

# Földtani Közlöny



152/4

A Magyarhoni Földtani Társulat folyóirata  
Bulletin of the Hungarian Geological Society



Budapest, 2022

**Felelős kiadó**

M. TÓTH Tivadar, az MFT elnöke

**Főszerkesztő**

SZTANÓ Orsolya

**Műszaki szerkesztők**BABINSZKI Edit  
KOVÁCS Zoltán  
BARTHA István Róbert**Nyelvi lektor**

LUKOCZKI Georgina

**Szerkesztőbizottság**

CSERNY Tibor, FODOR László, FÓZY István, PÓSFAI Mihály, SZAKMÁNY György, SZANYI János, TÖRÖK Ákos

**Támogatók**Magyar Tudományos Akadémia,  
Baumit Kft., Biocentrum Kft., Colas  
Északkő Kft., Elgoscár 2000 Kft.,  
Geo-Log Kft., Geoproduct Kft.,  
Geoteam Kft., Josab Hungary Kft.,  
Mecsekérc Zrt., Mineralholding Kft.,  
Mol Nyrt., OMYA Hungária Kft.,  
O&G Development Kft., Perlit-92  
Kft., Terrapeuta Kft., VIKUV Zrt.,  
ANZO Perlit Kft., Kvarchomok  
Bányászati és Feldolgozó Kft.**A kéziratokat az alábbi felületen kérjük benyújtani**

www.foldtanikozlony.hu

\* \* \*

**Responsible publisher**Tivadar M. TÓTH,  
President of the Hungarian Geological  
Society**Editor-in-chief**

Orsolya SZTANÓ

**Technical editors**Edit BABINSZKI  
Zoltán KOVÁCS  
István Róbert BARTHA**Language editor**

Georgina LUKOCZKI

**Editorial board**Tibor, CSERNY, László FODOR, István  
FÓZY, Mihály PÓSFAI, György SZAK-  
MÁNY, János SZANYI, Ákos TÖRÖK**Sponsors**Hungarian Academy of Sciences,  
Baumit Kft., Biocentrum Kft., Colas  
Északkő Kft., Elgoscár 2000 Kft.,  
Geo-Log Kft., Geoproduct Kft.,  
Geoteam Kft., Josab Hungary Kft.,  
Mecsekérc Zrt., Mineralholding Kft.,  
Mol Nyrt., OMYA Hungária Kft.,  
O&G Development Kft., Perlit-92  
Kft., Terrapeuta Kft., VIKUV Zrt.,  
ANZO Perlit Kft., Kvarchomok  
Bányászati és Feldolgozó Kft.**Submission of manuscripts through**

www.foldtanikozlony.hu

**Földtani Közlöny is abstracted and indexed in Crossref.org****Scopus**

GeoRef (Washington),

Pascal Folio (Orleans),

Zentralblatt für Paläontologie  
(Stuttgart),

Referativny Zhurnal (Moscow) and

EPA, MTA REAL (Budapest)

# Földtani Közlöny



152/4

**A Magyarhoni Földtani Társulat folyóirata  
Bulletin of the Hungarian Geological Society****Tartalom — Contents**

PÓSFAI Mihály: In memoriam Dr. NEMECZ Ernő	301
JÁGER Viktor, MOLNÁR Ferenc, KIRÁLY Edit: Nemesfémkutatások a Kelet-Mecsekben: egy új orogén aranyércesedés felfedezése a Mecsek-alja-zónában. – <i>Prospecting for gold in the Eastern Mecsek Mountains, Hungary: discovery of a new orogenic gold mineralization in the Mecsek-alja zone.</i>	307
KOVÁCS Zoltán: HANTKEN Miksa és a tudományos névadás.	331
HÁMOR Tamás, HÁMORNÉ VIDÓ Mária: Hazai miocén ferrodolomitok genetikai vázlata stabilizotóp-összetételük alapján. – <i>The origin of Miocene ferrodolomites in the Pannonian Basin, based on their stable isotopic pattern.</i>	335
KONCZ István: A Magyarországon felfedezett bakteriális gáz és biodegradált kőolaj előfordulásának genetikája. – <i>Bacterial gas fields discovered in Hungary.</i>	345
MAGYAR Imre: In memoriam NÉMETH András	353
<b>Hírek, ismertetések</b> (összeállította: BODOR Emese, CSERNY Tibor)	357

*Első borító: 9 µm-es természetiüst kvarccal, egy palás kvarcitkavicsból Hidasról. Visszaszórt elektronkép (SEM–BSE)**Hátsó borító: A Zalai-medence ősföldrajza és üledékképződési környezetje a késő badeniben (DNy-i irányból). Kék: mély medence márgaképződéssel; lila: víz alatti lejtő áthalmazott üledékekkel és víz alatti hátság kondenzált üledékekkel; türkiz: sekély víz karbonátképződéssel; zöld: szárazföld és szigetek (†NÉMETH András rekonstrukciója 2020)***Budapest, 2022****ISSN 0015-542X**

## Rövidített útmutató a Földtani Közlöny szerzői számára

**Kérjük olvassa el részletes útmutatónkat a [www.foldtanikozlony.hu](http://www.foldtanikozlony.hu) weboldalon.**

A Földtani Közlönybe a földtudományok széles köréből várunk a Kárpát–Pannon térség földtani felépítésével foglalkozó magyar vagy angol nyelvű kéziratokat. Magyar nyelvű cikkek esetében annak címét, kulcsszavait, összefoglalóját, az ábrák és táblázatok címét, feliratait angol nyelven is meg kell adni, angol nyelvű cikkek esetén fordítva. Az angol nyelvű szövegek elkészítése a szerző feladata.

A **kéziratot bírálatra pdf formátumban, egyetlen fájlként kell benyújtani**, a szöveg mögé sorrendben elhelyezett számozott ábraanyaggal. A fájl neve a szerző nevéből és a cikk témáját lefedő néhány szóból álljon (pl. *szujo\_etal\_villanyi kavicsok*). Kéziratok a fenti honlapon keresztül küldhetők be. Bármilyen technikai probléma esetén forduljon a technikai szerkesztőhöz ([piros.olga@mbfisz.gov.hu](mailto:piros.olga@mbfisz.gov.hu)) vagy a főszerkesztőhöz ([szano.orsolya@gmail.com](mailto:szano.orsolya@gmail.com)).

Az **értekezések** eddig publikálatlan adatokat, új eredményeket következtetéseket közölnek, széles tudományterületi képbe helyezve. A rövid közlemények célja az adatközlés, adatmentés, vagy az új eredmény gyors közzététele. A szemle széleskörű, szakmailag közérthető áttekintést nyújt egy tudományterület új eredményeiről, vagy kevésbé ismert, új módszereiről, annak alkalmazásáról. Vitáit a vitatott cikk megjelenésétől számított hat hónapon belül küldhető be. A vitatott cikk szerzője lehetőséget kap arra, hogy válasza a vitázó cikkel együtt jelenjen meg. A gyakorlati rovatba a földtani kutatással – bányászattal kapcsolatos kéziratok kerülnek, melyek eredménye nem elsősorban tudományos értékű, hanem a szakközösség tájékoztatását, szolgálja. **A tömör fogalmazás, az állításokat alátámasztó adatszolgáltatás, a szabatos szaknyelv használata és a nem specialista olvasók érdekében a közérthetőség mindegyik műfajban alapkövetelmény.**

A KÉZIRAT TAGOLÁSA ÉS AZ EGYES FEJEZETEK JELLEMZŐI (kötelező, javasolt)

**a) Cím (magyarul, angolul)** Rövid, informatív és tárgyira törő, utal a fő mondanóra.

**b) Szerző(k), munkahelye, postacímmel (e-mail cím)**

**c) Összefoglalás (magyarul, angolul)** Kizárólag a tanulmány célját, az alkalmazott módszereket, az elért legfontosabb új eredményeket és következtetéseket tartalmazza, így önállóan is megállja a helyét. Hossza legfeljebb 300 szó. Az angol nyelvű összefoglaló lehet bővebb a magyarnál (max. 1000 szó).

**d) Tárgyszavak (magyarul, angolul)** Legfeljebb 8 szó / egyszerű kifejezés e) Bevezetés A munkához kapcsolódó legfontosabb korábbi szakirodalmi eredmények összefoglalása, és ebből következően a tanulmány egyértelműen megfogalmazott célja.

f) *Anyag és módszerek* A vizsgált anyag, esetleg korábról származó adatok, a mérési, kiértékelési eszközök és módszerek ismertetése. Standard eljárások esetén csak a hivatkozott módszertől való eltérést kell megfogalmazni.

**g) Eredmények** Az új adatok és kutatási eredmények ismertetése, dokumentációja ábrákkal és táblázatokkal.

**h) Diskusszió** A kapott eredményeknek a saját korábbi eredményekkel és a szakirodalmi ismeretekkel való összevetése, beágyazása a tágabb tudományos környezetbe.

**i) Következtetések** Az új következtetések tézisszerű, rövid ismertetése az eredmények és a diskusszió ismétlése nélkül.

**j) Köszönetnyilvánítás**

**k) Hivatkozott irodalom** Csak a szövegközi, az ábrákhoz és táblázatokhoz kapcsolódóan megjelenő hivatkozásokat foglalja magába (se többet, se kevesebbet).

l) *Ábrák, táblázatok és fényképtáblák (magyar és angol felirattal)* A szemléltetni kívánt jelenség, vagy összefüggés megértéséhez szükséges mennyiségű.

**m) Ábra-, táblázat- és fényképmagyarázatok (magyarul és angolul)** Az illusztrációk rövid, összefogott, tartalmában érdemi magyarázata.

FORMAI KÖVETELMÉNYEK

Értekezés, szemle maximális összesített **terjedelme** 20 nyomdai oldal (szöveg, ábra, táblázat, fénykép, tábla együttesen). Ezt meghaladó tanulmány csak abban az esetben közölhető, ha a szerző a többletoldal költségének térítésére kötelezettséget vállal. A rövid közlemények összesített terjedelme maximálisan 4 nyomdai oldal.

A **szöveg** doc, docx vagy rtf formátumban készüljön. Az alcímeknél ne alkalmazzanak automatikus számozást vagy abcés jelölést, csak a tipográfiával jelezzék a címrendet. A hivatkozásokban, irodalomjegyzékben a SZERZŐK nevét kis kapitálissal, ősmaradványok faj- és nemzetségeit dőlt betűvel, fajok leírót szintén kis kapitálissal kell írni. A kézirat szövegében az ábrákra és a táblázatokra számozásuk növekvő sorrendjében a megfelelő helyen hivatkozni kell.

A szövegközi **hivatkozások** formája RADÓCZ 1974, vagy GALÁCZ & VÖRÖS 1972, míg három vagy több szerző esetén KUBOVICS et al. 1987. Több hivatkozás felsorolásakor ezek időrendben kövessék egymást. Az irodalomjegyzék tételei az alábbi minta szerint készüljenek, szoros abcében, ezen belül időrendben álljanak. Kérjük a folyóiratok teljes nevének dőlt betűvel történő kiírását. Ezen kívül, ha a hivatkozott műnek van DOI száma, azt meg kell adni teljes URL formátumban. Hivatkozott egyedi kiadványok esetén a mű címét kérjük dőlt betűvel szedni. Magyar szerzők idegen nyelvű publi- kációi esetén a vezetőknév után vesszőt kell tenni.

CSONTOS, L., NAGYMAROSY, A., HORVÁTH, F. & KOVÁC, M. 1992: Tertiary evolution of the intra-Carpathian area: A model. — *Tectonophysics* **208**, 221–241. [http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951\(92\)90346-8](http://dx.doi.org/10.1016/0040-1951(92)90346-8)

JÁMBOR Á. 1998: A Tiszai nagyszerkezeti egység karbon üledékes képződményei rétegtanának ismertetése. — In: BÉRCZI I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt. — MÁFI kiadvány, Budapest, 173–185.

VARGA A. 2009: A dél-dunántúli paleozoos–alsó-triász sziliciklasztos kőzetek közettani és geokémiai vizsgálatának eredményei. — PhD értekezés, ELTE Közzétan–Geokémiai Tanszék, Budapest, 150 p.

WEAVER, C. E. 1989: *Clays, Muds, and Shales*. — *Developments in Sedimentology* 44, Elsevier, Amsterdam, 819 p. [http://dx.doi.org/10.1016/s0070-4571\(08\)7036-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0070-4571(08)7036-0)

Az **ábrákat** a szerzőknek kell elkészíteni, nyomdakész állapotban és minőségben a tükörméretbe (170×240 mm) álló, vagy fekvő helyzetben beilleszthetően. A fotótábla maximális magassága 230 mm lehet. Az ábrákon a vonalvastagság 0,3 pontnál, a betűméret 6 pontnál ne legyen kisebb. Az illusztrációkat X4-nél nem frissebb CorelDraw ábraként, az Excel táblázatokat és diagramokat word vagy cdr formátumban tudjuk elfogadni. Egyéb esetben a fekete és színes vonalas ábrákat 1200 dpi felbontással, tif kiterjesztéssel, a szürkeárnyalatos fényképeket 600, a színes fényképeket 300 dpi felbontással, tif vagy jpg kiterjesztéssel kérjük beküldeni. A színes illusztrációkat a megfelelő nyomdai minőség érdekében CMYK színprofilal kérjük előállítani, ezért az online megjelenő pdf esetében előfordulhat némi színváltozás. A színes ábrák, fotótáblák nyomtatási költségeit a szerzőknek kell fedezniük. Ha a költséget a szerzők nem tudják vállalni, már benyújtáskor szürkeárnyalatos illusztrációkat használnak.

A cikk benyújtásakor, kérjük a szerzőket, hogy **nevezzenek meg legalább négy olyan szakértőt**, akik annak tartalmáról érdemi véleményt adhatnak, és adják meg e-mail címüket. A bírálatot követően a szerzőtől egy vagy két hónapon belül várjuk vissza a javított változatot, ekkor **még mindig egyetlen összesített pdf-ben** (eredeti fájl név átfordított megjelöléssel). E mellé kérünk csatolni egy **tételes jegyzéket**, melyben bemutatják, hogy lektoraiak megjegyzéseit, tanácsait hogyan vették figyelembe, valamint esetleges egyet nem értésüknek milyen szakmailag alátámasztható indokai vannak.

**A közlésre elfogadott kéziratok szövegét, ábráit, táblázatait egyesével kérjük a szerkesztőségi felület megfelelő menüpontját használva feltölteni.** Tördelést követően a szerzők feladata a korrektúrázás. Különlenyomatokat még külön költségért sem tudunk biztosítani.

# In memoriam

**DR. NEMECZ Ernő**



**1920–2021**

Életének 102. évében, 2021. november 25-én elhunyt NEMECZ Ernő, az MTA rendes tagja, geokémikus, mineralógus, krisztallográfus, egyetemi tanár, társulatunk egykori elnöke.

NEMECZ Ernő a felvidéki Losoncon született 1920-ban. Amint még idős korában is gyakran emlegette, a dobsinai nyaralások ásványgyűjtő kirándulásai, majd a losonci gimnázium kiváló tanárai, és különösen a szintetizáló „természetfilozófia” tárgy nagy hatást gyakorolt pályaválasztására és későbbi munkásságára. Az ásványtan iránt korán elköteleződő fiatalember életébe többször is beavatkozott a világpolitika: már beiratkozott a prágai Károly Egyetemre, amikor szülőföldje – ideiglenesen – visszakerült Magyarországhoz. Így 1938-ban Prága helyett a budapesti Pázmány Péter Tudományegyetemen, természetrajz–vegytan tanári szakon kezdte meg egyetemi tanulmányait, melynek során MAURITZ Bélától tanulhatta az ásványtant. 1943-ban már a Műegyetem tanársegéde volt, sőt 1944-ben doktori fokozatát is megszerezte. Ekkor azonban a háború szólt közbe: csak háromévnyi orosz hadifogság után, 1948-ban folytathatta szakmai pályáját. Nagyvonalúan derűs világszem-

léletére jellemzően a fogság éveiről legfeljebb azt találta említésre méltónak, hogy „ott megtanultam, hogy egy kis semmi leves is elegendő az életben maradáshoz”.

Élete újabb fordulatát a szocialista tervgazdálkodásnak köszönhetette: 1949-ben kinevezték docensnek a frissen alapított, eleinte a Műegyetem karaként működő, később önállóvá váló Veszprémi Vegyipari Egyetemre, ahol 1990-es nyugdíjazásáig vezette az Ásványtan Tanszéket. 1953–1954-ben dékánként, majd egy évtizeden keresztül, 1971-től 1980-ig rektorként irányította az egyetemet. A földtudományok kandidátusa, majd doktora cím megszerzését követően 1973-ban a Magyar Tudományos Akadémia levelező, 1979-ben rendes tagjává választották.

Legfontosabb tudományos eredményeit az agyagásványok kémiai tulajdonságainak, kristályszerkezetének, nomenklatúrájának és genezisének kutatása terén érte el. Élete fő művének az *Agyagásványok* című, 1973-ban megjelent monográfiát tekinthetjük. A könyv 1981-ben angolul is megjelent, és világszerte ismertté tette NEMECZ Ernő nevét. A mű az agyagásványok kristályszerkezetének, műszeres azonosításának és genetikájának minden korábbinál

alaposabb összefoglalása. Megírását a modern műszeres technikák – röntgendiffrakció, termikus és spektroszkópos módszerek – alkalmazása, és a szerző óriási gyakorlati tapasztalata tette lehetővé. Utóbbi részben annak volt köszönhető, hogy NEMECZ Ernő szíviügyének tekintette a nemérces nyersanyagok hasznosítását és az ehhez szükséges ásványtani vizsgálatokat: az agyagásványokon kívül többek között a hazai zeolitok átfogó kutatása is a nevéhez fűződik. Aktív közreműködője volt az 1970-es évek közepén meginduló, a magyarországi barnakőszén-bányászat fellendítését célzó „eocén programnak”. Foglalkozott a kohászati folyamatok ásványtani vonatkozásaival is, így például jellemezte a bauxitfeldolgozás során képződő kristályfázisokat és ezek polimorf átalakulásait. Az 1990-es években a talaj- és löszásványok képződésével és átalakulási folyamataival foglalkozott: munkatársaival együtt szemcseméret-eloszlások alapján elemezte az egyes ásványfrakciók eredetét; a kutatás eredményeit egy monográfiában is megjelentette. Jellemző széles látókörére és nyitottságára, hogy emeritus professzorként még az 1990-es években is PhD-kutatásokat vezetett, ezek keretében a Rietveld-módszert adaptálták tanszékén, valamint pillérezett szmektiteket állítottak elő. Később – felismerve a legújabb analitikai módszerek jelentőségét a földtudományban – érdeklődése a nyomelem-geokémiai eredmények felé fordult. A téma irodalmi szintézisének tekinthető a 2012-ben megjelent, *Nyomelemek szerepe a geológiában* című könyve, melynek a nyomelemek üledékes kőzetekben betöltött szerepével foglalkozó folytatásán életének utolsó pillanatáig dolgozott; befejezésére azonban már nem kerülhetett sor.

Kutatási tapasztalatait az oktatásban is közvetlenül kamatoztatta: vegyészmérnökök generációi hallgatták lendületes, precíz, a legújabb tudományos eredményeket is felvillantó kristálytani és nyersanyagotani előadásait. Szerteágazó érdeklődésének, széles tudományos horizontjának tükrökre volt a veszprémi tanszék könyvtára, mely a betévedő látogatót meglepetéssel gazdagságával: a röntgenkristallográfiától az elektronmikroszkópián át a teleptanig a kor szinte minden fontos műve megtalálható volt benne. A monográfiák és tudományos közlemények mellett fontos megemlíteni NEMECZ Ernő egyetemi jegyzeteit, amelyek kiadása végigkísérte több évtizedes oktatói munkásságát. 1952 és 1986 között valamennyi oktatott tárgyhoz – ásványtan, kristálytan, nyersanyagtan – a kor legújabb eredményeit tükröző, ábrákkal gazdagon illusztrált jegyzeteket írt. Társ szerzője a geológushallgatók generációi által használt *Ásványtani praktikum I–II.* (1970–71) tankönyvnek.

Nemcsak kutatóként és oktatóként, hanem intézményvezetőként is a Veszprémi Vegyipari Egyetem és mai jogutóda, a Pannon Egyetem egyik legismertebb, az egyetem alapításában és későbbi formálódásában kulcsszerepet játszó professzora volt. Az egykarú egyetem dékánjaként, majd egy későbbi ciklusban rektorként összesen 11 évig mint az egyetem elsőszámú vezetője mindig a hallgatók és munkatársak érdekeit szem előtt tartva dolgozott. Különösen nehéz helyzetekben is helyt kellett állnia, mint például

1956-ban, amikor az egyetemisták és oktatók a forradalom veszprémi eseményeiben kezdeményező szerepet játszottak. POLINSZKY Károly dékán távollétében dékánhelyettesként képviselte az egyetemet az Egyetemi Tanács és a megalakuló új diákszervezetek tárgyalásain, támogatva a hallgatók követeléseit, ugyanakkor óva őket a provokációtól. A későbbi „békeidőkre” visszaemlékező kortársak és a fennmaradt dokumentumok – köztük például a Veszprémi Egyetemi Napokról készült filmfelvétel – tanúsága szerint NEMECZ Ernő megkérdőjelezhetetlen professzori tekintélye mellett is közvetlen, kollegiális viszonyt ápolt a hallgatókkal. Vezetőként szerzett érdemeit soha nem emlegette, elsősorban tudósnak és tanárnak tartotta magát. A fontos egyetemi és közéleti funkcióival járó bürokratikus kötelességeit lezser eleganciával teljesítette, hogy idejét és energiáját elsősorban a tudománynak szentelhesse. Jellemző, hogy 2017-ben, a Veszprémi Akadémiai Bizottság székházában szervezett eseményen a 97 éves tudós – az előzetesen tervezett, életpályáját bemutató beszélgetés helyett – egyórás előadást tartott, melyben főleg aktuális kozmológiai tudományos kérdésekről beszélt.

NEMECZ Ernőt nemcsak tudományos és oktatói munkássága, hanem tudományszervező tevékenysége révén is ismerték és elismerték a földtudomány hazai művelői. A Magyarhoni Földtani Társulatnak néhány hónap híján 80 évig volt tagja, és a társulat életében évtizedekig meghatározó szerepet játszott. Már 1949-ben a választmány tagjává választották. Nevéhez fűződik az Agyagásványtani Szakcsoport (majd Szakosztály) megalapítása 1960-ban; a szakosztály az ő elnöksége alatt kimagaslóan sikeres programokat szervezett. Emellett az 1961-ben megalakuló Közép-Dunántúli Csoport is őt választotta elnökének, majd 1966-tól 1972-ig az egész társulat elnöki tisztét töltötte be. Dinamikus személyisége, széles tudományos látóköre és terepi tapasztalati kiválóan alkalmassá tették a társulat modernizálására. Irányítása alatt több új szakcsoport és ifjúsági bizottság alakult, megindult a szakmai továbbképző tanfolyamok szervezése (vidéki helyszíneken is), valamint tartalmilag és formailag is megújult a *Földtani Közöny*. Elnöki mandátuma lejártával újabb hat évre elvállalta az Agyagásványtani Szakosztály vezetését. Valamennyi résztvevő számára emlékezetes lehet a 95. születésnapja tiszteletére szervezett szakosztályülésen tartott előadása a mállási indexek összehasonlításáról.

