Az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Északmagyarországi Üzemvezetőisége 1967–1970 között végzett részletes kutatása szerint a bányafal és a bányától Ny-ra és K-re eső kutatófúrások kőzetanyaga nagyrészt fagyálló, a felső 10–15 méteres zóna viszont rossz fagyállóságú, és a koptatottsági vizsgálat szerint is gyenge minőségű (VÁRHEGYI 1968; KÁLI et al. 1970; GYARMATI 1977).

A kőbányákból begyűjtött kőzetek jellemzése

A két kőbánya termelési és meddő szintjein több kőzetváltozatot is begyűjtöttünk, amelyek közül 20 mintát részletes kőzettani, röntgendiffrakciós és teljes kémiai

vizsgálatnak vetettünk alá. A minták kiválasztásánál az illető bányákban megtalálható, egymástól eltérő kőzettípusokra, valamint a különböző mállási fázisokat képviselő képződményekre koncentráltunk, vagyis nem átlagmintákat szedtünk.

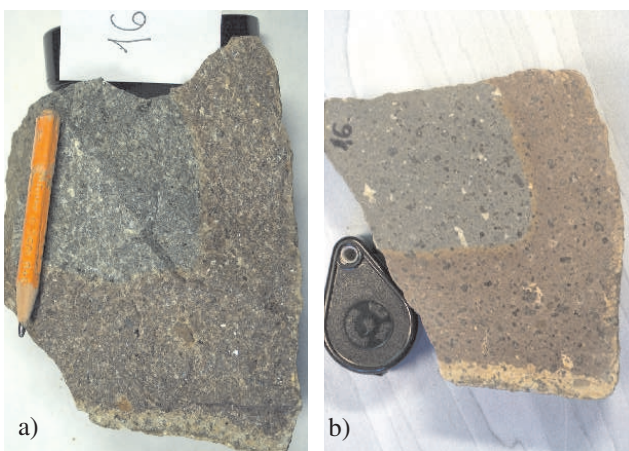
A *recski Csákánykő-bányából* szürke és vörös durvaszemcsés, egyenetlen törésű, kemény andezitet (6. és 7a–b. fénykép), világosszürke közepesen mállott andezitet, világosszürke porfiros limonitosodott andezitet, koncentrikus gyűrűkben vöröses sötétbarna-sárgásbarna elszíneződésű erősen bontott, agyagos-limonitos andezitet (8a–b. fénykép), sárgásfehér, kis keménységű agyagásványosodott andezitet és a kőzet elválási síkjain megjelenő sárgásbarna-vörösesbarna limonitos felületi bevonatot (9. fénykép) mintáztunk meg.

A *tállyai kopasz-hegyi bánya* alsó szintjéről világosszürke és szürke, néhol foltos, enyhén irányított szövetű, kemény, hólyagüreges andezitet (10. és 11a–b. fénykép), valamint héjas szerzetű markazitos gumót és fehér, szilánkos-kagylós törésű, közepes keménységű „porcelanitot” gyűjtöttünk be. A középső bányaszintből kemény, szilán-



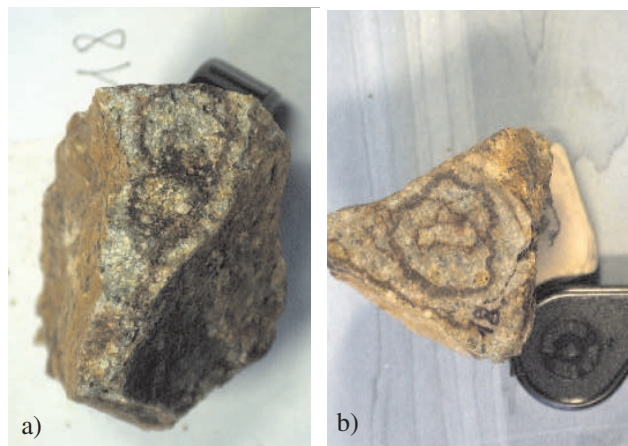
6. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. Szürke és vörös, durvaszemcsés, egyenetlen törésű, kemény andezittömb friss törési felülete

Photo 6. Csákánykő quarry, Recsk. A hard, red and grey, granular andesite block with the freshly broken surface



7. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. Vörös peremű szürke andezit száraz törési (a) és vágási felülete (b)

Photo 7. Csákánykő quarry, Recsk. Grey andesite with red rim, its dry (a) and dry cut (b) surface



8. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. Erősen bontott, agyagos-limonitos andezit száraz törési (a) és nedves vágási felülete (b)

Photo 8. Csákánykő quarry, Recsk. Limonitic andesite, its dry (a) and wet cut (b) surface



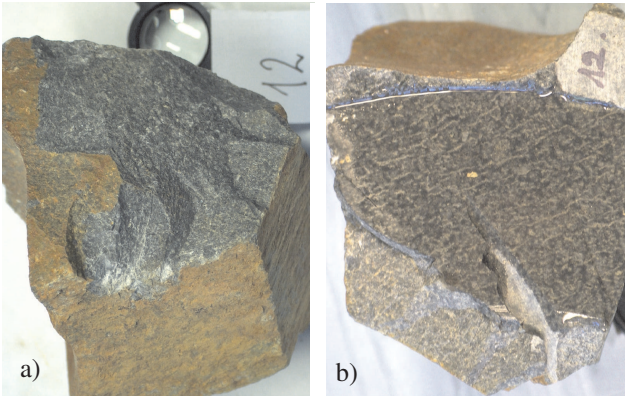
9. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. Egy korábbi limonitosodott (okker, vörös szegéllyel) és egy friss (szürke, vörös szegéllyel) törési felület az andeziten

Photo 9. Csákánykő quarry, Recsk. An earlier limonitic and a fresh (grey with red rim) broken surface on andesite



10. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya, a bánya alsó szintje. A falból lerobbantott, szállításra váró szürke, enyhén irányított szövetű, kemény, hólyagüreges andezit, az elválási lapok mentén okker színű bontott kéreggel

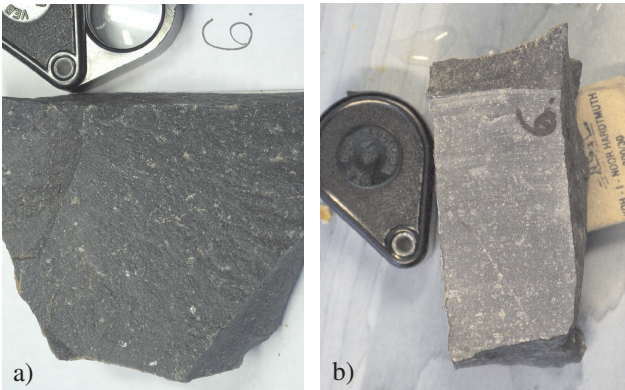
Photo 10. Kopasz-hegy quarry, Tállya, lower level. Grey, porphyritic andesite block exploded from the wall. Note the ochre crust along the cleavages



11. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. Szürke foltos, irányított szövetű andezit száraz törési (a) és nedves vágási felülete (b)

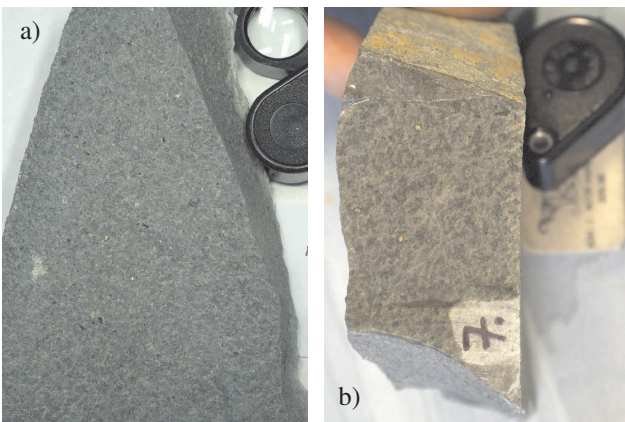
Photo 11. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Grey spotted andesite with orientated texture, its dry (a) and wet cut (b) surface

kosan törő, sötétszürke porfíros, üveges (12a–b. fénykép); szürke, világosszürke foltokkal tarkított (13a–b. fénykép); és sötétszürke, hólyagüreges andezitváltozatokat, valamint zöld agyagos repedéskitöltést mintáztunk meg. A fedőképződményekből sötétszürke; fehér; sárgásbarna-barna; ill. zöld



12. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. Sötétszürke, porfíros, üveges andezit száraz törési (a) és vágási felülete (b)

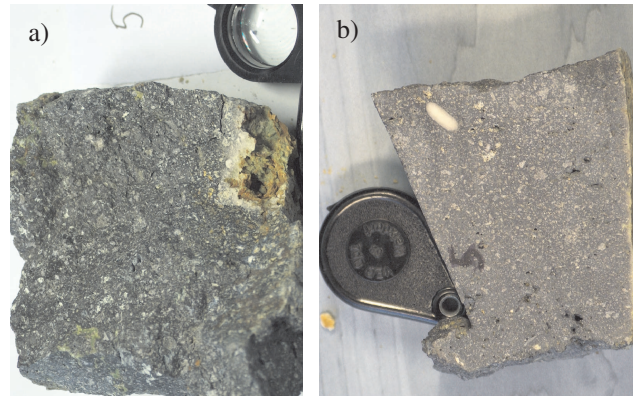
Photo 12. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Dark grey, porphyritic, glassy andesite, its dry (a) and dry cut (b) surface



13. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. Szürke, foltos andezit száraz törési (a) és nedves vágási felülete (b)

Photo 13. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Grey, spotty andesite, its dry (a) and wet cut (b) surface

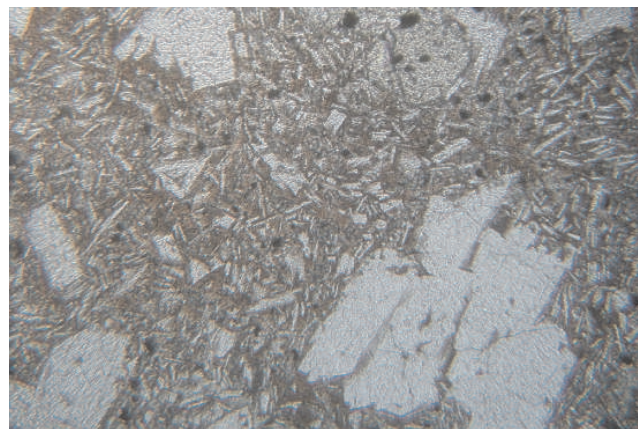
foltos, kemény, de bontott andeziteket (14a–b. fénykép); valamint sárgásfehér, sárgásszürke, kis keménységű, erősen agyagosodott andezit mintákat vettünk.



14. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. Bontott andezit száraz törési (a) és vágási felülete (b)

Photo 14. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Weathered andesite, its dry (a) and dry cut (b) surface

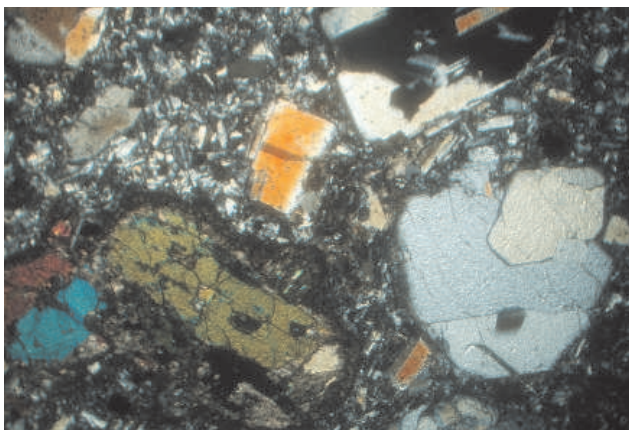
Vékonycsiszolataink vizsgálati eredményei alapján a tállyai és recski kőbányákból származó kőzetek mind piroxén- és plagioklász-fenokristályokat tartalmazó andezitek. Szövetük nem irányított, a tállyai minták porfíros interszertális (15. fénykép), míg a jobban kristályosodott



15. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. A porfíros interszertális szövetű andezitben plagioklász- és piroxén-fenokristályok, az alapanyagban plagioklászlécek, piroxéntűk és opak ásványok láthatók. 10× obj. 1N. (A kép hosszú éle 1,8 mm)

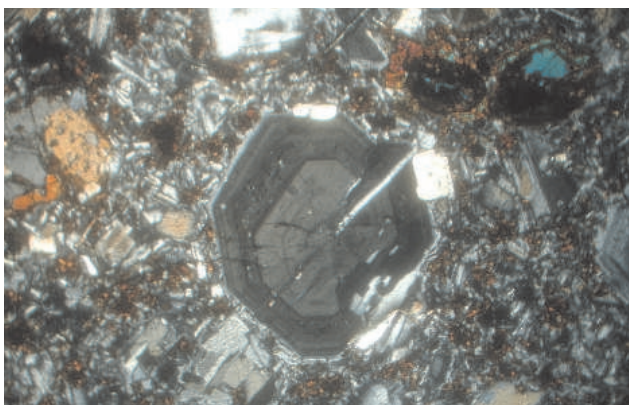
Photo 15. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Porphyritic, intersertal texture with plagioclase and pyroxene phenocrystals. The matrix contains plagioclase laths, pyroxene needles and opaque minerals. 10×, 1N. (The long edge of the photo is 1.8 mm)

recski kőzetek porfíros mikroholokristályos (16. fénykép) szövetet mutatnak. A fő különbség a két kőbánya kőzetei között az, hogy míg a recski andezit szubvulkáni jellegű, jól kristályosodott, fenokristályainak és mafikus elegyrészeinek részaránya nagyobb, továbbá zónás plagioklász (17. fénykép) és karbonátosodó klinopiroxén-fenokristályok (18. fénykép) jellemzők rá, addig a tállyai andezit vulkáni jellegű, mintái kőzetüveget tartalmazó, kevésbé



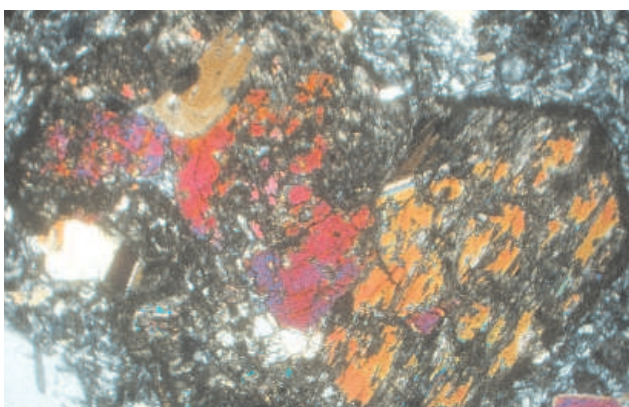
16. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. A recski kőzetekre jellemző, porfíros mikroholokristályos szövet mikroszkópos képe. 4× obj. ×N. (A kép hosszú éle 4,2 mm)

Photo 16. Csákánykő quarry, Recsk. The typical porphyritic, well crystallised, holocrystalline texture of andesite from Recsk. 4×, ×N. (The long edge of the photo is 4.2 mm)



17. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. A szubvulkáni andezitben erősen zónás plagioklásztablák figyelhetők meg. 4× obj. ×N. (A kép hosszú éle 4,2 mm)

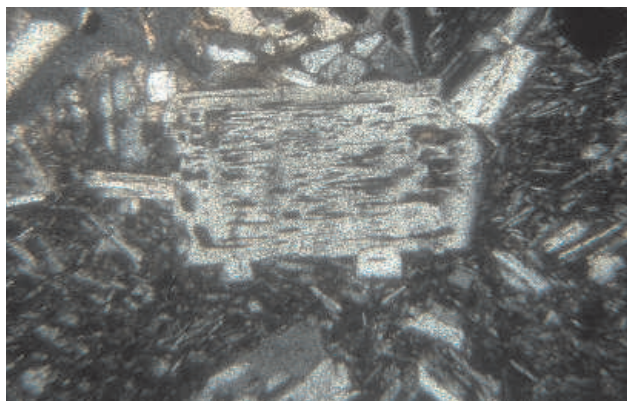
Photo 17. Csákánykő quarry, Recsk. Strongly zoned plagioclase tables in andesite of Recsk. 4×, ×N. (The long edge of the photo is 4.2 mm)



18. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. A szubvulkáni andezitben jellegzetesen karbonátosodó klinopiroxén-fenokristályok. 4× obj. ×N. (A kép hosszú éle 4,2 mm)

Photo 18. Csákánykő quarry, Recsk. The characteristic alteration to carbonates of the clinopyroxene phenocrysts. 4×, ×N. (The long edge of the photo is 4.2 mm)

kristályos, enyhén savanyúbb kőzetek. Ez utóbbiakban kisebbek és rosszabbul fejlettek a fenokristályok, az alapanyagban, ill. plagioklászban pedig zárványként jellemző a kőzetüveg (19. fénykép). Ezzel szemben a recski kőzetek jól fejlett, nagyméretű fenokristályokat tartalmaznak, az alapanyaguk is teljesen kikristályosodott, és átlagos szemcseméretük nagyobb, mint a tállyai mintáké.



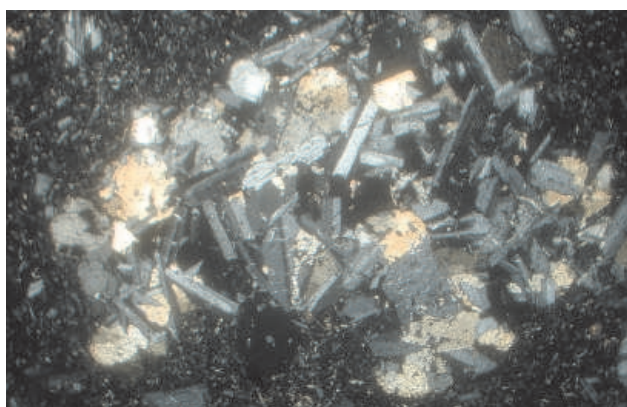
19. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. A vulkáni jellegű andezitben kőzetüveg-zárványsorokat tartalmazó plagioklász-fenokristály látható. 10× obj. ×N. (A kép hosszú éle 1,8 mm)

Photo 19. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Rows of glass inclusions in plagioclase phenocrysts. 10×, ×N. (The long edge of the photo is 1.8 mm)

A piroxén- és plagioklász-fenokristályok eloszlásában is van különbség a két kőbánya kőzetei között. A tállyai andezitek többnyire fenokristályokban és piroxénben is szegényebbek, valamint az apró piroxén- és plagioklászszemcsékből álló aggregátumok (20. fénykép) mint kristályosodási göcök megjelenése is jellemzőbb rájuk.

A mindkét bányában előforduló világosabb szürke színű változatok minden esetben karbonátosodtak, míg a sötétszürke kőzetek nem.

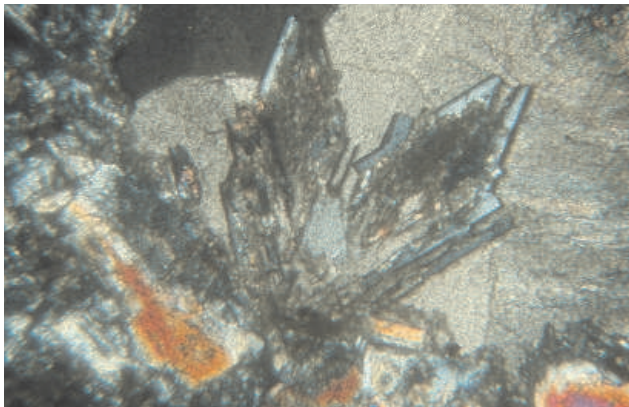
A hólyagüregek tekintetében is megfigyelhetők különbségek a két terület kőzetei között. A recski minták-



20. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. Plagioklász- és piroxénszemcsékből álló aggregátum (glomeroporfíros szövet). 4× obj. ×N. (A kép hosszú éle 4,2 mm)

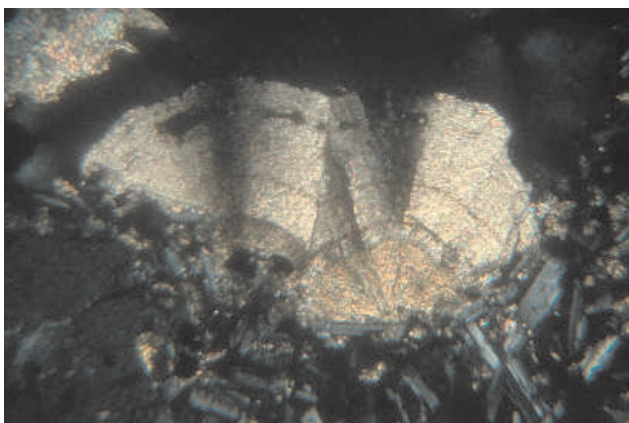
Photo 20. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Plagioclase and pyroxene aggregates. (glomeroporphyritic texture). 4×, ×N. (The long edge of the photo is 4.2 mm)

ban a nagyobb méretű, csipkézett szegélyű, karbonátos kitértéseken víztiszta, tús kristályok jelennek meg (21. fénykép), míg a tállyai hólyagüregeket kétfázisú, egy vasasabb gömbös, ill. egy legyezőszerű, tisztább karbonáttal jellemezhető képződmény tölti ki (22. fénykép).



21. fénykép. Recsk, Csákánykő-bánya. Nagyobb méretű, csipkézett szegélyű, karbonátos kitértéseken víztiszta, tús kristályok jelennek meg. 10× obj. ×N. (A kép hosszú éle 1,8 mm)

Photo 21. Csákánykő quarry, Recsk. Transparent crystal needles on the larger sized, serrated carbonate amygdale. 10×, ×N. (The long edge of the photo is 1.8 mm)



22. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya. A tállyai andezitre jellemző kétfázisú hólyagüreg-kitöltés. 25× obj. ×N. (A kép hosszú éle 0,68 mm)

Photo 22. Kopasz-hegy quarry, Tállya. Two-phase amygdale filling characteristic of the andesite of Tállya. 25×, ×N. (The long edge of the photo is 0.68 mm)

A két bánya kőzeteiben megfigyelt makroszkópos és mikroszkópos különbségek alapján a két területen az andezitek átalakulása is eltérő. A kőzet egészének vöröses elszíneződése a recski típusokat jellemzi, míg a kissé zöldes árnyalatú, elsősorban agyagásványos-pirités bontás a tállyai kőzetek sajátja. Ezen kívül a recski kőzetek kevesebb opak ásványt tartalmaznak, azok is elszórtan a kőzet alapanyagában figyelhetők meg, akár másodlagosan keletkező szemcsék formájában. A tállyai andezitekben már terepen, szabad szemmel is megfigyelhetők az opak ásványok, a szórtan vagy az elválási lapok mentén jelentkező markazit és pirit (23. fénykép).



23. fénykép. Tállya, kopasz-hegyi bánya, alsó szint. Szürke andezit elválási lapja mentén markazit és pirit látható

Photo 23. Kopasz-hegy quarry, Tállya, lower level. Marcasite and pyrite crystals along the cleavages of grey andesite

Ezzel a kőzettani képpel jó egyezést mutatnak a geokémiai elemzések eredményei. A mafikus ásványokba beépülő Fe, Mg, Mn mennyisége egyértelműen magasabb a recski mintákban, összhangban az alacsonyabb SiO₂-tartalommal. A minták vöröses elszíneződése a Fe²⁺ oxidálódásának az eredménye.

A recski kőfejtő mintái változó mértékben agyagásványosodtak, és általában jellemző rájuk a goethit, valamint nyomokban a hematit jelenléte. Az utóbbiak adják a kőzet vöröses színét, amelyet az amorf fázisban előforduló gélyszerű vashidroxid is okozhat. Az ebből a kőfejtőből származó mintákra általában jellemző a kisebb agyagásvány- és amorffázis-, valamint a nagyobb földpáttartalom is (1. táblázat).

A tállyai kőfejtő felső két szintjében gyűjtött kőzetek, amelyeket egyébként meddőként különítenek el, erősen bontottak és agyagásványosodtak. Az alsó szint kőzetei viszont kevésbé bontottak. Az utóbbi szintről származik néhány ásványtani érdekesség is, pl.: fehér porcelanit (82% kovásvány), repedéskitöltések (65% kvarc, ill. 76% agyagásvány) és vasszulfidgumó (80% FeS₂). A tállyai bányából gyűjtött mintáknak magasabb agyagásvány-, amorffázis- és alacsonyabb földpáttartalma van a recskihez viszonyítva. Hintésként vagy a repedések falain vékony kérgék formájában, kis mennyiségben, de gyakran előfordul markazit és pirit, amely a kőzetet ért hidrotermális hatás következménye.

1. táblázat. A tállyai kopasz-hegyi és a recski Csákánykő-bányában gyűjtött kőzetek fontosabb ásványcsoportjainak eloszlása a röntgen-diffrakciós vizsgálat alapján

Table 1. Distribution of main mineral-groups of the rock-samples from the quarries Kopasz-hegy, Tállya; Csákánykő, Recsk, on the basis of X-ray analyses

	Földpátok	Piroxének	Agyagásvány	Pirit, markazit	Goethit (limonit)	Amorffázis
	[%]					
Tállya	0-75	0-7	2-83	1-2	0-9	0-13
Recsk	15-75	0-5	2-52	0	4-20	0-13

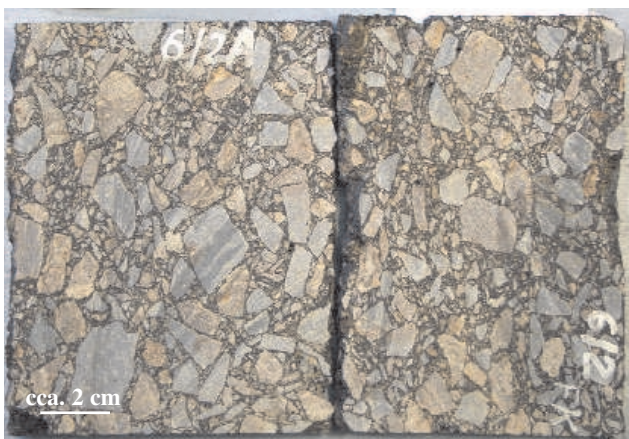
Az autópálya aszfaltjának vizsgálati eredményei

Az M3-as autópálya 114,5 és 174,5 km (Füzesabony–Polgár) közötti szakaszán 24 db minőség-ellenőrző magfúrás mélyült, amelyek mintaszeletein kiválasztottuk az aszfalt kővázát alkotó legfontosabb kőzettípusokat, majd meghatároztuk a kőzettípusok aszfaltrétegenkénti elterjedését. Ezt követően a típusosnak mondható rétegszakaszokon részletes mikroszkópos leírást, röntgendiffrakciós és teljes kémiai elemzéseket végeztünk annak érdekében, hogy a mintaszeletek kőzetanyagát összehasonlítsuk és azonosítsuk a bányákban előforduló kőzetváltozatokkal.

Az egyes aszfaltszeleteken belül mindhárom rétegben megállapítottuk a kőzetek fő típusainak relatív arányát, az üregek gyakoriságát és nagyságát, továbbá a bitumenhabarcs megkötődésének mértékét.

Az aszfalt kőzetanyagának makroszkópos vizsgálati eredményei

A 114,5–143,5 km közötti autópálya-szakaszcól származó aszfaltszeletekben (24. fénykép) gyakori szürke, szürke-vörös átmenetes és vörös andezitek, valamint az

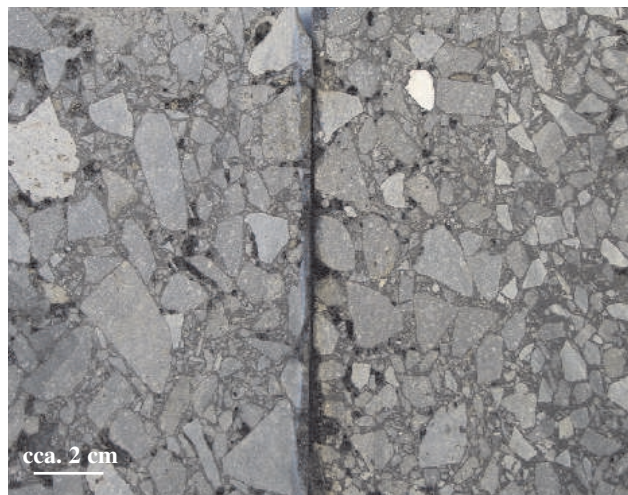


24. fénykép. Az autópálya „recski szakaszán” 125,6 km-nél mélyült 6/2 fúrás mintaszelete. A magszeletet – könnyebb feldolgozása érdekében – az aszfaltszelvény középső és alsó réteghatára mentén szétvágtuk (a fényképen látható fekete függőleges vonal). A kép baloldali része az aszfalt alsó rétegét, jobboldali része a középső és felső rétegét mutatja

Photo 24. Section of sample No. 6/2 from 125.6 km (“Recsk” section) of the highway. For better processing the core section was cut into two parts along the horizontal line (vertical black line in the photo) separating the lower and upper asphalt layers. On the left the lower layer of the asphalt, on the right the middle and upper layer of the asphalt are shown

alárendelten megjelenő világosszürke homogén andezit és sárgás-rozsdabarna-vörös kisebb keménységű bontott andezit a recski bányából általunk begyűjtött mintákhoz (7a–b. fénykép) hasonlóak. A rozsdabarna limonitos foltok, ill. bevonat, amelyek helyenként a szemcsék felületén megjelennek, a bányában a kőzeteken szintén megfigyelhetők (8a–b. fénykép).

A 143,5–174,5 km közötti autópálya-szakaszcól származó aszfaltszeletekben (25. fénykép) a kőzetanyag túlnyomó részét kitevő kemény, sötétszürke, porfíros andezit és annak hólyagüreges változata, továbbá a lényegesen ritkább sötétszürke, ill. világosszürke foltos andezit, végül a gyengén agyagásványosodott plagioklász-fenokristályokat tartalmazó, sötétszürke porfíros andezit a



25. fénykép. Az autópálya „tállyai szakaszán” 159,0 km-nél mélyült 22/2 fúrás mintaszelete. A magszeletet – könnyebb feldolgozása érdekében – az aszfaltszelvény középső és alsó réteghatára mentén szétvágtuk (a fényképen látható fekete függőleges vonal). A kép baloldali része az aszfalt alsó rétegét, jobboldali része a középső és felső rétegét mutatja

Photo 25. Section of sample No. 22/2 from 159.0 km (“Tállya” section) of the highway. For better processing the core section was cut into two parts along the horizontal line (vertical black line in the photo) separating the lower and upper asphalt layers. On the left the lower layer of the asphalt, on the right the middle and upper layer of the asphalt are shown

tállyai bányából általunk begyűjtött mintákhoz hasonló (12a–b fénykép). A szemcsék egy részének felszínén látható rozsdabarna limonitfoltok a bánya kőzetein is megfigyelhetők.

Az aszfaltréteg kőzetanyagának mikroszkópos vizsgálati eredményei

A kristályosság foka, amely a kőfejtőkből származó andezitek jó elkülönítő bélyegeként szolgál, az aszfaltokban is segít csoportosítani a kőzettípusokat. Míg a tállyai minták 17–33, addig a recski andezitek jóval magasabb, 37–45%-ban tartalmaznak fenokristályt. Emellett még ez utóbbiakban az alapanyag is jobban kikristályosodott, kőzetüveg már nem jelenik meg. Ez a különbség az aszfaltok kőzetdarabjaiban is nyomon követhető. A Tállyáról származtatható minták 15–37, míg a Recskről származtathatók 26–43% fenokristályt tartalmaznak. Ugyanez mondható el a mafikus ásványok részarányáról, habár itt már nem olyan egyértelmű az elkülönülés.

A Recskről származó kőzeteket változékonyabb átalakulás jellemzi. A vörös és sárga minden árnyalata előfordul

a limonitosodás és az agyagásványosodás eredményeként. A Tállyáról származó andezit egy része világosszürke homogén vagy foltos, más része sötétszürke erősen üveges alapanyagú, hólyagüreggel vagy azok nélkül, ill. változó mennyiségű fenokristályokkal.

*Az aszfaltréteg kőzetanyagának
laboratóriumi vizsgálati eredményei*

Az aszfaltrétegekből származó kőzetdarabok mikroszkópos, röntgendiffrakciós és teljes kémiai vizsgálata alapján azok nagyrészt azonosíthatók voltak a kőfejtőkből gyűjtött kőzetekkel. A mintaszeletek rétegszakaszonkénti röntgendiffrakciós vizsgálatának eredményeit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat. Az aszfaltmagok különböző rétegeiből gyűjtött kőzetdarabok fontosabb ásványcsoportjainak mennyisége röntgendiffrakciós vizsgálat alapján

Table 2. Distribution of main mineral-groups of the rock-samples from the asphalt core sections, on the basis of X-ray analyses

	Földpátok	Piroxének	Agyagásvány	Pirit, markazit	Goethit (limonit)	Amorfllázis
	[%]					
Felső	55-71	ny-3	2-6	0	0-6	5-11
Középső	51-68	ny-5	2-17	0	1-8	5-11
Alsó	44-75	0-9	0-24	0-3	0-8	6-16

A kémiai elemzések szerint a Recskről származtatott minták FeO(total)+MgO+MnO-tartalma többnyire magasabb, mint a Tállyáról származtatott mintákban, de vannak átfedések a két terület között. Ezzel párhuzamosan a tállyai minták, ill. az onnan származtatott kőzetdarabok jellemzően felzikusabbak, magasabb SiO₂-tartalommal

jellemezhetőek, mint a kevésbé differenciált recski andezitek. Ez jó egyezést mutat a mafikus ásványokba beépülő elemek eloszlásával. A vékonycsiszolatokban megfigyelhető elváltozások (limonitosodás, agyagásványosodás, karbonátosodás) alapvetően nyomon követhetők a kémiai elemzések eredményeiben is, és nincs lényeges eltérés a kőfejtőből és az aszfaltból származó kőzetminták között.

*Az aszfaltrétegben lévő
bitumenmegkötődés-vizsgálati
eredményei*

A bitumenhabarcs a kőzetdarabok legtöbbször felületén jól bevonja, azokra jól tapad, kivéve az üregek szomszédságában elhelyezkedő törmelék esetében. A bitumenhabarccsal gyengébben bevont kőzetdarabok három fő típusa különíthető el. Az első típusba a bontott, ill. bontott szegélyű darabok tartoznak, a másodikba a töredezett, ill. töredezett szegélyűek, a harmadikba az egyenetlen szegélyű, felületi bemélyedéseket tartalmazó kőzetdarabok sorolhatók.

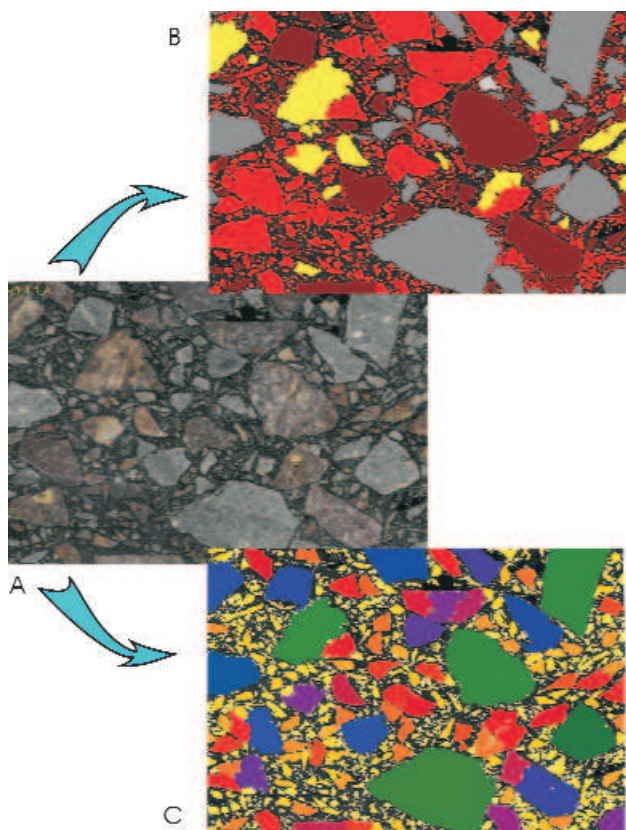
*Az aszfaltrétegek planimetrálásának
eredményei*

A makroszkóposan kiválasztott kőzetváltozatok területi megoszlását az aszfaltban a mintaszeletek planimetrálásával, számítógépes kiértékeléssel végeztük el, amit hagyományos planimetrálással ellenőriztünk. Ehhez kétféle minta állt rendelkezésünkre, egyrészt a henger alakú fúrómagok (26. fénykép), másrészt az azok tengelye mentén készült metszetek (24. és 25. fénykép). Mindkét mintafajta felületét az ImaGeo optikai magszkennelvel (MAROS, PALOTÁS 2000, MAROS, PÁSZTOR

26. fénykép. Aszfaltfúrómag-darab magszkennelése (A), a palást kiterített szkennelt képe (B) és annak részlete (C). A palást szkennelt képén (B) az aszfalt felső, és középső rétege a fekete vonal felett, az aszfalt alsó rétege a vonal alatt látható

Photo 26. Core scan image of asphalt (A), the spread scanned image (B) and the details (C). The upper and middle layers of the asphalt are above the black line; the lower layer is below it

2001) szkenneltük (26. fénykép), a későbbi feldolgozást ezeken végeztük képfeldolgozó célszoftver (PetCore) segítségével (27. fénykép).



27. fénykép. Az aszfaltminta szkennelt képén (A); a PetCore képfeldolgozó célszoftver segítségével a kőzeteket összetételük hasonlósága szerint színcsoportokba osztottuk (B); illetve a zúzottkővet nagyság szerinti csoportok szerint kiszíneztük (C)

Photo 27. On the scanned picture of the asphalt (A), the rocks grouped based on their composition by the PetCore image-processing computer program (B), and the image was coloured based on the size of fragments (C)

A planimetrálás eredményeit röviden összefoglalva elmondható, hogy:

1. A fúrómag szeletek alsó, középső és felső rétegének egységnyi felületein megjelenő üreg, bitumen és zúzottkő aránya rendre azonos vagy közel azonos tartományba esik. Ezek a tartományok:

- üregek 0–5 terület-%,
- bitumenhabarcs 17–35 terület-%,
- zúzottkőfelület 60–75 terület-%.

A fúrómagpaláston végzett vizsgálatok nagyobb pontosságot tesznek lehetővé, ami a nagyobb felületen végzett mérésnek és jobb felbontó képességnek köszönhető. Ennek következtében az üreg, bitumen és a zúzottkő aránya szűkebb tartományokra korlátozódik:

- üregek 0–2 terület-%,
- bitumen 21–31 terület-%,
- zúzottkőfelület 68–73 terület-%.

2. A kőzettörmelék rétegenkénti eloszlása alapján két eltérő mintacsoport volt elkülöníthető:

- a főként szürke és sárga-vörös-rozsdabarna színosztályba eső zúzottkőből álló aszfaltréteg (24. fénykép),
- a túlnyomóan sötétszürke színosztályba eső zúzottkőből álló aszfaltréteg (25. fénykép).

Az aszfaltrétegeket felépítő zúzottkő eloszlásának megváltozása az autópályán 143,5 km körül következik be.

3. A kőzetdarabok rétegenkénti szemcseeloszlását a zúzottkőnek megfelelő méret-tartományok (0–2, 2–5, 5–8, 8–12, 12–20, 20–35 és >35 mm) szerint vizsgáltuk. Az elemzés alapján kijelenthető, hogy a vizsgált fúrások mindegyikében az azonos rétegek közel azonos szemcseeloszlást mutatnak. Továbbá, a felső rétegtől az alsó felé haladva egyre növekvő szemcseméret-tartományba eső zúzottkődarabok építik fel az aszfaltot.

Az autópálya kopórétegének makroszkópos és laboratóriumi vizsgálati eredményei

Külön gondot fordítottunk az autópálya kopórétegéből (felszínéről) gyűjtött minták vizsgálatára. A mintagyűjtési helyek körzetében két elváltozástípust tudunk megkülönböztetni:

- Nagyobb átmérőjű mállott kőzetek, amelyek azonban nem voltak rozsdafoltokkal körbevéve (28. fénykép); ilyen helyeken a kopófelület kissé porózusabb;



28. fénykép. Az M3-as autópálya leálló sávja 118,2 km-nél („recski pályaszakasz”), 3. mintavételi pont

Photo 28. Sampling point No. 3. at 118,2 km (“Recsk” section) of the highway

- Kisebb átmérőjű sötétbarna kőzetek, és méretüknél aránytalanul nagyobb átmérőjű rozsdabarna foltok (limonit, ill. goethit; 29. fénykép); itt a kopófelület tömöttebb.

A vizsgált útszakaszon belül 143,5 km-nél az aszfalt színében éles váltás tapasztalható. Itt a 114,5–143,5 km-es szakaszon megfigyelt világosabb szürke aszfaltot, sötétszürke színű aszfalt váltja fel, egyenes határvonal mentén (30. fénykép). Ez a színkülönbség is jelzi, hogy a két szakaszt máshonnan származó zúzottkő felhasználásával építették (a világosabbat Recskről, a sötétebbet Tállyáról hozták). A részletesebb helyszíni vizsgálat alapján megál-



29. fénykép. Az M3-as autópálya leálló sávja 143,5 km-nél („tállyai pályaszakasz”), 4. mintavételi pont

Photo 29. Sampling point No. 4. at 143,5 km (“Tállya” section) of the highway



30. fénykép. Az M3-as autópálya 143,5 km-nél. Az útellenőrző kocsik előtt húzódik a recski (szürke, rózsaszín árnyalatú) és a tállyai (szürke) zúzottkőből készült aszfaltburkolat éles határa

Photo 30. The sharp contact of the pinkish grey (rocks from Recsk) and grey (rocks from Tállya) is clearly visible in the asphalt at 143,5 km



31. fénykép. Az M3-as autópálya 143,5 km-nél az aszfalt felszínének részlete a felfestett fehér terelővonalal. A fénykép közepén húzódik a két kőbányából származó zúzottkőből készült aszfalt határa. Ettől balra a rózsaszín árnyalatú „recski”, balra a sötétebb szürke „tállyai” aszfalt látható. Az utóbbi felszínén (kopófelületén) feltűnően gyakoribbak a vörösbarna rozsdafoltok

Photo 31. A detail of the asphalt surface at 143,5 km with the white deflecting line. The contact of the two asphalt bodies is composed by the rocks from the two different quarries. On the left the pinkish “Recsk”, while on the right the grey “Tállya” asphalt are visible. On the surface of the latter reddish brown spots more often appear

lapítható, hogy a sötétszürke aszfalt felszínén jóval gyakoribbak a rozsdabarna foltok, mint a vörösszürkén (31. fénykép). A két szakasról begyűjtött minták röntgendiffrakciós és geokémiai eredményei (3. táblázat) kimagasló

3. táblázat. Az aszfalt kopórétegének felszínéről gyűjtött erősen mállott kőzetek fontosabb ásványcsoportjainak mennyisége a röntgendiffrakciós vizsgálat alapján

Table 3. Distribution of main mineral-groups of the strongly weathered rock-samples from the asphalt surface, on the basis of X-ray analyses

	Földpátok	Piroxének	Agyagásvány	Pirit, markazit	Goethit (limonit)	Amorfázis
	[%]					
Kopóréteg	7-67	0-1	16-49	0-3	0-16	0-12

vasszulfid-, vasszulfát- és vas-oxi-hidroxid-, illetve agyagásvány-tartalmat mutatnak.

Összefoglalás

1. Vizsgálataink szerint bizonyos, hogy az útépitésnél felhasznált kőzetanyagok a recski Csákánykő- és a tállyai kopasz-hegyi bányából származnak. A recski andezit szubvulkáni jellegű, jól kristályosodott, viszonylag nagyobb fenokristály-részarányal. A tállyai andezit vulkáni jellegű, kevésbé kristályos, kőzetüveget tartalmazó, enyhén savanyúbb kőzet. Ennek megfelelően a kőzetek átalakulása is eltérő, ami a makroszkópos és a mikroszkópos jelek alapján megfigyelhető. A recski bányából kikerülő andezitben a kőzetalkotó (plagioklászok, piroxének) és az opak ásványok átalakulása változatos elszíneződést okoz: a világosszürke változatoknál karbonátosodás, a vörösnél limonitosodás figyelhető meg, míg a vöröses-sárgás elváltozás a limonit mellett megjelenő agyagásványok színgyengítő hatásának a következménye. A tállyai bánya üde andezitje elsősorban sötétszürke porfíros, erősen üveges alapanyagú, illetve világosszürke homogén, vagy — a hólyagüregek mennyiségétől függően — foltos. A világosszürke kőzetváltozatokban pirit és markazit fordul elő gumó, repedéseket kitöltő anyag vagy hintés formájában. A kőzetek egy részének felszínén a bányában és az aszfalt kopórétegében is rozsdabarna limonitfoltok láthatók, amelyek a piritnek és a markazitnak másodlagos ásványokká történő mállásával keletkeznek. A kőzetekben a következő ásványbomlási-átalakulási folyamatok mennek végbe:

- földpátok (plagioklászok, K-földpátok) → agyagásványok (illit, montmorillonit);
- színesásványok (piroxének) → hematit, goethit + karbonátok;
- pirit, markazit → jarosit, limonit, goethit.

2. Az M3-as autópálya 114,5 és 174,5 km közötti szakaszán lefűrt magok szeleteinek alsó, középső és felső rétegében az egységnyi felületen megjelenő üregek (0–2%), a bitumenhabarcs (21–31%) és a kőzetek (68–73%) aránya rendre azonos tartományba esik. A fűrá-

sok mintaszeletein két eltérő csoport volt elkülöníthető: a főként szürke és vörös, valamint vörössárga recski andezitből álló aszfaltréteg és a túlnyomóan sötétszürke és világosszürke tállyai andezitből álló aszfaltréteg. A vizsgált útszakaszon belül kb. 143,5 km-nél az aszfalt színében megfigyelhető a fentiekben jellemzett két típus éles váltása. A részletesebb helyszíni vizsgálat alapján a sötétszürke aszfalt felszínén sokkal gyakrabban fordult elő rozsdabarna foltok, mint vörösszürkék.

Az aszfaltkeverékben felhasznált kőzetnek maximum 2%-a különböző mértékben már mállottan került a helyére. A mállott kőzet jelentős részében a plagioklász és a piroxén, valamint az opak ásványok alakultak át másodlagos ásványokká (agyagásvány, karbonát, limonit, goethit). A tállyai kőzetek 25–27%-a tartalmaz piritet, amely képes gyorsan mállásnak indulni. Ugyanakkor a kőzetszemcsék felszínének bitumenhabarccsal történő jó bevonata miatt (amit egyébként a mintaszeletek vizsgálatánál tapasztaltunk) csak jelentéktelen hányaduk van átalakulási állapotban, és az is elsősorban a burkolat felszínén okoz elszórtan elváltozást.

3. Az aszfaltréteg kopófelületén megfigyelhető elváltozások kétféleképpen jelennek meg. Először néhány centimétertől deciméterig terjedő, de igen vékony rozsdabarna limonitfilm formájában, ami a pirites andezit helyben történő mállásának termékeként, elsősorban a tállyai kőzetanyagból épített aszfaltfelületre jellemző. A zúzottkódarabok a bányából kikerülve még üdék, aszfalthabarccsal történő bevonásuk általában jó, így az aszfaltréteg belsejében mállásukat megfigyelni nem lehet. Ugyanakkor, ha az aszfalt kopófelületén a bevonat lekopik, a hintett pirit víz (sós víz) és oxigén hatására gyorsan bomlani kezd, és limonitfoltossá teszi az aszfalt felszínét.

A kopórétegen megfigyelhető másik kőzetváltozás a kőbányából már többé-kevésbé mállottan kikerült kőzetdarabokat érinti. Az ilyen kőzeteken a bitumen megkötődése általában gyengébb, ezért a már korábban megkezdődött mállási folyamat víz (sós víz) és oxigén hatására helyben folytatódik. A bomlás főként a plagioklász- és piroxén-fenokristályokat érinti, amely ásványok viszont a piritnél jóval lassabban alakulnak át másodlagos ásványokká (agyagásvánnyá, illetve limonittá, goethitté). Ez a változás a „recski útszakaszra” jellemzőbb.

A fentebb ismertetett kétféle mállási folyamat közül az első gyorsabban és látványosabban megy végbe a kopófelület felszínén, de feltehetően ezek a limonitfilm-

foltok idővel lekopnak. Az átalakulás lassabban ugyan, de végbemehet az aszfaltréteg belsejében is olyan esetekben, amikor a kőzetdaraboknak nincs bitumenburka, és a pórusokon keresztül (sós) vízzel, valamint oxigénnel érintkeznek.

A pirit mállása során keletkezett kénessav és kénsav a kőzetek vagy közvetlen környezetük karbonáttartalmával reagálva megkötődik, semlegesítődik. Ezzel párhuzamosan kémiai reakciók következtében az adott kőzetdarabok mechanikai szilárdsága lecsökken, aminek mértékét további vizsgálatoknak kell tisztázni.

4. Az elvégzett vizsgálatok bebizonyították, hogy az utépítéshez felhasznált kőzetek alkalmasságának eldöntéséhez nem elegendő csupán a szabványokban kötelezően előírt kőzetmechanikai vizsgálatok elvégzése, emellett szükség van ásvány-kőzettani és geokémiai elemzésekre is. Például az üde andezit, amennyiben csak 1–2% piritet tartalmaz, a mechanikai vizsgálatok alapján kiváló minősítést kaphat. Ugyanakkor a pirit víz, oxigén, só és meleg hatására rövid időn belül mállásnak indul, és ezzel a zúzottkódarabok szilárdsága lecsökken. A folyamat az utak téli sózása után, amely a közeg pH-ját megváltoztatja, felgyorsul. A mállás akkor indul be, ha a piritet tartalmazó kőzetek bitumenfilmburka eltűnik, vagy ki sem alakul.

Az utépítési szakemberek figyelmébe ajánljuk az alkalmazott számítógépes planimetrálást (ImaGeo – PetCore), amellyel meghatározható az aszfalt porozitása, bitumentartalma és a zúzottkódarabok méretének és anyagának eloszlása. Ez az új módszer helyettesíthetné a jelenleg alkalmazott ez irányú, jóval költségesebb és munkaigényesebb laboratóriumi vizsgálatokat.

Köszönetnyilvánítás

A cikk szerzői köszönetüket fejezik ki a feladat elvégzése során nyújtott szakmai és adminisztratív segítségükért: Józsa Gábornak, Papp Lajosnak, Rózsa Péternek és Jámbor Áronnak a földtani kérdésekben, Adorjányi Kálmánnak, Pálfay Antalnak és Jákli Zoltánnak az autópályával, továbbá Cseh Zoltánnak, Sipos Istvánnak és Hollókői Sándornak a bányákkal kapcsolatos kérdésekben nyújtott hasznos segítségükért. Hálásak vagyunk cikkünk építő jellegű kritikájáért Jámbor Áron lektornak, illetve alapos, jobbító szándékú szakmai és formai javításaiért Balla Zoltán szerkesztőnek.