NEMECZ Ernő a Magyar Tudományos Akadémia szervezetében is maradandót alkotott. 1985-től 1990-ig elnökölt az MTA X. Osztályát, és 1976-tól tizennégy évig az Akadémia elnökségének is tagja volt. Neki köszönhető, hogy 1972-ben az MTA egyik területi bizottsága Veszprémben alakulhatott meg. Közvetlen, de mégis tekintélyt sugárzó, autonóm személyisége révén még a pártállam helyi vezetőit is meg tudta győzni a tudomány fontosságáról, így a mai VEAB-székházat megkapta az Akadémia. A veszprémi Vár egyik elsőként, 1972-ben felújított műemléképületének belső kialakítása, berendezése máig tükrözi NEMECZ Ernő elgondolásait és ízlését. A veszprémi akadémiai bizottság idén ünnepli fennállásának 50. évfordulóját, a székház fél

évszázad alatt számtalan emlékezetes tudományos rendezvénynek adott otthont. Alapítója élete végéig csendes büszkeséggel szemlélhette, hogy a VEAB szervezete biztosítja az MTA és a tudomány folyamatos jelenlétét és megbecsültségét Veszprém és a régió közéletében.

Tudományos eredményei elismeréseként NEMECZ Ernő 1969-ben Akadémiai Díjat, 1972-ben MTESZ-díjat kapott. 1983-ban többekkel megosztva Állami Díjban részesült. Díszdoktorává avatta a Veszprémi Egyetem és a Szentpétervári Állami Műszaki Egyetem. Megkapta a pozsonyi Comenius Egyetem emlékérmét, a Fjodorov-emlékérmét, valamint a prágai Cseh Műszaki Egyetem Emil Votoček-emlékérmét. Tiszteletbeli tagjává választotta a Francia Földrajzi Társaság. 2008-ban a Magyar Tudományos Akadémia legnagyobb elismerését, az egész életművét díjazó Akadémiai Aranyérmét vehette át. Mindezeket túl hét évtizedes kimagasló munkásságát 2020-ban, életének 100. évében a Magyar Érdemrend Középkeresztje a csillaggal kitüntetéssel ismerték el.

De NEMECZ Ernőre nem a díjai, hanem a szellemi öröksége miatt fogunk emlékezni. Hálásak lehetünk, hogy ilyen sokáig itt volt köztünk: makulátlan öltönyével és makulátlan viselkedésével, tengernyi tapasztalatával egy elmúlt világ különleges képviselőjét tisztelhattuk benne. Ugyanakkor azonban kivételesen modern ember is volt, akit bármelyik fiatalabb generáció is magáénak érezhetett. Még 100. évéhez közeledve is lelkesen töltött le és használt új programokat telefonján, a tudomány új eredményeiről az interneten tájékozódott. Természet- és tudányszeretete, diszciplináris korlátokat nem tűrő érdeklődése, az újdonságok iránti fogékonysága, akárcsak optimista, mindig derűs és barátságos természete, magánéletének környezetére is kisugárzó, szeretetteljes harmóniája példakép lehet mindannyiunk számára. Emlékét szeretettel és tisztelettel őrizzük.

PÓSFAL Mihály

### Dr. NEMECZ Ernő publikációinak jegyzéke

#### 1944

NEMECZ E. 1944: *A Karancs-hegységi andezit kőzettani vizsgálata*. – Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, 31 p.

#### 1948

NEMECZ E. 1948: A geokémia: a XX. század új tudományága. – *Földtani Értesítő* **13/1–4**, 43–48.

#### 1952

NEMECZ E. 1952: *A szervetlen vegyipar ásványi nyersanyagainak teleptana*. – Veszprémi Vegyipari Egyetem (jegyzet) 88 p.

#### 1953

NEMECZ E. 1953: A bauxit vasásványai. – *Földtani Közlöny* **83/4**, 333–343.

NEMECZ E. 1953: Az agyagásványok kristályszerkezete és röntgenvizsgálata. – *Földtani Közlöny* **83/2**, 182–196.

KOBLENCZ V. & NEMECZ E. 1953: Huntit előfordulása Dorogon. – *Földtani Közlöny* **83/4**, 391–395.

NEMECZ E. 1953: Halloysit Gyöngyösorosziból. – *Földtani Közlöny* **83/4**, 398–400.

#### 1956

NEMECZ E. 1956: A perkupai szerpentin ásványtani és geokémiai vizsgálata. – *Földtani Közlöny* **86/4**, 424–434.

NEMECZ E. 1956: A kerámiai anyagok kristálykémiaja. – In: GROFCSIK J. (szerk.): *A kerámia elméleti alapjai*. Akadémiai Könyvkiadó, 735 p.

#### 1963

NEMECZ E. 1963: A Magyarhoni Földtani Társulat agyagásványtani szakcsoportja első szakülésének elnöki megnyitója. – *Földtani Közlöny* **93/klnsz.**, 3–6.

NEMECZ Ernő & VARJÚ Gy. 1963: Na-bentonit klinoptilolit és kálföldpát képződése a Szerencsi-öböl riolituffájából. – *Földtani Közlöny* **93/klnsz.**, 77–91.

NEMECZ, E., VARJÚ, Gy. & BARKA, J. 1963: Allevardite from Királyhegy, Tokaj Mountain Hungary. – *Proceedings of International Clay Conference* **2**, 51–67.

#### 1964

NEMECZ E. 1964: *Ásványtan*. – Veszprémi Vegyipari Egyetem (jegyzet), 389 p.

**1966**

NEMECZ E., ELEK S. & VASSÁNYI I. 1966: *Ásványtani gyakorlatok*. – Veszprémi Vegyipari Egyetem (jegyzet) 176 p.

**1967**

NEMECZ E. 1967: A magyar földtan helyzete (Elnöki megnyitó). – *Földtani Közlöny* **97/3**, 249–256. p.

**1968**

NEMECZ E. & VARJÚ Gy. 1968: Expandáló (2:1) agyagásványok változatai és azok genetikája a Tokaji-hegység DNy-i részén. – *Földtani Közlöny* **98/2**, 187–204.

NEMECZ E. 1968: Elnöki megnyitó. – *Mérnökgeológiai Szemle* **1**, 3–5.

NEMECZ E. 1968: Az 1968. évi rendes Közgyűlés elnöki megnyitója. – *Földtani Közlöny* **98/3–4**, 331–334.

NEMECZ E., SOLYMÁR K. & ELEK S. 1968: A Bayer-rendszerű timföldgyártás során keletkező nátrium- és kalcium-alumínium-szilikátokról. – *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat* **101/3**, 89–97.

NEMECZ E. & LÓCSEI B. 1968: Olvasztott szilikátok és tulajdonságaik. – *Kémiai Közlemények* **74/6**, 287. p.

**1969**

NEMECZ E. 1969: A Magyarhoni Földtani Társulat szerepe a földtani kutatásban (Elnöki megnyitó). – *Földtani Közlöny* **99/4**, 297–301.

**1970**

SZTRÓKAY K. I., GRASSELY Gy., NEMECZ E. & KISS J. 1970: *Ásványtani praktikum II.* (Mineralogical Practice. Volume II.) – Tankönyvkiadó, Budapest, 497 p., 262 figs.

NEMECZ E. 1970: Újabb száz év elé. – *Földtani Közlöny* **100/1**, 1–2.

NEMECZ E. & VARJÚ Gy. 1970: Sárospatakit (Hidrotermális illit-montmorillonit) kémiai és szerkezeti sajátosságai. – *Földtani Közlöny* **100/1**, 11–22.

NEMECZ E. 1970: Elnöki megnyitó. – *Földtani Közlöny* **100/3**, 233–234.

NEMECZ E. 1970: Az UNESCO Nemzetközi Geológiai Korrelációs Programja (IGCP). – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **3/4**, 418–426.

**1971**

NEMECZ E. 1971: Elnöki megnyitó. – *Földtani Közlöny* **101/4**, 337–341.

NEMECZ E. 1971: Agyagásványok fáciesjelző szerepe az üledékes kőzetekben. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **4/2–4**, 289–296.

SZTRÓKAY K. I., GRASSELY Gy., NEMECZ E. & KISS J. 1971: *Ásványtani praktikum I.* (Mineralogical Practice. Volume I.) – Tankönyvkiadó, Budapest, 402 p.

**1972**

NEMECZ E. 1972: Elnöki megnyitó. – *Földtani Közlöny* **102/3–4**, 217–222.

NEMECZ E. 1972: Összefüggések az ember természeti tevékenysége és az agyagásványok felszíni eloszlása között. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **5/3–4**, 277–282.

**1973**

NEMECZ E. 1973: *Agyagásványok*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 507 p.

NEMECZ E. 1973: Dr. Náray-Szabó István emlékezete (1899–1972). – *Földtani Közlöny* **103/2**, 101–102.

NEMECZ E. 1973: 125 éves a Magyarhoni Földtani Társulat. – *Magyar Tudomány* **18/9**, 579–583. **1987**

**1974**

NEMECZ E., ELEK S. & VARJÚ Gy. 1974: Hazai természetes nyersanyagokra alapozható zeolit előállítás. – *Földtani Kutatás* **17/1–2**, 64–69.

NEMECZ E. 1974: Természetes szilárd fázisok. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **7/3–4**, 235–254.

NEMECZ E. 1974: A nyersanyagkérdés mindenekelőtt szellemi energia befektetésétől függ. – *Magyar Tudomány* **19/3**, 156–158.

**1975**

FÜLÖP J., NEMECZ E. & ZÁMBÓ J. 1975: A föld- és bányászati tudományok szerepe ásványkincseink feltárásában. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **8/12**, 145–150.

NEMECZ E. & MESKÓ G. 1975: A Veszprémi Vegyipari Egyetem 25 éve. – *Magyar Kémikusok Lapja* **30/3**, 129–137.

**1976**

NEMECZ E. 1976: A hazai szilikátipar nyersanyagbázis adta fejlesztési lehetőségei. – *Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat* **109/4**, 256–258.

**1978**

- NEMECZ E., VARIJÚ Gy. & ELEK S. 1978: Rossz minőségű bauxitok javításának lehetősége mechanikai szétválasztás útján. – *Földtani Kutatás* **21/1–2**, 27–44.
- NEMECZ E. 1978: Modell a kutatás és a műszaki fejlesztés összekapcsolására. – *Magyar Tudomány* **23/9**, 641–644.

**1979**

- NEMECZ E. 1979: Zárszó az ötödik szekció előadásaihoz. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **12/1–3**, 311–314.

**1980**

- NEMECZ E. 1980: A műszerek teljesítménye és a földtani tudomány haladása. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **13/2–4**, 217–236.
- NEMECZ, E. 1980: Kaolinite occurrences in Hungary. – *Acta Mineralogica-Petrographica, XXIV/Supplementum, Proceedings of the 10<sup>th</sup> Kaolin Symposium in Budapest 3 September, 1979, IGCP Project 23*. 9–18.

**1981**

- NEMECZ E. 1981: Technológia-oktatás a Veszprémi Vegyipari Egyetemen. – *Magyar Kémikusok Lapja* **36/3**, 121–125.
- NEMECZ, E. 1981: *Clay Minerals*. – Akadémiai Kiadó, 1981, 547 p.

**1982**

- NEMECZ E. 1982: A földkéreg, mint természeti erőforrás. – *A Magyar Tudományos Akadémia Föld- és Bányászati Tudományok Osztályának Közleményei* **15/1–2**, 169–176.

**1983**

- NEMECZ E. 1983: A másodlagos nyersanyag-felhasználás helyzete és lehetőségei. – *Magyar Tudomány* **28/5**, 353–362.

**1986**

- NEMECZ E. 1986: *Kristálytan (ábragyűjtemény)*. – Veszprémi Vegyipari Egyetem (jegyzet).

**1988**

- NEMECZ E. 1988: *Nyersanyagtan: Ábrafűzet*. – Veszprémi Vegyipari Egyetem (jegyzet) 156 p.

**1991**

- NEMECZ E. 1991: A talajban végbemenő ásvány-átalakulási folyamatok. – *Agrokémia és Talajtan* **40/1–2**, 8–16.

**1995**

- NEMECZ, E. & CSIKÓS-HARTYÁNI, Zs. 1995: Processes in soils and paleosoils. – *GeoJournal* **36/2–3**, 139–142.

**1998**

- NEMECZ E. 1998: Az ismeretlen agyagásványok. – *Természet Világa* **129/klnsz. 2**, 53–56.

**2000**

- NEMECZ, E., PÉCSI, M., HARTYÁNI, Zs. & HORVÁTH, T. 2000: The origin of silt size quartz grains and minerals in loess. – *Quaternary International* **68–71**, 199–208.
- PÉCSI, M., NEMECZ, E. & HARTYÁNI, Zs. 2000: Formation of minerals in loess and soils. – *Acta Geologica Hungarica* **43**, 379–404.

**2002**

- PÉCSI M., NEMECZ E. & HARTYÁNI Zs. 2002: Az ásványok képződése és átalakulása a talajban és a löszben. – *Növénytermelés* **51/5**, 559–580.
- PÉCSI M., NEMECZ E., HARTYÁNI Zs., HORVÁTH T. & SZILÁGYI V. 2002: Negyedidőszaki éghajlatváltozások, talajok-löszök képződése a Kárpát-medence térségében. – *Földtani Közlemény* **132/klnsz.**, 23–41.

**2004**

- SZABÓ, A., HARTYÁNI, Zs. & NEMECZ, E. 2004: Investigation of Hungarian montmorillonites and preparation of alumina-pillared montmorillonites. – *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series*, 2004, **4**, p. 102.
- GONDI F., HARTYÁNI Zs., NEMECZ E., SIPOS P. & SZENDREI G. 2004: A hazai környezet-geokémiai kutatások néhány eredménye. – *Kémiai Közlemények* **109–110/4**, 204–210.



**2006**

NEMECZ E. 2006: *Ásványok átalakulási folyamatai talajokban*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 324 p.

**2007**

NEMECZ E. 2007: A Föld eredete. – *Fizikai Szemle* **57/1**, 6–13.

**2008**

NEMECZ E. 2008: Ásványok felszíni átalakulásának időigénye. – *Magyar Tudomány* **169/11**, 1333–1340.

NEMECZ E. 2008: Nyomelemek (1. rész): Elemek keletkezése. – *Kémiai Közlemények* **114/1**, 27–33.

NEMECZ E. 2008: Nyomelemek (2. rész): Nyomelemek jelentősége és felhasználása. – *Kémiai Közlemények* **114/1**, 34–36.

**2009**

NEMECZ E. 2009: Az első másfél milliárd év: Az elemek, a Naprendszer és a Föld. – *História* **31/3**, 3–7.

**2012**

NEMECZ E. 2012: *Nyomelemek szerepe a geológiában*. – Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 234 p.

## Nemesfémkutatások a Kelet-Mecsekben: egy új orogén aranyércesedés felfedezése a Mecsekalja-zónában

JÁGER Viktor<sup>1\*</sup>, MOLNÁR Ferenc<sup>2</sup>, KIRÁLY Edit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SZTFH Földtani Igazgatóság, Földtani és Laboratóriumi Osztály, 1143 Budapest, Stefánia u. 14.

\*ORCID: 0000-0003-1283-51982

<sup>2</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Ásványtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

---

### *Prospecting for gold in the Eastern Mecsek Mountains, Hungary: discovery of a new orogenic gold mineralization in the Mecsekalja zone*

#### Abstract

After the expulsion of the Ottomans, at the turn of the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries, re-population of the Mecsek area has been taken place by German settlers, who, while re-establishment of industry and exploiting raw materials for glass production, also noticed ore occurrences. Historic records from that era confirm that precious metals have long been prospected in the Mecsek, but to date no comprehensive and fact-finding work has been produced to answer the question of whether significant precious metal deposits can be found in the Mecsek region. If so, the area is worth for further exploration based on modern concepts aiming the determination of ore type and its genetic model, as well as the quality and quantity of ore, and evaluation of the economic potential of mining. Recently, parallel with the critical evaluation of the available historic reports and descriptions, fieldwork for identification of ore showings has been initiated, leading to the discovery of a previously unknown gold ore occurrence. The native gold bearing Au-Ag-Bi-Te ore showing is hosted by the pyritized zones of the mylonitic Studervölgy Gneiss Formation of Paleozoic age in the Mecsekalja zone, near the village of Ófalu. The gold particles in the Miocene gravels (Szászvár Formation) originated by the erosion of those rocks contain very similar sulphide and telluride mineral grains. The paragenesis of placer gold inclusions from the fluvial coarse-grained assemblage also shows a high degree of similarity with the sulphide paragenesis of the mylonitic, clastic material and with the sulphide paragenesis of the exposed gneissic rocks near the village of Ófalu. Based on the results of this research, it is therefore possible to assume the presence of a hitherto unknown orogenic gold ore occurrence in the Mecsekalja zone, characterised by Au-Ag-Bi-Te element associations, part of which was degraded and reworked into Miocene fluvial clastic sediments.

*Keywords: orogenic gold, native-gold, paleo-placer, Mecsekalja zone, mylonite*

---

#### Összefoglalás

A török kiűzését követően, a 17–18. század fordulóján a Mecsek környéki településeken is megjelentek az ipari tevékenységekben jártas németajkú telepesek, akik a Mecsek erdeiben az első üveghuták létesítési munkálatai közben felgyeltek a környék ércindikációira is. Levéltári dokumentumok igazolják ezeket a nemesfémkutatásokat, azonban mind-ezidáig tényfeltáró és a történelmi kutatásokat összefoglaló munka nem született annak a kérdésnek az eldöntésében, hogy valóban található-e a Mecsekben nemesfém-indikáció, illetve nemesfémérc. Amennyiben igen, a további modern szemléletű kutatások az érc típus meghatározására és genetikai modelljének pontosítására fókuszálhatók, illetve együtt a minőségi-mennyiségi paraméterek megadásával az ércesedés gazdasági jelentősége is körvonalazható. A fellelhető írott források kutatásával párhuzamosan tehát megindult a lehetséges ércindikációk felderítése a területen, mely eddig ismeretlen, a forrásokban sem említett nemesfém-ércesedés felfedezéséhez vezetett. Az elvégzett terepi és laboratóriumi vizsgálatok megerősítették, hogy az Ófalu térségében, a Mecsekalja-zónában feltáródó ópaleozoós, milonitosodott metamorf kőzetek (Studervölgyi Gneisz Formáció) olyan Au-Ag-Bi-Te szulfidos-telluridos ércesedést tartalmaznak, mely e kőzetek lepusztulásából származó miocén kavicsanyagban (Szászvári Formáció) is megtalálható. Az érces kavicsokon kívül a durvatörmelék, folyóvízi eredetű Szászvári Formáció önálló aranyzemeseket is tartalmaz, mely szemcsék valószínűleg torlatos eredetűek. A torlatos arany zárványainak paragenézise szintén egyezést mutat az érces kavicsanyag és az Ófalu mellett kibukkanó metamorf kőzetek érces paragenézisével. A kutatási eredmények alapján tehát a Mecsekalja-zónában egy eddig teljesen ismeretlen, Au-Ag-Bi-Te elemegyüttessel jellemzett orogén aranyércesedés előfordulását azonosítottuk, melynek egy része lepusztult és áthalmazódott a Kelet-Mecsek kora miocén folyóvízi üledékgyűjtőibe.

*Kulcsszavak: orogén aranyércesedés, termésarany, paleo-torlat, Mecsekalja-zóna, milonit*

## Bevezetés: történelmi előzmények és a jelen kutatások célkitűzései

Az egykori aranykutatásokról szóló legendák a Kelet-Mecsekben régóta közszájon forognak (ALLIQUANDER 1931, REUTER 1960, BABICS 1960, KÁRÁDY & OPPE 1979, N. LÁSZLÓ 1996). Az arany tényleges előfordulását tekintve az első dokumentált bizonyíték azonban csak 1997-ben került elő, amikor PAPP Csaba ásványgyűjtő a Kelet-Mecsek északi területén, a múlt századi aranykutatási helyszínektől pár km-re, recens patakhordalékban 1 mm körüli aranszemcséket talált. Később GATTER & TÖRÖK (2004) is kimutattak 8–10 mikrométeres terméсарanszemcséket Feked mellől, gránit-törmelékben lévő kvarc–kalcit–antimoniterekből, a két dokumentált előfordulás kapcsolatára azonban semmilyen bizonyíték nincs. Kutatásunk fő célja tehát a torlatos aranszemcsék forrásközetének és forrásterületének azonosítása és lehatárolása volt. Mindehhez a torlatos arany és előfordulási területének terepi vizsgálata mellett a korábbi kutatásokat igazoló dokumentumok összegyűjtése és több esetben eddig ismeretlen, a történelmi kutatási helyszínek és ercföldtani szempontból perspektivikus képződmények felkutatása, mintázása és anyagvizsgálata volt szükséges.

Az időben pár száz évvel visszalépve az első hiteles dokumentumok, melyek nemesfémeket említettek a Mecsekből, HUNYADI Mátyás idejéből valók. A 15. században Janus PANNONIUS pécsi püspök és a GARAI család szereztek bányajogositványt Mátyás királytól többek között nemesfémekre (REUTER 1960, BABICS 1960). A tényleges előfordulásról és a bányászatról azonban nincs szó az oklevelekben. Az első konkrét helyszínt KITAIBEL Pál említi, aki 1799-es baranyai útja során feljegyzti, hogy Pécsvárad mellett 70 (!) bányász foglalkoztatásával ezüstércet kutattak (HORVÁTH & GOMBÓCZ 1939). 1896–1921 között Magyaregregy és Kárász környékén GROSZ Károly és társai kutattak bazalt és mészkő érintkezése mentén aranyat, és hajtottak ki több kutatótárót (N. LÁSZLÓ 1996). E munkálatok nyoma érdekes színfoltként a helyi néprajzi anyagban is megtalálható (KÁRÁDY & OPPE 1979). Az alsó kréta bazalttelérben, annak csapásirányával párhuzamosan a 19–20. század fordulóján GROSZ és társai által nyitott aranykutató táró a Barnakő nevű szikla oldalában található (N. LÁSZLÓ 1996). A táró (287 m tszf., Y592341; X096777) járatainak mai járható hossza 40 m, melyben a fő vágaton kívül 3 kisebb leágazás található. A barnakői tárót a Magyar Geológiai Szolgálat Dél-dunántúli Területi Hivatala, KASSAI Miklós hivatalvezetősége alatt kitisztította a '80-as években (†KASSAI Miklós szóbeli közlése, 1997) kb. 50 m-es hosszban, 3 elágazásban. A Kárászon 1896-ban nyitott GROSZ-féle táró (N. LÁSZLÓ 1996) hányója ma is megtalálható a templomtól K-re pár száz m-re a Völgységi patak szomszédságában, maga a táró azonban mára teljesen beomlott.

VADÁSZ Elemér a Mecsek hegységről írott művében (VADÁSZ 1935) a magyaregregyi és kárászi határban történt bányászati kezdeményezésekről mint piritesedés mentén történt eredménytelen aranykutatásokról tesz említést. Megemlíti továbbá, hogy hasonló kutatások voltak Püspökná-

dasdon (ma Mecseknádasd) a középső liász kovásodott rétegeiben is. VADÁSZ munkájának megjelenési évében VITÁLIS István egyik jelentésében leírta, hogy TIMKÓ Gyula (aki korábban a selmecbányai és körmöcbányai magyar királyi arany-, ezüst-, ólom- és rézércbányáknál kezdte bányamérnöki szolgálatait) Komló térségében, két vízkutató fúrásban harántolt konglomerátumban 0,4–5,75 ppm aranykoncentrációról számolt be, melynek kitermelési jogát a kincstár a maga részére zártkutatmányokkal biztosította is (VITÁLIS 1935a). TIMKÓ akkoriban a M. Kir. Kőszénbánya Hivatal főfelügyelője és hivatalfőnöke volt (JÁGER 2017), és elméleti megfontolásból, a dél-afrikai Witwatersrand analógiája alapján a Nyugat-Mecsek permi konglomerátumának magasabb aranytartalmában bízva inkább ez utóbbi kutatását javasolta, de a későbbi jelentésből tudjuk (VITÁLIS 1935b), hogy a Cserkút melletti két völgyből vett mintegy 185 kg anyagból sem aranyat, sem ezüstöt nem mutattak ki. VITÁLIS (1935a) beszámolója alapján figyelemre méltó, hogy a hazánk területén az 1995–1998 között folytatott Carlin-típusú aranyérc-potenciál felmérés során a Komlóval szomszédos Mánfa területéről a patakhordalékok mintázásakor (triász karbonátos és miocén sziliciklasztos vízgyűjtő terület) 1,27 ppm aranyat mutattak ki (KORPÁS et al. 1999). JÓZSA Sándor (2013) szóbeli közlése alapján a terület recens patakhordalékának nehézasvány-frakciójából előkerült aranszemcse is.