Irodalom — References

- BALOGH K., RÓNAI A. 1965: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához L-34-III. Eger. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 173 p.
- BOCZÁN B., FRANYÓ F., FRITS J., LÁNG S., MOLDVAY L., PANTÓ G., RÓNAI A., STEFANOVITS P. 1966: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához M-34-XXXIV. Sátorlajújhely. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 199 p.
- CSEERNY, T., KIRÁLY E., THAMÓNÉ BOZSÓ E., MUSITZ B., KOVÁCS-PÁLFFY P., MAROS GY., BARTHA A. 2004: Az M3-as

- autópálya 114,5 - 174,5 közötti szakaszának burkolatában észlelt kőzetelváltozások vizsgálatának eredményei. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYARMATI P. 1965: A Mád 23. alapfúrás földtani eredményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1964. évről*, pp. 443–473.
- GYARMATI P. 1966: Földtani alapadatok a Tokaj hegység 1:25 000 méretarányú földtani térképsorozatához. Az M-34-139-A-d Tállya jelű térképlap észlelési változata. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- GYARMATI P. 1977: A Tokaji-hegység intermedier vulkanizmusa. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 58, 195 p.
- JUGOVICS L. 1950: Geológiai szakértői vélemény Recsk környékén nyitandó kőbányáról. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- JUGOVICS L. 1951: Csákánykő - Recsk vidékén - andezitbányájának kialakítása, kőzetének sajátosságai és felhasználhatósága. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- KÁLI Z., PÁLFY J., SZOKOLAI GY-NE 1970: Tállya-Kopaszhegyi andezitkutatás összefoglaló földtani jelentés és készletszámítás. — *Kézirat*, Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Északmagyarországi Üzemvezetősége, Adattár, Budapest.
- MAROS GY., PALOTÁS K. 2000: Az üveghutai Üh-22 és Üh-23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel (Evaluation of planar features in boreholes Üh-22 and Üh-23 near Üveghuta with CoreDump software). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 1999-ről*, pp. 315–339.
- MAROS GY., PÁSZTOR SZ. 2001: New and Oriented Core Evaluation Method: ImaGeo. — *European Geologist* 12, pp. 40–43.
- NAGY B. 1967: A csákánykői kőfejtő andezitjeinek üregkitöltő ásványai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1965. évről*, pp. 341–343.
- RÓZSA P., PAPP L. 1988: Tokaji-hegységi vulkáni és szubvulkáni kőzetek elkülönítése szemcsenagysági összetételük alapján. — *Földtani Közlöny* 118 (3), pp. 265–275.
- RÓZSA, P., PAPP, L. 1996: A diagram for distinction between calc-alkalic volcanic and hypabissal rocks. — *Theophrastus Contributions* Vol.1. Athens, Greece, pp. 190–207.
- VARGA GY., CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E., FÉLEGYHÁZI ZS. 1975: A Mátra hegység földtana. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 57 (1), 575 p.
- VÁRHEGYI P. 1968: Összefoglaló földtani jelentés és készletszámítás a tállyai andezitkutatásról. — *Kézirat*, Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Északmagyarországi Üzemvezetősége, Budapest.

A pulai pliocén maarkráter (Dunántúli-középhegység) tavi üledékeinek földtani viszonyai

Geologic pattern of lake sediments in an Pliocene maar crater at Pula (Central Transdanubia, Hungary)

CSIRIK GYÖRGY

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

Tárgyszavak: Dunántúli-középhegység, Magyarország, pliocén, maarkráter, krátertavak, bazalt, bazalttufa, tavi üledékek, laminit

Összefoglalás

A pulai maarkrátért 1973 novemberében fedezték fel a Dunántúli-középhegység földtani térképezése során (JÁMBOR, SOLTI 1976). A kráter a Kab-hegy DNy-i oldalán, Pulától Ny-ra, az Eger-patak (Vázsonyi-séd) völgyétől É-ra található (1. ábra).

A kráter ÉK–DNy-i irányban kissé elnyúlt, szabálytalan alakú zárt forma, amely két egymásba olvadó ellipszis alakú részmedencéből áll. Jelenlegi kiterjedése – amelyet a fekvő bazalttufafelszín és a domborzat metszésvonala határoz meg – É–D-i és K–Ny-i irányban egyaránt kb. 800 m. A kráter D-felé nyitott. A kráter oldalfalai Ny-on és DK-en jól felismerhetők, É-on a Kab-hegy lejtőjébe simulnak. ÉNy-i részében vízmosás alakult ki. Ennek DK-i előterében negyedidőszaki hordalékkúp képződött. Az ÉK-i medence DNy-i szélén egy 10 m magas gejzirkúp emelkedik ki (SOLTI 1981).

A krátérsáncokat bazalttufa alkotja. A bazaltvulkáni tevékenység végén a maarkráter közepén egy bazaltlávató képződött. Mindkét képződés a Tapolcai Bazalt Formációba tartozik.

Ezután a környező terület vize a bazalttufa pórusain keresztül behatolt a kráterbe és egy tavat alkotott. A tavi üledékeket Pulai Alginit Formáció néven vonták össze. A Formáción belül három rétegcsoport különíthető el: bázis, olajpala és meszes rétegek. A közettani elkülönítés alapja az, hogy az olajpala rétegek fáciése kevésbé változékony, mint a formáció alján és tetején lévő képződményeké.

A krátérsánc magassága a pleisztocénre lecsökkent, így a Kab-hegy időszakos vízfolyásai a kráterperemeken lepusztították a tavi üledékeket. A lepusztult képződmények helyére lősz rakódott. A DNy-i részmedence időszakos vízfolyása már létezett abban az időben.

A pulai kráter tavi üledékeinek földtani viszonyai az 1. ábra földtani térképével, a Tapolcai Bazalt Formáció (2. ábra, A), a bázis rétegek (2. ábra, C) magasság-szintvonalas, valamint egyes rétegtani egységek vastagság-szintvonalas térképével (2. ábra, B, D–F) és földtani szelvényekkel jellemezhetők (3. ábra). A földtani szelvények elhelyezkedése az 1. ábrán látható.

Keywords: Central Transdanubia, Hungary, Pliocene, maar craters, crater lakes, basalt, basaltic tuff, lake sediments, laminite

Abstract

The Pula crater was discovered in the course of geologic mapping of the Central Transdanubia in 1973 (JÁMBOR, SOLTI 1976). It is situated on the SW flanks of Kab Hill, W of Pula village, N of the valley of Eger (Vázsonyi-Séd) Creek (Figure 1).

The crater is a NE-SW elongated structure that consists of two subbasins intersecting each other. It measures about 800 m across both N-S and E-W on the line of intersection of the surface of the underlying basaltic tuff and of surface morphology. The SW part of the basaltic tuff ring has been eroded by the Eger Creek, so it is an open basin on the S. The crater ring can be easily recognised on its W and SE sides, on the N side it disappears into the S part of Kab Hill. A gully has been formed in the NW part. A fan is situated in its SE foreground. In the SW margin of the NE sub-basin there is a geyser cone that is about 10 m high relative to its surroundings (SOLTI 1981).

The crater rim consists of basaltic tuff. A basalt lava lake has been formed in the center of the crater in the final phase of the phreatomagmatic activity. The tuff and the lava belong to the Tapolca Basalt Formation.

After crater formation the water of the adjacent area penetrated through the pores of the basaltic tuff forming a crater lake. The lacustrine sediments are grouped into Pula Alginite Formation. Within the Formation three units can be observed: basic, oil shale and lime beds. The basis of the petrologic differentiation is the fact that the facies of the oil beds is less variable than that of the sediments of bottom and the top of the Formation.

The height of crater rims decreased at the beginning of Pleistocene. The temporary streams of Kab Hill eroded the lake sediments at the crater rims. Loess was deposited in place of the eroded formations. The temporary stream in the SW subbasin existed at that time.

The geological conditions of Pula crater can be characterised by surface maps of Tapolca Basalt Formation (Figure 2, A), of basic beds (Figure 2, C), thickness maps of some stratigraphical units (Figure 2, B and D–F) and geologic profiles (Figure 3). The tracks of the profiles can be seen on Figure 1.

Bevezetés

A pulai krátert 1973 novemberében fedezték fel a Dunántúli-középhegység földtani térképezése, ezen belül a vigántpetendi lap felvétele során a pulai Put-1 fúrás mélyítésével.

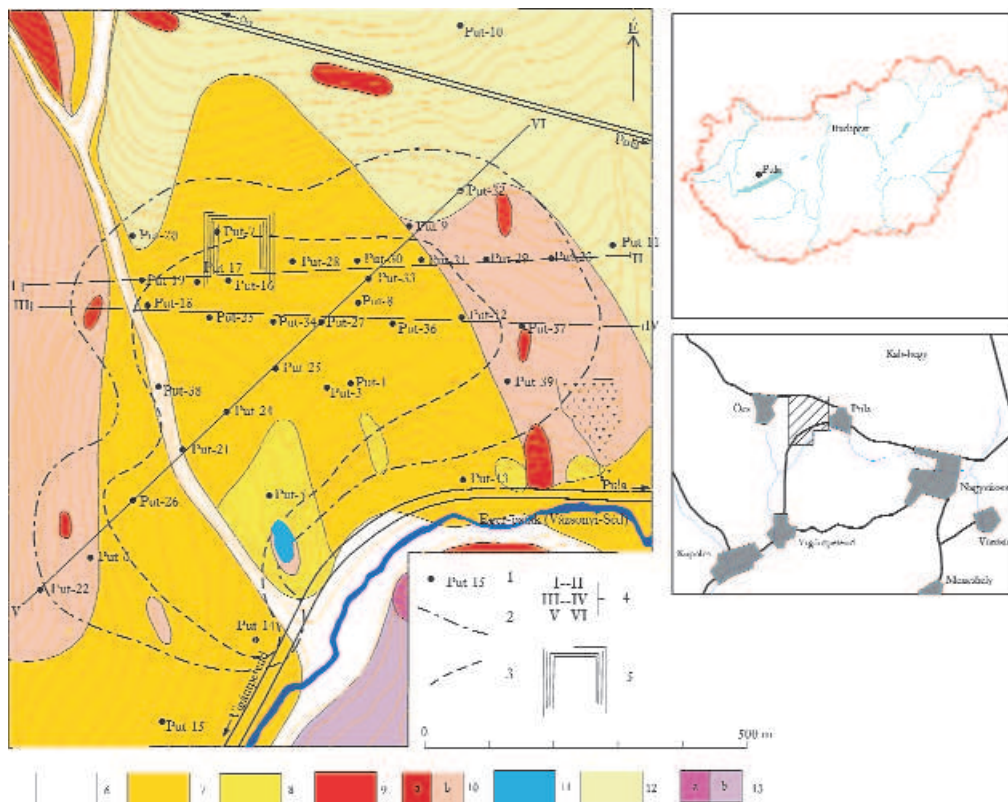
A kráterrel foglalkozó cikkeket a krátertavi üledékek vonatkozásában értékelem. A fúrások és a térképezés eredményeit bemutató cikkben (JÁMBOR, SOLTÍ 1976) a Put-3 fúrásban a krátertavi üledékeket kőzettani alapon különítették el (pl. bazalttufit, agyagmárgás aleurit, alginites agyagmárga stb.). A földtani szelvényeken ezt a részletes felosztást nem alkalmazták, és a krátertavi üledékeket alulról felfelé lemezes aleuritra, olajpala-tagozatra, „nagyvázsonyi mészkőre” és márgára osztották fel. Közölték az egyes kőzettípusok részletes anyagvizsgálati eredményeit. A fejlődéstörténeti viszonyok fejezetben jelentős, lényegében ma is helytálló megállapításokat tettek a krátertavi üledékek képződési körülményeire, amelyeket cikkembe beépítettem. RAVASZ (1974) végezte a pulai Put-3 fúrás kőzettípusainak kőzettani vizsgálatát. Ezeket a kőzettípusokat a későbbi fúrásirétegsor-leírásoknál azonban nem alkalmazták.

1974–1975. között 11 db kutatófúrás mélyült (Put-5–Put-14), amelyekkel a pulai maarkráter földtani viszonyait tisztázták.

BALOGH et al. (1982) szerint a pulai bazaltminták izokron kora 4.15 ± 0.17 millió év. Mivel a minták bontatlanok és jól kigázosodtak, ez az érték nagyon pontosnak tekinthető.

SOLTÍ (1983) összefoglalta a megelőző 10 év kutatási eredményeit. Több kőzettípust is elkülönített, azonban ezeket a fúrások rétegsorait összefoglaló 2. sz. táblázatában nem alkalmazta (itt fedő, olajpala, fekü, bazalt, bazalttufit stb. kategóriák szerepeltek). A földtani szelvényeken holocén és pleisztocén képződményeket, édesvízi mészkövet, olajpálát, alginites ostracodás márgát, bazalthomokot, bazaltot, bazalttufitot és bazalttufát, valamint a kráterszerkezet fekéjét alkotó képződményeket tüntette fel.

1985–1986-ban Solti G. a már meglévő fúrások felhasználásával három szelvényben 24 db fúrást telepített a krátertavi üledékek települési viszonyainak részletesebb megismerése céljából (1. ábra). Ebben a kutatásban a szerző is részt vett. Az akkori előírásoknak megfelelő összefoglaló földtani kutatási zárójelentés és készlet-



1. ábra. A pulai maarkráter fedett földtani térképe (JÁMBOR és SOLTÍ 1976 után)

1 – Mélyfúrás jele és száma; 2 – A kráter határa; 3 – A bazalt és a bazalttufa közötti határ a maarkráterben; 4 – A földtani szelvény (3. ábra) nyomvonala; 5 – Külfejtés; 6 – Holocén: völgykitöltés; Pleisztocén: 7 – lejtőlöss, 8 – terasz kavics, sand; Pliocén „*Congeria balatonica*” szint: 9 – bazalt, 10 – bazalttufa (a: szálaban, b: törmelékben), 11 – gejzirít, lemezes, kovás forrásvízi mészkő, 12 – édesvízi mészkő; 13 – Felső-triász: földolomit (a: szálaban, b: törmelékben)

Figure 1. Surface geological map of the maar crater at Pula (after JÁMBOR, SOLTÍ 1976)

1 – code and number of borehole; 2 – boundary of the crater; 3 – boundary between the basalt and the basaltic tuff within the crater; 4 – tracks of the geologic section (Figure 3); 5 – open pit; 6 – Holocene: alluvium; Pleistocene: slope loess, 8 – terrace gravel, sand; Pliocene “*Congeria balatonica*” zone: 9 – basalt, 10 – basaltic tuff (a: outcrop, b: detritus), 11 – geysirite, laminated, siliceous travertine, 12 – freshwater limestone; 13 – Upper Triassic: Main Dolomite (a: outcrop, b: detritus)

számítás (a jelentés az Országos Földtani és Geofizikai Adattárban nem lelhető fel) elkészítésében szerzett tapasztalatok alapján felmerült, hogy a krátertavi üledékeket egységes szempontok alapján kell felosztani. A részeket az akkori formáció–tagozat rendszerben el is neveztük (ezek a tagozatok azonban — elsősorban lokális elterjedtségük — miatt nem váltak hivatalossá). A szerző részt vett a fúrási rétegsorok terepi leírásában, kidolgozta a nyersanyagösszetétel részletek bontásának kritériumait, elvégezte a rétegsorok felbontását, a kapott adatok alapján megszerkesztette a vastagság- és képződményhatárok tengerszint feletti magasság-szintvonalas térképeit és a földtani szelvényeket, amelyeket a szakirodalom alapján értelmezett. Solti G. és a szerző az eredményeket közös cikkben tervezték megjelentetni, de ettől 1993-ban elálltak. Az eltelt 12 év alatt Solti G. a kutatás adatait és ezek feldolgozását nem publikálta.

HABLY, KVAČEK (1998) a gércei és a pulai krátert övező pliocén mezofita erdővel foglalkoztak. Az alginitképződés korát 4,2 millió évre vagy egy kicsit fiatalabbra teszik. Átlagosan 10–13 °C hőmérsékletű és 1000 mm csapadékú éghajlatot feltételeztek.

WILLIS et al. (1999) a Put–39 fúrás magmintáinak elemzésével 124 ezer éves periodicitást mutattak ki. BALOGH et al. (1982) méréseire hivatkozva a pulai kráter képződését 3,82±0,93 millió évre (véleményem szerint tévesen hivatkoztak a legpontosabb kormeghatározásra, lásd fent), ugyanakkor a tavi üledékek képződésének intervallumát 3,0–2,6 millió közé teszik. Kort az üledékek mágnesezés polaritása és pollenösszetétele alapján adják meg. Valószínűtlennek tűnik, hogy 820 ezer évig (valójában 1,2 millió évig) nincs üledékképződés és utána 320 ezer évig van. Ez ellentmond HABLY, KVAČEK (1998) megállapításainak. Az üledékképződési sebességre 80 év/cm, azaz 0,125 mm/év értéket adtak meg.

NÉMETH et al. (2002) foglalkoztak a pulai maarkráter tavi üledékeivel. Négy litofáciest különítenek el: 1. központi rétegzett fácies (ezek a tavi üledékek); 2. központi

juvenilis-dús fácies, ami a kráterperemet alkotó bazalttufa egyik fáciese; 3. tufagyűrű fácies (szintén bazalttufa); 4. vulkanoklasztikus törmelékfolyás fácies, ami a kráterperem bazalttufájának krátertőbe áthalmozott anyaga. Magát a tavi üledékeket nem osztották tovább. Az egyes fáciesek elterjedését — a központi rétegzett fácies kivételével — nem adták meg a mellékelt egyszerűsített földtani térképen.

GOTH et al. (2004) az alginittápanyag szelvénye alapján értékelték a tavi üledékeket, melyek felosztásával nem foglalkoztak. Részben a korábbi eredményeket (JÁMBOR, SOLTI 1976; RAVASZ 1974) ismételték meg. Megemlítik a bányában feltárt esemény üledékeket.

CSILLAG et al. (2004) a pulai kráter térbeli felépítésével foglalkoztak (1) 40-nél több fúrás rétegsorának átértékelése (valójában csak 39 fúrás mélyült a kráterben és közvetlen környékén), (2) számítógépes modellezés és (3) a feltárások üledékföldtani vizsgálata alapján. Szerintük 4,2 millió évvel ezelőtt képződött a kráter. A krátertavi üledékek vastagságát 130 m-re tették (valójában legfeljebb csak 50 m). A cikk értékelését megnehezíti, hogy egy poszterbemutató szöveges kivonata az ábrák nélkül.

Földtani viszonyok

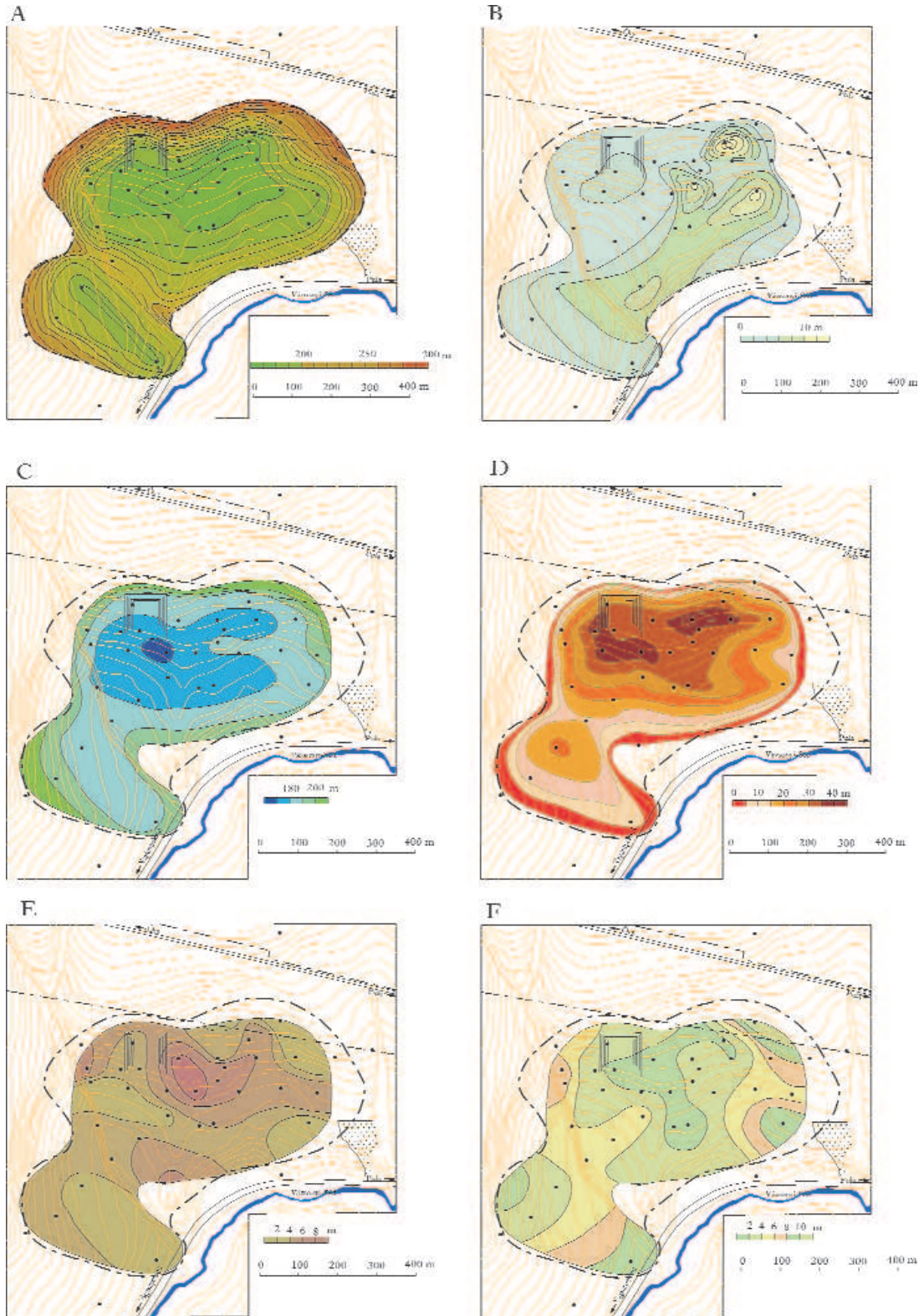
A pulai kráter a Dunántúli-középhegységben, a Kab-hegy DNy-i oldalán, Pulától Ny-ra, és az Eger-patak (Vázsonyi-séd) völgyétől É-ra található (1. ábra).

A kráter ÉK–DNy-i irányban kissé elnyúlt, szabálytalan alakú zárt forma, amely két egymásba olvadó ellipszis alakú részmedencéből áll. Jelenlegi mérete — amelyet a fekvő bazalttufafelszín és a domborzat metszésvonala határoz meg — É–D-i és K–Ny-i irányban egyaránt kb. 800 m. A kráter D-felé nyitott. A kráter oldalfalai Ny-on és DK-en jól felismerhetők, É-on a Kab-hegy lejtőjébe simulnak. ÉNy-i részében vízmosás alakult ki. Ennek DK-i előterében negyedidőszaki hordalékkúp képződött. Az ÉK-i

1. táblázat. A pulai kráter tavi üledékeinek rétegtani beosztása

Table 1. Stratigraphical subdivision of the lake sediments of Pula maar crater

Kor	Formáció	CSIRIK 1986	JÁMBOR, SOLTI 1976	SOLTI 1983
Pleisztocén -holocén		talaj, lész, közettörmelékes agyag, patakhordalék, kavicsos homok, lejtőlész, lészös agyag	ópleisztocén terasz kavics	holocén–pleisztocén képződmények (kavics, homok)
Pliocén	Pulai Alginitt Formáció	meszes rétegek bentonitos agyag, mészsizapos alginit, agyagmárga, mészmárga, márga, aleuritos agyag, alginites aleurit	nagyvázsonyi édesvízi mészkő és márga, meszes dolomit	édesvízi mészkő (lemez márga, mészmárga, agyagmárga)
		olajpala rétegek alginit (lemez, tömeges)	olajpala tagozat	olajpala (lemez, tömeges)
		bázis rétegek agyagmárgás aleurit, alginites, diatomás aleurit, aleuritos alginit, kavicsos homokkő, kavics, bazalttufit, bazalthomok, autigén breccsa	lemez aleurit	alginites ostracodás márga, bazalthomok
	Tapolcai Bazalt Formáció	bazalt, bazalttufa, bazalttufit, salakos, hólyagos bazalt	salakos bazalt, bazalt, bazalttufa és bentonit	tömör és salakos bazalt, bazalttufit és bazalttufa



2. ábra. A pulai maarkráter fő rétegtani egységeinek magasság- és vastagság-szintvonalas térképei

A = A Tapolcai Bazalt Formáció tetejének magasság-szintvonalas térképe (a kráteren belül), B = A bázis rétegek vastagság-szintvonalas térképe, C = A bázis rétegek tetejének magasság-szintvonalas térképe, D = Az olajpala rétegek vastagság-szintvonalas térképe, E = A meszes rétegek vastagság-szintvonalas térképe, F = A pleisztocén-holocén képződmények vastagság-szintvonalas térképe

Figure 2. Surface and thickness contour maps of the main stratigraphical units of Pula maar crater

A = Surface contour map of the Tapolca Basalt Formation (within the crater), B = Thickness contour map of the base beds, C = Surface contour map of the top of the base beds, D = Thickness contour map of the oil shale beds, E = Thickness contour map of the lime beds, F = Thickness contour map of the Pleistocene and Holocene formations

medence DNy-i szélén egy 10 m magas gejzirkúp emelkedik ki (SOLTI 1981).

JÁMBOR, SOLTI (1976) szerint a pulai kráter tavi üledékei alatt a fekvő bazaltvulkáni tevékenység végén a maarkráter közepén képződött lávató bazaltja, a kráter sáncait bazalttufa alkotja. A bazalt és a bazalttufa a Tapolcai Bazalt Formációba tartozik.

A fedőjükben települő krátertavi üledékeket Pulai Alginit Formáció néven vonták össze. A formáción belül három rétegcsoporthat különítettem el: a bázis, az olajpala és a meszes rétegeket (1. táblázat).

A fedő negyedidőszaki képződményeket löszök és patakhordalékok képviselik.

A pulai kráter tavi üledékeinek földtani viszonyai az 1. ábra földtani térképével, a Tapolcai Bazalt Formáció (2. ábra, A), a bázis rétegek (2. ábra, C) magasság-szintvonalas, valamint egyes rétegek vastagság-szintvonalas térképeivel (2. ábra, B, D–F) és földtani szelvényekkel jellemezhetők (3. ábra). A földtani szelvények elhelyezkedése az 1. ábrán található.

A bazalt és a bazalttufa közvetlen rétegtani fekvését alkotó pliocén üledékek képződési körülményeit JÁMBOR, SOLTI (1976) vizsgálták. Szerintük a felső-pannoniai alemelet középső részén a területet sekély, gyakran kisebb-nagyobb résztavakra szakadozó, ismételt elmozdított tórendszer borította, amely az egész Tapolcai-Nagyvázsonyi medencére kiterjedt. Ezt a nyugodt, lassú üledékképződést zavarta meg a bazaltvulkanizmus, amely csak kis területen érezte hatását.

A maarkráter létrehozó kitérés befejeződése és a bazalt kihűlése után a környező terület vize beszivárgott a kráter-sáncot alkotó porózus bazalttufán keresztül. Az eredeti talajvízszint helyreállt és a vízutánpótlás folyamatos volt.

A Pulai Alginit Formációt a közettípusok és azok eloszlása alapján három részre bontottam: bázis, olajpala és meszes rétegekre (1. táblázat).