Kutatásaink kezdetén tehát csak néhány történelmi utalás állt rendelkezésünkre a szinte teljesen ismeretlen nemesfémkutatásokkal és bányászati próbálkozásokkal kapcsolatban a Kelet-Mecsekben. A torlatos arany ásványtani-geokémiai vizsgálata, a lehetséges primer ércközetnek és forrásterületének azonosítása és értékelése, a másodlagos dúsulások, vagyis a paleo-torlatok kutatása, valamint az új eredmények földtani-teleptani modellbe illesztése az első aranszemcse megtalálása óta megoldatlan hazai földtani probléma. A terület nemesfémekre irányuló bányászattörténelmi vonatkozásainak összegyűjtésével és az ércteleptani vizsgálatok megkezdésével párhuzamosan az első eredmények közreadásával, ezekre a máig tisztázatlan és a nemesfémekkel (Au, Ag) együtt előforduló más ritka elemek (Bi, Te) dúsulásait is érintő kérdésekre keressük a válaszokat.

## Mintagyűjtés, vizsgálati módszerek

A Szászvári Formációból a recens-szubrecens patakhordalékba áthalmozott, érctartalmú kavics- és görgeteganyagból 18 db, a Mecsekalja-zónában kibukkanó Studervölgyi Gneiszből 12 db, a felületén polírozott vékonycsiszolat készült.

Az aranszemcsék hordalékból való szeparálása a Kelet-Mecsek É-i területén lévő patakok recens torlataiból történt. A kavicsfrakció szitálása után a finomabb frakcióban jelen lévő arany szétválasztása egy erre a célra kialakított, sodrás irányába lejtősen fektetett, alumínium padra helyezett, bordázott gumiszőnyeg segítségével történt. Az aranszemcsék és zárványainak elemösszetétele, valamint az ércesedett közetek és közettörmelékek elemzése, elemterképezése polí-

rozott felületen, Jeol (SDD) (Silicon Drift) EDS detektorral felszerelt, Jeol JSM-IT500HR téremissziós elektronmikroszkóp segítségével történt 15–20 kV gyorsító feszültség mellett a Szentágothai János Kutatóközpontban, Pécsen. Az alkalmazott berendezés kis vákuumú technológiával is működik, ezért a csiszolatok felületét nem volt szükséges szénfelgőzölni, ami a felszíni kontamináció lehetőségét kizárta. Az adott konfiguráció mellett sztenderd mentes mérések készültek, azonban a tömegszázalékos adatok alapján számított sztöchiometriai összetétel többnyire ásványfázisoknak megfeleltethető, így a koncentráció értékek félkvantitatív eredményeknek elfogadhatók. Összesen 22 db, 0,5–1,5 mm méretű torlatos aranyszemcse elemzésére került sor, az ezüst mennyiségének mérési eredményei 32 darab mérési pontból származnak.

20 db torlatos aranyszemcse nyomelem-összetételének vizsgálata történt meg LA-ICP-MS-sel (PerkinElmer ELAN DRCII ICP-MS és NewWaveUP 213 lézeralblációs feltét segítségével), (szemcsénként 5 mérést végeztünk), az SZTFH Földtani és Laboratóriumi Osztályán. Az ICP-MS oldatos optimalizálását követően az NA-Au31 (Auribus) szilárd aranyszenderd mérni kívánt elemeire is optimalizáltunk. Tiszta bariton a Ba<sup>++</sup>/Ba arányát is ellenőriztük, ami 1,73 és 1,96% között változott. A gázáramarány 0,9/1,05 l/min He/Ar-arány volt, a rádiófrekvenciás generátor (atomemissziós spektrométerrel) teljesítménye 1525 kW. A mérési paraméterek: mérési idő 10 ms, lézerefrekvencia 5 Hz, lézergusár-átmérő 100 µm, energiasűrűség

~7–7,6 J/cm<sup>2</sup>. Mért izotópok: S34, Ti49, Cr53, Fe57, Co59, Ni60, Cu65, Zn66, As75, Se77, Pd105, Ag107, Cd111, Cd113, Sn118, Sb121, Te125, Te128, Ba138, Pt195, Au197, Pb208, Bi209, valamint PbO224 és BiO225 a megfelelő oxidarány ellenőrzéséhez, ami néhány ezres ólom, illetve bizmutjelnél már 1% alatt maradt. Külső sztenderdként az NA-Au31-et használtuk, belső sztenderdként a 100%-ot (99–101%) legjobban visszaadó Au-százalékot választottuk.

A nyomelemzések a kanadai ALS Laboratóriumban (Vancouver), Agilent Technologies 725 induktív csatolású plazma atomemissziós spektroszkópiás készülékkel, (ICP-OES) valamint a MÁFI geokémiai laboratóriumának Jobin Yvon ULTIMA 2C-típusú induktív csatolású plazma atomemissziós spektroszkópiás készüléke segítségével mono- és polikromátor használatával készültek (ICP-OES). Az arany elemzése PerkinElmer ELAN® 9000 induktív csatolású plazma tömegspektrometriás készülékkel (ICP-MS) oldatosan, királyvizes feltárással történt az ALS (Vancouver) laboratóriumában.

A kénizotóp-vizsgálatok a SUERC (Scottish Universities Environmental Research Centre) laboratóriumában készültek, Glasgow-ban. A SO<sub>2</sub> analízise VG SIRA II tömegspektrométerrel történt. A kapott <sup>34</sup>S‰ eredmények a V-CDT standardizálásnak megfelelőek. Az analitikai pontosság ±0,2‰.

A mintavételi pontokat és vizsgálati módszereket az I. táblázat foglalja össze.

I. táblázat. A mintavételi helyszínek anyagán végzett különböző vizsgálati módszerek

Table I. Measurements performed on the sampling materials

	<i>Polarizációs mikroszkópia áteső és ráeső fényben</i>	<i>SEM-EDS</i>	<i>LA-ICP-MS</i>	<i>ICP-MS</i>	<i>ICP-OES</i>	<i>Kénizotóp- vizsgálat</i>
<b>Piritaggregátum tefrifonolitban és fekete palában</b> <i>Óbánya (1.)</i>	X	X		X	X	X
<b>Pirités kalcitér alkálibazaltban</b> <i>Magyaregregy (2.)</i>	X	X		X	X	X
<b>Pirit alkálibazaltban</b> <i>Kárász (3.)</i>	X	X			X	
<b>Termésaranyszemcse</b> <i>Máza, Váralja (4–5.)</i>	X	X	X			
<b>Ércesedett, foliált kvarcittörmelék</b> <i>Máza (4.)</i>	X	X				
<b>Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelék</b> <i>Máza (4.)</i>	X	X				
<b>Pirités gneisztörmelék</b> <i>Váralja (5.)</i>	X	X				
<b>Ércesedett, foliált kvarcittörmelék</b> <i>Hidas (6.)</i>	X	X				
<b>Ércesedett gneisz</b> <i>Ófalu (7.)</i>	X	X				

## Vizsgált terület

A vizsgált területeket és földtani képződményeket a bányászattörténeti, levéltári és adattári dokumentumok alapján felkutatott kelet-mecseki egykori nyersanyagkutatást vagy bányászati próbálkozást igazoló helyszínek, és ezeken belül a terméssaranyat tartalmazó völgyszakaszok (Kelet-Mecsek É-i részének völgyei, Vékény és Váralja közé eső terület), a nemesfémek lehetséges előfordulását tekintve potenciális formációk határozták meg (1. ábra). A patakok mentén felfelé haladva a hordalékból szeparált arany szemcsék megjelenésével, majd eltűnésével a miocén sziliklasztos kőzetekre mint esetlegesen aranyat szolgáltató formációkra szűkült a kutatási terület, így mindazon völgyek átvizsgálására sor került, melyben miocén törmeléken üledékes kőzet jelen van. Az arany forráskőzetének azonosítása a miocén folyóvízi eredetű durvatormellékes összlet szulfidokat tartalmazó kavicsanyagának begyűjtésével és a csiszolatok elektronmikroszkópos (SEM-EDS) vizsgálatával történt. Később az eredmények alapján a nagy valószínűséggel milonitosodott, foliált és pirites kőzetek bizonyultak aranytartalmúnak, így a folyóvízi eredetű, miocén Szászvári Formáció foliált kavicsanyagának forrásterület kutatása következett. Mivel a miocén folyók hordalékanyagának metamorf kőzetei a Mecsektől D-re elhelyezkedő területről származtak (HÁMOR 1970, JÓZSA et al. 2009), a Mecsekalja-zóna metamorf, milonitosodott kőzeteiben (BALLA & GYALOG 2009) felfedezhető lehetséges ércindikációk kutatása volt a végső vizsgálati cél.

## Eredmények

### *A „PÉNZ-bánya” „felfedezése” és a hozzá kapcsolódó ércindikáció anyagvizsgálati eredményei*

KITAIBEL Pál a 18. század végi baranyai útleírásában (HORVÁTH & GOMBOCZ 1939) hivatkozik egy hajdani ezüstbánya helyszínére a Mecsekben. KITAIBEL leírása alapján a bánya helyszínét kutatva a Kelet-Mecsekben elsőként létesült, eddig még ismeretlen 17. század végi üveghuta maradványait sikerült megtalálni az Óbányához közeli Réka-völgyben. A levéltári kutatások (LANG 2008) megerősítették KITAIBEL leírását, és a huta létesítőinek levelezéseiből kiderült, hogy a török kiűzését követően, a 17. század legvégén, az alsó-Ausztriából Magyarországra érkező, bizonyos Daniel DAUTH ezüstércet vélt felismerni az üveghuta létesítési munkálatai közben, közvetlenül a hutával szembeni domboldalon. A korabeli bányászati próbálkozások pontos helyszínére végül Georgius EISENHUTnak 1798-as térképén jelölt „Pézn bánya” felirata (BML C 22 Térképek No.2.) vezetett.

A környéken tefrifonolit és fekete pala érintkezési zónájából származó pirites kőzetdarabokat lehet találni néhány mélyedésben, melyek a 17. század végi kutató horpák lehetnek (2. ábra a). A K–Ny-i csapású, 23 m hosszú, 1,5 m szé-

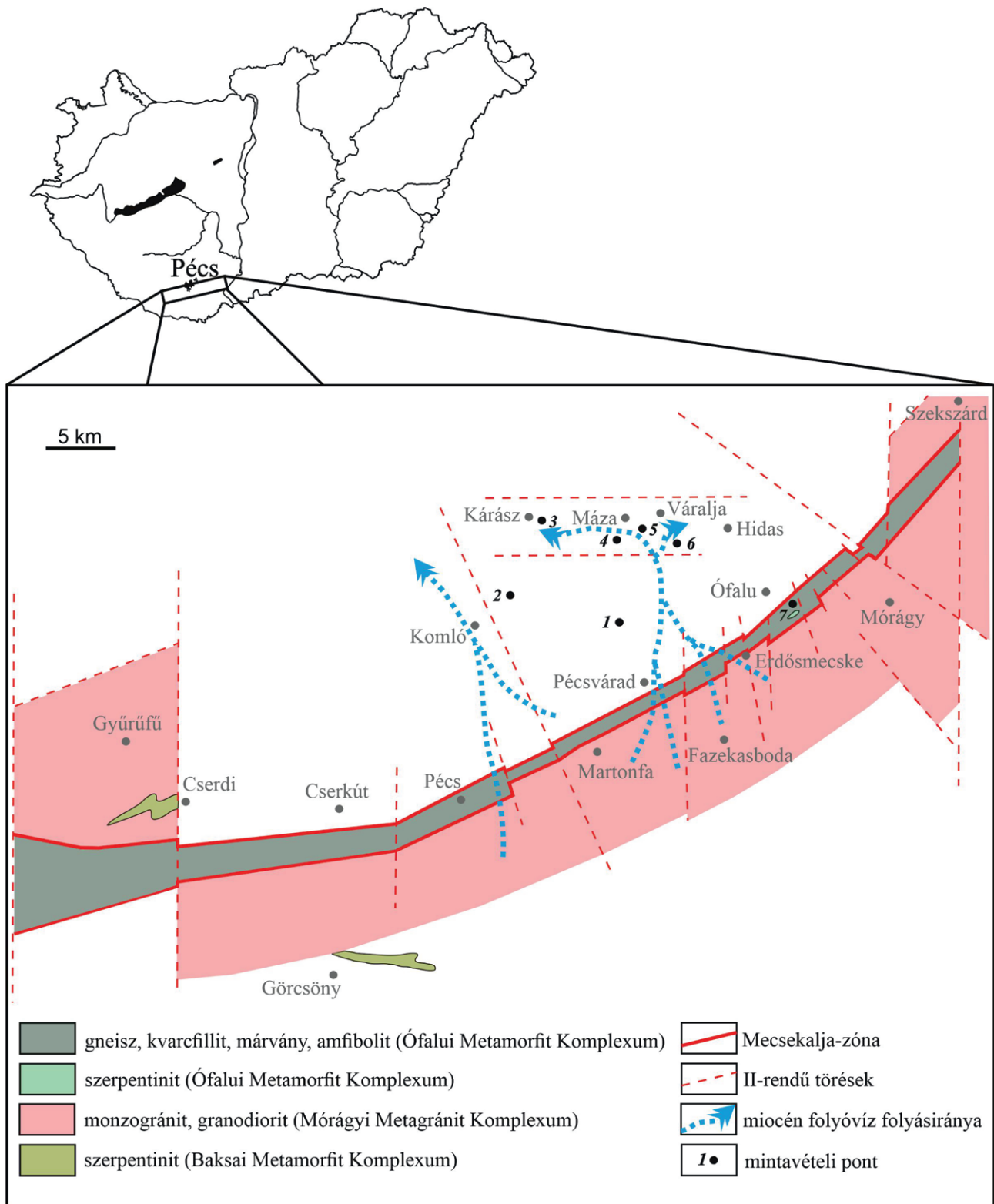
lességű és majd' 2 m magasságú, trapéz keresztmetszetű táró a Réka-völgyi Etelka forrástól ÉK-re, kb. 400 m-re található (377 m tszf., EOV: Y599574, X094732), pontosan ott, ahol azt EISENHUT jelöli és DAUTH egyik levelében írja (2. ábra b). A helyszín továbbá 1 km-re ÉNy-ra helyezkedik el attól a forrástól (Büdös-kút), amit KITAIBEL vonatkozási pontként megjelölt. A táró szűk bejárata nehezen látható a völgyoldalban a bemosódások és omlások miatt. Maga a táró tefrifonolitban halad, mely pirithintéses. Az ÉNy–DK-i irányú Réka-völgy 360–340 méteres tszf. magasságú bevágásaiban és völgyoldalaiban az alsó kréta alkáli magmás telérek és velük érintkező toarci fekete pala több feltárásban tanulmányozhatóak. Az egykori érckutató táró is egy ilyen tefrifonolit telérben, a tefrifonolitnak a fekete palával való érintkezése közelében létesült.

A helyenként pirites magmás telérek zöme szürke színű és intergranuláris-interszertális szövétű. Fő ásványai a Ti-augit, biotit, albit és oligoklász. A szürke kőzetben néhol lencsés megjelenésben durvaszemű, szubofitos szövétű, világos krémszínű, oligoklászt, albitot, analcimit, egirint, egirinaugitot tartalmazó kőzetszakaszok találhatóak, melyben az ICP-OES vizsgálat alapján emelkedett (348 ppm) Zr-tartalom jellemző. E kőzetek a modális összetétel és megjelenés alapján a Somlyó és Szamár hegyi tefrifonolitos összetételű telérekkel mutathatnak rokonságot.

A telérek (esetenként 60 m-es vastagságú teleptelér is) a fekete pala kontakttól kb. 1 m-re az addig főleg intergranuláris szövétűből interszertális szövétűvé válnak, a szemcsék közötti térben pedig másodlagos karbonátosodás és a mafikus elegyrészeket kiszorító piritesedés jellemző. A kontakthoz közeledve a kiszorításokból több cm-es pirites fészkek, pirittel-kalcittal kitöltött hólyagüregek fejlődnek ki. Helyenként a hólyagüregekben megjelenik a másodlagos kvarc is, a fekete pala kontaktusán pedig a mellékkőzet hidrotermás breccsásodása jellemző, kalcitos kötőanyaggal, helyenként kvarccal és pirittel és kis mennyiségű pirobitumennel. A kontaktustól kb. fél méterig a fekete pala erősen goethites, majd a mellékkőzetben távolodva a kontaktustól 1 cm alatti framboidális pirit aggregátumok sűrűn fordulnak elő a palában. Ércmikroszkópi vizsgálatok alapján sem a kontaktuson képződött piritben, sem a fekete pala üledékes eredetű piritaggregátumaiban más szulfid előfordulása nem volt kimutatható.

A XVIII. századi táró jelenléte a pirithintéses telérekben a fekete palával való érintkezéséhez közel azt sugallja, hogy a piritesedést perspektivikusnak gondolták ezüst vagy más nemesfém kinyerésének reményében. A nyomelemvizsgálatok eredménye alapján az ezüst mennyisége a tefrifonolit/fekete pala érintkezése mentén szedett pirites minták, a pirithintéses magmás telérek és a pirites fekete pala esetében is 0,2 ppm alatt, az arany pedig 3 ppb alatt volt (II. táblázat).

A kénizotóp-vizsgálatokhoz a mintavétel mind a toarci fekete palából szeparált framboidális pirit-aggregátumokból, mind a teleptelérnek a fekete palával való érintkezésétől kb. 20 cm-es távolságra lévő kalcitos-pirites hólyagüregeiben található, hexaédres habitusú piritjéből történt. A feke-

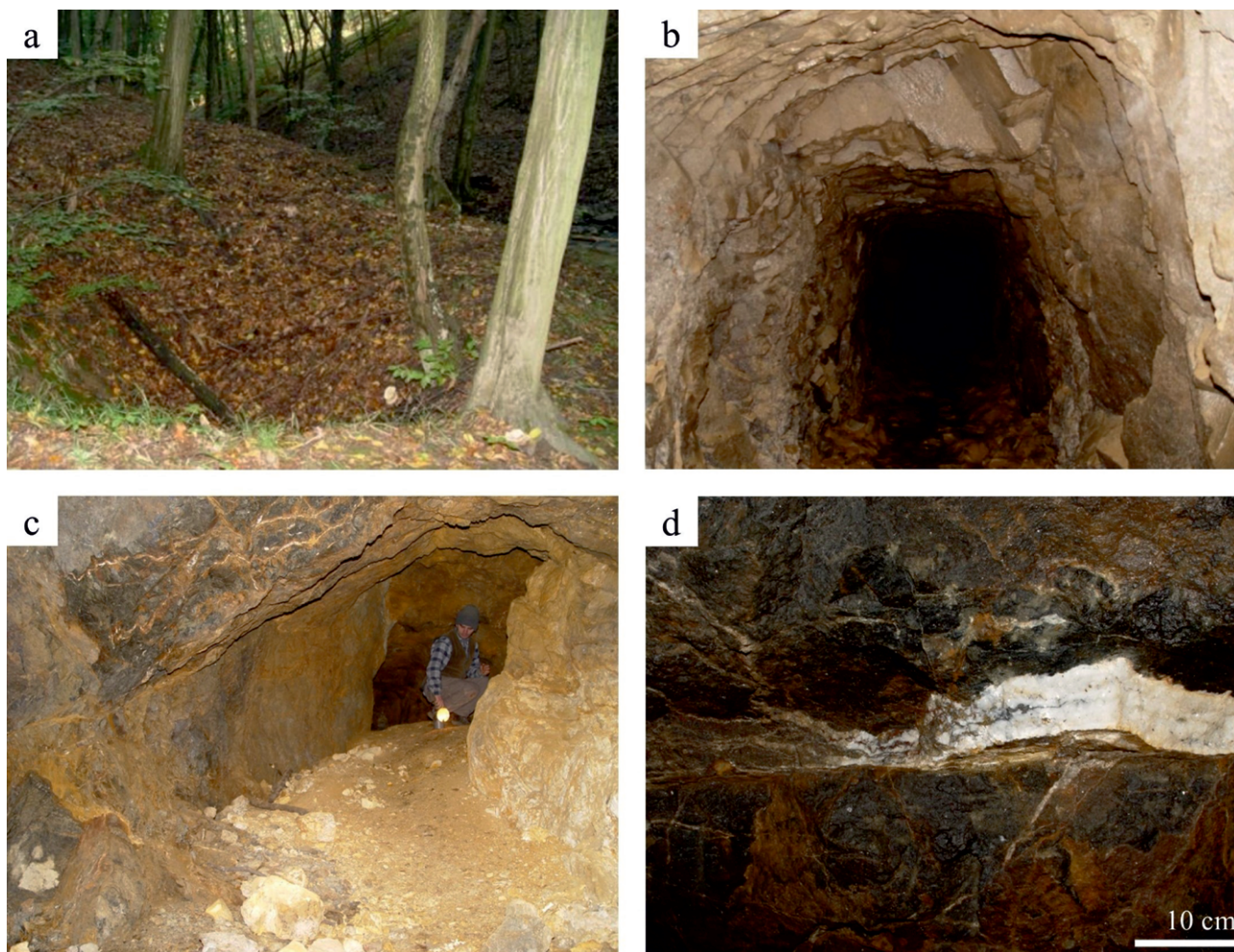


**1. ábra.** A vizsgálati terület a (perm előtti) zöldpala-faciesű metamorfózist szenvedett képződményekkel és mintavételi pontokkal (JANTSKY 1975: A mecseki gránitosodott kristályos alaphegység fedetlen /perm előtti/ földtani térképe, HÁMOR 1970: A Kelet-Mecseki miocén, valamint HAAS et al 2010: Magyarország pre-kainozoos földtani térképe, művek felhasználásával)

1: „Pénc-bánya”, Réka-völgy, (Óbánya); 2: „Grosz-féle” táró (Magyaregregy); 3: „Grosz-féle” táró meddőhányója (Kárász); 4: Cserfa-forrás völgye (Máza); 5: Farkas-árok (Váralja); 6: Vadvíz-árok (Hidas); 7: Goldgrund-völgy (Ófalu)

**Figure 1.** The studied area with pre-perm, greenschist facies metamorphosed formations and sampling points (after JANTSKY 1975: A mecseki gránitosodott kristályos alaphegység fedetlen /perm előtti/ földtani térképe, HÁMOR 1970: A Kelet-Mecseki miocén and HAAS et al 2010: Pre-cenozoic geological map of Hungary)

1: „Pénc-bánya”, Réka Valley (Óbánya); 2: „Grosz-adit” (Magyaregregy); 3: minde dump of the „Grosz-adit” (Kárász); 4: Valley of the Cserfa-spring (Máza); 5: Farkas Valley (Váralja); Vadvíz Valley (Hidas); Goldgrund Valley (Ófalu)



**2. ábra.** A történeti nemesfémkutatások egykori helyszínei a Kelet-Mecsek területén

a: XVII. század végi ezüstkutató horpa a Réka-völgyben; b: az első németajkú telepések által létesített ezüstkutató táró a Réka-völgyben (1. mintavételi pont); c: Grosz-féle aranykutató táró alsó kréta alkálilbazaltban a Magyaregregy melletti Barnakó sziklájában (2. mintavételi pont); d: pirites kalcittelér a Grosz-féle táróban a Barnakónél

**Figure 2.** Former gold and silver prospecting sites in the Eastern-Mecsek Mountains

a: silver prospecting open pit from the late XVII century at Réka Valley; b: silver prospecting adit from the Réka-Valley (1. sampling point); c: gold prospecting adit from the early XX. century, near the village of Magyaregregy (2. sampling point); d: pyritic calcite vein in alkali basalt

te palában lévő framboidális piritaggregátumok  $\delta^{34}\text{S}$  értékei (2 db mintán mérve)  $-16,72$  és  $-18,01\%$ , míg a tefrifonolit telérben lévő sajátalakú piritből mért  $\delta^{34}\text{S}$  értékek (2 db mintán mérve)  $-11,10$  és  $-12,65\%$ .

*A „Grosz-féle tárók” és a hozzájuk kapcsolódó ércindikációk anyagvizsgálati eredményei (Magyaregregy, 2. mintavételi pont; Kárász, 3. mintavételi pont)*

A Barnakó tömegét titon–berriázi mészkő alkotja. A titon mészkő helyenként tűzköves, amiben akár 1 cm körüli, hexaéder habitusú pirit utáni goethit pszeudomorfózák gyakoriak, és a berriázi mészkőben egyre sűrűbben fordulnak elő. A mészkőbe több méter vastagságú alkálilbazalt-telér nyomult, amiben a táró is halad (2. ábra c). A bazalt 2 mm körüli, kalcit kitöltésű hólyagüregeket tartalmaz, az alapanyag szövete interszertális, augit porfirokkal. A bazaltnak a mészkővel való érintkezése mentén a mészkőből hidraulikus breccsa

képződött, illetve a mészkő sűrű kalcit-hálózatot tartalmaz. A kalciterekben maximum 0,5 cm-es, hexaédes habitusú, pirit utáni goethit pszeudomorfózák fordulnak elő, valamint fekete, törékeny pirobitumen is található bennük. A kalciterek a bazalttelért is behálózzák, melyben vastagságuk eléri a 10 cm-t, és néha hidrotermás eredetű kvarcot is tartalmaznak, de az akár 2 cm-es, pentagondodekaédes piritkristályok halmaza a leggyakoribb fázis a kalciton kívül (2. ábra d). A kalciterek piritjében ércmikroszkóppal és SEM-EDS mérésekkel sem volt kimutatható terméсарany.

A pirit utáni goethit pszeudomorfózákat tartalmazó, bazalttelért befogadó mészkő és a bazalt pirites kalcitereinek egyes nyomelemeinek mennyisége között hasonlóságot lehet felfedezni. Az ICP-OES mérések alapján az As, Co, Cr, Ni, Pb, V-tartalom esetén csak pár ppm-es különbségek mutathatók ki, és a Sr mennyisége is nagyon hasonló a bazaltban lévő pirites kalcitér és a pirit utáni goethit pszeudomorfózákat tartalmazó mészkő között (1. táblázat). Az arany mennyisége az ICP-MS vizsgálatok alapján mindössze 3 ppb a pirites

**II. táblázat.** Nyomelemek mennyisége ppm-ben a történeti kutatótárók pirites kőzeteiből (ICP-OES elemzés) (arany: ICP-MS)

B1: Magyaregregy, Barnakő, Grosz-féle táro, pirites kalcitér az alkálbazaltba hajtott kutatótárból; B2: Magyaregregy, Barnakő, hexagonális pirit utáni goethitet tartalmazó mészkő alkálbazalt kontaktusáról; R1: Pécsvárad, Réka-völgy, piritintézes tefrifonolit a Péncsbánya tárojáról; R2: tefrifonolit pirites kontaktja; R3: framboidális piritet tartalmazó fekete pala. <jel: kimutatási határ alatti érték

**Table II.** Concentration of selected trace elements (in ppm) from historical gold prospecting sites of the Eastern-Mecsek Mountains. Trace elements were measured with ICP-OES, only gold was measured with ICP-MS

B1: Magyaregregy, Barnakő, „Grosz-adit”, pyritic calcite vein; B2: Magyaregregy, Barnakő, pyritic-goethitic limestone from the contact with alkali basalt; R1: Pécsvárad, Réka Valley, pyritic tephriphonolite from „Péncsbánya”; R2: pyritic contact of the tephriphonolite; R3: pyritic (framboidal) black-shale. < sign: under detection limit

	B1	B2	R1	R2	R3
Be	<0,5	<0,5	1,2	0,7	3,2
Sc	1	0,9	5	4	12
Ti	0,1	<0,1	0,19	0,54	0,24
V	8	38	35	19	122
Cr	7	10	15	<1	66
Mn	1290	411	5060	1650	6100
Co	5	3,6	5	5	21
Ni	12	13,2	5	<1	37
Cu	1	10,2	10	7	84
As	3	5,9	3	10	14
Mo	<1	1,18	2	3	6
Ag	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cd	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cr	7	10	15	<1	66
Sb	<2	<2	<2	4	<2
Au	0,003	<0,001	0,002	0,003	0,001
Hg	1	<1	<1	<1	<1
Pb	2	4,9	6	4	16

kalciterekben (II. táblázat). A barnakői bazalttelér kalcitereiből szeparált pirit  $\delta^{34}\text{S}$  értékei +30,68 és +31,56‰ közöttiek.

Hasonló földtani környezetben, felső jura – alsó kréta mészkövet tört át Kárászon is az alsó kréta alkálbazalt. A pirites kontaktuson nyitott GROSZ-féle táro hányójáról gyűjtött pirites minta SEM-EDS vizsgálata során a homogén összetételű vasszulfid fázison kívül más szulfid-fázist nem lehetett kimutatni, ahogy aranyat sem.

*A torlatos arany szemcséken végzett anyagvizsgálati eredmények (Máza, 4. mintavételi pont; Váralja, 5. mintavételi pont)*

A Vékény és Váralja közötti kutatási terület (1. ábra) patakfordalékaiból mosott arany szemcsék mérete 0,1–3,1 mm közötti. Már binokuláris mikroszkóppal észrevehető, hogy a szemcsék alig koptatottak, alakjuk változatos, sokszor tagolt. Főleg lemezes, esetleg orsó formájú, ritkábban gömbölyded (3. ábra a–d).

A SEM-EDS vizsgálatok alapján a szemcsékkel együtt előforduló leggyakoribb fázis a kvarc. Az aranyak a kvarccal (mint befogadó fázissal) együtt előforduló, zezugos érintkezései gyakoriak. A kalcit is megjelenik az arannyal együttesen, de a kvarcnál sokkal ritkábban. Az EDS-mérések alapján az aranyban lévő zárványok tömegszázalékos összetételéből számolt sztöchiometria a kvarcon és kalciton kívül az alábbi fázisok jelenlétét igazolják csökkenő gyakori-

sággal: káliföldpát, klorit, muszkovit (szericit), albit, pirit, arzenopirit, cirkon,  $(\text{Co}_{1,72}\text{Ni}_{1,22}\text{Fe})\text{As}_{3,28}\text{S}_{3,74}$  és  $(\text{Co}_{1,44}\text{Ni}_{1,08}\text{Fe})\text{As}_{2,95}\text{S}_{3,36}$ -összetételű szulfidok, termésmizmut (III. táblázat, 3. ábra e–f). A zárványok mérete változó, a 100  $\mu\text{m}$ -nél nagyobb zárványok a kvarc, kalcit, muszkovit (szericit) és klorit. 100  $\mu\text{m}$ -nél általában kisebbek a káliföldpát- és albitzárványok. A szulfidok és cirkon 10–20  $\mu\text{m}$  körüliek. Az arannyal összefogazódó kvarcban olyan idiomorf, hexaédres habitusú piritzárvány is megfigyelhető volt, mely termésmizmutot tartalmaz.

A szemcsék szélén csak nagyon ritkán lehetett ezüstben elszegényedett sávot észlelni. Figyelemre méltó, hogy a 22 darab arany szemcsén végzett 32 darab mérési ponton kapott ezüsttartalom átlaga 5,49%. Csupán egy kiugró értéket lehetett mérni, ez 23,83%-os Ag-tartalmat (elektrum) mutatott. A hisztogramon jól látszik, hogy a leggyakoribb értéktartomány átlaga jó egyezést mutat a mediánnal, mely utóbbi 4,66%-os Ag-tartalmat jelent (4. ábra).

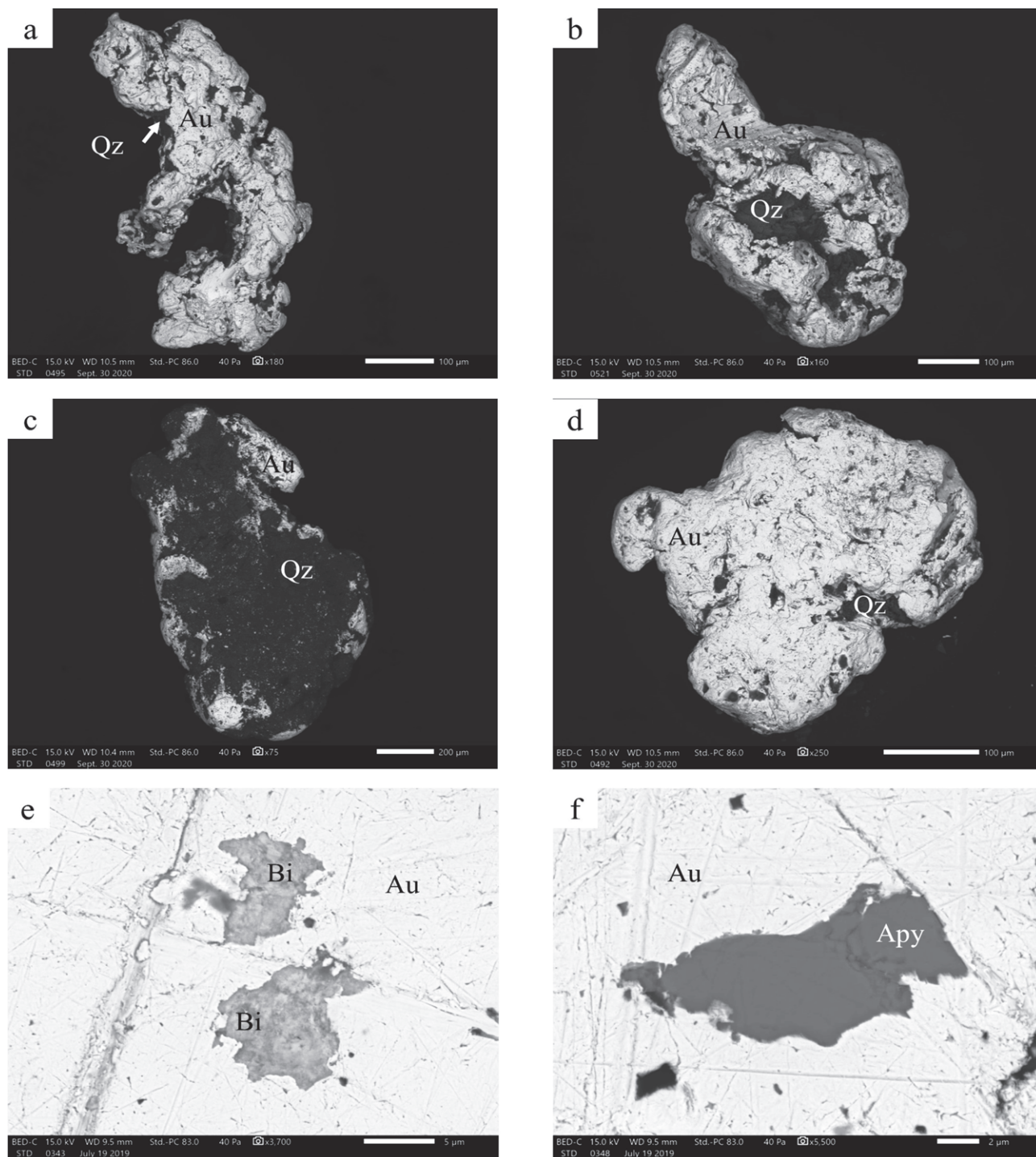
A LA-ICP-MS mérések alapján, az EDS-elemzéseket is figyelembe véve az aranytartalom 74–98% közötti, míg az ezüsttartalom 1,47–25,66%, ami némileg kiszélesíti az arany szemcsék összetételi spekt-

rumát az EDS-elemzésekhez képest. A szignálok egy-két esetben mutatnak csak inhomogenitást az ezüst mennyiségében, általában homogének. A vizsgált nyomelemek mennyiségét a IV. táblázat mutatja. Néhány nyomelemnél a szignál erőteljes inhomogenitást mutat, amely egyfelől alátámasztja az arany szemcsék ezüstben való kimerülését néhány peremi helyen, és megerősíti a különféle bizmutfázisok jelenlétét (ólommal, tellúrral vagy ezek nélkül), valamint a termésmizmutból SEM-EDS mérésekkel kimutatott kobalt és nikkel jelenlétét és ezeknek az elemeknek a vas és arzén mennyiségével való korrelációját (5. ábra a–b). Tehát az arany szemcsék termésmizmutot, különböző Pb-Bi-Te fázisokat és Fe-Co-Ni szulfoarzenid zárványokat hordoznak. A Ba jele is inhomogén, többnyire vassal vagy ólommal jelentkezik, ami baritból, esetleg káliföldpátból származhat.

*Az aranytartalmú kőzetminták anyagvizsgálati eredményei*

A Kelet-Mecsek É-i részén lévő vízfolyások recens szubrecens torlataiban található arany szemcsék előfordulásai alapján a miocén sziliciklasztitos rétegek lepusztulásából származhatnak. E következtetést az támasztja alá, hogy csak olyan völgyszakaszon volt mosható termésmizmut, ahol az arany szemcsék felhalmozódási helyén és ettől több száz méterre feljebb a patakok mentén (a recens torlatoktól DDNy-ra), egyedül a miocén Szászvári Formáció kőzetei





**3. ábra.** Recens-subrecens torlatos aranyzemcsék pásztázó elektronmikroszkópos képei Mázáról (4–5. mintavételi pontok)

a: szabálytalan alakú, koptatottságot alig mutató, kerekítetlen aranyzemcse (Au), kvarc (Qz) zárványokkal; b: alig koptott, kerekítetlen aranyzemcse, kvarc zárványokkal; c: lapos aranyzemcse, kvarccal; d: enyhén koptott, enyhén kerekített aranyzemcse, kvarccal; e: aranyzemcse csiszolt felülete terméshimut zárvánnyal (Bi); f: aranyzemcse csiszolt felülete arsenopirit (Apy) zárvánnyal

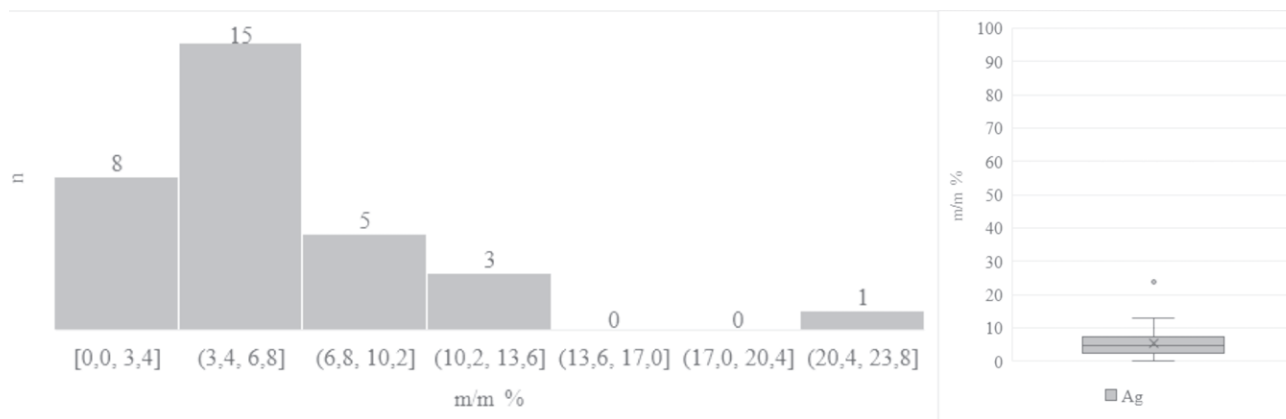
**Figure 3.** Back-Scattered Electron images (SEM-BSE) of recent-subrecent placer gold grains from Máza (4–5. sampling points)

a: irregular-shaped gold grain (Au) with quartz (Qz); b: irregular-shaped gold grain with quartz; c: flat gold grain with quartz; d: subangular gold grain with quartz; e: bismuth (Bi) inclusion in gold; f: arsenopyrite (Apy) inclusion in gold

→ **III. táblázat.** A meghatározott ásványfázisok a torlatos aranyzemcsékből (4–5. mintavételi pontok), érces közettörmelékekből (kvarcit: 4. és 6. mintavételi pontok, deformált mikrogranit: 4. mintavételi pont, gneisz 5. mintavételi pont) (Szászvári F.), valamint a Studervölgyi Gneisz Ófalu melletti feltárásának érces szakaszából (7. mintavételi pont). A teljesség kedvéért a „historikus” nemesfémkutatási helyszíneken végzett vizsgálati eredményeket is közöljük. A táblázatban közölt fázisok azonosítása SEM-EDS-el történt (kivéve a turmalin és allanit ásványokat, melyek meghatározása polarizációs mikroszkóppal történt, a táblázatban ennek rövidítése: p)

→ **Table III.** Identified mineral phases (SEM-EDS) from placer gold (4–5. sampling points), from ore-bearing detrital rock samples (quartzite: 4. and 6. sampling points, deformed microgranite: 4. sampling point, gneiss: 5. sampling point) (Szászvár Formation), and from the ore-bearing gneiss of Ófalu (Studervölgy Gneiss Formation) (7. sampling point)

	Piritfészkek tefrifonoliban és fekete palában Óbánya (1.)	Pirités kalcitér alkáliszaltban Magyareggy (2.)	Pirit alkáliszaltban Kárász (3.)	Termésary- szemcse Máza (4.) Váralja (5.)	Ércesedett, foliált kvartcitörmelek Máza (4.)	Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelek Máza (4.)	Pirités gneisz- törmelek Váralja (5.)	Ércesedett, foliált kvartcitörmelek Hidas (6.)	Ércesedett gneisz Ójálu (7.)
Termésary	n.a	n.a	n.a	0,2-3,1 mm	2-30 µm	3-6 µm	n.a	3-12 µm	1-2 µm
Termésaryzst	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	9 µm	n.a
Au-Ag-Pb	n.a	n.a	n.a	n.a	50 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Hessit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1-5 µm
Termésaryzst	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	20 µm	n.a
Au-Ag-Bi-S-Te	n.a	n.a	n.a	n.a	2 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Akantit (+Se, Te, Au)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1-20 µm
Bi-Te-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	5 µm	n.a	n.a	1 µm
Aleksit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	20 µm
Tetradimit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	90 µm	n.a
Joséit-A	n.a	n.a	n.a	n.a	4-40 µm	n.a	n.a	20 µm	n.a
Hedleyit	n.a	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Wittichenit	n.a	n.a	n.a	n.a	7 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Emplektit	n.a	n.a	n.a	n.a	10 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Bi-Pb-Te-Cu-S	n.a	n.a	n.a	n.a	3 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
Bi-Pb-Cu-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	0,5 mm	n.a
Cu-Bi-Te-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	1 µm
Bizmutinit	n.a	n.a	n.a	n.a	30-200 µm	10 µm	6 µm	150-200 µm	n.a
Ni-Co-Fe-As-S	n.a	n.a	n.a	20 µm	8-300 µm	n.a	n.a	40 µm	n.a
Arzenopirit	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
Gersdorffit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	7 µm	n.a
Pirit	>1 cm	<0,5 cm	>1 cm	8 µm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	8 µm	>1 mm
Pb-Se-S	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	7 µm	n.a
Galenit	n.a	n.a	n.a	n.a	20 µm	5 µm	n.a	20 µm	1-10 µm
Kalkopirit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	100 µm	n.a	8 µm
Bornit	n.a	n.a	n.a	n.a	15 µm	n.a	n.a	n.a	n.a
TiO <sub>2</sub>	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	2-30 µm	n.a
Kvarc	n.a	1-5 mm	n.a	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm	>1 mm
Torianit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	3 µm	7 µm	n.a
Uraminit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	16 µm	n.a	8 µm	n.a
Kalcit	n.a	>1 cm	n.a	10 µm	n.a	30 µm	n.a	n.a	>30 µm
Barit	n.a	1-10 µm	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	30 µm	>10 µm
Monacit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	10-40 µm	60 µm	20 µm	10 µm
Xenotim	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	6-20 µm	n.a	n.a	n.a
Fluorapatit	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	50 µm	n.a	25 µm - 0,5 mm	10-30 µm
Cirkon	n.a	n.a	n.a	30 µm	n.a	5-20 µm	n.a	20-30 µm	n.a
ThSiO <sub>4</sub>	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	15-20 µm	n.a	n.a	n.a
Allanit (p)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	300 µm
Turmalin (p)	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	5-150 µm
Muskovit (szericit)	n.a	n.a	n.a	100 µm	<30 µm	<30 µm	n.a	n.a	>10 µm
Klorit	n.a	n.a	n.a	30-100 µm	n.a	n.a	n.a	>100 µm	>10 µm
Káliföldpát	n.a	n.a	n.a	65 µm	70 µm - 1 mm	>1 mm	>1 mm	250 µm	>1 mm
Albit	n.a	n.a	n.a	50 µm	n.a	60 µm	n.a	n.a	n.a



4. ábra. A torlatos aranszemcsék ezüsttartalmának hisztogramja és dobozdiagramja (n=32) SEM-EDS mérések alapján. A hisztogramon az x-tengely, a dobozdiagramon az y-tengely az ezüst tömegszázalékát jelzi

Figure 4. Histogram and box-plot of silver content of the placer gold grains based on SEM-EDS measurements (n=32)

bukkannak ki (Máza és Váralja térsége). 2019-ben így az összes olyan völgyszakasz átvizsgálása megkezdődött, ahol miocén törmelékes üledékes kőzetek találhatóak. Hidas, Váralja és Máza térségéből sikerült olyan durva kőzettörmelékkel találkozni, melynek anyaga kvarcból áll. Ebben a kőzettípusban szabad szemmel észrevehető pirites sávok, lencsék voltak az alapanyagban. A kvarcittörmelékek és kavicsok palásak. Az egymással közel párhuzamos, kissé hajladozó sávokban pár mm vastagságú pirites kiválások fordulnak elő. Már a terepi gyűjtések során szembetűnő volt, hogy a szabad szemmel nem irányított szövetű, de a palás kvarcitoknál jóval gyakoribb, durvakristályos gránittörmelékéből, gránitpegmatit törmelékéből és nem irányított szövetű kvarckavicsokból szulfidok nem kerültek elő, ahogy termésarany sem.

Két perspektivikusnak ítélt, és szulfidot, valamint aranyat tartalmazó kőzettípus két különböző völgyből is elő-

került (Hidas, Máza). Az egyik kőzettípus irányított, palás kvarcit (Máza, 4. mintavételi pont és Hidas, 6. mintavételi pont), a másik mikrografikus szövetű, rózsaszínű, deformált mikrogránit (Máza, 4. mintavételi pont).