A *bázis rétegekbe* eltérő homogenitású és szemcse-nagyságú üledékek tartoznak: agyagmárgás aleurit, aleurit, alginites, diatomás aleurit, aleuritos alginit, kavicsos homokkő, kavics, bazalttufit, bazalthomok, autigén breccsa. A tagozat megfelel JÁMBOR, SOLTI (1976) lemezes aleuritjének, valamint SOLTI (1983) bazalthomokjának és alginites ostracodás márgájának. A kőzetek szervesanyag- és agyagtartalma kicsi; a mikrorétegzettség csak helyenként figyelhető meg. A Bázis és az Olajpala Tagozat közötti határt az első összefüggő lemezes alginitrétegnél húztam meg.

A bázis rétegek képződése képződése idejére az üledékképződési körülmények a következő módon vázolhatók. A rétegek vastagság-szintvonalas térképén (2. ábra, B) a kráter É-i, Kab-hegy felé eső részén egy hordalékkúp rajzolódik ki. Az V–VI szelvényből (3. ábra) látható, hogy ez a tény később is hatott az üledékképződésre. Figyelemre méltó, hogy a III–IV szelvény Ny-i részén, a Put–18 fúrásban kimaradnak a bázis rétegek (3. ábra). Ennek valószínű oka az, hogy ez a hely kiemelkedés volt és a törmelékforrástól messzebb esett. A frissen kialakult krátertóban a kráterfalak instabilitása és a szeizmikus tevékenység miatt

elsősorban gravitációs üledékek képződtek (BÜCHEL, LORENZ 1993). Ekkor még nem alakultak ki az eutrofizáció, melyhez elsősorban alkalikus víz és bőséges makro- és mikroelem utánpótlás kellett, amelyet a kráter-sáncot alkotó bazalttufa nagyobb fokú mállása biztosított.

Az *olajpala rétegeket* nagyrészt jellegetesen mikrorétegzett, alginitnek nevezett kőzet alkotja. Megfelel JÁMBOR, SOLTI (1976) „olajpala-tagozatának” és SOLTI (1983) „olajpala-jának” (lemezes, tömeges). Az olajpala rétegek alsó határa többé-kevésbé követi a fekvő bazalt felszínét (2. ábra, C). Ez arra utal, hogy a bázis rétegek a Tapolcai Bazalt Formáció felszínének egyenetlenségeit töltötték ki. Az olajpala rétegek a peremek felé kiékelődnek. Az olajpala rétegeket egy-egy fúrásban tovább lehetett bontani tömeges és lemezes változatra, de ezek szelvénybeli nyomonkövetése nem volt lehetséges.

A tömeges alginit rétegzetlen, illetve az elválás mentén vékonyréteges (10–15 cm) kőzet, Korábban a fúrásleírásokban bazalthomokként említették, de megállapították, hogy uralkodóan *Botryococcus braunii* KÜTZING zöld algából áll (Góczán F. szóbeli közlés). Létrejöttét a krátertő D-i részén található gejzír is elősegíthette. Feltehetően ennek forró vize miatt nem alakult ki az évszakos hőmérsékletingadozást tükröző mikrorétegzettség. Felvetődhetne az inbentosz megnövekedett szerepe is, de ezt ősmaradványok nem támasztják alá. A gejzír és az alginit összefogódását a Put–5 fúrás tárta fel (SOLTI 1981).

A lemezes alginitben található mikrorétegek három alkotórészből állnak: agyagásványokból, karbonátokból és szervesanyagból. Az alkotórészek aránya a különböző mikrorétegeken belül eltérő.

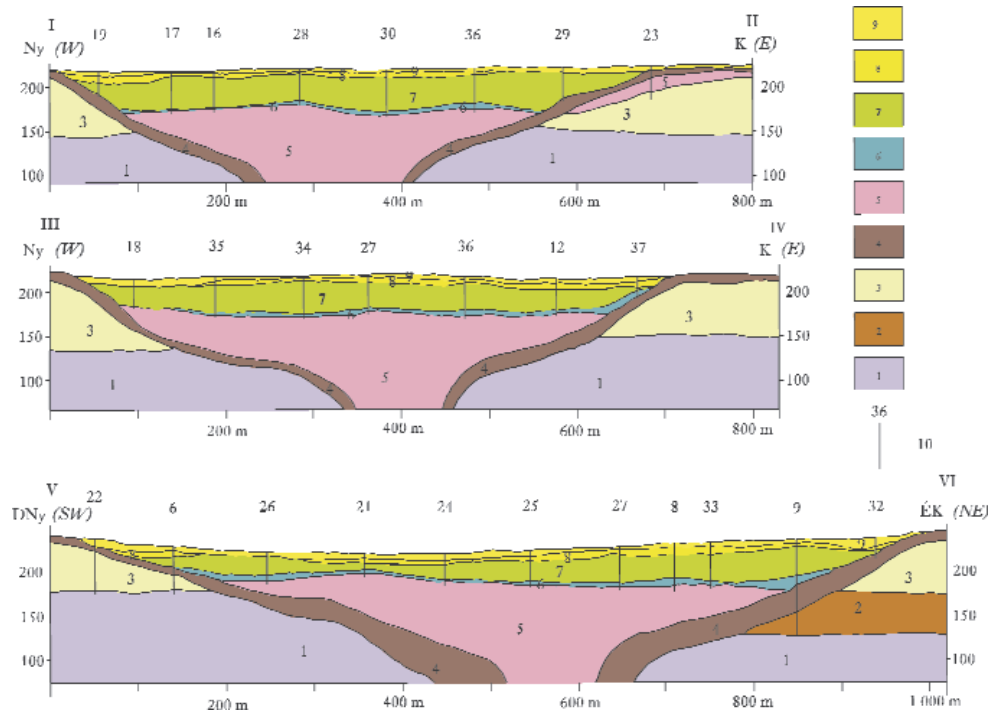
Az agyagásványok elsősorban montmorillonitból, illit-montmorillonitból, illitből és kaolinitből állnak. Ezek a bazalttufa mállástermékei, és mint agyagásvány-kristálycsírák kerültek az üledékgyűjtőbe.

A karbonátokat aragonit (MEZŐSI, MUCSI 1976), dolomit és kalcit alkotja. Az aragonit 29 °C fölötti hőmérsékletű vízben képződik, amelyet a gejzír biztosított. A kalcit és a dolomit a növények által felhasznált oldott CO₂ hiány miatt fellépő egyensúlybomlás következtében vált ki.

A szervesanyag elsősorban a *Botryococcus braunii* KÜTZING zöld algából, alárendelten a kráterfalakon megtelepülő növényzetből származik. A szervesanyag az anaerob tófenékviz viszonyok miatt csak kis mértékben bomlott el.

Az alginitben jelentős mennyiségben található amorf anyag is. Ez a már említett szervesanyag mellett átalakulatlan vulkáni üvegből, rosszul kristályosodott agyagásványokból és kovából (többek között Diatomákból, HAJÓS 1976) áll. A kova ebben a lúgos közegben nagyon sokáig oldatban maradhat, azonban a fenékvizekben felhalmozódva savas közegben kicsapódik. RAVASZ (1976) mikroszkópi vizsgálattal több kovaváltozatot mutatott ki.

Az olajpala rétegek képződési körülményeire döntő hatással volt a kráterfalakon megtelepülő növényzet, amely elősegítette a kráterperemet alkotó bazalttufa nagyobb fokú mállását. Szűrő hatása miatt az üledékgyűjtőbe elsősorban oldatok, valamint agyagásvány-kristálycsírák jutottak



3. ábra. A pulai maarkráter földtani szelvényei (a szelvények nyomvonala az 1. ábrán látható)

1 – Felső-triász: Földolomit Formáció; 2 – Középső-miocén (?) szárazföldi üledékek; 3–8. Felső-pannoniai: 3 – Taliándörögdí Formáció; Tapolcai Bazalt Formáció; 4 – bazalttufa, 5 – bazalt; 6–8 – Pulai Alginit Formáció: 6 – bázis rétegek, 7 – olajpala rétegek, 8 – meszes rétegek; 9 – Pleisztocén-holocén képződmények; 10 – Mélyfúrás száma és szelvénye

Figure. 3. Geologic sections of Pula maar crater (for location see Figure 1)

1 – Upper Triassic: Main Dolomite Formation; 2 – Middle Miocene (?) terrestrial sediments; 3–8 – Upper Pannonian: 3 – Taliándörögd Formation; Tapolca Basalt Formation: 4 – basaltic tuff, 5 – basalt; 6–8 – Pula Alginite Formation: 6 – base beds, 7 – oil shale beds, 8 – lime beds; 9 – Pleistocene and Holocene formations; 10 – borehole and its serial number

(JÁMBOR, SOLTÍ 1976). Az oldatok lúgossá tették a tó vizét. KELTS (1986) szerint a lúgos vizű tavak sokkal több tápanyagot és oldott széndioxidot tárolnak, mint amelyek vize hasonló hőmérsékletű, de savas és semleges kémhatású.

A tó eutróf vize az algák számára ideális volt. A tó felső vízrétegében a *Botryococcus braunii* KÜTZING zöld alga nagy mennyiségben élt. Az elhalt szervezetek lesüllyedtek, és az aljzaton többé-kevésbé elbomolva a vizet anaerobbá és kissé savassá tették. Ezt támasztja alá az is, hogy az üledékek mikrorétegzettek és nem tartalmaznak bentosz faunát. A mikrorétegek feltehetően évszakos változásokat tükröznek, a karbonátdús réteg nyáron képződött (JÁMBOR, SOLTÍ 1976). RAVASZ (1974) felvetette, hogy a kovaföld, a finomlemez opalit és a kovás anyag képződése savas közegben, a diatomitos kőzetátalakulás semleges és gyengén lúgos közegben, a mészkő, dolomit, márga és a szapropelit képződése lúgos közegben játszódott le. Véleményem szerint ez így van, de nem kell arra gondolni, hogy a krátertő egész víztestének pH-ja változott meg, mert a lemezes alginit képződése idején a felszín közeli lúgos és a tófenék közeli savas vízréteg nem keveredett. Mivel a kovaválasztatok elég alárendelték, arra lehet következtetni, hogy az algaszőnyeg megakadályozta a kovavázak lesüllyedését a savas kémhatású tófenék közeli vízrétegbe, így a felszín közeli lúgos vízrétegben azok feloldódtak.

A meszes rétegek megfelelnek JÁMBOR, SOLTÍ (1976) „nagyvázsonyi mészkövének és márgájának”, valamint meszes dolomitjának és SOLTÍ (1983) édesvízi mészkövének (lemezes márga, mézsmárga, agyagmárga). Benne a lemezes alginitban található alkotórészek (agyag-ásványok, szervesanyag és karbonátok) egy-egy vékonyabb (0,5–1,0 m) rétegben uralkodóvá válnak, a vékonylemezesség alárendelt, valamint jelentősen megnő a karbonáttartalom. A meszes rétegek és a negyedidőszaki üledékek legnagyobb vastagságukat a krátertőmedence ÉK-i részének közepén érik el, és itt egy kis sülydedéket alkotnak (2. ábra, E–F). A krátertő feltöltődésével a külső tényezők jobban hatottak, emiatt sokkal gyorsabban változtak az üledékképződési körülmények. A krátertő D-i részén, a pulai Put-5 fúrás környékén a gejzír hatása érvényesült.

A tavi üledékképződés után, a pleisztocénben az erózió alakította a tájat (2. ábra, F). Ekkorra a kráterfalak már annyira lepusztultak, hogy a kráteren belül a kráteren kívüli üledékképződés is hatott; elsősorban a Kab-hegy oldalában található kőzetek durvatörmelikes változatai: patakfordalék, lejtőtörmelék, valamint lösz rakódtak le. A kráter K-i részén két mély (11,5 és 11,0 m) eróziós vályú alakult ki, amelyet elsősorban lösz töltött ki. A kráter ÉNy-i részében időszakos vízmosás képződött.

Összefoglalás

A pulai maarkráter pliocén korú bazaltvulkáni tevékenység eredménye. A kráttersáncokat bazalttufa alkotja. A tevékenység végén a maarkráter közepén egy bazalttufa képződött. Mindkét képződmény a Tapolcai Bazalt Formációba tartozik. Ezután a környező terület vize a bazalttufa pórusain keresztül behatolt a kráterbe és egy tavat alkotott. A tavi üledékeket Pulai Alginit Formáció néven vonták össze. A Formáción belül három rétegcsoport különíthető el: bázis, olajpala és meszes.

A maarkrátertavi üledékek képződési körülményeire a következők jellemzők. A bázis rétegek lerakódása idején a kráttersáncok nagy reliefenergiával rendelkeztek, anyaguk még konszolidálatlan volt, a bazalttufa hőtartaléka nagy vízhőmérsékletet biztosított, és a szeizmikus tevékenység is erősebb volt. Ezért nagyon eltérő üledékek rakódtak le (1. táblázat). Az olajpala rétegek képződése idején az üledékképződési körülmények kiegyenlítettek voltak. Jellemző a vízszint állandósága, a kráterfalak növényzettel való borítottsága, ezért nőtt a bazalttufa mállási foka, és finomszemű üledékek rakódtak le a parti növényzet szűrő hatása miatt is. A tó vize eutrofizálódott, vastagon beborította az algaszőnyeg, ami csökkentette a hullámváz okozta

keveredést és a kráttertől kívüli tényezők hatását. A kráttert feltöltődött és a peremét alkotó bazalttufa is lepusztult. Ezért a Meszes Tagozat képződése idején alapvetően megváltoztak a körülmények: a kráttertől kívüli hatások jobban érvényesültek, a vízszint állandósága is megszűnt (JÁMBOR, SOLTÍ 1976 kiszáradási jelenségeket említ), és külső üledékek is bekerülhettek az üledékgyűjtőbe, valamint megkezdődött a lerakódott üledékek lepusztulása.

Köszönetnyilvánítás

A cikk a Magyar Hitelbank Magyar Tudományért Alapítvány anyagi támogatásával jött létre. A munka szakmai támogatói és egyben bírálói dr. Jámbor Áron, a Magyar Állami Földtani Intézet főmunkatársa, a földtudomány doktora és K. D. Bennett, a University of Cambridge, Sub-department of Quaternary Research igazgatóhelyettese voltak. Fáradozásukat ezúton is köszönöm. Külön köszönet illeti meg dr. Balla Zoltán sorozatszerkesztőt, akinek állhatatos és korrekt munkája nagymértékben emelte a cikk színvonalát. Köszönet illeti meg Dr. Korpás Lászlót hasznos tanácsaiért és javaslataiért.

Irodalom — References

- BALOGH K., JÁMBOR Á., PARTÉNYI Z., RAVASZNÉ BARANYAI L., SOLTÍ G. 1982: A dunántúli bazaltok K/Ar radiometrikus kora. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1980. évről*, pp. 234-259.
- BÜCHEL, G., LORENZ, V. 1993: Syn- and post-eruptive mechanism of the Alaskan Ukinrek maars. in 1977. — In: NEGENDANK, J. W. F., ZOLITSCHKA, B. (eds): *Paleolimnology of European Maar Lakes. Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer-Verlag, 49, pp. 15-60.
- CSILLAG G., NÉMETH K., MARTIN, U., GOth, K., SUHR, P. 2004: 3D architecture of a Pliocene maar volcano on the basis of drill core data and its implication for synvolcanic geomorphology, Pula Maar, western Pannonian Basin. — In: NÉMETH K., MARTIN, U., GOth, K., LEXA, J. (eds): *Abstract Volume of the 2nd International Maar Conference, Lajozsmizse/Kecskemét, Hungary, Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary* 203, p. 60.
- GOth, K., MARTIN, U., NÉMETH K., CSILLAG G. 2004: Crater lake sediments in the Pliocene Pula maar (Western Hungary) — In: NÉMETH K., MARTIN, U., GOth, K., LEXA, J. (eds): *Abstract Volume of the 2nd International Maar Conference, Lajozsmizse/Kecskemét, Hungary, Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary* 203, p. 50.
- JÁMBOR Á. és SOLTÍ G. 1976: A Balaton-felvidéken és a Kemesnésháton felkutatott felsőpannóniai olajpala-előfordulás földtani viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1974. évről*, pp. 193-220.
- HABLY L., KVAČEK, Z. 1998: Pliocene mesophytic forests surrounding crater lakes in western Hungary. — *Review of Paleobotany and Palynology* 101, pp. 257-269.
- HAJÓS M. 1976: A pulai Put-3. sz. fúrás felsőpannóniai képződményeinek diatóma flórája. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1974. évről*, pp. 263-285.
- KELTS, K. 1986: Environments of deposition of lacustrine petroleum source rocks: an introduction. — In: FLEET, A. J., KELTS, K. and TALBOT, M. R. (eds): *Lacustrine petroleum source rocks, Geological Society Special Publication*, 40, pp. 3-26.
- MEZŐSI, J. and MUCSI, M. 1976: Data on the geology and mineralogy of the oil shale occurrence at Pula, Hungary. — *Acta Mineralogica- Petrographica, Acta Universitatis Szegediensis XXII* (2), pp. 195-220.
- NÉMETH K., CSILLAG G., MARTIN, U. 2002: Pliocene crater lake deposits and soft-sediment deformation structures associated with a phreatomagmatic volcano: Pula maar, western Hungary. — *Geologica Carpathica* 53 (Special Issue).
- RAVASZ CS. 1974: A Put-3. sz. fúrás mintái vékonycsiszolatainak vizsgálati eredménye. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- RAVASZ CS. 1976: A pulai és gércei olajpala közettani vizsgálata. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1974. évről*, pp. 221-245.
- SOLTÍ G. 1981: A pulai gejzirit. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1979. évről*, pp. 214-247.
- SOLTÍ G. 1983: Földtani kutatási (összefoglaló) jelentés és vagyonszámítás a pulai olajpala (alginit) előfordulásról az 1982. december 31-i állapot szerint. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- WILLIS, K. J., KLECZKOWSKI, A., CROWHURST, S. J. 1999: 124,000-year periodicity in terrestrial vegetation change during the late Pliocene epoch. — *Nature* 397, pp. 685-688.

Vulkanizmus utáni felszínalakulás Leányfalu környékén (Visegrádi-hegység)

Geomorphic evolution of the Leányfalu area, after the Miocene volcanism (Visegrád Mts, North Hungary)

CSILLAG GÁBOR¹, MÜLLER PÁL MIHÁLY¹

¹Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.
csillag@mafi.hu, mullerp@mafi.hu

Tárgyszavak: csuszamlás, kárpáti, miocén, negyedidőszak, oligocén, szárazföldi környezet, vulkáni kőzetek

Összefoglalás

A középső-miocén andezites vulkanizmus során keletkezett Visegrádi-hegység keleti peremének egy szakaszát (Leányfalu környéke) vizsgálva, a felszínmozgások jelentős szerepét ismertük fel a mai térszín kialakításában és a kőzettestek helyzetének kialakulásában.

A vizsgált területrészen, a Visegrádi-hegység keleti peremén kimutattuk a vulkáni működést megelőzően lerakódott legfiatalabb feküképződésményt, a kárpáti (burdigáli) korú Fóti Formációt. Valószínű, hogy az andezites vulkánosság részben kiegyenlített, sekélytengeri, partközeli (a Fóti Formáció leülepedési területén), részben szárazföldi területen indult meg. A vulkáni hegység lepusztulása során lezajlott tömegmozgások miatt rosszul feltárt hegységperemen a vulkanitok kb. 340-350 m tszf. magasságban települnek a fekére. A Duna közelében azonban a mintegy 400 méter magasságkülönbség hatására csuszamlások történtek, több fázisban. Az első, általában legnagyobb mozgások mérete a legnagyobb: feltehetően tízed km³-t is elérő nagyságrendű tömegek csúsztak le 200-300 méter függőleges elmozdulással.

A jelenlegi morfológiát ezek a csuszamlások döntően befolyásolják. A mozgások ma is tartanak, mérnökgeológiai problémákat okozva.

Keywords: geomorphology, Hungary, Karpatian, landslides, Miocene, quaternary, terrestrial environment, volcanic rocks, terraces, Transdanubia

Abstract

The Visegrád Mts built by Middle Miocene volcanites are situated N of Budapest, near to the river Danube. At their eastern margin, at Leányfalu, the study evidenced a dominant role of landslides in the formation of the current surface and in the position of rock bodies.

An outcrop of the youngest pre-volcanic formation, the Burdigalian (Karpatian) shallow marine Fót Formation has been identified in this area for the first time. Presumably, the volcanism started on quite plain shallow marine and terrestrial areas. Due to the denudational processes accompanied by gravitational mass movements after the volcanism, the studied marginal areas exhibit few good outcrops. The volcanic rocks cover the older sedimentary rocks at 340-350 meters above the sea level in the studied area. Near the river Danube, however, due to an about 400 m high slope, significant masses slid down. Their volume may be as large as one tenth of km³. The vertical displacement might be as high as 200-300 m.

These landslides decisively control the present landscape and morphology. They continue even today and cause engineering-geological problems.

Bevezetés

A Bakony és a Balaton-felvidék posztpanóniai lepusztulási folyamatainak vizsgálata során került sor a kontinentális alkálilbazalt-vulkanizmus lepusztulási formáinak elemzésére is (CSILLAG 2004, NÉMETH et al. 2003). A vizsgálatok egyértelműen kimutatták a diatrémák jelenlétét, ami igazolja a panóniai rétegsor alkotta térszín jelentős (200-300 méterre becsülhető) posztvulkáni denudációját.

Az egykori lávafelszíneken található salakvulkáni maradványok jelenléte arra utal, hogy ezek a felszínek kialakulásukat követően nem pusztultak le jelentősen. Így, több lépcsőben, egyre alacsonyabb hegyláb felszíneken, völgytalpakon rakódtak le a kiemelt bazaltfelszínek pereméről származó anyagból kialakult hordalékkúpok, törmelékkúpok és földcsuszamlások.

A bazaltvulkáni területek peremén kialakult nagyméretű csuszamlásokra már JUGOVICS (1954), majd PEREGI,

BENCE (1987) is felhívták a figyelmet. A Balaton-felvidék térképezése során ugyancsak több nagyobb bazalttestről sikerült kimutatni ezek csuszamlásos eredetét (BUDAI, CSILLAG 1998, BUDAI, CSILLAG 1999). A földcsuszamlások jellege, típusa alapján (PÉCSI 1991) ezek a formák a hegycsuszamlások, suvadások nem mindig egyértelműen elkülöníthető formátípusaiba sorolhatók.

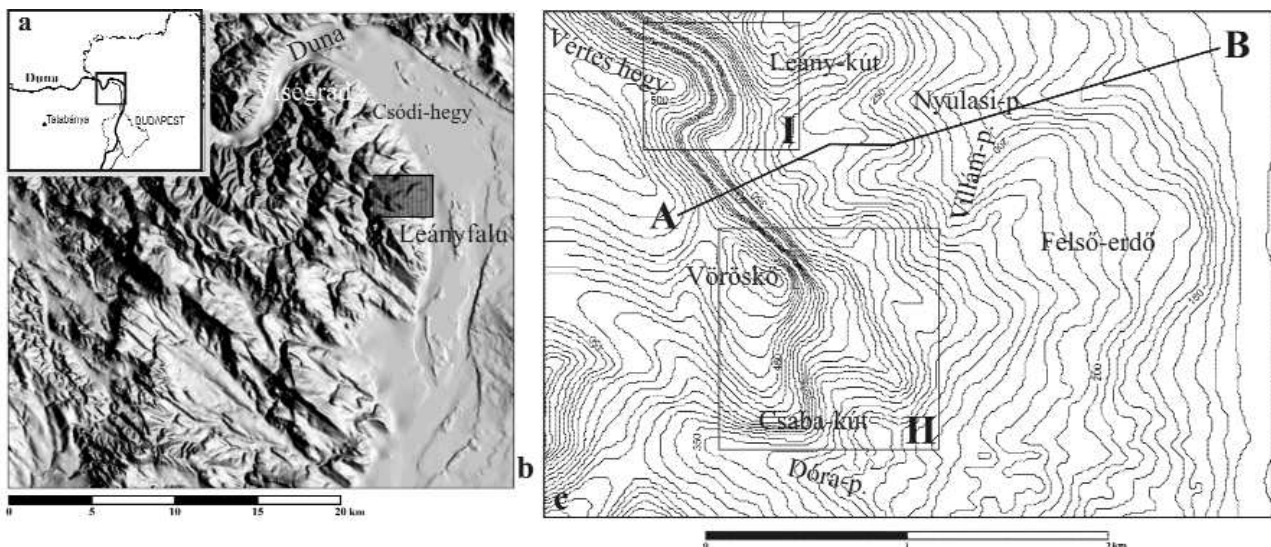
A fekü kőzetek mechanikai tulajdonságai mellett a nagy tömegű csuszamlások kialakulásához szükséges feltételek közé tartozik a viszonylag nagy szintkülönbségű felszíneket összekötő lejtők kialakulása is. Ezek a Balaton-felvidék esetében a bazaltplatók tetőszintje és az oldalukon kialakult hegyláb felszínek, illetve néhány mélyen bevágódott eróziós völgy (elsősorban az Eger-völgy) oldalában alakultak ki. A tapasztalatok alapján lehetőséget láttunk annak a kérdésnek a megválaszolására, hogy a nagyobb reliefenergiájú, nagyobb vulkanittömegű Visegrádi-hegység peremi területein mekkora szerepet játszottak a tömegmozgások a posztvulkáni lepusztulási folyamatokban, melyek azok a teraszszintek, hegyláb felszínek, amelyek jelentős méretű tömegmozgások bázisaként szolgálhattak. Megjegyezzük, noha a jelenleg használt tájbeosztás (MAROSI, SOMOGYI 1990) szerint a Duna jobb parti miocén vulkanitokból álló hegyvidék Visegrádi-hegység néven szerepel a térképeken és az irodalomban, a korábbi irodalomban és térképeken ezt a területet általánosan a Pilis részének tekintették.