#### Ércesedett kvarcittörmelék (Máza, 4. mintavételi pont; Hidas, 6. mintavételi pont)

A világosszürke színű kőzettípus a mázai Cserfa-forrás völgyéből és a hidasi Vadvíz-árok völgyéből került elő (1. ábra). A Mázai területen két ilyen kőzetdarab volt gyűjthető, az egyik 7×6×6 cm-es, sarkoknál nagyon kisfokú koptatottságot mutató, hasáb alakú, palás kvarcittörmelék (6. ábra a), míg a másik szintén alig koptatott, pár cm-es kvarcittörmelék. A hidasi területről három kisebb és sokkal nagyobb fokú koptatottságot mutató kvarcittörmelék került elő.

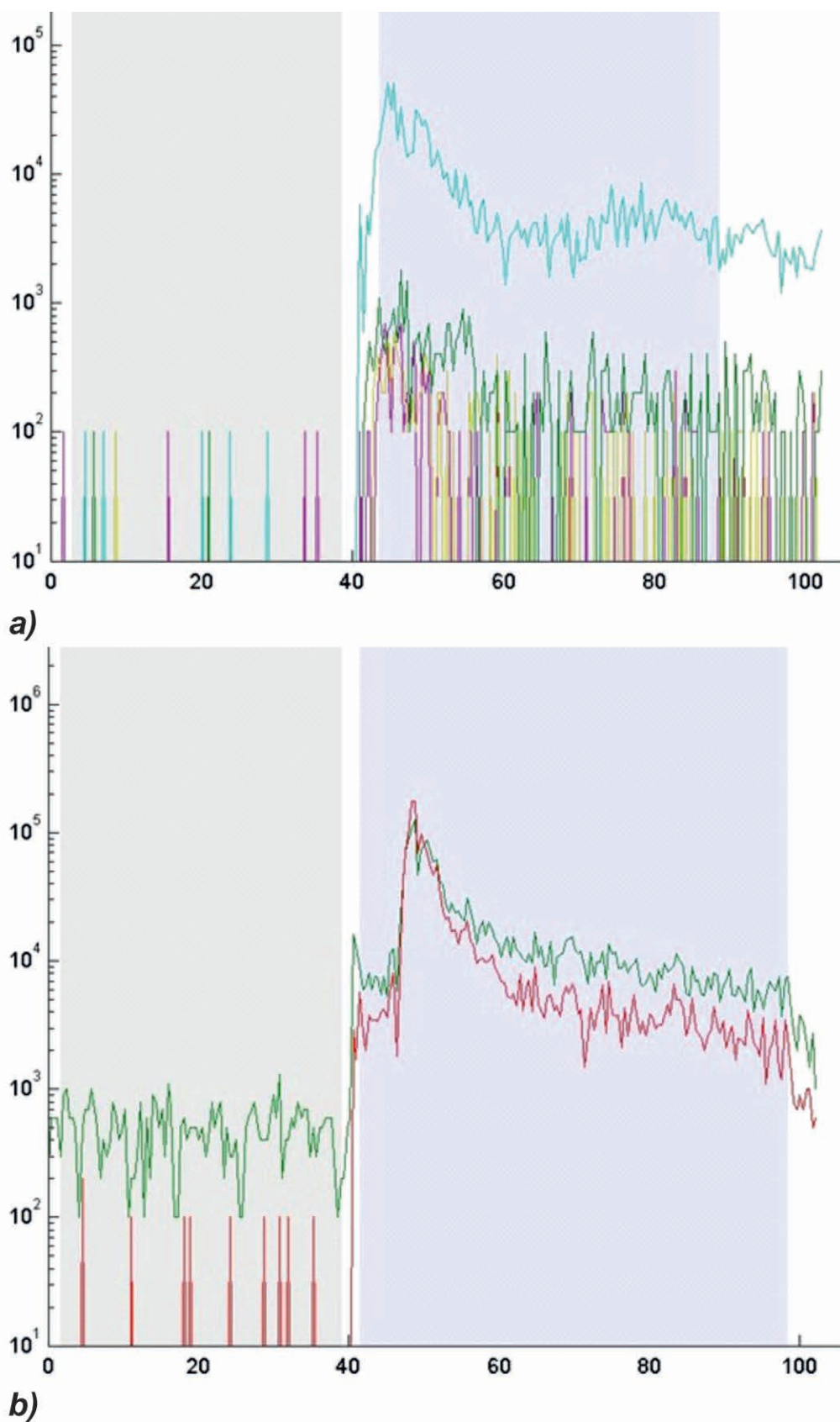
#### IV. táblázat. A torlatos aranszemcséken végzett lézeralációs ICP-MS-mérések eredményei

Minden szemcsén 5 mérést végeztünk, azok mediánjait tartalmazza a táblázat. Az arany és ezüst tömeg%-ban, míg a többi elem ppm-ben van megadva. A zárványokat próbáltuk elkerülni, de pl. az A2\_4 szemcsében többféle zárványt is belemértünk, azonban mindegyik elkülönített fázis a többi szemcsénél több nyomelemet mutatott, különösen bizmutot és ólmot

Table IV. Results of LA-ICP-MS measurements on placer gold grains

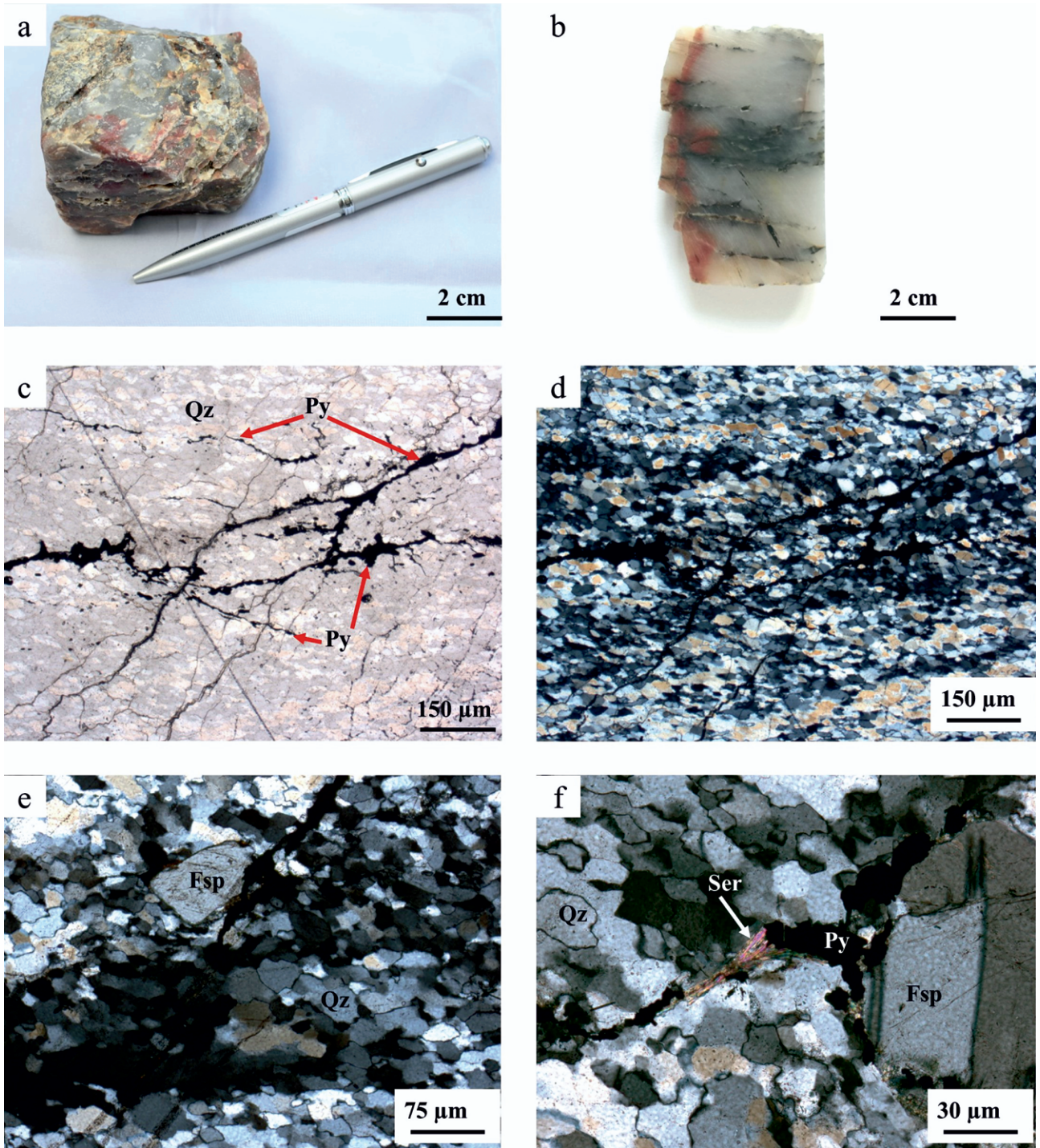
For each grain, 5 measurements were taken, the medians of which are given in the table. Gold and silver are given in % by weight, while the other elements are given in ppm. We tried to avoid inclusions but, for example, in A2\_4 we measured several inclusions

	Cr (ppm)	Fe (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Se (ppm)	Ag (wt%)	Cd (ppm)	Sn (ppm)	Sb (ppm)	Te (ppm)	Pt (ppm)	Au (wt%)	Pb (ppm)	Bi (ppm)
A1_1	n.d.	37,08	n.d.	0,84	106,10	1,43	0,34	n.d.	10,11	n.d.	0,06	0,03	n.d.	n.d.	90,00	0,15	0,19
A1_2	3,43	1 099,31	0,30	2,39	326,54	28,61	0,89	1,05	13,25	0,18	0,17	0,19	n.d.	n.d.	87,00	1,02	0,39
A1_3	7,77	442,68	n.d.	n.d.	180,66	21,64	n.d.	n.d.	13,13	n.d.	n.d.	0,02	0,46	n.d.	87,00	4,13	0,36
A1_4	3,10	8,20	n.d.	n.d.	97,25	2,01	n.d.	n.d.	4,60	0,16	0,03	0,03	n.d.	0,02	94,50	0,15	0,19
A1_5	n.d.	98,15	0,10	0,36	103,49	9,33	n.d.	0,47	8,72	0,11	n.d.	0,07	n.d.	n.d.	90,50	0,29	0,40
A2_1	n.d.	53,19	n.d.	n.d.	157,15	11,11	0,22	n.d.	8,32	0,34	n.d.	0,66	n.d.	n.d.	92,00	1,43	0,29
A2_2	n.d.	78,55	n.d.	n.d.	48,20	1,69	2,97	n.d.	10,40	n.d.	0,07	0,30	n.d.	n.d.	90,00	0,27	24,87
A2_3	3,68	822,55	0,34	1,75	3,42	4,56	0,51	n.d.	1,47	n.d.	0,07	n.d.	n.d.	n.d.	98,00	1,00	0,04
A2_4	11,25	2 141,45	0,72	2,53	30,74	7,45	1,58	2,32	25,66	0,14	0,10	3,33	1,45	0,03	74,00	255,28	58,54
A2_5	3,50	784,06	0,53	2,32	98,60	7,27	0,38	n.d.	9,40	n.d.	0,12	0,04	n.d.	n.d.	91,00	1,85	0,41
A3_1	n.d.	80,78	n.d.	n.d.	200,87	2,36	n.d.	n.d.	4,76	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	96,00	0,45	0,17
A3_2	n.d.	7,76	n.d.	n.d.	73,50	n.d.	0,58	n.d.	10,91	n.d.	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	89,00	0,11	0,48
A3_3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	168,27	n.d.	n.d.	n.d.	8,39	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	92,00	0,18	1,63
A3_4	4,47	209,27	n.d.	0,21	221,51	n.d.	n.d.	n.d.	4,70	0,15	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	96,00	0,22	0,50
A3_5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	138,70	n.d.	n.d.	n.d.	3,50	n.d.	n.d.	0,08	n.d.	n.d.	97,00	0,06	0,26
A4_1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	653,24	n.d.	n.d.	n.d.	2,75	0,43	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	97,00	n.d.	0,30
A4_2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	142,48	n.d.	n.d.	n.d.	7,01	0,34	n.d.	0,45	n.d.	n.d.	93,00	n.d.	0,07
A4_3	n.d.	n.d.	0,13	0,30	42,72	n.d.	n.d.	n.d.	24,78	n.d.	n.d.	0,27	n.d.	n.d.	75,00	n.d.	0,01
A4_4	n.d.	6,51	n.d.	n.d.	7,10	n.d.	0,21	n.d.	25,16	n.d.	n.d.	0,57	n.d.	n.d.	74,00	0,30	0,02
A4_5	3,51	35,88	n.d.	0,58	46,65	n.d.	0,79	n.d.	1,71	n.d.	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	98,00	0,65	0,25



5. ábra. Két példa a LA-ICP-MS mérések során jellemző inhomogenitásról az aranyzemcsékben: a, Fe-As-Co-Ni jele (a görbén felülről lefelé: kékeszöld, Fe; zöld, As; lila, kobalt; sárgászöld, Ni) b, Bi-Pb jele (Bi, piros; Pb, zöld). Az ábrákon az x-tengely az időt jelöli másodpercben, az y-tengely pedig a másodpercenkénti beütésszámot

Figure 5. Two examples of the occurring inhomogeneity in the gold grains based on the LA-ICP-MS measurements a, Fe-As-Co-Ni sign (from top to bottom: Fe, As; Co; Ni) b, Bi-Pb sign (from top to bottom: Bi, Pb)



**6. ábra.** Ércesedett, foliált kvarcittörmelék és polarizációs mikroszkópi képei Mázáról (4. mintavételi pont)

a: hasáb alakú, koptatottságot nem mutató kvarcittörmelék Au-Ag-Bi-Te érces paragenézissel; b: a bal oldali (a) kvarcittörmelék készült csiszolat, melyen jól látszanak az egymással közel párhuzamosan futó, aranyat és változatos tellurid-fázisokat tartalmazó pirites ércsinórok (a piros szegély valószínűleg a pirít oxidációjából felszabadult vas diszperz kicsapódását jelzi); c-d: foliációval közel párhuzamos és azt metsző ércitöltés (érc) kvarcittörmelékben (1 és  $\times N$ ); e: hidrotermális alkáli feldspát (Fsp) ércitöltés mentén kvarcittörmelékben ( $\times N$ ); f: sericit (Ser) pirittel (Py) kvarcittörmelékben, alkáli feldspát (Fsp) szomszédságában ( $\times N$ )

**Figure 6.** Polarizing microscopic images of ore-bearing, foliated quartzite clast from Máza (4. mintavételi pont)

a: angular quartzite-clast with Au-Ag-Bi-Te paragenesis; b: section from the previous (a) quartzite sample, with parallel-subparallel pyritic veins; c-d: ore filling (érc) in quartzite nearly parallel to and intersecting the foliation (1 and  $\times N$ ); e: hydrothermal alkali feldspar (Fsp) along ore-filling in quartzite ( $\times N$ ); f: sericite (Ser) with pyrite (Py) in quartzite, next to alkali feldspar (Fsp) ( $\times N$ )

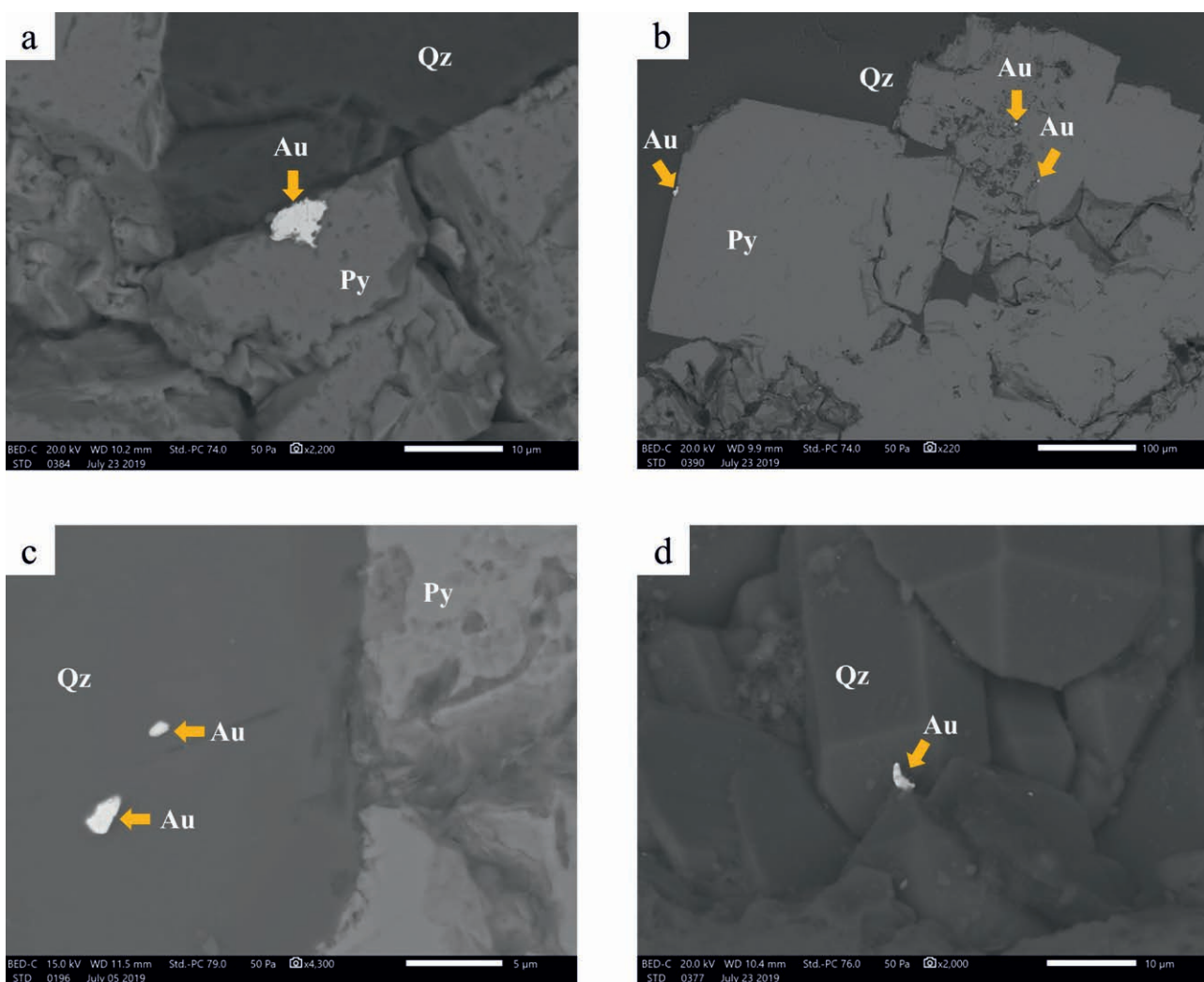
Mindkét területről gyűjtött kvarcittörmelék szabad szemmel is jól láthatóak az egymással közel párhuzamosan, kissé hajladozva, sűrűn futó szulfidtartalmú ércesedések, melyek pár mm-es vastagságúak (6. ábra b).

Polarizációs mikroszkópban a kvarcittörmelék darabok palásságot mutatnak, melyet dinamikusan átkristályosított, 10–20  $\mu\text{m}$  körüli kvarciszemcsék rajzolnak ki nagyobb lencsékbe rendeződve. A relik, nagyobb kvarciszemcsékben

unduláló kioltás, illetve deformációs lamellák figyelhetőek meg, peremükön alszemcsék képződtek. A dinamikusan átkristályosodott kvarcsejtszomszédok peremén pirit vált ki, melynek halmazai hajladozó vonalban gyakran a palásságot követik (6. ábra c–d). A pirit erek azonban helyenként a palássággal szöveget bezárva, azt teljesen keresztülmeteszve is előfordulnak. A pirit erek szericit és hidrotermás káliföldpát (6. ábra e–f), ritkábban albit és a főként Bi-Te-szulfidos ércásványok paragenéziséből állnak. A deformáción átesett, közepesen-erősen kihengerelt kvarcsejtszomszédok által kirajzolt palássággal enyhén szöveget bezáró, néhol kataklázosodott erek finomszemű, összetöredezett kvarcsejtszomszédokat tartalmaznak.

A kvarcban az arany 2–30 µm-es szemcsékként fordul elő pirit és káliföldpát szomszédjában (ritkábban káliföldpátban), piritben, kvarc és pirit határán (7. ábra a–c). Az

egyik hidasi minta visszaszórt elektron képén egy kinyíló érben kifejlődött, 40 µm körüli trigonális kvarc romboéderlapjára nőtt 3 µm-es aranysejtszomszéd is megfigyelhető volt (6. ábra d). Az arany átlagos ezüsttartalma 14 különböző szemcsén mérve 13,86%, a medián 8,84% Ag. A hisztogramon jól látszik, hogy a leggyakoribb értéktartomány átlaga jó egyezést mutat a mediánnal (8. ábra). Az elektrum ötvözete ritkán, de előfordul. 50 µm-es szemcséként az elektrumnak ólommal alkotott ötvözete is megjelenik a kvarcban. Az egyetlen, 9 µm-es termésezüst szemcséje mintegy 90%-os tisztaságú, és 5–5% Cu-t és Fe-t tartalmaz (III. táblázat). A kvarcban és a benne húzódozó pirit erekben összesen 17 féle különböző szulfid- és telluridfázis volt elkülöníthető a SEM-EDS mérések alapján. A leggyakoribb fázis a pirit, mely több mm-es aggregátumokat is alkot. Gyakoriságban a piritet az arsenopirit (helyenként magas Ni-tartalommal) és

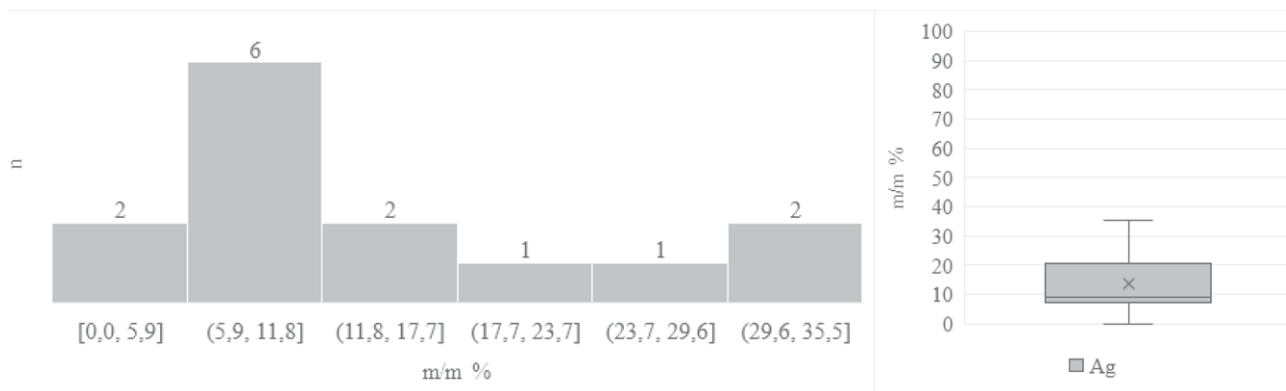


**7. ábra.** Természaranyat tartalmazó ércesedett, foliált kvarcitzsomszédok pásztázó elektronmikroszkópos képei Mázáról (4. mintavételi pont) és Hidasról (6. mintavételi pont)

a: természarany (Au) piritben (Py), kvarc (Qz) szomszédjában Mázáról; b: természaranyzárványok piritben, Mázáról; c: természaranyzárványok kvarcban Mázáról; d: természarany kvarc trigonális romboéderlapján Hidasról

**Figure 7.** Back-Scattered Electron images (SEM-BSE) of ore-bearing, foliated quartzite clasts containing native gold from Máza (4. mintavételi pont) and from Hidas (6. mintavételi pont)

a: native gold (Au) inclusion in pyrite (Py), next to quartz (Qz) from Máza; b: native gold inclusions in pyrite from Máza; c: native gold inclusions in quartz from Máza; d: native gold on trigonal rhombohedral crystal face of quartz, from Hidas



**8. ábra.** Az érces közettörmelékben található természetes ezüsttartalmának histogramja és dobozdiagramja (n=14) SEM-EDS mérések alapján. A histogramon az x-tengely, a dobozdiagramon az y-tengely az ezüst tömegszázalékát jelzi

**Figure 8.** Histogram and box-plot of silver content of the placer gold particles based on SEM-EDS measurements (n=14)

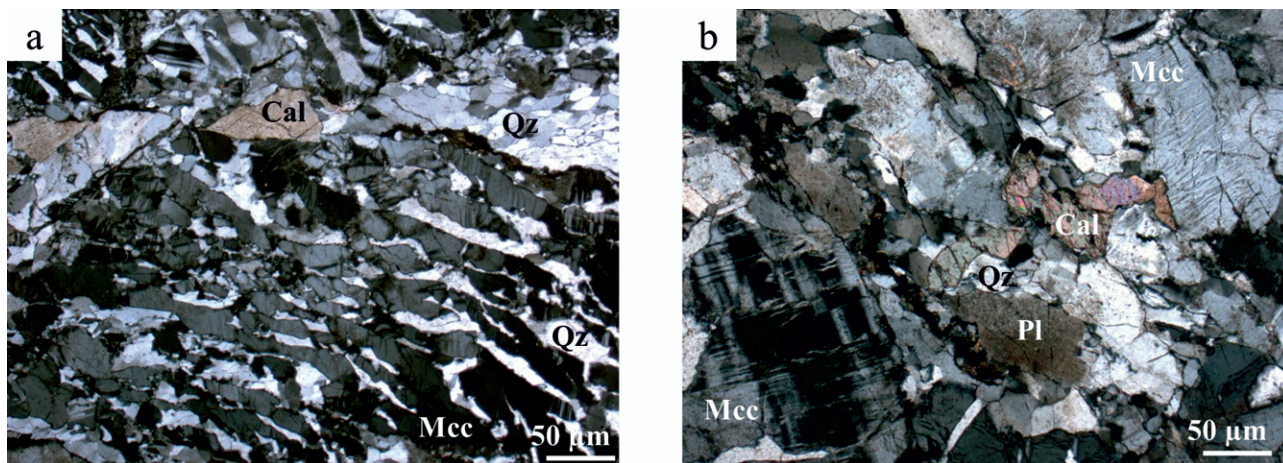
bizmutinit, majd különböző Bi-szulfotelluridok, Bi-Pb-Cu szulfotelluridok, Bi-tellurid követik. Ritkább a gersdorffit, galenit, egy Pb-Se-szulfid, bornit és egy  $[(\text{Co}_{1,92}\text{Ni}_{1,92}\text{Fe})\text{As}_{3,47}\text{S}_{5,61}]$ -összetételű szulfid. Az oxidok közül gyakori valamelyik  $\text{TiO}_2$ -fázis, az uraninit és torianit. A szilikátok közül a kvarcban mindig jelen van a Th- és U-tartalmú cirkon, az erek mentén pedig a káliföldpát és a szericit (*III. táblázat*). A nagyobb, 1 mm körüli földpátok általában töröttek, az 50–70  $\mu\text{m}$  körüli káliföldpát, mely 1% körüli Na-ot mindig tartalmaz, hipididiomorf, ritkábban idiomorf, az erek mentén gyakori. A klorit és albit alárendeltebb. Foszfátok közül a fluorapatit és monacit jelenik meg. A káliföldpát és apatit néhol összeilleszthető darabokra törött, kataklázosodott, kioltásuk nem unduláló.

#### *Ércesedett, deformált, mikrogránit-törmelék (Máza, 4. mintavételi pont)*

A rózsaszínű földpátokból és a közöttük orientáltan elhelyezkedő vékony kvarcsávokból álló közettípus a mázai Cserfa-forrás völgyéből került elő (*I. ábra*, 4. mintavételi

pont). Szabad szemmel enyhe pirithintés látható benne. Polarizációs mikroszkóppal vizsgálva a kőzet jól láthatóan mikrografikus szövetű (granofír) (*9. ábra a*). Deformáltságra utal a mikroklin lángpertites megjelenése (*9. ábra b*), a dinamikus átkristályosodott kvarc, valamint a relik kvarcszemcsék unduláló kioltása a földpátok között. A földpátok gyakran töröttek, egymáshoz képest elcsúsztak.

Plagioklász is megfigyelhető a kőzetben, mely erősen szericitisedett. Szericitisedés megfigyelhető a földpátok repedéseiben is. A kőzetben megjelenik a kalcit is (*9. ábra b*). Elvértve 30  $\mu\text{m}$  körüli kloritátlak is előfordulnak. A pirit a földpátok repedéskitöltéseként figyelhető meg gyakran szericit kíséretében. Az ércsavány-paragenezis hasonló a palás kvarcit ércparageneziséhez. A természetes 3–6  $\mu\text{m}$ -es szemcséként van jelen a káliföldpát és kvarc szomszédságában piritben (*10. ábra a*). Ezüsttartalma 0–28% (átlag 11,71% Ag) közötti. Az arany egy esetben 12  $\mu\text{m}$ -es cirkon zárványaként is megfigyelhető volt 1  $\mu\text{m}$  körüli sávokban, ahol pár % K- és Na-tartalom is mérhető volt (*10. ábra b*). A szulfidok közül a pirit mellett bizmutinit és egy Bi-Te-szulfid volt kimutatható. Az oxidok közül az akár 16  $\mu\text{m}$  körüli uraninit szemcsék ér-

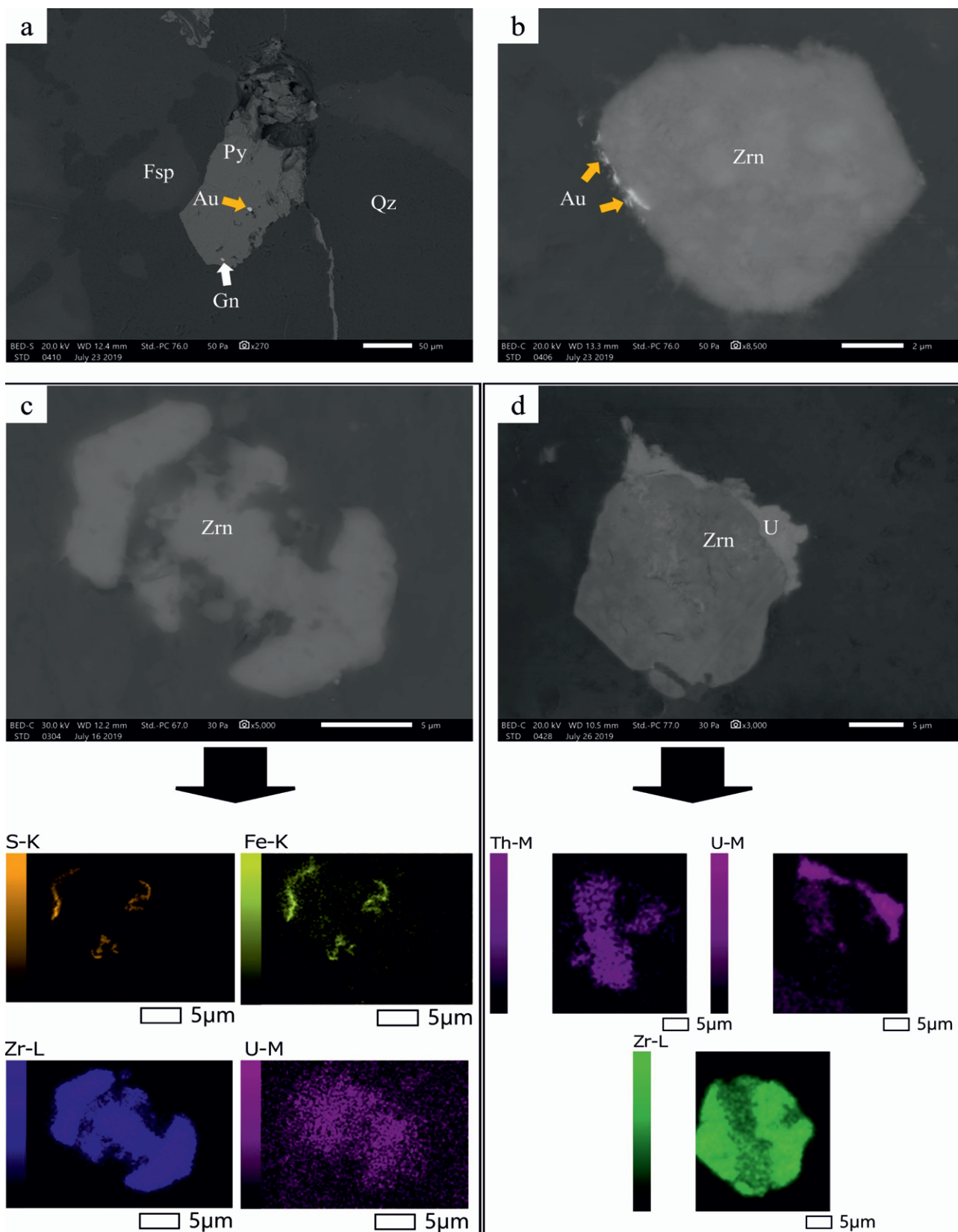


**9. ábra.** Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelék polarizációs mikroszkópi képei Mázáról (4. mintavételi pont)

a: erősen deformált mikrografikus szövet mikroklin (Mcc) és kvarc (Qz) eutektikus összenövéséből, néhol megjelenő kalcittal (Cal) (xN); b: lángpertites mikroklin (Mcc), plagioklász (Pl), kalcit (Cal) és kvarc (Qz) (xN)

**Figure 9.** Polarizing microscopic images of ore-bearing, deformed, microgranite clast from Máza (4. sampling point)

a: deformed, micrographic microcline (Mcc) and quartz (Qz) next to calcite (Cal) (xN); b: flame perthitic microcline (Mcc), plagioclase (Pl), calcite (Cal) and quartz (Qz) (xN)



10. ábra. Ércesedett, deformált mikrogránit-törmelék pásztázó elektronmikroszkópos képei Mázaról (4. mintavételi pont)

a: piritben lévő terméсарany (Au) és galenit (Gn) zárvány; b: a cirkonkristályban (Zrn) és annak peremén kívül terméсарany (Au); c: vázkristályos cirkon (Zrn) vasszulfidos kiválással a bontott zónái mentén (elemtérkép); d: Urángazdag zóna (U) hipidiomorf cirkonkristály (Zrn) körül. Arany (Au); galenit (Gn); kálicföldpát (Fsp); pirit (Py); kvarc (Qz); cirkon (Zrn); uránban gazdag epitaxiális továbbnövekedés (U) cirkonkristályon (Zrn)

Figure 10. Back-Scattered Electron images (SEM-BSE) of ore-bearing deformed microgranite clast from Máza (4. sampling point)

a: native gold (Au) and galenite (Gn) in pyrite (Py); b: native gold inclusion (Au) in zircon (Zrn); c: skeletal zircon (Zrn) with iron-sulphidic zones (element map); d: uranium-rich epitaxial zone (U) around subhedral zircon (Zrn)



demelnek figyelmet. A circonkristályok általában 5–20 mikrométer körüliek, sok esetben vázkristályosak (10. ábra c) bontott zónáik mentén vas-szulfidos kiválással (10. ábra c). Néhány hipidiomorf circonkristályon U-tartalmú epitaxiális továbbnövekedések láthatóak (10. ábra d). A circonkristályok mellett egy  $\text{ThSiO}_2$ -fázis is jelen van (torit vagy huttonit) a kőzetben. A 40  $\mu\text{m}$  körüli monacit- és xenotimszemcsék szintén nagyon gyakoriak. Gyakori elegyrész a monacittal egyező méretű fluorapatit is (III. táblázat). Itt jegyezzük meg, hogy monacit, torianit, pirit, bizmutinit ásványok kimutathatóak voltak egy szürke színű, foliált gneiszkavicsból is a váraljai Farkas-árokából (1. ábra, 5. mintavételi pont), melynek plagioklász-kristályainak szegélyén alszemcséképződés is megfigyelhető volt.

### *Ércesedett, milonitos gneisz (Ófalu, 7. mintavételi pont)*

A Szászvári Formációból származó, fenti ércesedett kőzettörmelékek erős deformáltsága, és feltehetően milonitosodás során létrejött szöveti bélyegei miatt a Mecsekalja-zóna szálban álló milonitos kőzetfeltárásainak átvizsgálására is sor került. Az Ófalu melletti Aranyos-völgy (Goldgrund) É-i részén, a Goldgrund-pusztai, elhagyott Perczel-villa után pár száz m-re található keleti mellékvölgy után 100 m-re lévő útbévágásban egy kb. 4 m szélességben követhető piritesezett zóna bukkan elő a paleozoós, kloritos, biotitos és milonitosodott Studervölgyi Gneiszből (1. ábra, 7. mintavételi pont). A leginkább pirites szakasz a feltárás É-i részén található kb. 2 m szélességű zóna, mely fehér földpátokat tartalmazó, világos szürkészöld színű milonitosodott, kvarciteres és kvarcitenlencsés gneiszből áll (II. ábra a). A pirit a dinamikusán átkristályosodott kvarc-kloriterek mentén található, melyben megjelenik a kalcit is (II. ábra b–c), illetve a biotitot, kloritot szorítja ki (II. ábra d–e). A pirit, deformáltsága alapján, minimum két fázisban vált ki (pre- és posztkinematikus). A gneisz dinamikusán átkristályosodott kvarcerei jellegükben nagyon hasonlítanak a Szászvári Formációból származó érces kvarcitenminták szöveti mintázatára. A deformáltságot mutató, ófalui kvarciterekben irányított turmalinkristályok helyezkednek el sávosan, c-tengelyükre merőlegesen sok esetben eltörve, ahol a tört kristályok egymástól kissé elvonszolódtak, a palásság síkjába ívesen besimultak (II. ábra e). A turmalin erősen pleokroós (színtelen, kék, zöldesbarna), jellegzetes, ditrigonális bázismetszetei, c-tengelyre merőleges hasadása jól felismerhetővé teszik (II. ábra e). Néhány turmalin kék belső magja körül zöldesbarna külső zóna is látható. Az

ércesedett gneiszből a klorittal együtt előfordul a barna színű allanit is, mely körül jellegzetes pleokroos udvar látható. A feltárás É-i zónájától kb. 2 m-re D-re lévő, hozzátétőlegesen 1 m vastagságú budin szintén jelentős mennyiségű piritet tartalmaz. Ez utóbbi részben a kőzet helyenként mikrobrecsás szövettű. A pirit üde, néhol a kőzetben sávokba rendeződve szórtan helyezkedik el, de eléri az 1 cm-es aggregátméretet is a változó vastagságú kvarciterekben. A kőzet helyenként több cm vastag kvarcitenlencsét is tartalmaz, melyek azonban ércmentesek. E zónától tovább D-re, ércmentes fillonit és fillit található.

SEM-EDS vizsgálatok alapján a kvarcitenben lévő piritben pár  $\mu\text{m}$ -es galenit, ritkábban kalkopirit található. A pirit zárványai között ezüst-tellurid fázisként megjelenik az 5  $\mu\text{m}$  körüli hessit, míg ritkábban, 0,5–2  $\mu\text{m}$ -es szemcsékként elektrum ( $\sim\text{Au}_{70}\text{Ag}_{30}$ ) és természetes arany is található a piritben (II. ábra f–g). Jellemzőek még a különféle Bi-Pb-Te-S fázisok a pirit zárvényaiként. A Bi-Pb-Te tömegszázalékos aránya alapján valószínű az aleksit jelenléte is (II. ábra h). Gyakori a Setartalmú akantit, mely a piritben pár  $\mu\text{m}$ -széles erek mentén található gyakran barit társaságában. Az akantit néhol tellúr- és aranytartalmú. A piritben nagyon gyakori az apatitzárvány, mely helyenként Th-Ce-tartalmú. A kőzetben viszonylag gyakori elegyrészek a különféle, 10–30  $\mu\text{m}$  körüli Ce-Nd-La-(Th)-tartalmú oxidos fázisok is (III. táblázat).

## **Diszkusszió**

### *A történeti nemesfémkutatások és az általuk feltárt képződmények értékelése*

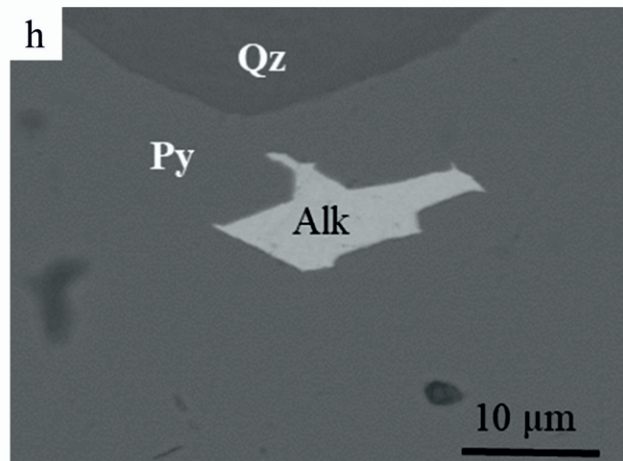
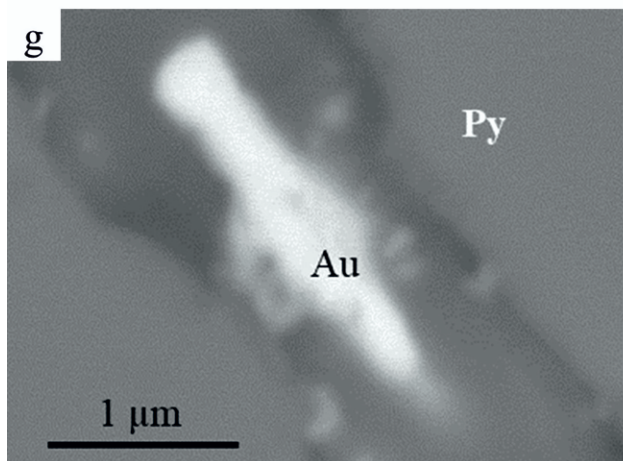
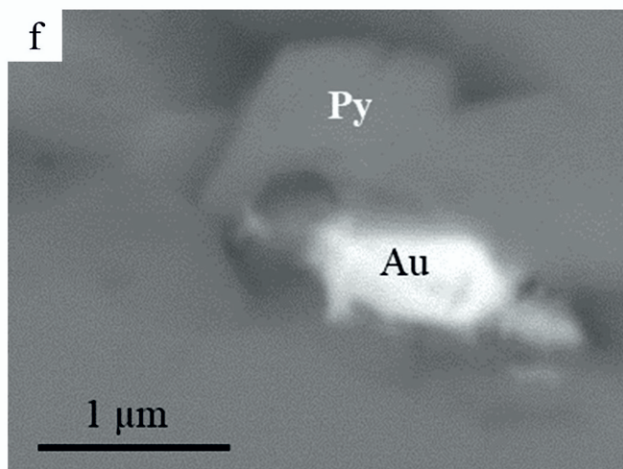
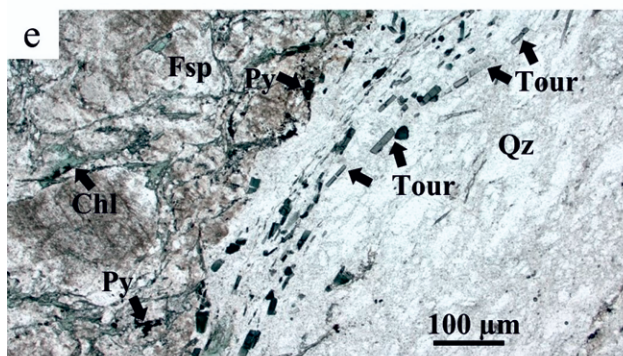
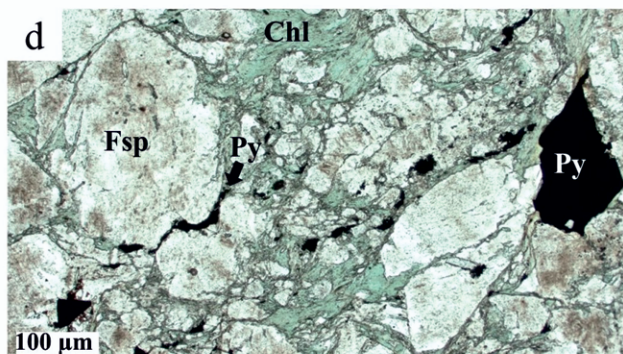
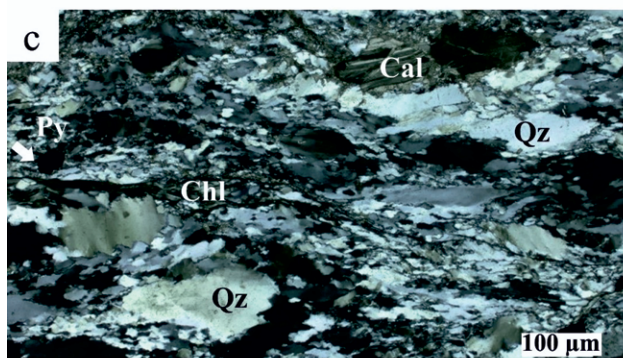
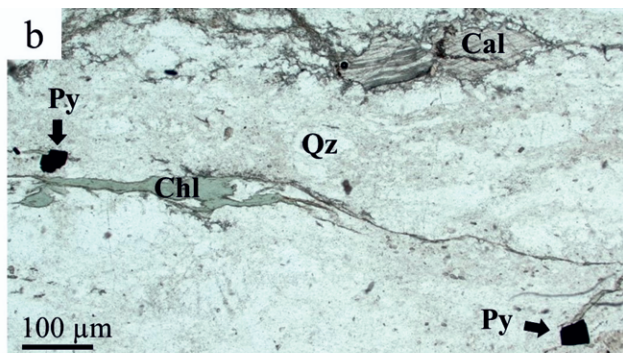
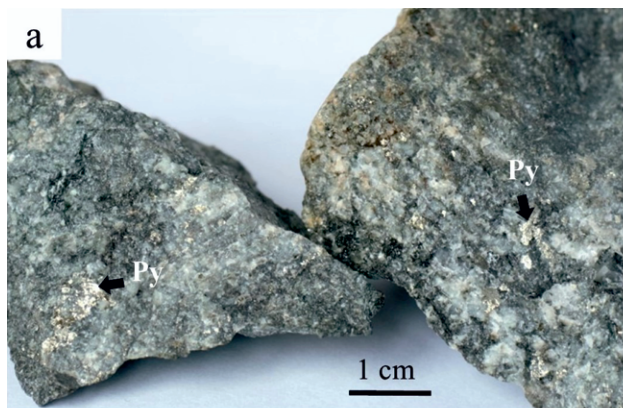
A korabeli, nemesfémekre irányuló bányászati próbálkozások (tárókihajtások) a 17–18. század fordulóján is, majd a 20. század elején is alsó kréta magmás testek és üledékes kőzetek pirites érintkezései mentén történtek a Kelet-Mecsekben. A Réka-völgyi tefrifonolitos teleptelér fekete palával létrejövő érintkezéséhez közeledve jól követhető a mafikus elegyrészek és szemcséközi alapanyag pirittel való kiszorítása, majd a piritnek egyre inkább hólyagüregeket kitöltő megjelenése. Az érintkezéshez közeledve a rohamosan feldúsuló illófázis jelenlétére a piriten kívül kvarccal, klorittal és kalcittal kitöltött több cm-es, helyenként elnyúlt hólyagüregek hirtelen megjelenése utal, valamint a mellékkőzetben létrejövő breccsák, és a breccsát cementáló kalcit, kvarc és pirit. A fekete pala kontaktfolyamatoktól érintetlen részéből vett framboidális pirit  $\delta^{34}\text{S}$  értékei (–16,72 és