A mintaterületként kiválasztott Leányfalu környéki, a Vörös-kő és a Duna közé eső területen (1. ábra) a legfrissebb földtani térkép (KORPÁS, CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY 1999) több szintbe levetve, az eggenburgi Budafoki Formáció fedőjébe települt helyzetben ábrázolja a Börzsöny–Visegrádi Formációcsoport vulkanitösszletét (2. ábra). Ennek alapján a legidősebb radiometrikus kort

(K/Ar, 16,5 millió év körül) figyelembe véve (BENDŐ 2001) is jelentős, kb. 3,5 millió évnyi időszak üledékei hiányoznának. Felmerül a kérdés, kimutatható-e feltárásokban ez a diszkordanciafelszín, illetve mennyiben befolyásolhatta ez a posztvulkáni tömegmozgásokat. Néhány korábbi munka (SÍKHEGYI 1999, CSILLAG 2000) a nagy felbontású, 1:10 000-es méretarányú színes légifelvételek, illetve terepi észlelések (CSILLAG 2000) alapján a Visegrádi-hegység területén is nagy méretű tömegmozgásokat mutatott ki. Szingenetikus jellege miatt nem tartozik szorosan a tárgyalt témához, de feltétlenül említésre érdemes, hogy a Visegrádi-hegység területén KARÁTSON (2001) egy további típusát mutatta ki a tömegmozgásoknak, a vulkáni törmeléklavinákat. Egyes esetekben, a vulkáni törmeléklavinák elterjedési területén a tömegmozgások vizsgálatánál el kell különíteni a szin- és posztvulkáni eseményeket is.

A Visegrádi-hegység területén részletes földtani felvételre napjainkig nem került sor. LENGYEL (1953) áttekintő cikke és ennek térképmelléklete óta a hegység felépítéséről csak „A Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképe” (KORPÁS, CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY 1999) és a hozzá tartozó magyarázó (KORPÁS 1998) ad áttekintést. Sajnos a Visegrádi-hegység területén csak a kutatás előkészítő szakaszának eredményei álltak rendelkezésre. Az előkészítő munkák közül ki kell emelni a MÁFI-ban 1977-ben (MÁFI Őslénytani és Múzeumi Osztály 1977) és 1978-ban (BOHNNÉ et al. 1978) készített kéziratos jelentéseket, amelyek a vizsgált terület teljes paleontológiai ismeretanyagát összefoglalták, illetve azokat új vizsgálatokkal kiegészítették.

A Visegrádi-hegység egyes részterületeinek feldolgozásával számos tanulmány, publikáció foglalkozott az elmúlt évtizedekben. A cikkben tárgyalt szűkebb terület, Leányfalu környékének ismertetését MAJZON (1933) böl-



1. ábra. A vizsgált terület földrajzi helyzete és helyszínrajza

a – A Visegrádi-hegység elhelyezkedése; b – A vizsgált terület helyzete a Visegrádi-hegységben (a cikkben felhasznált terepmodellek a HM Térképészeti Kht. DDM-10 alapján készültek); c – A vizsgált terület helyszínrajza. I = a 8. ábra helyzete, II = a 7. ábra helyzete, A-B = 6. ábra szelvényének helyzete

Figure 1. Position and topography of the studied area

a – Position of the Visegrád Mts; b – position of the studied area within the Visegrád Mts (after DDM-10 of HM Térképészeti Kht.); c – topography of the area. I = outline of Figure 8, II = outline of Figure 7, A-B = The position of the section on Figure 6



2. ábra. Leányfalu környékének földtani térképe (KORPÁS, CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY 1999).

αt = Andezit rétegvulkáni összlet, pbα = Piroxénos biotit-amfibolandezit, ^bMe = Budafoki Formáció, ¹Ol₂ = Törökbálinti Homokkő Formáció, ⁴Ol₁ = Kiscelli Agyag Formáció

Figure 2. Geological map of the surroundings of Leányfalu (after KORPÁS and CSILLAG-TEPLÁNSZKY 1999).

αt = Andesite stratovolcanic succession, pbα = Piroxenic biotite-amfibole-andesite, ^bMe = Budafok Formation, ¹Ol₂ = Törökbálint Sandstone Formation, ⁴Ol₁ = Kiscell Clay Formation

csészdoktori értekezésében készítette el. A Duna menti sáv geomorfológiáját, teraszait PÉCSI (1959) írta le. A hegység vulkáni képződményeinek vizsgálata az elmúlt években néhány diplomamunka erejéig a MÁFI és a freibergeri bányászati akadémia közötti együttműködés keretében folyt.

A jelen munkában egy korábbi tanulmány (CSILLAG 2000) tapasztalatait összefoglalva az andezitvulkáni összlet közvetlen fekvésére egy korábban ismeretlen előfordulását, a vulkáni képződmények elterjedésének pontosabb lehatárolását lehetővé tévő feltárásokat, valamint a területéről rendelkezésre álló 1:10 000-es méretarányú színes légifelvétel interpretációit figyelembe véve értékeljük a hegységperem és a Duna-völgy átmeneti területének geomorfológiai viszonyait, különös tekintettel a vulkáni működés vége óta eltelt időben történt tömegmozgásokra.

Rétegtani viszonyok

Prevulkáni és vulkáni képződmények

A vizsgált területen alaphegységet (Földolomit Formáció) csak a Leányfalu Lf-1 fúrás ért (585–1009 m között). A legidősebb ismert paleogén formáció a Hárshegyi Homokkő, amelynek jelenlétét a fúrás 465–585 m közötti szakaszán kívül a Nyulasi-patak (Nyulasi-patak, 1. ábra) völgyében, az agglomerátumösszletben található nagyméretű, tipikus homokkőblokkok is jelzik. A KORPÁS (1998) által a Hárshegyi Homokkő fedőjében „Alsó homok” néven leírt — informális — litosztratigráfiai egység csak a Leányfalu Lf-1 fúrásból ismert, de azt az egységes fúrásátértékelés során nem különítették el. A Hárshegyi Homokkőre a mindössze a Leányfalu Lf-1 fúrásban 105–465 m között harántolt Kiscelli Agyag Formáció települ.

Leányfalu környékén a Kiscelli Agyag fedőjét alkotó Törökbálinti Homokkő Formáció vagy Törökbálinti Homok Formáció (beleértve a korábbi Kováçovi Formáció, Becskei Formáció) a legidősebb, a felszínen is megtalálható összlet.

A vizsgált területen a Törökbálinti Homokkő Formációnak a korábbi Kováçovi Formációnak megfelelő kifejlődése (150–450 m), valamint a korábbi Becskei Formációnak (max. 50 m) megfelelő képződményei találhatóak meg. Az összlet uralkodóan agyag, aleurit, finomhomok alkotta rétegek váltakozásából áll. Feltárásai elsősorban a Nyulasi-patak medrében találhatóak meg. Feküje a Kiscelli Agyag, fedője a Budafoki Formáció.

A Törökbálinti Homokkő kora a régi felfogásban késő-oligocén, a korszerű biosztratigráfiai vizsgálatokra alapozva, BÁLDI (1983, in BÉRCZI, JÁMBOR 1998) értelmezése szerint — beleértve a Becskei Formációt is — késő-oligocén–kora-miocén (egri).

A Törökbálinti Homokkőre települő eggenburgi Budafoki Formáció (korábban „nagy pectenés rétegek”, „osztreás, anomias homok”) anyaga sárga, szürke, változó szemcseméretű homok, laza kötésű homokkő, kavicsos, homokos, agyagos közbetelepülésekkel. Vastagsága 80–100 m (HÁMOR 1996). A Csódi-hegy környékén (1. ábra) anyaga vékonypados, szürke, apró–középszemű, kavicsos kvarchomokkő, amelynek vastagsága nem haladja meg a 20 métert (KORPÁS 1998).

A vizsgált területen MAJZON (1933) leírása alapján elsősorban az ún. „Anomias homok” főleg durva homok, kavicsos homok anyagú rétegeivel kell számolni. Őslénytani anyaggal igazolt eggenburgi (alsó-miocén) feltárás csak a Nyulasi-patak völgyének felső szakaszán ismert, MAJZON (1933) nyomán (M/55 pont, MÁFI Őslénytani és Múzeumi Osztály 1977). A feltárás jelenleg valószínűleg fedett, nem sikerült megtalálni.

A Budafoki Formáció feküjét a Törökbálinti Homokkő alkotja, fedője a Főti Formáció, ahol ez esetleg hiányzik, az andezitvulkáni összlet.

A kárpáti korú Főti Formáció (korábban „bryozoás mészkő”) előfordulása Leányfalu közelebbi környékén korábban nem volt ismert. A rétegvulkáni sorozat fekéjében települő összlet egyetlen, a környéken jelenleg ismert feltárása a Leány-kút (1. ábra) fölötti forráscsoport mögötti csuszamlás szakadási falában található.

Egyértelműen szálaban álló, eredeti települési helyzetében maradt része a feltárt rétegeknek feltehetően nincsen. A 3. ábrán látható rétegek is feltehetően kissé kimozdult helyzetben vannak, egy csuszamlás részét alkotják. Az elmozdulás azonban feltehetően nem haladja meg sem vertikálisan, sem horizontálisan a 20-25 métert. A lejtőn és a lejtő aljában talált törmelék uralkodóan pados–vastagpados, meszes kötésű durvahomokkőből, aprószemcsés konglomerátumból áll. A konglomerátum kavicsanyaga kizárólag kvarc, kvarcit. A max. szemcseméret 1 cm körüli. A 3. ábrán látható lejtő aljában talált meszes kötésű, aprókavicsos konglomerátum és a nagyobb, felismerhető bioklasztokat tartalmazó darabok (4. ábra)



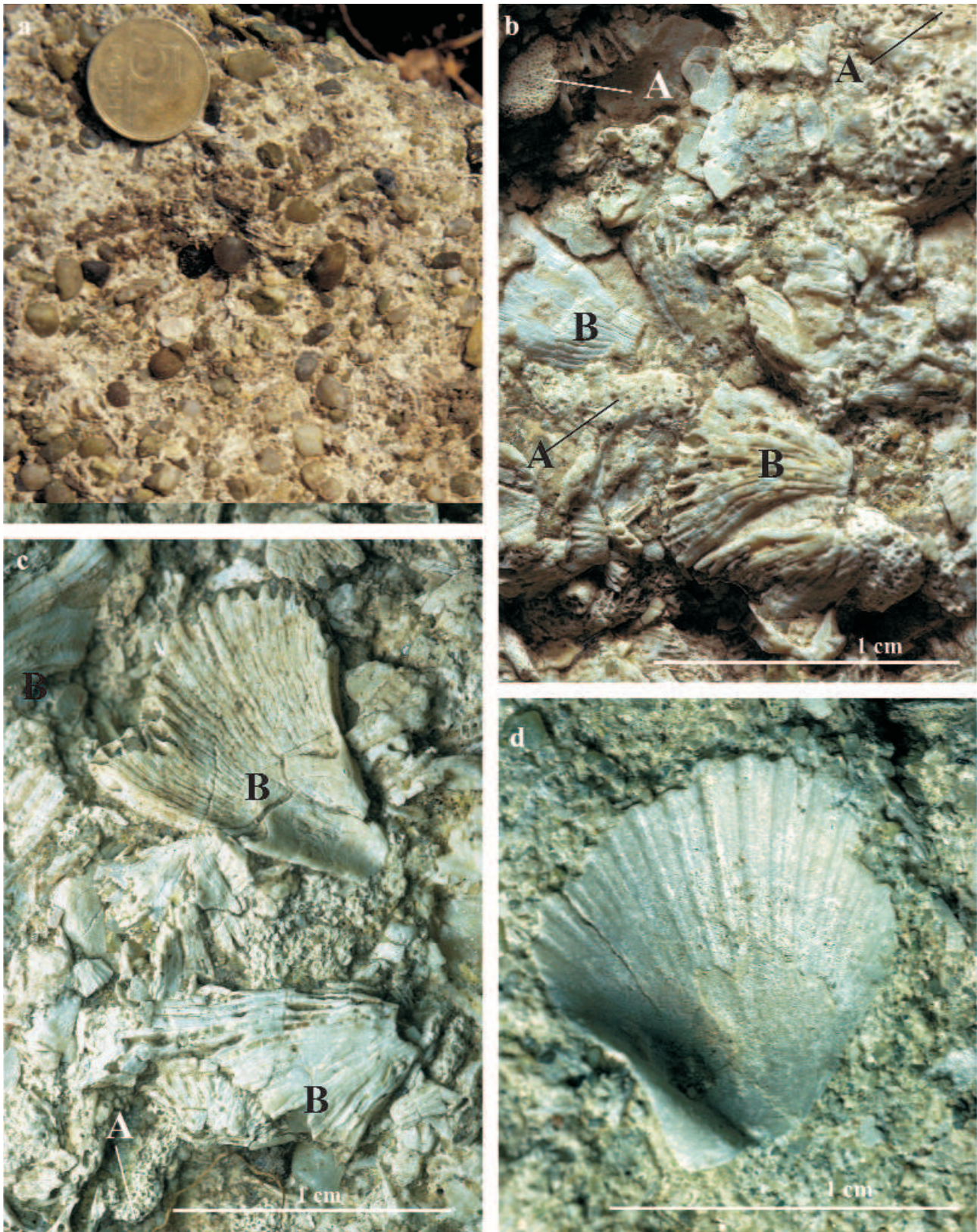
3. ábra. A Főti Formáció feltárása a Leány-kútnál
Figure 3. Outcrop of the Fót Formation at Leány-kút

magasabban nem fordulnak elő. Ennek alapján feltételezhető a rétegsor felfelé finomodó jellege. A rétegzettség általában vízszintes, vastag (4–10 cm-es) réteglemezek a jellemzőek. A lejtőn kiálló rétegek egyikében jól felismerhető keresztretegzettség látható. A jól osztályozott rétegekben gyakoriak a szemcsékkel közel azonos nagyságú molluszkatóredékek. A kevesebb sziliklasztitot tartalmazó rétegek törmelékéből egy **Pectinidae** (Chlamys?; 4. ábra, d), valamint egy bryozoás–balanuszos mészkőtörmelék (4. ábra, b–c) került elő. Az előfordulás anyagáról megállapítható, hogy a formáció a sztratotípus kőzetanyagával, fáciesével gyakorlatilag azonos (Kókay J. szóbeli közlése, 2004).

HÁMOR (1997) szerint vastagsága általában 50-70 m, a Leány-kút környékén a rossz feltártság alapján nem állapítható meg.

Feltehetően diszkordánsan települ a Budafoki Formációra, fedője a rétegvulkáni összlet. A Duna jobb partján, Leányfalu távolabbi környezetében a formáció előfordulása több helyről pl. Pomáz környékén (LENGYEL 1953), valamint a pilisszántói Hosszú-hegy oldalában ismert.

A Visegrádi-hegység fő tömegét alkotó rétegvulkáni összlet, a Börzsöny–Visegrádi Formációcsoport változatos rétegsorából a vizsgált területen főleg piroklasztit képződ-



4. ábra. A Fóti Formáció anyaga a Leány-kút melletti feltárásban

a – meszes kötésű aprókavicsos konglomerátum; b-c – bioklasztos kavicsos mészkő; d – Pectinidae-töredékek a bioklasztos mészkőben; A = Bryozoa-telepek, B = Balanidae-töredékek

Figure 4. Rocks of the Fót Formation at Leány-kút

a – calcareous conglomerate with small pebbles; b-c – limestone with pebbles and bioclasts; d – Pectinid fragments in the bioclast-bearing limestone; A = Bryozoa fragments B = Balanidae fragments

mények, elsősorban durva vulkanit anyagú és a feköből származó, általában jól kerekített blokkokat tartalmazó rétegek ismertek. Láva eredetű képződmény a területen a Villám-patak (1. ábra) két forrása közötti tetőn fordul elő. Itt a felszín sok, max. 7-8 mm-es amfiboltöredéket tartalmazó, helyenként kissé kovásodottnak látszó, világosszürke kőzet törmeléke borítja.

A piroklasztirétegek vastagsága a Vörös-kő tövében, a Dóra-patak (1. ábra) forrásánál 340-350 m-en MAJZON (1933) szerint felszínre bukkanó „felsőoligocén” (Törökbálinti Homokkő) fölött max. 200 m körülire becsülhető. KORPÁS, CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY (1999) térképén a Csaba-kút forrásánál (1. ábra), ugyancsak 340 m tszf. magasságban található az alsó-miocén szedimentek és a vulkanitösszlet határa, ami az előző értékkel azonos vastagságot mutat a vulkáni képződmények esetében.

A visegrádi-hegységi és börsönyi vulkanizmus a bádeniben zajlott le. A vulkáni összlet kora a radiometrikus — K/Ar — kormeghatározások alapján 16,5 millió év (BENDŐ 2001) és 14,5 millió év (KORPÁS 1998) között van.

KORPÁS (1998) szerint a vulkanizmus első szakaszában a Visegrádi-hegység területén tengerparti lagúna, mocsár környezetben indult meg a piroklaszt-lerakódás, amely gyorsan feltöltötte az üledékgyűjtőt. A vulkáni összlet közvetlen feköje a rossz feltártság miatt csak egy helyen ismerhető fel egyértelműen (lásd alább). Itt a Főti Formáció észlelhető. A területen a felszínmozgások és a vulkanizmus utáni üledékek a rétegsorokat nagymértékben elfedik, letakarják. A Főti Formáció és az andezitvulkanizmus közötti csekély különbség miatt a vulkanizmust megelőző eróziós tevékenység a területen valószínűleg

igen csekély volt. Feltehetően a kárpáti végére az üledékgyűjtő feltöltődésével, a szárazulati térszín lepusztulásával kialakult kiegyenlített térszínen indult meg a vulkáni működés.

Vulkanizmus utáni képződmények

A vizsgált területen sem a vulkáni összlet fedőjében Visegrád környékén előforduló bádeni, sem fiatalabb miocén, pliocén képződmények nem ismertek.

Negyedidőszaki — esetleg pliocén korú — teresztrikus üledékek változó vastagságban mindenütt előfordulnak a hegységperem és a Duna magas ártere közötti területen. Ezeknek azonban csak egymáshoz viszonyított helyzetükön alapuló relatív koruk határozható meg, néha még ez is nagy bizonytalansággal. Megfigyelésünk szerint azonban az esetek többségében a posztmiocén üledékek fő tömege a löszrétegek feköjében települ.

A szárazföldi összlet fő tömegét a korábbi földtani térképeken vulkáni képződményekként ábrázolt piroklasztit és lávakőzet anyagú testek alkotják. A terület felszínalakulása szempontjából meghatározó jelentőségű idős folyóvízi teraszok anyagának jelentős része lepusztult.

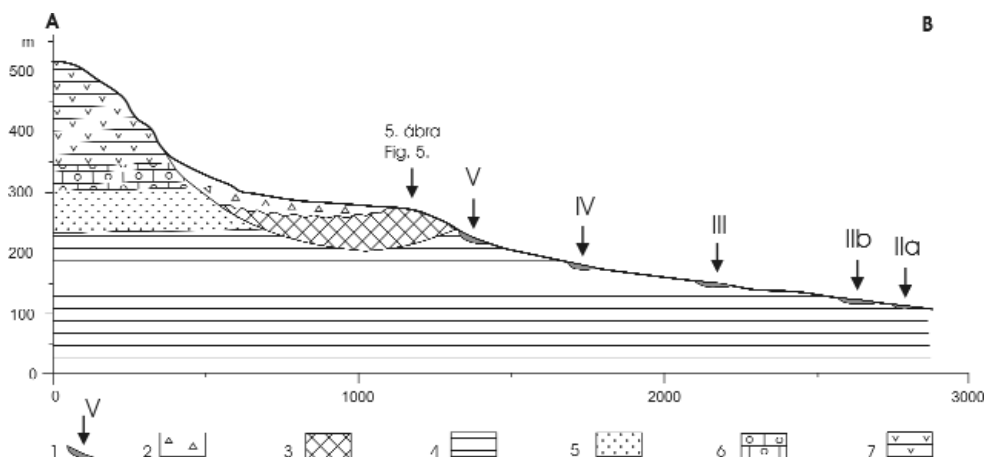
Csuszamlásos képződmények

A légifelvételek értelmezése egyértelműen igazolta a nagyméretű csuszamlások jelenlétét és a vulkanittestek elmozdított helyzetét a rétegvulkáni sorozat peremén, elsősorban a Vörös-kő alatti meredek lejtőkön (5–9. ábrák). A tömegmozgások több fázisa különíthető el, az alábbiakban



5. ábra. Nagyméretű tömbökre szétesett, nyitott hasadékokkal tagolt piroklasztit feltárása egy felhagyott kövejtőben (helyzetét a 6. ábra mutatja)

Figure 5. Outcrop of a pyroclast body cut by open fissures, broken into big blocks, situated in an abandoned quarry (for its position, see Figure 6),



6. ábra. A Vörös-kő és a Duna közötti terület vázlatos földtani szelvénye az 1. ábrán jelzett A-B nyomvonalon

1 – Duna teraszok, IIa, III, V = észlelt, IIb = MAJZON (1933) és PÉCSI (1959) nyomán, IV = PÉCSI (1959) nyomán; 2 – lejtőtörmelék; 3 – csuszamlás; 4 – Törökbálinti Homokkő Formáció; 5 – Budafoki Formáció; 6 – Fóti Formáció; 7 – Börzsöny-Visegrádi Formációcsoport

Figure 6. Schematic geological sections of the area between the Vörös-kő and Danube along the A-B line on Figure 1

1 – IIa-V = Danube terraces; IIa, III, V = detected by the authors, IIb = after MAJZON (1933) and PÉCSI (1959), IV = after PÉCSI (1959); 2 – slope debris; 3 – landslide; 4 – Törökbálint Sandstone Formation; 5 – Budafok Formation; 6 – Fót Formation; 7 – Formation Group Börzsöny-Visegrád

három (illetve a mai mozgásokat is beleszámítva négy) fő fázist különböztetünk meg. A legidősebbként leírt (ún. első fázisú) csuszamlások feltehetően csak a máig megőrződött, földtani, geomorfológiai bélyegeik által kimutatható legidősebb maradványok. A völgybevágódás korábbi szakasza során, az egyre növekvő szintkülönbség hatására kialakulhattak kisebb mozgások, amelyek nyomát a későbbi, nagy tömegű mozgások eltörölték.

A csuszamlások első fázisa hatalmas, hegynyi tömegek mozgásával járt. Hozzávetőleges becslés szerint nagyságrendjük meghaladta a 0,02 km³-t, esetenként talán a 0,1 km³-t is. Ezeket a kőzettesteket KORPÁS, CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY (1999) térképén vető mentén lezökkent vulkaniként találjuk meg. A térképen miocén feüként ábrázolt Budafoki Formáció szintén megismétlődik levetett helyzetben. Ezt az ismétlődést azonban a korábbi őslénytani vizsgálatok (MÁFI Őslénytani és Múzeumi Osztály 1977,

BOHNNÉ et al. 1978) és a terepbejárás (CSILLAG 2000) sem igazolta.

A Nyulasi-patak északi forrása és a Villám-patak között található az egyik legnagyobb tömegű, formájában azonban kevésbé felismerhető csuszamlás. Települési és morfológiai helyzete, erősen összetört anyaga (5–6. ábra) azonban egyaránt a kőzettest gravitációs csúszására utal. A vulkanit anyag fekéje ezen a területen mindenütt a Fóti Formációnál idősebb miocén, illetve oligocén (6. ábra). Ugyancsak ehhez, a legidősebb csuszamlásos összlethez tartozik a Leány-kút környéki, alsó, helyenként kiszélesedő, sík felszín alkotó vulkanittömeg is.

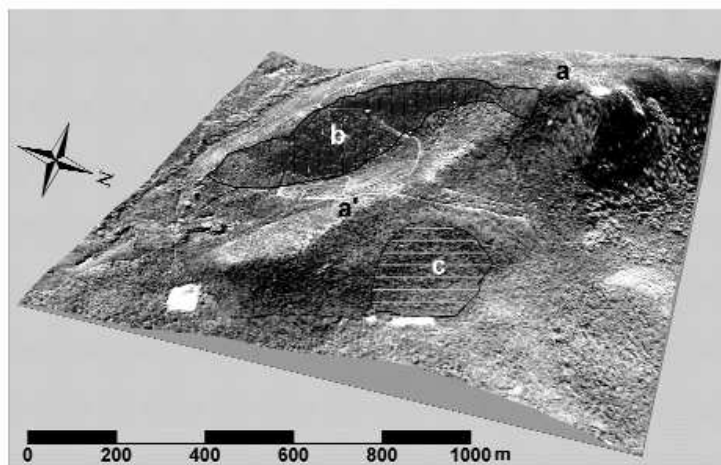
A nagy méretű, hegynyi tömegek mozgását a csuszamlások, omlások második fázisa követte. Az ide sorolt csuszamlások mérete kisebb, morfológiájuk azonban jobban megőrződött. A Vörös-kő csúcsától délre, egy óriási lecsúszott blokk található (7. ábra). Ugyancsak

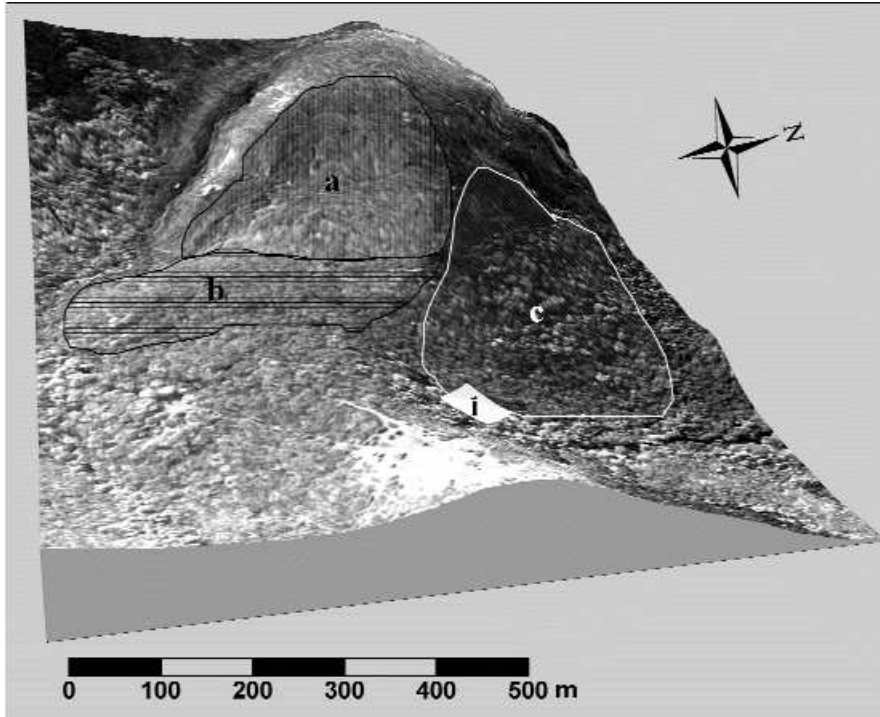
7. ábra. A 2. fázisba sorolt csuszamlás a Vörös-kőtől délre (DDM-10 és 1:10 000-es színes légi felvétel alapján; helyzetét l. az 1. ábra, c-n)

a = A Visegrádi-hegység tetőszintje, a' = A Visegrádi-hegység tetőszintje lecsúszott helyzetben, b = 2. fázisú csuszamlás szakadási fala, c = 3. fázisú csuszamlás

Figure 7. Second phase landslide south of the Vörös-kő Peak (after DDM-10 and a 1:10 000 scale aerial photo; for location, see Figure 1, c)

a = summit level of the Visegrád Mts; a' = the same in slided-down position; b = breaking surface of the second phase landslide; c = third phase landslide





8. ábra. A 2. fázisba sorolt csuszamlás a Vértes-hegy DK-i peremén (DDM-10 és 1:10 000-es színes légi felvétel alapján; helyzetét l. az 1. ábra, c-n)
a = 2. fázisú csuszamlás szakadási fala; b = a lecsúszott közettömeg; c = 3. fázisú csuszamlás; i = a Leány-kút közvetlen környéke, a Főti Formáció kibúvása (3. ábra)

Figure 8. Second phase landslide at the SE margin of the Vértes Mt. (after DDM-10 and a 1:10 000 scale aerial photo; for location, see Figure 1, c)
a = the breaking surface of the slide; b = slid down masses; c = 3rd phase landslide; i = outcrop of the Főt Formation at Leány-kút (Figure 3)

ebbe a második csuszamlásfázisba tartozik a Nyulasi-patak felső szakaszától északra, a Vértes-hegy (1. ábra) DNy-i peremén kialakult suvadás is (8–9. ábra). Ennek részletei is jól megőrződtek. Ma is felismerhetők a belső szakadási falak, a leszakadt, omlott több m³-es tömbök (10. ábra, a és b).

A csuszamlások harmadik fázisa az idősebb csuszamlásokat — is — érintette. Kisebb csuszamlások, esetleg lejtőn kialakult folyások szakadási felületei, meredek felszínei láthatók (7. ábra, b és c, valamint 8. ábra, a és c).

Az idősebbeknél jelentősen kisebb méretű csuszamlások, omlások ma is igen gyakoriak a területen (OSZVALD 2000), elsősorban a mélyen bevágódott völgyek, vízmosások oldalában (11. ábra, a).

Lejtőtörmelék

A vizsgált terület felszínét szinte mindenütt vulkanit-törmelék, málladék borítja. A vízmosások és patakok mély bevágásainak feltárásai alapján a felszín borító törmelék anyag döntő része az üledékes kőzetek felszínét borító vastag lejtőtörmelék-takarónak bizonyult, nem pedig vulkáni kőzetek elúviumának. A rendkívül vegyes szemcse-összetételű (agyagtól 1 m³-t meghaladó blokkig) lejtőtörmelék igen nagy vastagságban borítja a felszín. A Felső-erdőtől (1. ábra) délre található felszín meredek K-i lejtőjének egyik vízmosásának oldalában egy friss csuszamlás tárta fel a lejtőtörmelék fekvését. Itt lösz jellegű üledékre több méter vastag, (feltehetően 10 m körüli vastagságú) lejtőtörmelék települ (11. ábra, a). A felszín



9. ábra. A 8. ábra helyszíne (terepi felvétel)
Figure 9. Position of Figure 8 (field photo)



10. ábra. A 8. ábrán bemutatott csuszamlás felszíne
a = belső szakadási fal (8. ábra, a); b = a belső szakadási felületekről levált több m³-es tömbök a csuszamlás felszínén

Figure 10. The surface of the slide shown on Figure 8
a = interior breaking wall; b = several m³ blocks on the sliding surface, originating from the inner side of the displacement



11. ábra. Lejtőtörmelék-feltárások a Felső-erdőnél
a – friss, néhány napos csuszamlás által feltárt, lösz jellegű üledékre települő durva lejtőtörmelék; b – durva lejtőtörmelék feltárása egy házalapban

Figure 11. Outcrops of coarse slope debris at the Felső-erdő
a – coarse slope debris, deposited on loess-like sediments, exposed by a recent slide;
b – coarse slope debris exposed in a construction pit

topográfiai szintje PÉCSI (1959) IV. teraszának felelne meg, anyaga azonban durva, tisztán vulkanit anyagú lejtőtörmelék (11. ábra, b).

Teraszüledékek, hordalékkúpok, mészszipap, édesvízi mészkő

A Duna teraszainak, a patakok által felépített folyóvízi–proluviális hordalékkúpoknak az anyagát a részletes geofizikai mérések (GULYÁS, OCSENÁS 1998) egyértelműen kimutatták az alacsony és magas ártér területén, valamint a legalsó, PÉCSI (1959) szerint 12–14 m relatív magasságú terasz szintjében (tszf. 112–114 m, II/a. terasz). MAJZON (1933) egy ma már megszűnt kis homokbányában leírta a 18–27 m relatív magasságú (II/b.) terasz anyagát.

A 150–160 m tszf. körül települő, 50–60 m relatív magasságú terasz roncsai (III. terasz) szintén megtalálhatók a vizsgált területen, a Nyulasi-patak északi oldalán. Erre nem csak a légifotókon jól kivehető tereplépcső utal, hanem egy feltárásban felszínre is kerül a teraszkaics.

PÉCSI (1959) szerint a 80–95 m relatív magasságú szintben található tereplépcső, eróziós felszín szintén terasz (IV. terasz), bár felszínén csak vulkanit anyagú görgeteg található, kvarckavics nem. A terület feltárásai alapján a tereplépcső terasz volta nem erősíthető meg.

A Leányfalu környékén kimutatott legmagasabb teraszszint 210–240 m tszf. magasságban nyomozható (V. terasz). Elsősorban eróziós felszínnek, tereplépcső maradványok mutathatók ki a Nyulasi-patak környékén ebben a szintben, azonban a 200–220 m tszf. magasságban a Nyulasi- és a Dóra-patak völgyében található édesvízi-mészkő-, mészszipapfeltárások ugyancsak megerősítik a felszínnek teraszmaradvány voltát.

Folyóvízi–proluviális patakhordalék

A Nyulasi-patak és oldalágai erősen bevágódott völgyeket alakítottak ki. A völgytalpakon vastag, általában durva, változatosan kerekített kavicsanyagú öszlet rakódott le. A kavicsanyag uralkodóan vulkanit, alárendeltebb a kvarckavics mennyisége. Az oligocén–miocén üledékes fekü anyagából származó jellegzetes hordalékanyag ritka, csak a Felső-erdőből DK felé lefutó vízmosásban kb. 180 m tszf. magasság alatt lehet megtalálni. Itt egy erősen cementált, pados–vastagpados homokkő nagy méretű blokkjai jelennek meg a völgyoldal lejtőtörmelékében. Lefelé haladva a mederben ez a homokkő erősen legömbölyített formában fordul elő.

Helyenként a mai medrek már saját, idősebb hordalékukba vágódnak be, több méter magas fiatal teraszokat kialakítva.

Lösz

A Nyulasi-patak és oldalága környékén 5-7 m vastag lösz települ. Feküje lejtőtörmelék, teraszanyag, patak-hordalék.

A Felső-erdő meredek K-i lejtőjén a lejtőtörmelék alatt elszórtan törmelékes, a Duna felé lejtő kavicszinóros, áthalmazott lösz jellegű képződmény települ. Feküje itt ismeretlen, feltárt vastagsága kb. 4 m (11. ábra, a). Viszonylag sötét, sárgásbarna, talajjal keveredett, „szemipedolit” jellegű anyag. Felső, 15-20 cm-es szakasza sötétbarna színű, feltehetően fosszilis talaj maradványa.

Eluviális–deluviális kavics

A Villám-patak két forrása közötti tető nyergében a felszínen és a vastag, eluviális–deluviális jellegű talajban elszórva néhány cm-es kvarckavicsok találhatóak 330-335 m tszf. magasságban. Eredete kétséges, esetleg egy teljesen lepusztult terasz maradványa vagy áthalmazott anyaga is lehet, ezt azonban topográfiailag igen magas helyzete kétségesé teszi.

Következtetések

Prevulkáni események

A Fóti Formáció előfordulása jelentősen befolyásolja a Visegrádi-hegység peremi területének miocén fejlődéstörténeti képét. A korábbi megfigyelések szerint jelentős, mintegy 3,5 millió évnyi időszak üledékei hiányoztak a Börzsöny–Visegrádi Formációcsoport fekjében. Ennek alapján jelentős lepusztulást lehetett feltételezni a bádai előtt. KÖRPÁS (1998) szerint a vulkáni működés a Visegrádi-hegységben a bádai elején tengerparti lagúna–mocsár környezetben kezdődött. A feltételezett hosszú denudáció azonban egy többé-kevésbé tagolt térszintet valószínűsített prevulkáni felszínként. A leány-kúti kárpáti előfordulás

azonban — figyelembe véve a Fóti Formáció jellegét — megerősíti, hogy a bádai elejére az üledékgyűjtőben is kis szintkülönbségű, alig tagolt relief alakult ki.

A vizsgált terület közelében a Csódi-hegy lakkolítja nemcsak tudománytörténeti érdekesség, hanem jól illusztrálja, hogy a Duna szintjéhez közel előforduló vulkáni kőzet itt a rétegvulkáni összlethez viszonyítva eredeti vagy ahhoz közeli helyzetben van, amit ebben az esetben a szubvulkáni eredet magyaráz. Ez egyúttal további bizonyíték az egykori térszín magasabb voltára, harmonizálva a litosztratigráfiai alapokon, illetve a felszínmozgásokból levont következtetéssel.

MAJZON (1933), KÖRPÁS (1998) a vulkanitok feküfelszínét a Vörös-kő alatt (pl. Csaba-kút) 340 m tszf. körül írták le. A Leány-kútnál a Fóti Formáció jelenleg kb. 260–280 m között bukkan a felszínre csuszamlásos területen. A terepi megfigyelések alapján azonban a kárpáti rétegeket feltehetően csak viszonylag fiatal, kis méretű csuszamlás érthette, de a kb. 60 méternyi vertikális elmozdulás nem zárható ki. A korábbi leírások mindenütt a Fóti Formációnál idősebb miocén képződmények és a vulkanitok kontaktusát említik, ezért a vulkanitok valós feküjének mivolta és helyzete további vizsgálatokkal tisztázható csak.

A Fóti-Somlyón a formáció közel 300 m tszf. magasságig követhető, fedője lepusztult, tehát ennél valamivel nagyobb magasságig tartott eredeti felszíne. Ez gyakorlatilag azonos felszínnek tekinthető a Leányfalu fölötti Fóti Formáció – Börzsöny–Visegrádi Formációcsoport kontaktusával. A Visegrádi-hegység területén ZELENKA (1960) említett a Fóti Formációba sorolható rétegeket Pilis-szentkeresztől DK-re. A meszes konglomerátum rétegek 270 m tszf. körül bukkannak a felszínre. A Fóti Formációnak két további előfordulása ismert a Duna jobb partján (Pomáz mellett a Messelia-hegy, Pilisvörösvártól ÉK-re a Pilis–Hosszú-hegy triász blokkjának oldalában a Garancs-hegy). Ezek tengerszint feletti helyzete megegyezik a Leány-kút melletti feltárással, vagyis a formáció rétegei kb. 250-300 m tszf. között fordulnak elő. Ez arra utalhat, hogy a Duna jobb parti miocén vulkanitok, a pilisi mezozoos blokkok és a Duna bal parti fóti terület között jelentős vertikális elmozdulás a kárpáti követően nem történt. A kérdés eldöntéséhez azonban feltétlenül további vizsgálatok szükségesek.

A Visegrádi-hegység keleti részén megismert települési viszonyokat jelen ismereteink alapján a hegység többi részére nem lehet kiterjeszteni. A hegység déli és nyugati pereméről nincsenek adataink, a hegység északi geográfiai határa, a Duna nem jelent földtani határt. A hegység belsejében pedig a vulkáni szerkezetek határozzák meg a földtani felépítést.

Vulkanizmus utáni események

A vulkáni tevékenység lezárulását követő hosszú lepusztulási időszakról jelenleg nagyon kevés adat áll rendelkezésre. A bádai végétől kezdődő denudáció teljes

mértékben eltüntette az elsődleges vulkáni formákat, feltárta a szubvulkáni testeket.

A Visegrádi-hegység mai tetőszintjében megőrződött kis kiterjedésű, 1–3° dőlésű felszínnek egy feltehetően szarmata–pannóniai korú lenyesett térszín maradványai. A felszínmaradványok helyzete néhány (2–3°) fokos NyDNy–KÉK-i dőlést mutat. Ez lehet az egykori lepusztulási felszín dőlése, de lehet utólagos kibillenés eredménye is. Az azonban egyértelmű, hogy a hegység mai keleti peremének leszakadása ezt követően eróziós folyamatok hatására alakult ki. A tömegmozgások helyzetéből (6–8. ábrák) megállapítható, hogy a kezdeti szakaszban játszódott le a legnagyobb méretű csuszamlások, valamint az is, hogy ekkor már kialakult az V. terasszal azonosítható, 210–240 m tszf. szinten kirajzolódó felszín, ami Leányfalu környékén a legmagasabb teraszhelyzetű felszínmaradvány. PÉCSI (1991) az V. terasz korát a Jaramillo-eseményt közvetlenül megelőző időszakra helyezi. Ennek alapján a szarmata–pannóniai lenyesett felszín és a Duna visegrádi áttörésében kialakult folyóvízi teraszrendszer kialakulása között több millió év telt el. Ez alatt történt a völgyrendszer kb. 300 méternyi bevágódása, ami a Vörös-kő lenyesett felszínroncsa és az V. terasz maradványai között ma is létezik.

A legnagyobb méretű, kezdeti tömegmozgásokat kiváltó ok minden bizonnyal a hegységperemet alámosó folyóvízi erózió, az V. terasz felkavicsolását megelőző völgybevágódás volt. Ennek kora a hagyományos negyedidőszaki beosztás szerint a Duna–Günz interglaciális. Az ezt követő felszínalakulás két — egymástól többé-kevésbé független — folyamat hatása alatt állt, illetve áll ma is.

Első helyen kell említeni a Duna teraszrendszerének

kialakulását és a dunai szintekhez igazodó eróziós völgyrendszer kialakulását.

A második folyamat a Vörös-kő tetőszintje és az V. terasz közötti több száz méter szintkülönbségű tereplépcső további formálódása, elsősorban csuszamlásos folyamatok hatására.

A Leányfalu környékén megfigyelt különböző méretű tömegmozgások minden bizonnyal a Visegrádi-hegység egész területére jellemzőek. A bemutatott mintaterületet azért választottuk ki, mert innen a korábbi munka (CSILLAG 2000) során már ismertté váltak a csuszamlásos formák, továbbá a vulkanit fekéjére vonatkozó új ismeretek is erről a területről álltak rendelkezésre. Ez a terület ugyanakkor a meredek lejtők és a Duna szintjéhez viszonylag közeli vulkanittek jelenléte alapján a hegységperem tipikus esetének tekinthető. Általában megállapítható, hogy a hegységperemeken a megfigyelésekhez tisztább a helyzet, mint a központi területen, ahol különböző vulkáni szerkezetek, színvulkáni tömegmozgások (I. KARÁTSZON 2001) nehezítik az értelmezést.

Köszönetnyilvánítás

A munka a T32866 számú OTKA téma támogatásával készült. A szerzők köszönetet mondanak dr. Kókay Józsefnek a miocén anyag feldolgozásához nyújtott segítségéért és a Smaragd GSH Kft.-nek a korábbi anyagok rendelkezésünkre bocsátásáért. Ugyancsak köszönetet mondunk Balla Zoltán és Kaiser Miklós kollégáknak az alapos lektori munkáért.

Irodalom — References

- BÁLDI T. 1983: *Magyarországi oligocén és alsómiocén formációk*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 293 p.
- BENDŐ ZS. 2001: Holdvilág-árok szelvényének rövid leírása. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- BÉRCZI I., JÁMBOR Á. (szerk.) 1998: *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. — Magyar Olajipari Részvénytársaság és a Magyar Állami Földtani Intézet kiadása, Budapest, 517 p.
- BOHN P.-NÉ, KORECZNÉ LAKY I., NAGYNÉ GELLAI Á. 1978: Előzetes jelentés a Dunazughegységben 1978-ban végzett faunisztikai vizsgálatokról. — *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- BUDAI T., CSILLAG G. 1998: A Balaton-felvidék középső részének földtana. — *A Bakony természettudományi kutatásának eredményei* 22, Zirc, 118 p.
- BUDAI T., CSILLAG G. (szerk.) 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék 1:50 000-es földtani térképéhez. (Magyarország tájegységi térképsorozat) — *A Magyar Állami Földtani Intézet 197. Alkalmi Kiadványa*, Budapest, 257 p.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 1997: *Magyarország litosztatográfiai alapegységei*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 114 p.
- CSILLAG G. 2000: Leányfalu környékének földtani viszonyai. — *Kézirat*, Smaragd-GSH Kft., Budapest.
- CSILLAG G. 2004: Káli-medence és környékének geomorfológiai szintjei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, pp. 95–110.
- GULYÁS Á., OCSÉNÁS P. 1998: Geoelektromos mérések Leányfalu térségi vízmű vízbázisának területén. — *Kézirat*, Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.
- GYALOG L. (szerk.) 1996: A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. — *Magyar Állami Földtani Intézet 188. Alkalmi Kiadványa*, Budapest, 171 p.
- HÁMOR G. 1996: Budafoki Formáció. — In: Gyalog 1996, pp. 85–86.
- HÁMOR G. 1997: Fóti Formáció. — In: Császár 1997, p. 78.
- JUGOVICS L. 1954: A Déli-Bakony és a Balatonfelvidék bazaltterületei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953*, pp. 65–87.
- KARÁTSZON D. 2001: Vulkanit törmeléklavinák: általános jellemzők, ismert példák, magyarországi előfordulások. — *Földtani Közöny* 131 (1–2), pp. 253–283.
- KORPÁS L. (szerk.) 1998b: Magyarázó a Börzsöny és a visegrádi-hegység földtani térképéhez, 1:50 000 (Magyarország táj-

- egységi térképsorozat). – *A Magyar Állami Földtani Intézet Térképmagyarázói*, 216 p.
- KORPÁS L., CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E. 1999: *A Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképe, 1:50 000*. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- LENGYEL E. 1953: A Dunazughegység andezitterületének felépítése. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1951*, pp. 17–29.
- MAJZON L. 1933: *Leányfalu és környéke harmadkori üledékeinek geológiai és paleontológiai leírása*. Bölcsészdoktori értekezés. – Sárík Gyula és Géza Nyomda, Budapest, 69 p.
- MAROSI S., SOMOGYI S. (szerk.) 1990: *Magyarország kistájainak katasztere*. – Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest.
- MÁFI Őslénytani és Múzeumi Osztály 1977: A Dunazug hegység ősmaradványaira vonatkozó adatok gyűjteménye és értékelése. – *Kézirat*, Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest.
- NÉMETH K., MARTIN, U., CSILLAG G. 2003: Lepusztult kürtő-kitöltésröncsök (alsó diatrémák) a Bakony-Balaton-felvidék Vulkáni Területen. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2000–2001*, pp. 83–100.
- OSZVALD T. 2000: Land movement catastro (poster and abstract). – In: *Living with natural hazards, CALAR (Concerted Action on Forecasting, Prevention and Reduction of Landslide and Avalanche Risks) Conference, Vienna*.
- PÉCSI M. 1959: A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakítása. – *Földrajzi Monográfiák III.*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 346 p.
- PÉCSI M. 1991: *Geomorfológia és domborzatminősítés*. – Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 296 p.
- PEREGI Zs., BENCE G. 1987: *Magyarázó a Bakony hegység 20 000-es térképsorozatához, Sáská*. – Magyar Állami Földtani Intézet, 112 p.
- SÍKHEGYI F. 1999: A felszínmozgások megjelenése légifényképeken. – *Földtani Kutatás* 36 (3), pp. 8–13.
- ZELENKÁ T. 1960: Kőzettani és földtani vizsgálatok a Dunazug-hegység DNY-i részén. – *Földtani Közöny* 90 (1), pp. 83–102.

A Balatonon végzett korábbi szeizmikus mérések újraértékelése

Re-evaluation of earlier seismic measurements on Lake Balaton

CSEERNY TIBOR¹, PRÓNAY ZSOLT², NEDUCZA BORISZLÁV²

¹ Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

² Magyar Állami Eötvös Lóránd Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Columbus u. 17-23.)

Tárgyszavak: Balaton, szeizmikus szelvény, negyedidőszak, iszapvastagság térkép, aljzat, szeizmotektonikai térkép, tektonikai elemek

Összefoglalás

A balatoni kutatások során 1987–1989 között kubai–magyar együttműködés keretében az akkoriban legmodernebb geofizikai módszernek számító szeizmikus (szeizmoakusztikus) és echográfus szelvényezést végeztünk. A folyamatos regisztrátumok 373 km összhosszúságban, egyenletes hálóban lefedték a Balaton egészét. A szelvények kiértékelésének eredményeként képet alkothattunk a tavi üledékek térbeli helyzetéről, az iszap szerkezetéről, továbbá, a Balaton aljzatának változatos morfológiájáról és földtani felépítéséről, megközelítőleg 30 méteres mélységig.

2003–2004 között megtörtént a szeizmikus mérések thermo-papíron rögzített regisztrátumainak megóvását szolgáló archiválás (szkennelés, szeizmikus formátumba alakítás) és újraértékelés. A szelvények újraértelmezése – elsősorban a Siófoki-, de kis mértékben a Szemesi-részmedencében is – lehetővé tette a Balaton-fenék földtani szerkezeteinek (rétegek, tektonikai elemek) a korábbiaknál jóval pontosabb térbeli meghatározását. Ez módot ad arra, hogy a továbbiakban célirányosan tervezhessük meg a Balaton kialakulását megelőző, idősebb pleisztocénban lerakódott üledékek kutatását.

Key words: Lake Balaton, seismic profiles, Quaternary, mud-thickness map, lake bottom, seismotectonic map, tectonic elements

Abstract

Investigations of Lake Balaton by the Geological Institute of Hungary started in 1981. Between 1987 and 1989 within the framework of Cuban–Hungarian cooperation was used one of the most modern geophysical methods at that time, namely seismic (seismo-acoustic) and echographic profiling. A total of 373 km was registered covering the entire lake in a uniform network. As a result of the profiles' evaluation a picture was drawn up about the spatial distribution of lacustrine sediments, the mud structure as well as the variable morphology and geological setting, till 30 m depth from the lake bottom.

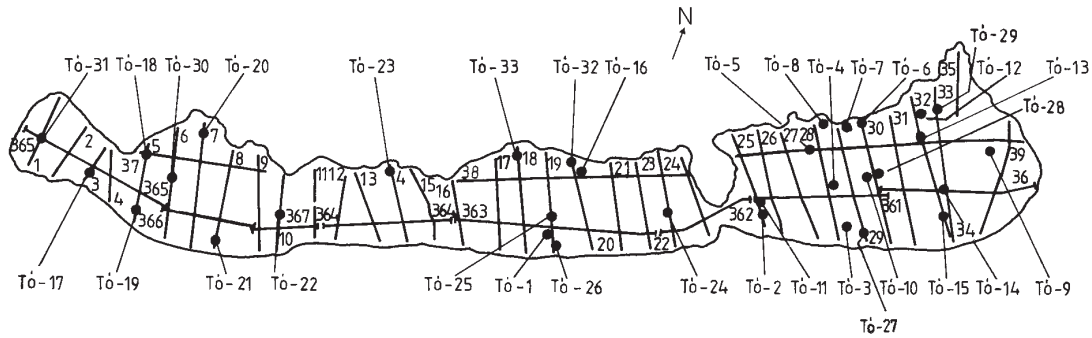
During 2003 and 2004, the original thermo-paper records were digitally archived and re-evaluated. The re-evaluation gave the opportunity for a more detailed spatial determination of the geological structure of the bed (layers, faults), in the Siófok subbasin and to a lesser degree in the Szemes subbasin. This gives an opportunity to plan the research of Pleistocene sediments, deposited before the lake formation.

Bevezetés

A Balaton 3–6 km széles parti sávján elvégzett építés-földtani térképező munkát követően, a tavon észlelt vízminőségromlást és a Magyar Állami Földtani Intézetben 1981-ben újraindult a tó környezetföldtani kutatása. Ennek részeként, 1987–1989 között kubai–magyar együttműködés keretében, az akkoriban legmodernebb geofizikai módszernek számító szeizmikus (szeizmoakusztikus) és echográfus szelvényezés történt, melyet később a szakemberek röviden „kubai mérésnek” neveztek. Összesen 35 db keresztirányú és 4 db hosszanti szelvényt mértünk le, 373 km összhosszúság-

ban, folyamatos regisztrátumok készítésével. A kereszt-szelvények egymástól átlagosan 2000 m-re, a hosszantiak 4000 m-re haladtak, közel egyenletes hálóban lefedve a Balaton 2 m-nél mélyebb vízzel borított felületét (1. ábra).