→ 11. ábra. Ércesedett gneisz (Studervölgyi Gneisz) makroszkópos, polarizációs mikroszkópos, és elektronmikroszkópos képei az ófalui Aranyos-völgyből (Goldgrund), (7. mintavételi pont)

a: pirites gneisz; b: dinamikusán átkristályosodott kvarc (Qz)-ér klorittal (Chl), pirittel (Py) és kalcittal (Cal) (1N); c: keresztezett nikollokkal jól látszik a kvarc (Qz) peremén az alszemcséképződés, a nagyobb szemcsék unduláló kioltása (xN); d: a pirit (Py) a földpát (Fsp) szemcsék közötti kloritos (Chl) térben növekszik, kisebb zsinórokat, nagyobb aggregátumokat alkotva, a jellegzetes Au-Ag-Bi-Te zárványfázisokkal (1N); e: a dinamikusán átkristályosodott kvarcitenlencsékben (Qz), erezésekben néhol egymással párhuzamosan futó, turmalinsávok jelennek meg, ahol a turmalinkristályok (Tour) töredezték, a foliáltság síkjába rendeződtek (1N); f, g: természetes arany (Au) piritben (Py); h: aleksit (Alk) piritben (Py)

→ **Figure 11.** Macroscopic, polarizing microscope and Scanning Electron Microscope images of the ore-bearing gneiss from the Goldgrund Valley, near the village of Ófalu (7. sampling point)

a: pyritic gneiss; b: dynamically recrystallized quartz (Qz) with chlorite (Chl), pyrite (Py) and calcite (Cal) (1N); c: undulose extinction can be seen in bigger, relict quartz (Qz) grains (xN); d: pyrite (Py) alkali feldspar (Fsp) chlorite (Chl) (1N); e: broken tourmaline (Tour) crystals in dynamically recrystallized quartzite (Qz) lens emplaced parallel with the foliation (1N); f, g: native gold (Au) inclusion in pyrite (Py); h: alexite (Alk) inclusion in pyrite (Py)



–18,01‰) bakteriális szulfátredukciót jelez (HABICHT & CANFIELD 1997). Az alacsonyabb fokú frakcionáció gyorsabb ütemű üledékképződésre és szulfátredukcióra utalhat (GOLDHABER & KAPLAN 1975). Az érintkezéshez közeledve a tefrifonolit mafikus elegyrészeinek pirittel való kiszorítása, a szemcseközi térben és a hólyagüregekben megjelenő pirit képződése a fekete pala üledékes eredetű, framboidális piritjének kontakthatásra létrejött szétesésével és a kénnek a kisebb illónyomású olvadékba migrálásával magyarázható. Ezt a modellt a fonotefrit hólyagüregeiből szeparált pirit  $\delta^{34}\text{S}$  értékei (–11,80 and –12,65 ‰) is megerősítik, mely mért értékek csak kis mértékben térnek el a fekete pala üledékes piritjének kénizotóptérfékeitől, ami az illófázis képződésekor bekövetkezett frakcionációra utalhat. A tefrifonolit és fekete pala érintkezésén kifejlődött breccsában található pirobitumen a szerves anyag hidrotermás átalakulásának nyomát őrzi.

Hasonló folyamatok mehettek végbe a GROSZ-féle tárók környezetében is, ahol a bazalt áttörte a helyenként pirites titon–berriazi rétegeket. A bazalt és mészkő érintkezése mentén kifejlődött mészkőbreccsa kalcitereiben és az erek mentén itt is megjelenik a pirobitumen, ami a szerves anyag hidrotermás átalakulását jelzi. A bazalttelér kalcitereiből szeparált pirit extrém pozitív  $\delta^{34}\text{S}$  értékei (+30,68 és +31,56‰) zárt rendszerű, bakteriális szulfátredukcióra utal (Rayleigh-frakcionáció) (SEAL 2006). A bazaltbenyomulást vélhetően az üledékes kőzetben hidrotermás hatásra széteső piritből (és esetleg szerves anyagból) felszabaduló kén és szintén hidrotermás hatásra, a bazalt elbontott mafikus elegyrészeiből felszabaduló vas reakciója során képződött hidrotermás piritkiválás követte az erekben.

A tárók pirites anyagából sem ércmikroszkóppal, sem pásztázó elektronmikroszkóppal nem lehetett nemesfémeket kimutatni. A pirites indikációk, bár magmás kőzetek kalcitereiben hintve vagy hólyagüregekben találhatóak, nemesfém-dúsulási folyamatok nem jöhettek létre: a kontaktusokon nagyobb mennyiségben megjelenő pirit az ásványtani, szöveti és kénizotóp-vizsgálatok alapján minden esetben üledékes eredetű pirit hidrotermás szétesésének és a mellékkőzetből felszabadult kénnek a kristályosodó olvadékkal és mafikus elegyrészeivel, valamint a magmás kőzet hidrotermás bontásából felszabaduló vassal létrejött reakciójának az eredménye.

Mindezen várható eredmények ellenére egy zavarba ejtő anomáliára fel kell hívni a figyelmet, mely nyomán a kelet-mecseki arany legendája létjogosultságot kap. A trianoni békediktátumot követő évben, amikor GROSZ utoljára kutató Kárász környékén, az egész ország területén nemesfémekre benyújtott zártkutatómányok (illetékköteles nyersanyagkutatási jog egy adott területre) száma összesen 9457 db volt. Ebből csak a pécsi bányakapitányságra nemesfémekre benyújtott zártkutatómányok száma 8276 db volt (ALLIQUANDER 1931), ami az országos nemesfémkutatási kérelmek több mint 87%-át teszi ki. Ez az érték a békediktátumot követően kieső erdélyi és felvidéki bányák pótlására irányuló, nyilvánvaló nemesfémigényeket is figyelembe véve túl magas ahhoz, hogy csupán spekulációnak minősíthes-

sük, ahogy azt az előbb idézett szerző magyarázta. ALLIQUANDER (1931) megjegyzi ugyanis, hogy 1921-ben elterjedt a hír, hogy Baranya és Tolna területén aranydús torlatokat találtak. A pécsi bányakapitánysághoz nemesfémre benyújtott zártkutatómányok száma 1912–1920 között évente maximum 51 db volt (1918-ban és 1919-ben), de általában ennél kevesebb (uott). Feltételezhető tehát, hogy az elvesztett felvidéki és erdélyi nemesfémlelőhelyek pótlása sarkallta magánkutatások tényleges eredményeket is hozhattak, aminek magyarázata lehet a pécsi bányakapitányságon az előző évekhez és az ország többi bányakapitányságához beadottakhoz képest aránytalanul sok nemesfémekre bejelentett zártkutatómányok száma. Ezek igen magas száma tehát mutatja, hogy néhány megismert aranyelőfordulásról szóló eredmény bekerült a köztudatba, de természetesen ez nem jelenti azt, hogy a Kelet-Mecsekben ilyen nagyszámú aranyelőfordulás létezhet. A másodlagos aranyelőfordulásokra azonban további bizonyítékul szolgálhat VITÁLIS (1935a) jelentése, melyben a nemesfémkutatásokban járatos, Selmezbányán és Körmöcbányán tapasztalatokat szerzett TIMKÓ Gyula bányamérnök által közölt aranytartalmú konglomerátum megtalálásáról számolt be Komló térségében. Azonban TIMKÓ a nagyobb ércvagyon reményében a vastagabb, nyugat-mecseki perm–triász konglomerátum vizsgálatát indítványozta, ami negatív eredményt adott. Összehasonlításként, a MÉRCE Bt. (2000) zárójelentéséből ismert, hogy a perm–triász törmelékes képződményekből 0,005–0,02 ppm arany mérhető (bár jelentősebb ezüstanomáliák mellett), és egyedül a szulfidosodott, uránércesedett növényi maradványok környezetében mértek lokálisan maximum 5,6 ppm-es Au-mennyiséget. A Ny-mecseki vizsgálatokat követő negatív eredmények és a két háború közötti időszakban inkább a vasérc és széntelepek feltárására összpontosító központi figyelem miatt az aranykutatás elhalt.

A lejátszódott földtani folyamatok ismeretének tükrében és az anyagvizsgálati eredmények alapján a Kárász–Magyaregregy és Óbánya környéki pirites kontaktusok nemesfémekre nézve meddőknak bizonyultak. A helyenként nagymértékű piritesedés megtévesztő jellege azonban egészen a XX. századig elkísérte az aranyat és ezüstöt kutatókat. Ugyanakkor ALLIQUANDER (1931) közlésében spekulációnak tartott, torlatos aranyról szóló hírek mégis igaznak bizonyulhattak, amit a zártkutatómányok kérvényezőinek egy része valóban ismerhetett, ahogyan TIMKÓ eredményei (VITÁLIS 1935a) is megerősítik a területen lévő miocén konglomerátumban helyenként feldúsuló aranytartalmat.

#### *A torlatos arany eredete*

A Kelet-Mecsek patakjainak (Máza, Cserfa-forrás-völgye; Váralja, Farkas-árok) hordalékában lévő arany szemcsék eredetének felderítéséhez 1) az arany és zárványainak geokémiai vizsgálatára, 2) a patakmeder aranytartalmú törmelékes kőzeteinek felkutatására, ásványtani-geokémiai összehasonlító vizsgálatára, valamint 3) utolsó lépésként a lehetséges aranytartalmú szálkőzet felderítésére és ásványtani-geokémiai összehasonlító vizsgálatára volt szükség.

1) A sok esetben tagolt arany szemcsék enyhe koptatottsága, nagyon kevés kivételtől eltekintve a peremek mentén is állandó ezüsttartalma, valamint szulfidzárványai alapján minimális, mindössze 50–300 m szállítás valószínűsíthető (TOWNLEY et al. 2003). Vagyis az arany anyagközetének szállítódását követő felaprózódása után, a kőzetből való kiszabadulásától kezdve a leülepedéséig max. 300 m-es távolság becsülhető (uott). Az arany finomsága  $[Au/(Ag+Au)*1000]$  a 22 szemcse 32 mérési pontján végzett EDS-mérések alapján: 761–1000. Az átlag 945, a medián pedig 953. Ez a szűk tartomány magas aranytartalommal az orogén aranytelepekre jellemző, melyeknél az arany finomsága általában 800–1000 közötti, az átlaga pedig 940 (MORRISON et al. 1991, CHAPMAN & MORTENSEN 2006). Az arany zárványainak elemzése során termézbizmut, pirit, arzenopirit, egy Ni-Co-Fe-As-S fázis és szilikát (klorit, kálföldpát, albit, szericit, cirkon) volt azonosítható, de a kvarc a legtöbb arany szemcsében nagy mennyiségű és méretű primer elegyrész, ezenkívül gyakori a kalcit is. Az orogén aranyércesedések domináns szulfid fázisai szintén az arzenopirit és pirit, valamint igen jellemzőek a különféle bizmut- és tellúrtartalmú fázisok is (GOLDFARB et al. 2005), mely szintén megerősíti a torlatos arany orogén eredetét. Az arany szemcsék morfológiája, ezüsttartalma és eloszlása, valamint az azonos zárványparagenezis azonos forrásra utal. Ezenkívül az arany szemcsék LA-ICP-MS elemzésekor kimutatott Bi, Pb, és a Ni, Co, As és Fe jelének együttmozgása alátámasztja az arany szemcsékből SEM-EDS módszerrel meghatározott Co-Ni-As-S fázisok jelenlétét, másrészt a Bi határozott jelenlétét, ami természetben lévő bizmutból és más szulfid (esetleg tellurid) zárványokból származhat (5. ábra a–b).

2) A Szászvári Formációból származó, aranyat tartalmazó kőzettörmelékek közös tulajdonsága az erősen foliált, irányított és nyírásra utaló szerkezet. Mindegyik mintában gyakori elem a bizmut, mely szulfid, szulfotellurid és tellurid fázisban van jelen. A mázai kvarcittörmelék tellúrban gazdag paragenezissel rendelkeznek, míg a hidasi kvarcittörmelékben némileg szegényebb, de tartalmaz gersdorffitot és a torlatos aranyban zárványként előforduló Co-Ni-Fe-As-S-ásvány elemarányával nagyfokú hasonlóságot mutató fázist, valamint termézbizmutot is. Mindkét lelőhely kvarcittörmelékében nagyon gyakori elegyrész a kálföldpát. A cirkon, klorit, fluorapatit, uraninit és torianit a hidasi mintákra jellemző, míg a muszkovit (szericit) gazdagság a mázaiakra. Az aranytartalmú, deformált mikrogránit-törmelékben mindig jelen van a bizmutinit, esetenként a Bi-szulfotellurid. A mázai, deformált mikrogránit-törmelék-mintában az arany a cirkon zárványaként is megjelenik, valamint jellemző elegyrészek a monacit, xenotim, uraninit, és különböző Th-ásványok. A paragenezis alapján megállapítható, hogy mind az érces, foliált kvarcittörmelékben, mind az érces, deformált, mikrogránit-törmelékben lévő hidrotermális ásványparagenezis genetikai rokonságban lehet egymással. A torlatos arany szemcsék és az ércesedett kőzettörmelékek paragenezise szintén egyező genetikai kapcsolatra utal.

3) Az ércesedett kőzettörmelékek és kavicsok erősen fo-

liált, valószínűleg milonitos szerkezetre utaló bélyegei alapján indult meg a Mecsekalja-zóna szállban álló képződményeinek vizsgálata. A feltárások jó része Ófalu környékén található, ahol a közelmúltban intenzív földtani kutatás zajlott (BALLA & GYALOG 2009). Ennek ellenére a Goldgrund-völgy milonitosodott ortogneiszében (M. TÓTH et al. 2005) egy olyan helyenként intenzíven piritesedett, néhol mikrobrecsás zóna előfordulását azonosítottuk, melyből természetes, ezüst-tellurid, arany- és szeléntartalmú ezüst-szulfid, Bi-, Pb-, Cu-szulfotelluridok, galenit és kalkopirit volt kimutatható. Az ércesedett zóna és az Ag-, Pb-, Bi-, (Cu)-tartalmú szulfidos paragenezis jelentőségét szintén alátámasztja CSALAGOVITS et al. (1976) korábbi geokémiai felmérése, mely a legnagyobb, talajban mért Ag-indikációt az ófalui „szegélytörés” mentén, annak csapásában, a Mecsekalja-zónában észlelte.

*Egy feltáratlan érchordozó szerkezet:  
a Mecsekalja-zóna, mely hazánk  
első orogén aranytelepét rejteti*

A Mecsekalja-zóna egy olyan ércesedett tektonikus zóna, melynek Au, Ag, Bi, Te, Pb, (Co, Ni) (valamint U, Th és RFF) potenciálja a jelen kezdeti kutatási adatok alapján helyenként akár jelentős is lehet, amit a Kelet-Mecsek (recens-szubrecens) torlatos aranyelőfordulásai megerősítenek. Ez a zóna egy olyan átlagosan másfél km széles, Szigetvár és Tolna közt kb. 90 km-es hosszúságban nyomon követhető tektonikus öv, mely a perm óta aktív oldalelmozdulásokkal jellemezhető (BALLA & GYALOG 2009). A Mecsekalja-zóna kőzeteinek nyírásos deformációjával keletkezett milonit egy részének protolitja a cirkon morfológiai vizsgálatok alapján nagy valószínűség szerint kéregeredetű, S-típusú, peralumíniumos monzogranit-granodiorit (ortogneisz) lehetett (M. TÓTH et al. 2005). A cirkonmorfológiai vizsgálatok és az akcesszórius fázisok alapján azonban a kiindulási kőzet nem azonosítható az I-I/S-típusú, metalumíniumos Mórággyi Gránittal, viszont az alföldi ortogneisszel M. TÓTH et al. (2005) szerint feltűnő a hasonlóság. POGÁCSÁS et al. (1989) alapján a Mecsekalja-zóna keleti irányban geofizikai módszerekkel egészen a Kőrösökig követhető, és egybeesik az említett ortogneisz zóna vonalával. M. TÓTH et al. (2005) az eddigi alapján az ófalui gránit milonitban (milonitos ortogneisz) az alföldi (Békési-medence északi részén lévő) monzogranit-granodiorit eredetű ortogneisz zóna DNy-i folytatását valószínűsítik.

A Mecsekalja-zóna kőzeteinek milonitosodása a felső zöldpalafaciesben (350–550 °C) ment végbe (KIRÁLY & KORONAI 2004), 4–6 kbar nyomáson (ÁRKAI & NAGY 1994, LELKES-FELVÁRI et al. 2000). A milonitosodás kora 270–303 millió éves intervallum közé tehető (LELKES-FELVÁRI et al. 2000). Az aranytartalmú, deformált mikrogránit kőzettörmelékben lévő lángpértites mikroklin (Máza) megjelenése szintén zöldpala-faciesű metamorfózisra utal, melynek különösen képlekeny nyírás zónákban gyakori a megjelenése (PASSCHIER 1982). GROVES (1993) megállapításai alapján a zöldpala-faciesű metamorfózistól a granulit-faciesű meta-

morfózisig, a metamorfózissal egyidejűleg, a nyíró- és törészónák mentén felfelé ható fluidumvándorlás kezdődik, melynek oldott fémtartalma jelentős. A hidrotermás működés zöldpala-fáciesű metamorfózis esetén ~3–15 km közötti mélységben jellemző (uott). GOLDFARB et al. (2005) szerint minden jelentősebb orogén aranytelep akkréciós és kollíziós övek zöldpala-fáciesű metamorfózist szenvedett területein található, ahol a telepek többsége elsőrendű, mélyre hatoló törések és nyírózónák mentén alakult ki minimum 4 km-es mélységben. Ezek a zónák akár több száz km hosszúságúak lehetnek, és néhány száz métertől több km-es szélességig terjednek. BIERLEIN et al. (2004) alapján a meredek feltolódási zónákban később fellépő oldalelmozdulás a legkedvezőbb a nagy mennyiségű fluidumáramlásnak, mely az aranyércesedés kialakulásához vezethet. Ez a megállapítás annak ismeretében válhat fontossá, hogy a Mecsekalja-zóna metamorf kőzeteiben található, nyírási jelző porfiroklasztnak vizsgálata alapján a zónában mind feltolódás, mind oldalelmozdulás is zajlott (BALLA & GYALOG 2009). A Mecsekalja-zóna metamorfitjait északról határoló Mórággyi Metagránit ismeretében szintén figyelemre méltó, hogy GROVES et al. (2000) alapján az eltérő kompetenciájú kőzetek határán, pl. granitoidok szegélyén jelentős fluidummigráció léphet fel a metamorf összletben. Sőt, GOLDFARB et al. (2005) szerint a világon kevés olyan jelentős orogén aranytelep van, ahol a metamorfösszlet szomszédságában magmás intrúzió ne volna, mely a fémmakkumulációs rendszer bonyolultságát is szemlélteti egyben. Az aranytartalmú fluidumok eredetét tekintve egyelőre nincsenek vizsgálati eredményeink, de orogén aranytelepek esetében a nagy mennyiségű fluidummigrációt – általában szubdukálódott, serpentinisedett óceáni lemez fölött elhelyezkedő – pelites (sokszor aranytartalmú piritet tartalmazó), esetleg bazaltos protolitok metamorfózisához kötik (GROVES & SANTOSH 2016, GABOURY 2019).

A kutatási terület kőzeteinek vizsgálata során az aranytartalmú fluidumokkal kapcsolatos összefüggésekre a következő petrogenetikai indikátorok is rávilágítanak. A Szászvári Formáció ércesedett és deformált mikrogránit-törmelékében megfigyelt vázkristályos, esetenként hipidiomorfnak, U-tartalmú epitaxiális továbbnövekedéseket (10. ábra d), vasszulfidos kiválást (10. ábra c) valamint aranyat(!) tartalmazó (10. ábra b) cirkonkristályai („hidrotermális cirkon”) intenzív fluidumáramlásra, a cirkon hidrotermális fluidumok általi bontására és újrakristályosodásra utal (pl. PARK et al. 2016). Az orogén aranyelőfordulásokat vizsgálva figyelemre méltó, hogy az alkáli turmalin mint petrogenetikai indexásványcsoport, az orogén aranytelepek kvarc, kvarc-karbonát ereiben nagyon gyakran jelenik meg, közel drávitos összetétellel (MOLNÁR et al. 2016, SCIUBA et al. 2020). GOLDFARB et al. (2005) szerint a turmalin megelőzheti az arany kiválását, és csak ritkán utólagos a megjelenése, de minden esetben az aranytartalmú kvarcerek részét képezi, melyekben a leggyakoribb szulfidfázisok a pirit és arzenopirit, valamint a különféle Bi-Te-ásványok főként szulid, szulfoarzenid és tellurid formájában. MOLNÁR et al. (2016), BEAUDOIN & PITRE (2016), VASILOPOULOS et al.

(2021) és számos más szerző alapján a turmalin megjelenése az orogén aranytelepekben rendszerint egyidős az arany képződésével. Az Ófalunál kibukkanó Studervögyi Gneisz érces kvarcitjában előforduló turmalin töredezettsége és a palásság síkjába ívesen besimuló turmalinfragmentumok alapján feltételezhető, hogy a turmalinosodás is a milonitosodáshoz kötődően, a kvarc dinamikus átkristályosodását megelőzően vagy annak során jöhetett létre. Megfigyeléseink alapján turmalinosodás az aranyércesedett zónákban jellemző.

#### *Az ércesedett metamorfitek lepusztulása, torlatképződés*

A miocén szávai fázisában létrejött KÉK–NyDny-irányú vetődések D-ről É-felé lejtő, lépcsős pászttakat hoztak létre közel 800–1000 m-es szintkülönbséggel a Kelet-Mecsek É-i előterében, így nagy vastagságú, törmelékes összlet rakódott le a Magyaregregy–Hidas közötti területen (HÁMOR 1970). A kisebb elvetési távolsággal jellemezhető, ÉÉNy–DDK-i irányú harántvetőknek a délről érkező fő szállító folyók medrének preformálásában volt meghatározó szerepe (uott). A több száz méter vastag szárazföldi üledékes összlet a K-i Mecsek központi mezozoos tömegének É-i peremén kialakult mélyedésben akkumulálódott (RAVASZNÉ BARANYAI 1973). A gyors üledékképződésre a szemcsék igen gyenge osztályozottsága és a törmelék méret és anyag szerinti megoszlásának időben és térben észlelhető nagyfokú változékonysága utal (uott). Az ércesedett és dinamikus átkristályosodott kvarcit D-i irányból érkező szállítással a miocénben legkiemeltebb helyzetű paleozoos kristályos képződményekből (HÁMOR 1970), vagyis metamorfitek esetében jelenlegi ismereteink szerint csak a Mecsekalja-zónából (LELKES-FELVÁRI et al. 2000, JÓZSA et al. 2009) származhat. A helyenként mikrofotikus szövetű, ércesedett és deformált mikrogránit törmelék pedig a szintén zöldpala-fáciesű metamorfózist szenvedett Mórággyi Metagránit Formáció kőzeteinek a Mecsekalja-zónával határos elterjedési területéről származhat. A Mórággyi Metagránit Formáció kőzeteiből KIRÁLY és KOROKNAI (2004) szintén leírtak milonitos öveket, melyek csapásiránya megegyezik a Mecsekalja-zóna ÉK–Dny-i irányú csapásával. A Mecsekalja-zóna ércesedett, metamorf kőzeteinek lepusztulási modelljét erősíti az a megállapítás is, miszerint a milonitos, erősen foliált és kvarctartalmú közettörmelékek előfordulási maximuma a Szászvári Formáció kavicsanyagában (Kelet-Mecsek középső sávja, JÓZSA et al. 2009) egyezik a torlatos aranyat tartalmazó kelet-mecseki völgyszakaszokkal, amit megfigyeléseink is alátámasztanak. A folyóvízi áthalmozással a metamorf zónából származó kőzetek durva sziliciklasztnak üledékként akkumulálódtak (Szászvári Formáció). Az időszakosan erőteljes esőzések egykori megjelenésére RAVASZNÉ BARANYAI (1973) szintén felhívta a figyelmet. Ez pedig kedvező lehetett a felsőszakasz jellegű folyók hordalékában az aprózódás következtében felszabaduló arany-

szemcsék hirtelen lerakódásához. Az arany ezután a Szászvári Formáció kőzeteinek felszínre kerülésével a szubrecens-recens torlatokban is megjelenik. A paleo-torlatok előfordulásait tekintve egyelőre nincsenek bizonyítékaink, feltárásuk további kutatásokat tesz szükségessé.