A szelvények kiértékelésének eredményeként képet alkothattunk a tavi üledékek térbeli helyzetéről, az iszap szerkezetéről, továbbá a Balaton aljzatának változatos morfológiájáról és földtani szerkezetéről, átlagosan 30 méteres mélységig. Az elkészült regisztrátumok kiváló minőségűt több hazai és nemzetközi szakember is elismerte, publikációkban, tankönyvekben, kézikönyvekben is bemutatta. Az édesvízi tavi körülmények között elvégzett szelvényezés út-



1. ábra. A Balatonon mért geofizikai szelvények és fúrások helyszínrajza

A Tó-1-16, és Tó-24. fúrások a szeizmikus mérések előtt mélyültek, a Tó-17-23 és Tó-25-33 fúrások a geofizikai mérések eredményeinek figyelembevételével, a mérések után

Figure 1. Location of the geophysical profiles and cores on Lake Balaton

Boreholes Tó-1 to 16 and Tó-24 were drilled prior to the seismic measurements, while boreholes Tó-17 to 23 and Tó-25 to 33 were drilled after the measurements, taking their results into account

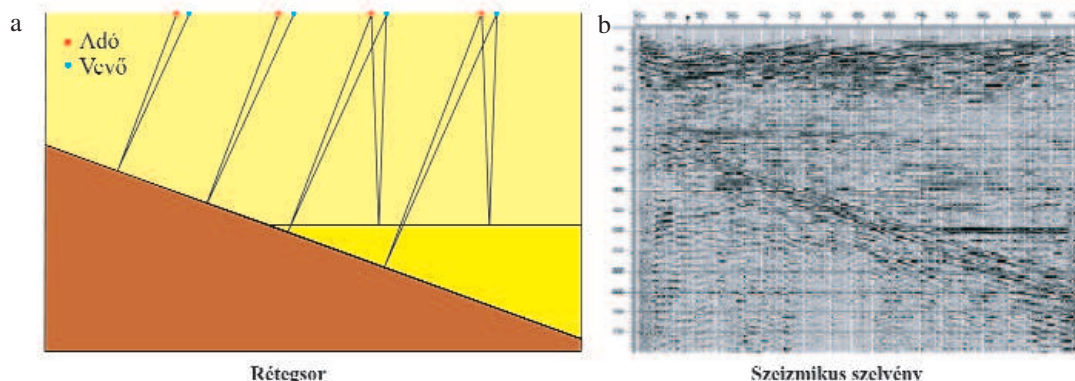
törő vállalkozás volt, amit a későbbiekben több kutatócsoport további mérésekkel és módszerfejlesztésekkel egészített ki, elsősorban a Balatonon és a Velencei-tóban, később folyóvizekben és víztározókban. A mérések kiértékelése és eredményeinek részbeni publikálása után (CSERNY, CORRA DA 1989a, b; 1990; CSERNY 1993), a Balatonon végzett szeizmikus mérések új lendületet vettek (SACCHI et. al. 1998; SACCHI 2001; PRÓNAY et al. 2002; CSERNY, PRÓNAY 2004), és napjainkban egyre-másra születnek az újabb eredmények.

A közel két évtizede elvégzett szeizmikus mérések thermo-papír regisztrátumai pusztulásnak indultak. Az értékes adatok fennmaradása érdekében a szelvényeket szkenneltük, szeizmikus formátumba alakítottuk, archiváltuk, majd a korábbinál korszerűbb módszerekkel újból feldolgoztuk. A jelen dolgozat célja a mérések időtálló eredményeinek rövid felsorolása, az újraértékelt szelvények néhány szép részletének bemutatása. Ezzel szeretnénk megemlékezni a Földtani Intézetben 25 évvel ezelőtt megindult balatoni kutatásokról és a 17 éve elvégzett kubai-magyar vízi geofizikai mérésekről. Előbbi az állóvizekben megkezdett és komplex földtani módszerekkel elvégzett limnogeológiai vizsgálatok, utóbbi az édesvizeken szisztematikusan elvégzett, sekély behatolású geofizikai mérések kezdetét jelentette.

A geofizikai mérések módszere

A mérések alapelve az, hogy a rugalmas hullámok egy része az eltérő sebességű vagy sűrűségű közeg határfelületéről visszaverődik, míg másik része belép a következő rétegbe. A reflexiós mérések során, több más hullámtípus mellett, ezeket a visszavert hullámokat regisztráljuk az idő függvényében. A 2. ábrán négy mérési pozícióban tüntetük fel az adót és a vevőt, illetve folyamatos vonallal az aktuális sugárutakat. A mérések eredménye minden esetben a legközelebbi reflektáló pont, amely dőlt rétegek esetén nem feltétlenül az adó és a vevő alatt van. A feldolgozás során a sebesség ismeretében a felvételekből mélység-szelvény készíthető.

A reflektált, a direkt- és a refraktált hullámok mind a vízi, mind a szárazföldi méréseknél megtalálhatók, míg a szeizmikus szakemberek életét sokszor megkeserítő felületi hullámok, transzverzális jellegű hullámok lévén, a vízben nem terjednek. Vízzel telített üledékek esetén a hullámtípusok konverziója, amikor a P (longitudinális)- és SV (vertikálisan polarizált transzverzális)-hullámok a reflexió során egymásba alakulnak, nem lép fel. A laza réteg nagy frekvenciákat csillapító és energiaelnyelő hatása is elmarad a vízi méréseknél, az adó és a vevő egyaránt a jó



2. ábra. A geofizikai mérések elvi vázlata

a – a rétegek, a víztest helyzete, valamint a jeladó és vevő helyzete; b – a természetes szituáció szeizmikus regisztrátuma

Figure 2. Theoretical sketch of the measurements

a – Layers, water body, and the location of transmitter and detector; b – a seismic record of the bottom

csatolást és átvitelt biztosító vízben van. Ezért nagyobb frekvenciák használhatók, így jobb felbontás érhető el. A vízi méréseknek kétségtelen előnyeikkel szemben egy nagy hátrányuk van, a víz–levegő határfelület és a fenék között ide-oda verődő, alig csillapodó többszörösök jelenléte. Ezek energiája nagyságrendekkel nagyobb lehet a reflexiókénál, így sok esetben a vízmélység kétszeresére korlátozódik a kutatható mélység. A probléma kemény fenék esetén jelentős, laza, iszapos fenék esetén a többszörösök amplitúdója kicsi, sokszor elhanyagolható.

A kubai szakemberekkel közösen végzett mérések kanadai gyártmányú, M–2A típusú, szeizmikus szelvényező hidroszondával és szovjet PEL–3 típusú hajózási echoszondával (I. tábla, 1. fénykép) történtek. A jelek rögzítése elektrokémiai úton, speciális papírra történt, időszelvény formájában. Az akusztikus energiaforrás (sparker vagy boomer, I. tábla, 2. fénykép) jeleket hozott létre a víz felszínén, amik tovább terjedtek a vízben és az üledékekben, illetve az akusztikus impedancia kontrasztjának megfelelően a határfelületeken visszaverődtek és reflektálódtak (I. tábla, 3. fénykép). A hidrofonsorozat (streamer) a hidrofonnal szemben a jel/zaj-viszonyt és az irányérzékenységet javítja. Az eszközöket egy viszonylag állandó sebességgel haladó hajó vontatta (I. tábla, 4. fénykép). A mérések kezdeti szakaszában a következő paraméterekkel dolgoztunk: a lövések közötti idő 0,375 sec, a hajó sebessége 4–6 km/ó, a szűrés 800–1130–1600 Hz volt. A merülési mélységek: boomer-nél 1 m, a multielektrodás jelforrásnál 0,3 m, míg a hidrofonsorozat a víz felszínén úszott. Az energiaforrás és a hidrofon-

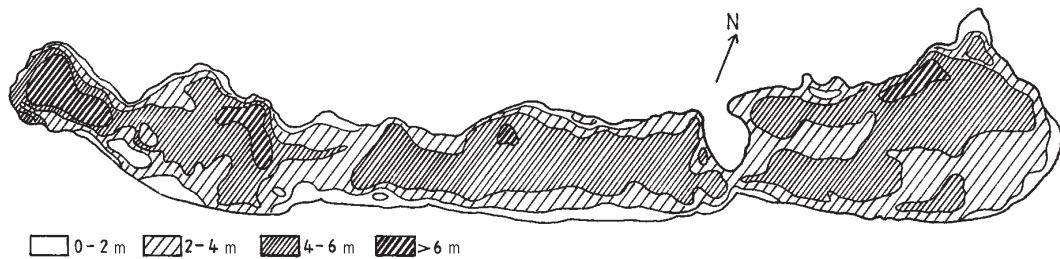
csoport első eleme közötti távolság boomer esetében 1 m, sparkernél 3 m volt. A Keszthelyi-öbölben, ahol vastag üledéket vártunk, a jelkeltések közötti időt 0,5625 sec-ra növeltük, ez nagyobb behatolási mélységet tett lehetővé.

A „kubai mérések” eredményei

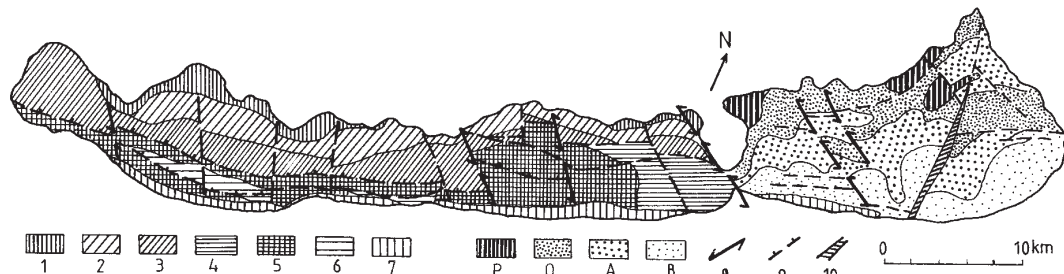
Az eredetileg csak a balatoni iszapvastagság meghatározását célul kitűző geofizikai mérések legfontosabb tudományos eredményei (CSERNY, CORRADA 1989a, b, 1990; CSERNY 1993) az alábbiakban foglalhatók össze:

1. A Balatonban lerakódott tavi üledékek átlagos vastagsága 5 m, ezek az üledékek azonban a fenéken nem egyenletes vastagságban találhatók meg. Vannak területek, ahol iszap nem halmozódik fel (pl. Tihanyi-kút, Fonyód előtti térség), egyes mélyedésekben eléri a 7 m-t is (pl. a Keszthelyi- és Szigligeti-öböl, a Zánka előtti részmedence). Az iszapvastagsági térkép (3. ábra) jól mutatja a negyedidőszak előtt egyenetlenül erodálódott felszínt és azt a tényt, hogy a Balaton több kisebb, egymástól szeparált tavacska láncolatából alakult ki.

2. A szeizmogramokon látható laza, tavi üledékek alatti szilárdabb aljzat felső 20–30 m-es szakaszában 7 rétegsortípust, és kettőn belül 5 további rétegfajtát lehetett kiválasztani (4. ábra). A kijelölt 7 rétegsortípus eltérő litológiai jelleget vagy eltérő települési viszonyokat tükröz. A rétegsortípusok és ezen belül a rétegek földtani



3. ábra. A Balaton negyedidőszaki üledékeinek vastagságtérképe a geofizikai mérések és a fúrások adatai alapján
Figure 3. Mud thickness map of the Quaternary lake sediments based on the seismic measurements and on the boreholes



4. ábra. A Balaton szilárd aljzatának szeizmikus és tektonikai térképe, a geofizikai mérések és a fúrások adatai alapján
A Tihanyi-félszigettől keletre a 4. és 5. rétegsortípusokon belül elkülönült rétegek helyzete is fel van tüntetve. 1–7 = rétegsortípusok, a szeizmikus regisztrumokon észlelt hullám-visszaverődés paraméterei (amplitúdó, frekvencia) alapján. Az egyes típusok részletesebb leírása a szövegben olvasható. 8–9 = tektonikai elemek: 8 = vízszintes elmozdulás, 9 = függőleges törés, 10 = tektonikailag zavart zóna

Figure 4. Seismotectonic map of the solid lake bottom based on geophysical measurements and borehole data
1–7 layer groups, based on the parameters of recorded wave reflection (amplitude and frequency). Detailed description of each layer-group is in the text. Within layer groups 4 and 5 there are distinct layers, which can be seen east of the Tihany Peninsula. 8–9 = tectonic elements: 8 = horizontal movements, 9 = vertical faults, 10 = tectonically disturbed zone

azonosítása a későbbiekben lefúrt fúrások segítségével részben megtörtént.

Az 1., 2., 3., 6. és 7. rétegsortípus vízszintesen települő rétegek összességét jelöli. A 4. és 5. rétegsortípus néhány fokkal dél-délkeletnek dőlő rétegeket tartalmaz, amelyeken belül a rétegfajták szétválasztására is lehetőség nyílt a Siófoki- és részben a Szemesi-medencében (CSERNY, CORRADA 1989b; CSERNY 1993).

Az 1., 3., 5. és 7. rétegsortípusok egymáshoz hasonló képződményeket tartalmaznak, az alábbi eltérésekkel és hasonlóságokkal: az 1. és 3. tavi üledékeinek aljában mindig van tőzeg, az 5. és 7.-ben legfeljebb szervesanyag-tartalmú iszap található. Egyik rétegsortípusban sincs éles határ szemcseösszetételben a fiatal, tavi üledék és az aljzat képződménye között. Az aljzat felső rétegében az agyagos kőzetliszt dominál, majd a kőzetliszt, illetve a finomhomok. A rétegeket általában (a 7. kivételével) tömött, kemény agyagmárga vagy homokkőpad választja el egymástól. A 2. és a 6. is mutat egymáshoz hasonlóságot: mindkettő laza tavi üledékeinek a legaljában tőzeg található. Az aljzatban dominál a kőzetliszt. A 4. rétegsortípus átmenetet jelent a rétegsortípusok tárgyalt két csoportja között.

3. A szeizmogramokon megfigyelhető zavart zónákat törésként vagy törésszónaként értelmeztük. A minősítések során kis és nagy amplitúdójú vízszintes eltolódásokat és függőleges vetőket jelöltünk meg. Az eltolódásoknál az értékelt zavart zóna kiterjedésének mérethatára legalább 150 m, a függőleges törések esetében az elmozdult blokkok egymáshoz viszonyított helyzete minimum 10 m volt.

Az aljzat általunk kimutatott tektonikai elemei közül az egyik legjelentősebb a Tihanyi-félsziget nyugati partján húzódó balos eltolódás, amely a Balaton aljzatát 2 részmedencére osztja. Közülük a keleti, ún. Siófoki-részmedencében meglévő hosszanti törések dilatációs (másodlagos, kis) töréseknek tűnnek, melyek csapás mentén gyakran elhálnak. Földtani határokat nem metszenek, az aljzat legalább rétegeiben jelentkeznek. A haránttörések 2 irányban, és pedig ÉÉNy–DDK-i és É–D-i csapásban jelentkeznek. A részmedence legmarkánsabban jelentkező É–D-i törése a fiatal, laza üledékekben is nyomozható, és jobbos eltolódásnak adódik. A vízszintes mozgás aktív voltát a környéken észlelt földrengések mechanizmusai is igazolják.

A balos Tihanyi-eltolódástól nyugatra eső részmedencében több kisebb és egy nagy amplitúdójú hosszanti, illetve haránttörést lehetett kijelölni. A részmedence kb. felénél húzódó ÉÉNy–DDK-i irányú harántzóna balos eltolódásnak látszik.

A „kubai szelvények” ismételt feldolgozása

A kubai geofizikusok thermo-papíron rögzített szeizmikus szelvényeit első lépésben 400 dpi (képpont/hüvelyk) felbontással, időnként a szelvény hossza miatt több darabban, beszkeneltük. Ezt követően az előállt adatsort egy erre a célra írt programmal szeizmikus formátumba alakítottuk olyan módon, hogy a szürke szín árnyalataihoz am-

plitúdóértékeket rendeltünk. Az így kapott „szeizmikus csatorna” természetesen féloldalas volt, mert az összes negatív amplitúdót az eredeti regisztrátumon fehér (időnként koszlott szürke) szín jelölte. A csatorna dinamikája meglehetősen szerény (maximum 8 bit) volt, és további feldolgozásra csak korlátozottan mutatkozott alkalmasnak. A szelvényeket az eredeti beméréseket jelző vonalak és erre tollal bejelölt időértékek alapján skáláztuk. Minden egyes vonalhoz hozzárendeltük a geodéziai bemérésből származó koordinátákat, és ezzel az adott helyen — a szelvény nullaidejének és végének bejelölésével — az időtartományban is helyükre kerültek a csatornák. A vonalak között mind a térbeli koordinátákat, mind az időket lineáris interpolációval határoztuk meg, csökkentve a szelvény deformálódásából és a papírtekercsek összeragasztásából adódó hibákat. Az ilyen módon előállított szelvények már alkalmasak voltak a szeizmikus méréseknél megszokott számítógépes értelmezésre.

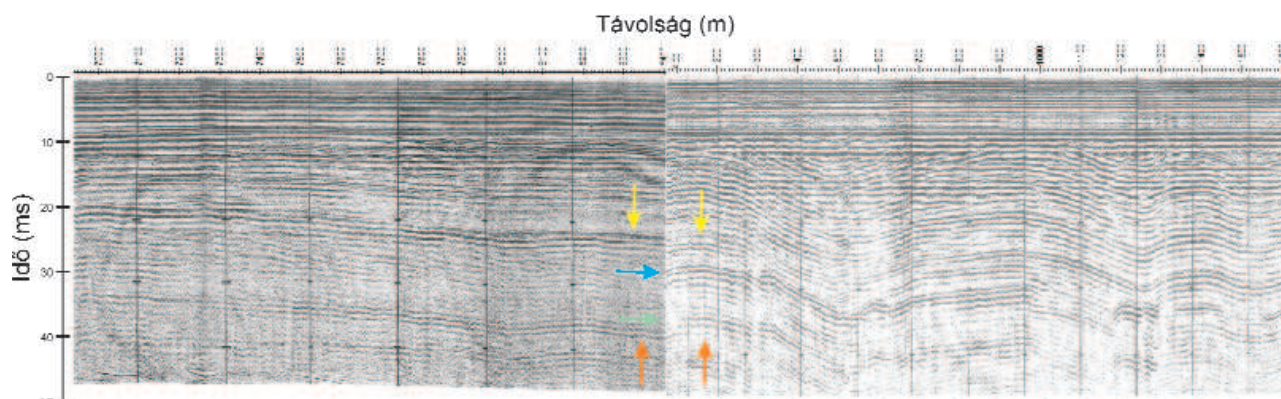
Az újraértékelést és a szelvények értelmezését sok probléma nehezítette.

Gondot okozott, hogy a kubai kollegák közvetlenül a rendelkezésünkre álló szelvényeken végezték el az értelmezést, azaz néhány reflexió ki volt színezve, vetők és szakadások voltak bejelölve, amelyek alatt az eredeti beérkezéseket már nem feltétlenül tudtuk követni.

Utólag rekonstruálhatatlan volt, hogy a kubai geofizikusok melyik szelvények mérésénél használtak boomert, mikor sparkert, illetve mikor változtattak paramétereiket, erősítést vagy adó–vevő távolságot. A paraméterek változtatásának „köszönhetően” előfordult, hogy a hosszanti és harántszelvények kereszteződésénél az egyik irányból nézve jellegzetes, jól elkülöníthető, a másik irányból jellegtelen reflexiók voltak. Ugyanilyen jelenség figyelhető meg papírcsere vagy félbehagyott és másnap folytatott szelvények esetén is. Néhány szelvényen, egyes szomszédos szakaszok — némi túlzással — úgy néznek ki, mintha semmi közük sem lenne egymáshoz (5. ábra). A bemutatott szelvényszakaszon néhány jellemző reflexiót nyílal jelölünk: a sárgával és pirossal jelölt szintek (ha a jellegük kissé meg is változik) követhetők, míg a kék és a zöld színűek a legnagyobb jóindulattal sem. Ilyen esetekben a szintek követése szükségszerűen megszakad.

Mindezek eredményeképpen a szkennelt szelvényrendszer minősége nem volt homogén, ami jelentősen megnehezítette az újraértelmezést.

A szelvények bemérése az akkori technológiával (eleinte 4 parti pontról teodolittal, majd a hajóról szextánssal) átlagosan 500 m-enként történt, ami mai szemmel nézve ritkának tűnik, és ezért a keresztezések helye csak több tíz csatorna pontossággal határozható meg. A papíron rögzített szelvényeken a koordinátabemérések helyét, illetve az időskálát kézzel rajzolták be, ezek a digitális adatsorokban jelentős bizonytalanságokat okoznak. Az eredeti szelvény ragasztásainál a reflexiók rendre elugranak, ez is nehezíti a konzekvens szintazonosítást. A papíron kézzel bejelölt időbeosztás a szelvények mentén nem egyenközű, jobb ötlet híján szelvényenként egy-egy átlagos értéket



5. ábra. Példa a szintek azonosításának nehézségeire a P31-es szelvény két folytatólagos szakaszán

Figure 5. An example for the difficult layer-correlation on two continuous segments of the seismic profile P31

használtunk, ami, különösen a kereszteződéseknel, szembevető inkonzisztenciát okozott. Elképzelhető, hogy az 5. ábrán bemutatott szelvényrészletek rossz illeszkedése is részben ilyen pozicionálási hibákból fakad.

A mért szelvényhálózat jelentős részén egyértelmű reflexiók hiányában az értelmezés, vagyis az összetartozó szeizmikus elemek azonosítása, csak textúraanalízissel történhetett meg. Ez a paraméterek változása miatt elég sok bizonytalanságot hordozhat, az egyes kategóriák helyenként folytonosan átlapolódnak, besorolásuk szubjektív elemeket is tartalmaz, de összességében ezek a részek is tartalmaznak szerkezeti információt. Az említett reflexióhiányos szakaszok földtani okokkal magyarázhatók. Egyes esetekben ez az ok a közeg nem rétegzett jellege, például törmelék vagy vastag és homogén agyagréteg, más esetekben a felületen található homok vagy az alatta levő környezetéhez képest nagy sebességű, illetve sűrűségű anyag (pl. mészkő- vagy homokkőpad), esetleg az iszapban lévő gáz, amely leárnyékolja az alatta levő rétegeket. Más szelvényszakaszokon meglepően jó reflexiókat kapunk, alkalmanként ezeket jellegük alapján is tudjuk korrelálni az egyes szelvények között.

A kijelölt szintek közötti korrelációt az is nehezíti, alkalmanként lehetetlenné is teszi, hogy a rétegvastagságokhoz és a terület változékonyságához képest a szelvények messze vannak egymástól.

A felsorolt problémák miatt a lemért szelvények újraértelmezése nem tehető teljesen ellentmondásmentessé, bár erre törekedtünk. Miért használjuk mégis ezt az adatrendszerét? Azért, mert ez a mai napig létező leginkább homogén, a Balaton egész területére kiterjedő mérés-sorozat, így az ebből szerezhető ismeretek egyelőre mással nem pótolhatók.

A „kubai szelvények” újraértelmezése

Először 1997-ben próbálkoztunk a szelvények újraértelmezésével. Akkor elsősorban a kubai kollégák értelmezésére támaszkodtunk. Megállapításait csak helyenként módosítottuk, inkább csak ellenőriztük és pontosítottuk

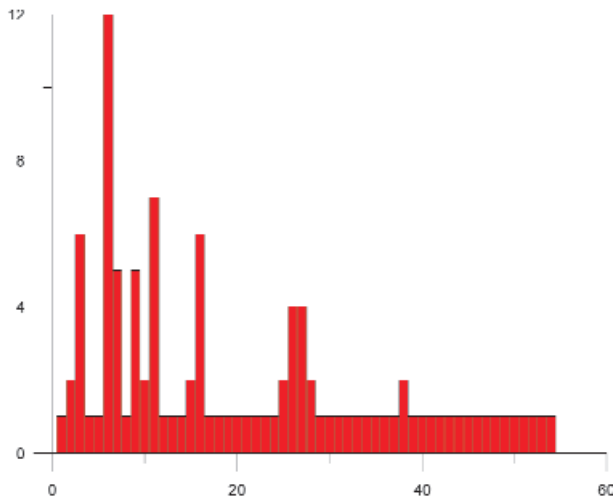
azokat. Az akkori újraértelmezés a Balaton nagyobbik részén nem elsősorban a reflexiókon, hanem a szelvények textúrájának összehasonlításán alapult. Az eredeti értelmezés alapul vételéhez akkor azért ragaszkodtunk, mert az az összes akkori, azóta részben elpusztult, adat figyelembevételével történt.

Most alapvetően kétféle szeizmikus értelmezést végeztünk, egy minimalista és egy maximalista megközelítést.

A *minimalista* értelmezés során csak az egyértelműen látható, megfogható dolgokra támaszkodtunk. Az egyes szelvényeken észlelt reflexiókat csak akkor vittük át a másikra, ha az egymást keresztező, vagy folytatódó szelvényen egyértelműen látszott a reflexió folytatása. Ha az egyik-másik szint lefelé kijutott a mérési tartományból (kifutott a regisztrátumról), és a keresztvonalak nem tették egyértelművé az azonosítását, akkor hiába került vissza máshol a mérési tartományba (jelent meg a regisztrátumon), már külön szintnek tekintettük. Ugyanígy, ha a keresztező szelvényen nem látszott határozott reflexió, hiába volt egyértelműen kijelölhető az előző szelvényen, a réteg kijelölését nem folytattuk. Összefoglalásul elmondhatjuk, hogy a *minimalista* verziónál csak az egyértelmű dolgokhoz, a nyers tényekhez ragaszkodtunk, minden mást elvetettünk.

A *maximalista* értelmezés során az első lépésben az egyes szelvényeken, minden korábbi információt figyelmen kívül hagyva, kijelöltük a szeizmikus vezérszinteket, illetve az olyan jellemző reflexiókat, amelyek szerkezeti szempontból megadták a szelvény „csontvázát”. Ezek után a kereszteződések vizsgáltuk, és több iterációs lépésben azonosítottuk az összetartozó reflexiókat. Ennek érdekében alkalmanként egyes szinteket újra kellett jelölnünk, módosítanunk kellett, vagy másik fázisra kellett áttérnünk. A művelet végén egy olyan, ellentmondásmentes adatsor állt elő, amelyben a jelölések konzekvenssek voltak, a kereszteződésekben az egymást metsző reflexiók szintek jelölése megegyezett, és a bejelölt szintek szerkezeti szempontból leképezték a Balaton- felső 30-35 méteres szakaszának rétegsorát.

Összesen 511 vezérszintet jelöltünk ki, amelyek együttes hossza 462 517 m. A szelvényeken kijelölhető legro-



6. ábra. A bejelölt reflexiós szintek kereszteződéseinek száma
Figure 6. Number of intersections of the marked reflection levels

videbb szakasz 17 m, a leghosszabb 6562 m volt. Azokat a szinteket, amelyek legalább két mérési vonalon azonosíthatók voltak, sorszámmal láttuk el, összesen 54 ilyen határfelületet találtunk. Ezek további vizsgálatával 14 olyan reflexiót találtunk, amely legalább három és 8 szintet mely háromnál is több szelvényen volt követhető. A bejelölt reflexiós szintek kereszteződéseinek számát a 6. ábrán mutatjuk be.

Az összetartozó reflexiókhoz színeket rendeltünk, és az ilyen módon perspektivikusan megjelenített határfelületeket a kereszteződéseknél újra ellenőriztük. Az 1. táblázatban összefoglaltuk a kiválasztott reflexiós szinteket, azok színét, továbbá a követhető reflexió hosszát, valamint a rétegek közötti, betűkkel jelölt helyzetét. Ez az összefoglaló táblázat lehetővé teszi, hogy például a 4. és 7. ábrákon szereplő rétegeket és a közöttük lévő határokat értelmezhesük.

Néhány jellegzetes szelvényrészletet mutatunk be a II. és III. táblán.

Összesen 35 kereszt- és 11 hosszanti szelvényt értékeltünk újra, amelyek közül az egyik leglátványosabb a Siófoki-részmedencében lemerített P30-as szelvény volt (7. ábra). Ezen tudjuk bemutatni a szeizmikus jelek alapján szét-

választott 1., 5. és 7. rétegsortípusokat és Q, P, O, A, B, C rétegeket, valamint szerkezeti elemeket.

1. rétegsortípus geofizikai jellemzése: a kis vastagságú iszap alatt (közel a part) az akusztikus energia bizonyos szóródása többszörös hullám-visszaverődést eredményez a szeizmogramon. A rendelkezésre álló parti és partközeli fúrások alapján feltételezhető, hogy az aljzatban (deluviális illetve proluviális genetikájú) cementált törmelék van jelen, amely szétszórja az energiát, és nem teszi lehetővé, hogy mélyebb tartományokból szerezzünk információt. Ez a rétegsortípus a bemutatott P30-as szelvényen kívül a Tihanyi-félszigettől nyugatra eső szelvényeken, a Balaton északi partjához közeledő szakaszon volt elkülöníthető.

5. rétegsortípus: 1-3°-kal dél-délkeletnek dőlő, egymásra települő rétegek sorozata. Ez a települési helyzet teszi lehetővé, hogy a szelvényeken egy nagyon határozottan jelentkező alsó határfelület felett (a Q réteg felszíne) további szinteket és közöttük rétegeket válasszunk ki. A P30-as szelvényen kívül Balatonakali térségtől nyugatra a tó déli felének és a Siófoki-részmedence teljes egészének aljzatát ez a rétegsortípus alkotja, melyen belül a reflexiós felületek és rétegek geofizikai jellemzése a következő:

A P réteg felületéről visszavert hullám általában nagy amplitúdójú, és 3 vagy 4 fázisban észlelhető.

A O réteg felületéről visszavert hullám amplitúdója kisebb, frekvenciája pedig magasabb mint a P rétegé, 2-3 folyamatos fázisa figyelhető meg. A réteg vastagsága 0–20 m között ingadozik. Tekintettel arra, hogy a réteg belsejéből alig verődtek vissza jelek, feltételezhető, hogy az ú.n. O réteg litológiai felépítése a többiétől homogénebb.

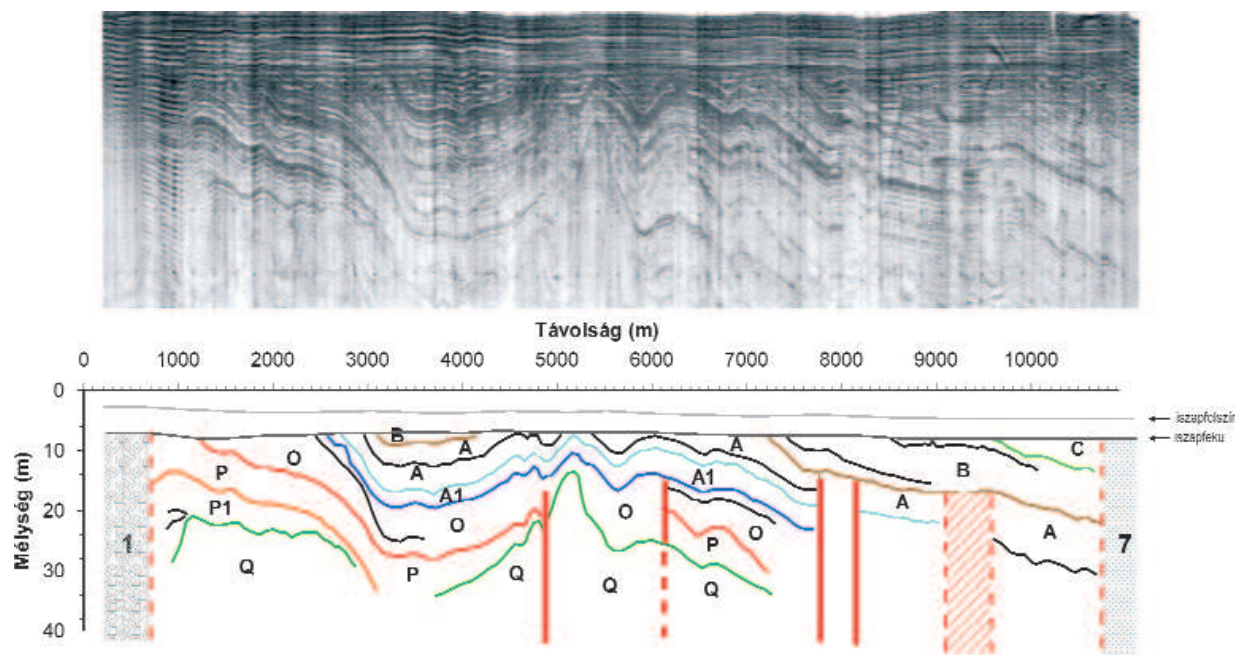
Az A réteg felső határfelületében nincs megszakítás, a jel általában 3-4 fázisból áll és az O réteg felszínére vonatkozóan alacsonyabb frekvenciájú. Az A réteg belsejében számos, a felső határra is jellemző, de annál kisebb amplitúdójú, megszakításos jelet figyeltünk meg. E rétegen belül tehát további rétegződés lehet (A1 réteg), vagyis az A réteg köztettanilag heterogénebb, horizontálisan igen változó-kony.

A B réteg felső határa erodálódott. Csak a szelvény legdélibb felén látható, ott, ahol a Q, P, O és A rétegek mélyebb helyzetben vannak. Maga a B réteg az A felső határával azonos frekvenciájú, de nagyobb amplitúdójú

1. táblázat. A jelentősebb határfelületek és követhető hosszuk

Table 1. Major reflection surfaces and their detected length

Határfelület színe az újraértékelt szelvényeken	Követhető hossz (m) a kiértékelt összes szelvény hosszban	Milyen réteg határfelületét jelzi?
Piros	38,066	P (a Siófoki-medencében)
Sötétkék	30,083	O (a Siófoki-medencében)
Világoskék	29,483	A1 (a Siófoki-medencében)
Narancssárga	15,560	P1 (a Siófoki-medencében)
Világoszöld	15,038	B (a Siófoki-medencében)
Barna	8,268	A (a Siófoki-medencében)
Sötétzöld	6,848	Q (a Siófoki-medencében)
Lila	5,318	Q (a Szemesi-medencében)



7. ábra. A P30-as geofizikai szelvény regisztrátuma és interpretációja

A színes határfelületek több regisztrátumon is azonosíthatók, míg a feketével jelölt reflexiók csak ezen a szelvényen láthatók. A többi jelölés megegyezik a 4. ábrával, az 1., 5. és 7. rétegsortípus és a betűkkel jelölt rétegek leírása fentebb a szövegben olvasható

Figure 7. The record and evaluation of the seismic profile P30

The coloured boundary surfaces can be detected on other records as well, while the black ones were only detected on this record. The other remarks used in this figure are the same as the ones used in Figure 4. Description of the layer groups 1, 5 and 7 as well as the layers marked with letters are in the text

hullámfázissal jellemezhető, és folyamatos vonalként van jelen a réteg teljes vastagságában. A *B réteg* a leginkább mikrorétegzett; kevés horizontális változékonyságot mutat. A lemélyült fúrás agyagos kőzetliszt és kőzetlisztes agyag váltakozását mutatja.

7. rétegsortípust nagy amplitúdójú reflexiók jelek jellemzik, két jól definiálható fázissal. A regisztrátumon meglévő többszörös jelek megakadályozzák, hogy információt szerezzünk a mélyebb szintekről. A part menti fúrások tanúsága szerint itt minimális iszapvastagság alatt valószínűleg áthalmazott, vízben ülepitett (és ezért jól tömörödött), finomszemcsés homok található.

Összefoglalás

Megállapíthatjuk, hogy a Balatonon több mint 17 évvel ezelőtt elvégzett folyamatos szeizmikus szelvényezés fontos tudományos és gyakorlati eredményeket hozott. Az egész tófelületen arányos elosztásban elvégzett mérésorozat mind a mérések minőségét, mind pedig mennyiségét tekintve egyedülálló teljesítmény és eredmény volt. A tengeri kutatásoknál már jól bevált módszerek és mérési technikának édesvízi körülmények közötti adaptálásában a kubai geofizikus kollégáknak úttörő szerepük volt, és a több mint 100 éves múlttal rendelkező balatoni kutatások egyik jelentős, új fázisának kezdetét jelentette.

A lemért 373 km hosszú geofizikai szelvények értékelése alapján, a mérések követő évben további 16 db új fúrást (Tó 17–23, és Tó 25–33) mélyíthettünk le. A szeizmikus szelvények és a kutatási program során (1981–1990)

lemélyült fúrások (Tó1–33) rétegsorainak komplex földtani feldolgozása segítségével pontos válaszokat adhattunk olyan fontos kérdésekre, mint a Balaton kialakulásának ideje, a vízzel borítottság fejlődéstörténete, a vízszint és vízminőség változásának menete.

Ugyanakkor a szelvények regisztrátumainak tönkremenetelét megelőzendő, korszerű archiválását követően az újrafeldolgozás és értelmezés néhány új eredményt is hozott. Ezek közül kiemelkedik, hogy elsősorban a Siófoki-, de kis mértékben a Szemesi-részmedencében az egyes rétegek haránt- és kereszt-szelvényben történő korrelálásának elvégzésével lehetővé válik térbeli helyzetüknek a korábbiaknál jóval pontosabb meghatározása. Ezzel lehetőség nyílik például arra is, hogy egy későbbi, a Balaton kialakulását megelőző, idősebb pleisztocénban lerakódott üledékek kutatását célirányosan megtervezhessünk.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők hálójukat fejezik ki a Ruben Corrada geofizikus által vezetett kubai szakemberegységnek a szeizmikus mérések elvégzéséért és az elsődleges kiértékelésben való részvételükért, továbbá a Balatoni Vízügyi Kirendeltség akkori vezetőjének, Soha Szilveszternek és kollégáinak a tavon rendelkezésünkre biztosított vízi járművekért. Köszönet illeti Dank Viktort, a KFH volt elnökét és Hámor Gézát, a MÁFI volt igazgatóját, akik felismerték a témában rejlő szakmai újdonságot, és azt anyagilag és erkölcsileg messzemenően támogatták.

Irodalom — References

- CSERNY, T. 1993: Lake Balaton, Hungary. — In GIERLOWSKI-KORDESCH and KELTS (eds): *A Global Geological Record of Lake Basins*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 397–401.
- CSERNY T., CORRADA, R. 1989a: A Balaton medencéje és holocén üledékei részletes geofizikai-földtani vizsgálatának újabb eredményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1987-ről*, pp. 341–347.
- CSERNY T., CORRADA, R. 1989b: Complex geological investigation of Lake Balaton (Hungary) and its results. — *Acta Geologica Hungarica* 32 (1–2), pp. 117–130.
- CSERNY T., CORRADA, R. 1990: A Balaton aljzatának szedimentológiai térképe. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1988-ról*, pp. 169–176.
- CSERNY T., PRÓNAY ZS. 2004: Szeizmoakusztikus mérések a Balatonon: a kezdetektől napjainkig. — *Földtani Kutatás* 41 (2), pp. 3–12.
- PRÓNAY, ZS., CSERNY, T., TÖRÖS, E. 2002: Environmental seismic measurements on inland waters. — In: *Proceedings of the VIIIth Conference of the Environmental and Engineering Geophysical Society European Section, Aveiro (Portugal)*, CD, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest
- SACCHI, M., CSERNY, T., DÖVÉNYI, P., HORVÁTH, F., MAGYARI, O., MCGEE, T.M., MIRABILE, L., TONIELLI, R. 1998: Seismic stratigraphy of the Late Miocene sequence beneath Lake Balaton, Pannonian Basin, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 41 (1), pp. 63–88.
- SACCHI, M. 2001: Late Miocene evolution of the Western Pannonian basin, Hungary. Ph.D. Dissertation Thesis. — *Manuscript*, Eötvös Lóránd University, Budapest.

I. tábla — Plate I

1. fénykép A kanadai gyártmányú, M-2A típusú, szeizmikus szelvényező hidroszonda és a szovjet, PEL-3 típusú hajózási echoszonda. A jelek rögzítése elektrokémiai úton, speciális papírra történt, időszelvény formájában

Photo 1. The M-2A type Canadian hydro-probe seismic profiler and the PEL-3 Russian marine sonar. Signals were recorded on electrolytic printer as a function of time



2. fénykép. Az akusztikus energiaforrás egyik típusa, a boomer. A szeizmikus szelvényezés során sparker vagy boomer segítségével jeleket hoztunk létre a víz felszínén, amelyek tovább terjedtek a vízben és az üledékekben, illetve az akusztikus impedancia kontrasztnak megfelelően a határfelületeken visszaverődtek és reflektálódtak

Photo 2. A boomer, which is one type of acoustic energy source. A boomer or a sparker on the water surface can provide the acoustic signals for seismic profiling. These acoustic signals propagate in the water and sediments, and they suffer reflection on boundary layers, where the acoustic impedance chang

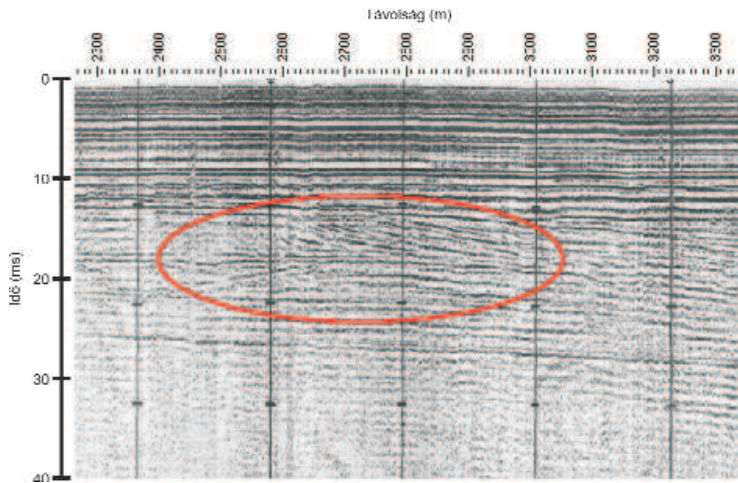
3. fénykép. Hidrofoncsoport (streamer)
Photo 3. Hydrophone array (streamer)



4. fénykép. A Bolygó nevű hajó és az általa vontatott mérőszálya. A viszonylag állandó sebességgel haladó vontatóhajón kubai geodéta sextánszal határozta meg a mérési vonal helyét

Photo 4. The ship Bolygó, and the measuring barge. The ship proceeds at a close to steady speed, and the location of the measurement track was determined by a sextant

II. tábla — Plate II



1. kép. Kereszrétegzettség a P28-as szelvényen

A bekeretezett részen jól látható, hogy a 0-13 ms (0,0-9,8 m) közötti szakaszon közel vízszintes rétegek vannak; alatta a rétegek 18 ms-ig a nagyobb karószámok felé dőlnek, majd 22-23 ms (16,5-17,3 m) között a kisebbek felé. Ez alatt a reflexiók párhuzamosak, és enyhén jobbra dőlnek

Picture 1. Cross-layers on profile P28

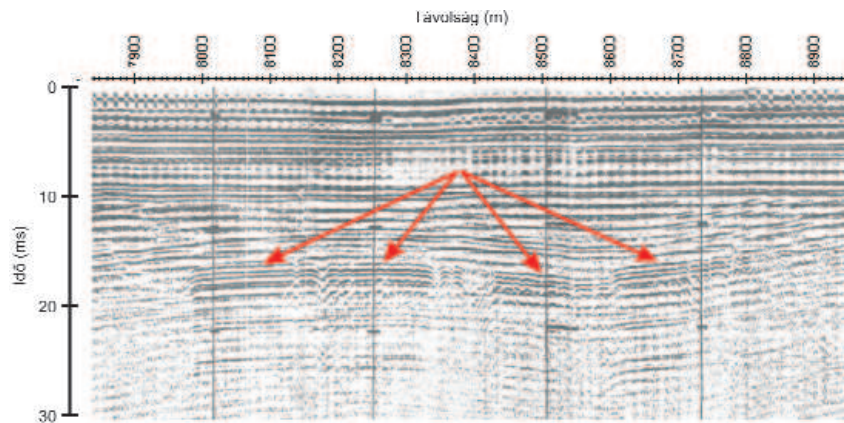
In the framed segment, on the time scale between 0-13 ms (0.0-9.8 m) the layers are close to horizontal; below it, up to 18 ms, the layers dip toward the larger numbers; between 22-23 ms (16.5-17.3 m) the layers dip toward the smaller numbers. Below that the reflections are parallel and dip slightly to the right

2. kép. Kőpadok a P39-es szelvényen

A piros nyíllal jelölt, egymást követő kőpadok jellegzetes szeizmikus képet mutatnak. E padokról az energia nagy része visszaverődik, vagyis e pad az alatta lévő rétegeket leárnyékolja. Ebben a zónában megjelennek a belső többszörösök, amelyek a kemény kőpad és valamely réteg között ide-oda verődő szeizmikus hullámok

Picture 2. Stone pads in the profile P39

The characteristic seismic features of the successive stone pads are marked with red. Most of the energy is reflected by these pads, so the underlying objects are in shadow. Multiple, inner reflections of the seismic waves occur among the stone pad and other boundary layers

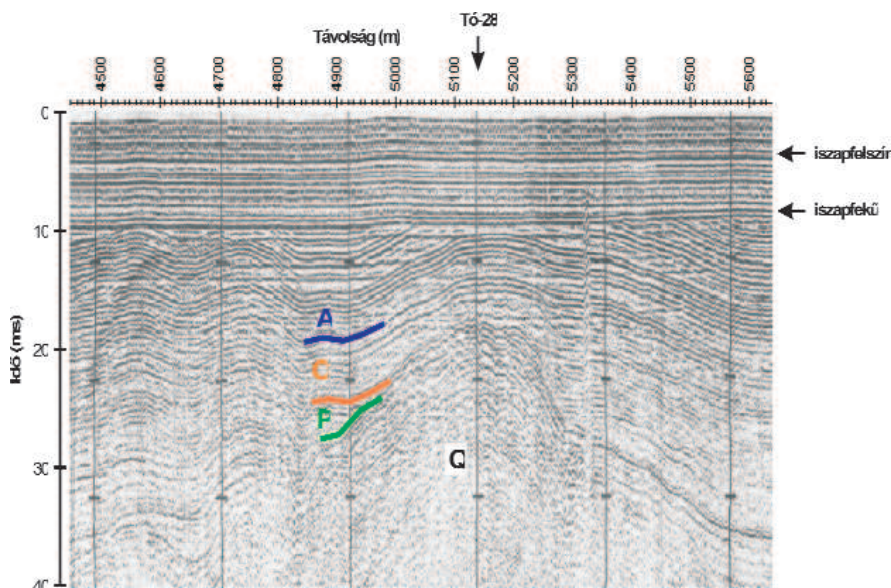


3. kép. Felboltozódás a P30-as szelvényen

A boltozat felett lemélyített Tó-28 fúrás rétegsora szerint itt az A-réteg agyagos kőzetliszt és kőzetliszt váltakozásából áll, az előbbi dominanciájával. A boltozatot a fúrás nem érte el, mert a tömött és kemény közettörmelékben a fúrószerű megszorult. A törmelék közettani vizsgálata magas hőmérséklet hatására összeolvadt homokot mutatott ki, ami utalhat szubvulkáni test jelenlétére a boltozatban

Picture 3. Diapir on profile P30

According to the sequences of Tó-28, drilled over the diapir, the layer A is composed of the alternating series of silt and clayey silt. The second one is the dominant sediment. The borehole did not reach the diapir, because the auger stuck in the compact hard layer. The petrologic investigation of the above mentioned hard layer indicated sand melted due to high temperature, which may indicate subvolcanic mass in the environment of the diapir



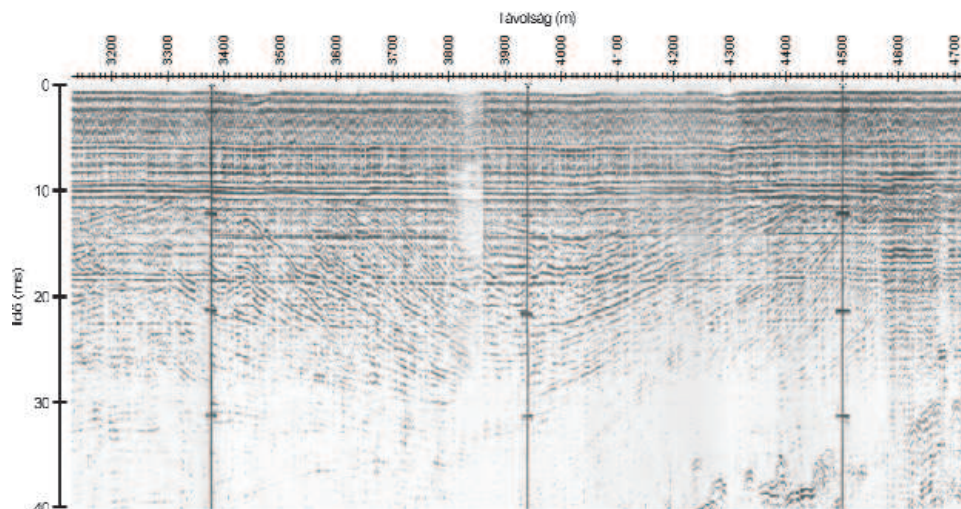
III. tábla — Plate III

1. kép. Betemetett folyó a P17-es szelvényen

A jellegzetes képen látható eredeti medret fokozatosan töltötte fel a hordalék, amelybe nagy víz idején a folyó újra belevágott, majd később ismét feltöltött. A szelvényen több ilyen ciklus nyoma ismerhető fel

Picture 1. Buried river bed in profile P17

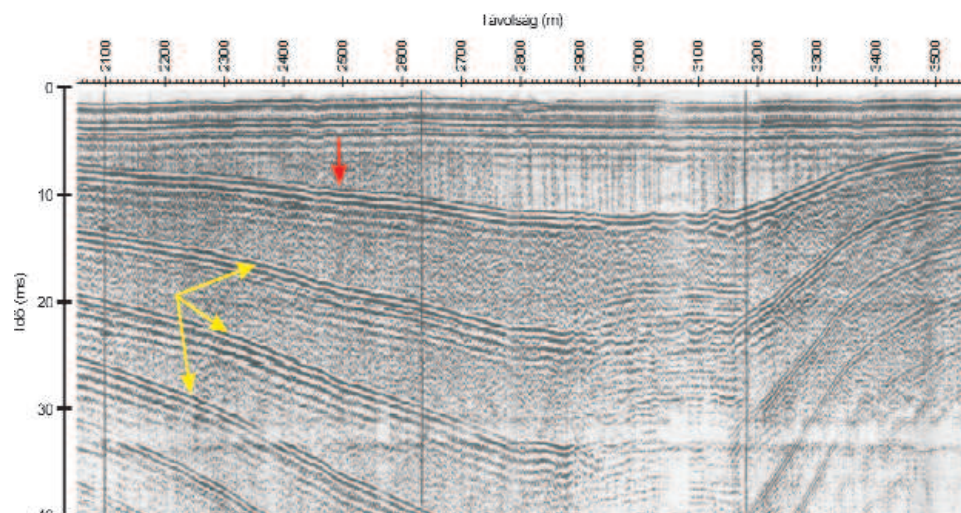
The original bed was filled gradually with sediment. The rising water washed into then filled the bed again several times. These cycles are well visible

**2. kép.** A Tihanyi-kút a P362-es szelvényen

A fenék az itteni áramlások miatt kemény, róla a szeizmikus energia visszaverődik. Ezért a szelvényen a fenék (piros nyíl) és a vízfelszín között verődő, erős többszörösök (sárga nyilak) láthatók. A szelvény szakasz 2900-3100 közötti részén éles, választóvonalként jelentkező zóna húzódik, amelyen keresztül a mélyebb reflexiók nem követhetők. Ezért a szeizmikus adatok alapján, a két oldalon levő rétegsorok egymással nem korrelálhatóak

Picture 2. The "Tihany-Well" on the profile P362

The lake bed is solid due to the local currents; the seismic waves are reflected by the hard surface. There are strong multiple reflections (marked by yellow arrows) between the lake bottom (red arrow) and the water surface. The segment between 2900-3100 is a sharp zone acting as a divider. Deeper reflections cannot be detected here; therefore the seismic data sequences on the two sides of the zone cannot be correlated

**3. kép.** Vetősorozat képe a P27-es szelvényen

A bekeretezett részen jól látszik, hogy a reflexiók három helyen is határozottan megszakadnak. Nemcsak egy réteg folyamatossága szűnik meg, hanem az egész szekvenciáé. A vetők két oldalán levő rétegek „összetolhatóak”, az elmozdulás minden rétegben megegyezik. A legnagyobb függőleges elmozdulás 3,5 m-es, az egyes rétegek jól láthatóan kibillentek eredeti helyzetükből

Picture 3. Fault series in profile P27

Reflections break at three locations in the marked area, and not just layers but the entire sequence is discontinuous. Layer sequences on the two sides of the faults match. The largest vertical dislocation is 3.5 m, and the layers are tilted from their original state