### Következtetések

1) A Kelet-Mecsekben, az alsó kréta magmás kőzeteknek üledékes kőzetekkel való érintkezési mentén megjelenő pirites indikációkat már évszázadokkal korábban kutatták mint lehetséges nemesfémlelőhelyeket. A jelenlegi kutatásaink során elvégzett vizsgálatok alapján a pirites előfordulások nem tartalmaznak nemesfémeket.

2) Az ALLIQUANDER (1931) által spekulációnak tartott hír, miszerint 1921-ben aranydús torlatokat találtak Baranya és Tolna területén, igaznak bizonyult. Ezt a VITÁLIS (1935a) által közölte, a komlóvi vízkutató fúrás során a miocén konglomerátumban talált arany, valamint az azóta megismert recens-szubrecens torlatokból mosott arany vizsgálati eredményei is megerősítik. A vízkutató fúrás konglomerátumjából kimutatott arany ezen kívül az arannak nem csak recens, hanem paleo-torlatos előfordulását is valószínűsítheti. Szintén jelentősége van annak, hogy KÖRPÁS et al. (1999) a mánfai terület főleg sziliciklasztos (Budafai Formáció) kőzeteinek lepusztulásából képződött patakordalék mintázása során 1,27 ppm aranyat mutatott ki, ami az arany áthalmozódására és további paleo-torlatok (tengerparti, delta) előfordulására utalhat.

3) A Kelet-Mecsekben található recens-szubrecens, aranytartalmú torlatok miocén folyóvízi eredetű, törmelkes üledékes kőzetekből (Szászvári Formáció) kimosódott szemcsék gyors akkumulációjával jöttek létre. Az arany állandó ezüsttartalma, az enyhe koptatottság, a kerekítettség hiánya vagy az igen kis fokú kerekítettség, valamint a szulfidzárványok alapján mintegy 50–300 m-es szállítási útvonal feltételezhető (TOWNLEY et al. 2003) az anyakőzetből való felszabadulás, a miocénben történt hirtelen lerakódás és a recens patakok általi, szintén igen rövid távú újraülepítés között. Az arany finomságának átlaga 945, ami az orogén aranytelepekkel rokonítható. Szintén az orogén aranytelepek jellemzőit mutatja az aranszemcsék zárványaként megőrzött ércásvány-asszociáció. Az aranszemcsék azonos összetételi sajátosságai és hasonló morfológiai bélyegei azonos forrásra utalnak.

4) Az ércesedett, milonitosodott(?) kvarcit- és szintén ércesedett, milonitosodott(?) mikrogranit kőzettörmelékek D-i irányból érkező szállítással (HÁMOR 1970), a miocénben kiemelt helyzetű Mecsekalja-zónából és közvetlen környezetéből származhatnak (hozzávetőlegesen a Martonfa és Erdősmecke közötti területről). A Mecsekalja-zónából folyóvízi áthalmozással származó kőzetek durva sziliciklasztos üledékként akkumulálódtak (Szászvári Formáció). Az aprózódás következtében felszabaduló arany szinte azonnal

leülepedett a folyóágyban, majd a Szászvári Formáció felszínre kerülésével a szubrecens torlatokban is megjelenik. Miocén korú paleo-torlatok előfordulása a területen tehát valószínűsíthető.

5) A Mecsekalja-zónában nagy tömegben előforduló, ércesedett, Au-Ag-Bi-Te fázisokat tartalmazó, milonitosodott gneisz (Studervölgyi Gneisz, Ófalu) és a hasonló ércparagenezisű és erős deformáltságot mutató (Szászvári Formációból származó) kőzettörmelékek, valamint a torlatos arany zárványainak nagyfokú egyezése arra utal, hogy a torlatos arany primer forrása a Mecsekalja-zóna mentén található, (felső) zöldpala-fáciesű átalakulást szenvedett kőzetek voltak. A modellt a miocén folyók lehordási területének ismert kőzettípusai és szállítási útvonala (HÁMOR 1970) is megerősíti. A Mecsekalja-zóna kőzeteinek variszkuszi, (felső) zöldpala-fáciesű metamorfózisa, az ércindikáció nyírasi zónához való kapcsolódása, a primer ércesedés ásványtani, szöveti és geokémiai jellemzői együttesen egy orogén aranyércesedés jellemzőit mutatják.

A további vizsgálatok a felszíni feltárások ércesedett anyagából és a Mecsekalja-zónát harántoló, még meglévő mélyfúrási anyagokból vett szulfidos indikációk arany és más hasznosítható nyomelemeinek mennyiségi és minőségi elemzésére, az ércesedés képződési körülményeinek folyadékzárvány vizsgálatok révén történő pontosítására, az arany hidrotermális xenotim és monacit U-Pb módszerrel történő kormeghatározására, valamint a felszíni indikációk geofizikai vizsgálataira irányulnak.

### Köszönetnyilvánítás

Az arany mosásának és szerkészesének elsajátításához ÉVA Zsombor nyújtott segítséget. KOVÁCS Jánost és SZABÓ Pétert illeti köszönet az SZKK elektronmikroszkópjának használatáért. BÍRÓ Máté a Finn Geológiai Szolgálatnál Finnországban (GTK) végzett ellenőrző elektronmikroszkópos vizsgálatai megerősítették az aranszemcsékből mért ezüstarányokat és a zárványok elemarányait. Peter KODÉRÁnak és Rastislav MILOVSKYNak a kénizotóp-mérések lebonyolításáért mondunk köszönetet. SZLEPÁK Tímea az adattári kutatások során nyújtott lelkes segítséget. Köszönet illeti MÁTÉ Gábort, akinek nagypapája volt az utolsó „aranybányász” Kárászon, és akinek segítségével az eltűnt tárók kutatása és a színes néprajzi anyagba való betekintés további eredményeket szolgáltatott. LANG Ádámnak köszönet az egykori „Pérez bányász” létesítését alátámasztó, latin nyelvű levéltári dokumentumok felkutatásáért és a közös felfedezésekért. Köszönet illeti két bírálónkat, FÖLDESSY JÁNOST és egy anonim bírálót, valamint SZAKMÁNY György és PÓSFALAI Mihály szakszerkesztőket, hogy korrekcióikkal és javaslataikkal emelték a kézirat színvonalát. Végül köszönjük FALUS György és TÖRÖK Kálmán támogatását, hogy a kutatást állami szintű projektbe integrálhattuk.

## Irodalom – References

- ALLIQUANDER Ö. 1931: *Magyarország bányá- és kohóipara az 1912–1926. évben. I–II. rész.* – Magyar Királyi Állami Nyomda, Budapest.
- ÁRKAI, R. & NAGY, G. 1994: Tectonic and magmatic effects on amphibole chemistry in mylonitized amphibolites and amphibole-bearing enclaves associated with granitoid rocks, Mecsek Mountains, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **37**, 235–268.
- BABICS A. 1960: A bányászati nyersanyagkutatás és a bányaművelés története a Keleti Mecsek északnyugati (Magyaregregy – Kárász – Vékény) területén. – In: *A Magyar Tudományos Akadémia Dunántúli Tudományos Intézete. Értekezések* 1960. Szerk. BABICS A. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1961, 107–148, Klny.
- BALLA Z. & GYALOG L. (szerk.) 2009: A Mórággyi-rög északkeleti részének földtana. *Magyarító a Mórággyi-rög északkeleti részének földtani térképsorozatához (1:10000)* (Geology of the North-eastern part of the Mórággy Block. Explanatory notes to the Geological map series of the north-eastern part of the Mórággy Block (1:10 000). Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 283 p.
- BEAUDOIN, G. & PITRE, D. 2005: Stable isotope geochemistry of the Archaean Val-d’Or (Canada) orogenic gold vein field. – *Mineral Deposita* **40**, 59–75. <https://doi.org/10.1007/s00126-005-0474-z>
- BIERLEIN, F. P., CHRISTIE, A. B. & SMITH, P. K. 2004: A comparison of orogenic gold mineralization in central Victoria (AUS), western South Island (NZ) and Nova Scotia (CAN) — implications for variations in the endowment of Paleozoic metamorphic terrains. – *Ore Geology Reviews* **25**, 125–168. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2003.09.002>
- CHAPMAN, R. J. & MORTENSEN, J. K. 2006: Application of microchemical characterization of placer gold grains to exploration for epithermal gold mineralization in regions of poor exposure. – *Journal of Geochemical Exploration* **91**, 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2005.12.004>
- CSALAGOVITS I., DIENES I., FÜGEDI P., HETÉNYI R., JANTSKY B., ZENTAY P. & HETÉNYI R-NÉ: 1976: *A Dél-dunántúli érckutatás geokémiai előkészítése. B-téma.* – MBFSZ-adattár, T:5873.
- GABOURY, D. 2019: Parameters for the formations of orogenic gold deposits. – *Applied Earth Science* **128/3**, 1–10. <https://doi.org/10.1080/25726838.2019.1583310>
- GATTER, I. & TÖRÖK, K. 2004: Mineralogical notes and fluid inclusion studies on quartz-feldspar granite pegmatites and quartz veins from Mórággy and Erdősmecke granitoid, S- Hungary. – *Acta Mineralogica-Petrographica* **45/1**, 39–48.
- GOLDFARB, R. J., BAKER, T., DUBÉ, B., GROVES, D. I., HART, C. J. R. & GOSSELIN, P. 2005: Distribution, character, and genesis of gold deposits in metamorphic terranes. – In: HEDENQUIST, J. W., THOMSON, J. F. H., GOLDFARB, R. J. & RICHARDS, J.-P. (eds) *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 407–450. Society of Economic Geologists. <https://doi.org/10.5382/AV100.14>
- GOLDHABER, M. B. & KAPLAN, I. R. 1975: Controls and consequences of sulfate reduction rates in recent marine sediments. – *Soil Science* **119**, 42–55.
- GROVES, D. I. 1993: The crustal continuum model for late-Archaean lode gold deposits of the Yilgarn block, Western Australia. – *Mineralium Deposita* **28**, 366–374. <https://doi.org/10.1007/BF02431596>
- GROVES, D. I. & SANTOSH, M. 2016: The giant Jiaodong gold province: The key to a unified model for orogenic gold deposits? – *Geoscience Frontiers* **7**, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.08.002>
- GROVES, D. I., GOLDFARB, R. J., KNOX-ROBINSON, C. M., OJALA, J., GARDOLL, S., YUN, G. & HOLYLAND, P. 2000: Late-kinematic timing of orogenic gold deposits and its significance for computer-based exploration techniques with emphasis on the Yilgarn block, Western Australia. – *Ore Geology Reviews* **17**, 1–38. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(00\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(00)00002-0)
- HÁMOR G. 1970: A Kelet-Mecseki miocén. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **53/1**.
- HABICHT, K. S. & CANFIELD, D. 1997: Sulfur isotope fractionation during bacterial sulfate reduction in organic-rich sediments. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **61/24**, 5351–5361. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(97\)00311-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(97)00311-6)
- HORVÁTH A. O. & GOMBOCZ E. 1939: Kítaibel Pál Baranyában. – *A Ciszterci Rend pécsi Nagy Lajos-gimnáziumának Értesítője* 1938–1939, 21–72.
- JÁGER L. 2017: A komlói kőszénbányászat története IV. rész. – *Bányászati és Kohászati Lapok* **150/2**, 28–39.
- JÓZSA S., SZAKMÁNY GY., MÁTHÉ Z. & BARABÁS A. 2009: A Mecsek és környéke miocén konglomerátum összletek felszíni elterjedése és a kavicsanyag összetétele. – In: *Magmás és metamorfképződmények a Tiszai Egységben*. GeoLitera, Szeged, 195–217.
- KIRÁLY E. & KOROKNAI B. 2004: A Mórággyi-rög ÉK-i részének magmás és metamorf fejlődéstörténete. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* (2003), 311–326.
- KORPÁS, L., HOFSTRA, A. H., ÓDOR, L., HORVÁTH, I., HAAS, J. & ZELENKA, T. 1999: Evaluation of the prospected areas and formations. – In: *Carlin-gold in Hungary*, eds: KORPÁS, L. & HOFSTRA, A. H., *Geologica Hungarica Series Geologica* **24**, 197–294.
- LANG Á. 2008: *Üveghuták a Kelet-Mecsekben.* – Reproflex, Pécs.
- LELKES-FELVÁRI, GY., ÁRKAI, P., FRANK, W. & NAGY, G. 2000: Late Variscan ultramylonite from the Mórággy Hills, SE Mecsek Mts., Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **43/1**, 65–84.
- M. TÓTH T., KOVÁCS G., SCHUBERT F. & DÁLYAY V. 2005: Az ófalui „migmatit” eredete és deformációtörténete. – *Földtani Közönlöny* **135/3**, 331–352.
- MOLNÁR, F., O’BRIEN, H., LAHAYE, Y., KÄPYAO, A., SORJONEN-WARD, P., HYODO, H. & SAKELLARIS, G. 2016: Signatures of Multiple Mineralization Processes in the Archean orogenic Gold Deposit of the Pampalo Mine, Hattu Schist Belt, Eastern Finland. – *Economic Geology* **111/7**, 1659–1703. <https://doi.org/10.2113/econgeo.111.7.1659>
- MORRISON, G. W., ROSE, W. J. & JAIRETH, S. 1991: Geological and geochemical controls on the silver content (fineness) of gold in gold-silver deposits. – *Ore Geology Reviews* **6/4**, 333–364. [https://doi.org/10.1016/0169-1368\(91\)90009-V](https://doi.org/10.1016/0169-1368(91)90009-V)
- N. LÁSZLÓ E. 1996: A kárászi arany históriája. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **129/3**, 268–274.
- PARK, C., SONG, Y., CHUNG, D., KANG, IL-MO., KHULGANAKHUU, C. & YI, K. 2016: Recrystallization and hydrothermal growth of high U-

- Th zircon in the Weondong deposit, Korea: Record of post-magmatic alteration. – *Lithos* **206**, 268–285. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.05.026>
- PASSCHIER, C. W. 1982: Mylonitic deformation in the Saint-Barthélemy Massif, French Pyrenees, with emphasis on the genetic relationship between ultramylonite and pseudotachylyte. – *GUA Pap Geol Ser.* 1 **16**, 1–173.
- POGÁCSÁS GY., LAKATOS L., BARVITZ A., VAKARCS G. & FARKAS CS. 1989: Pliocén-quarter eltolódások a Nagyalföldön. – *Általános Földtani Szemle* **24**, 149–169.
- RAVASZNÉ BARANYAI L. 1973: A Kelet-mecseki miocén képződmények ásvány-kőzettani vizsgálata. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **53/2**.
- REUTER C. 1960: *Magyaregregy helynevei*. – A Magyar Tudományos Akadémia Dunántúli Tudományos Intézete – Értekezések. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- SCIUBA, M., BEAUDOIN, G. & MAKVANDI, S. 2021: Chemical composition of tourmaline in orogenic gold deposits. – *Mineralium Deposita* **56**, 537–560. <https://doi.org/10.1007/s00126-020-00981-x>
- SEAL, R. R. 2006. Sulfur Isotope Geochemistry of Sulfide Minerals. Sulfur Isotope Geochemistry of Sulfide Minerals. – *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* **61**, 633–677.
- TOWNLEY, B. K., HERAIL, G., MAKSAEV, V., PALACIOS, C., DE PARSEVAL, P., SEPULDEVA, F., ORELLANA, R., RIVAS, P. & ULLOA, C. 2003: Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas. – *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* **3**, 29–38. <https://doi.org/10.1144/1467-787302-042>
- VADÁSZ E. 1935: *A Mecsekhegység. Magyar tájak földtani leírása I.* – Budapest, 1–180.
- VASILOPOULOS, M., MOLNÁR, F., O'BRIEN, H., LAHAYE, Y., LEFÉBVRE, M., RICHARD, A., ANDRÉ-MAYER, A. S., RANTA, J.-P. & TALIKKA, M. 2021: Geochemical signatures of mineralizing events in the Juomasuo Au-Co deposit, Kuusamo belt, northeastern Finland. – *Mineralium Deposita* **56**, 1195–1222. <https://doi.org/10.1007/s00126-020-01039-8>
- VITÁLIS I. 1935a: *Jelentés a pécsvidéki aranyelőfordulásról* 1935. okt. 25. – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat adattára. T.10052.
- VITÁLIS, I. 1935b: *Jelentés a pécsvidéki aranykutatásról*. 1935. nov. 9. – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat adattára. T.D.1381.
- Kézirat beérkezett: 2022. 08. 28.



## Hantken Miksa és a tudományos névadás

KOVÁCS Zoltán

H-1147 Budapest, Kerékgyártó utca 27/A.

E-mail: kzkovacsoltan@gmail.com

Orcid.org/0000-0001-7276-7321

A *Földtani Közlöny* 152/2. kötetében megjelent egy tartalmas tanulmány HANTKEN Miksa tudományos örökségéről (GÖRÖG et al. 2022), mely többek között összegyűjtötte az összes olyan taxonnevét, amit vagy HANTKEN-ről neveztek el, vagy a jeles kutató tudományos névadói tevékenységével függ össze. Jelen írásommal az a célom, hogy kiegészítsem az említett cikket, és HANTKEN szerzőségével kapcsolatban néhány adatot tisztázzak.

Mint az köztudott, a taxonnevek alkalmazhatóságát, érvényességét és a szerzőség kérdését a Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódexe (ICZN, magyarul ZNNK) tárgyalja. Az előbbi legújabb változata elérhető az interneten ([www.iczn.org/the-code/the-code-online](http://www.iczn.org/the-code/the-code-online)); a magyar fordítás (ZNNK 1989) ugyan a kódex egy korábbi állapotát tükrözi, azonban az idevágó cikkelyek lényegében változatlan tartalmúak.

Két kérdéskört tekintek át, az első egy eocén gastropodához (*Turritella tokodensis*), a második a bakonycsernyei jura ammoniteszekhez kapcsolódó nevezéktani problémákat tárgyalja.

### *Turritella tokodensis*

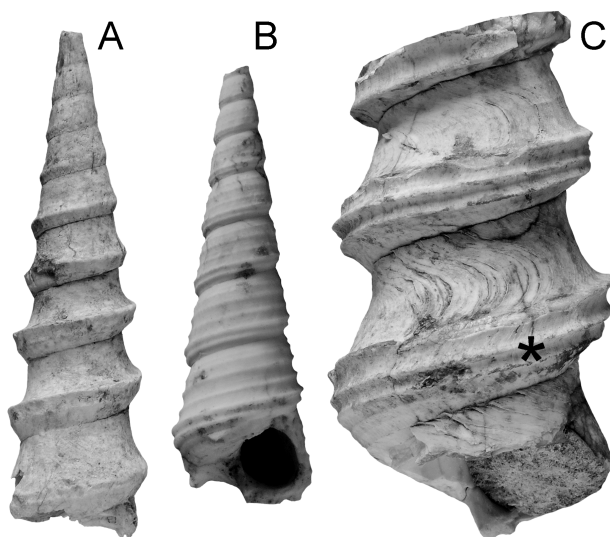
Ezt a fajnevet HANTKEN Miksa írta le először egy gyűjteményi példány címkéjére (GÖRÖG et al. 2022), de soha nem publikálta. A név 1966-ig csak fajlisták részeként szerepelt. Ismereteim szerint nyomtatásban először 1909-ben bukkant fel (LÓCZY 1909, 82: *Turritella tokodensis* HANT. [évszám nélkül]), majd többek között Szóts Endre (pl. 1948, 1956) és KECSKEMÉ TINÉ KÖRMENDI Anna (1962) hivatkozott rá a következő formában: *Turritella tokodensis* HANTK. in coll.; SCHWÁB Máriánál (1959) pedig a név *Turritella tokodensis* HANTKEN formában olvasható. A név említése ezekben a publikációban *nomen nudum*nak minősül, mert nem teljesülnek az ICZN 10–12. cikkelyeiben (ZNNK 1989: 9–22), különösen a 12. cikkelyben részletezett feltételek. A kódex hangsúlyozza, hogy egy gyűjteményi példány mellett lévő

gyűjteményi cédula egy „új” taxonnévvel nem jelent sem leírást, sem indikációt (ICZN 12.3, ZNNK 1989: 12.c).

STRAUSZ László, noha szintén *Turritella tokodensis* HANTKEN in coll. alakban hivatkozott rá, volt az első szerző, aki úgy írt a taxonról, hogy az megfelelt az *alkalmazhatóság* kritériumainak, többek között elsőként adott leírást és illusztrációt róla (STRAUSZ 1966: 24, 6. tábla, 5. ábra). Ezért az 50. cikkely értelmében (ZNNK 1989: 58. oldal) ő tekinthető a név szerzőjének: *Turritella tokodensis* STRAUSZ, 1966. Tehát HANTKEN Miksa csupán névadója a fajnak, a szerzőség nem őt illeti. Hasonló volt a helyzet egy másik magyarországi eocén *Turritella*-faj, a *T. doroghensis* esetében, ám itt Szóts 1956-os hivatkozásának (*T. doroghensis* ROZLOZSNIK in coll.) *nomen nudum* minősítését KECSKEMÉ TINÉ KÖRMENDY már 1962-ben explicite jelezte (Uő 1962: 217). Mivel az utóbbi cikk 1959-ben íródott, de csak 1961 után jelent meg, az ICZN követelményeinek megfelelő taxonnév KECSKEMÉ TINÉ KÖRMENDY 1972-es tanulmányával vált alkalmazhatóvá: *Turritella doroghensis* KECSKEMÉ TI-KÖRMENDY, 1972.

A következő évek során a *Turritella tokodensis* említése nem volt egységes a hazai szakirodalomban. Voltak, akik már STRAUSZ neve alatt hivatkozták (NAGY et al. 1968, DUDICH 1969, KECSKEMÉ TINÉ KÖRMENDY 1972), néhányan viszont még kitartottak HANTKEN mellett (pl. GIDAI 1972). Azonban 1973 után a kutatók legnagyobb része helyesen közölte a szerző nevét mind a magyar, mind a nemzetközi szakirodalomban (pl. PAPŠOVÁ & KECSKEMÉ TI-KÖRMENDY 1973; GIDAI 1977; KECSKEMÉ TINÉ KÖRMENDY 1980, 1990; KECSKEMÉ TINÉ KÖRMENDY & MÉSZÁROS 1980; KOPEK 1980; BANDEL 2006; egy kései kivétel: OZSVÁRT 2007).

Bár jelen írás nevezéktani problémát tárgyal, egy taxonómiai megjegyzést érdemes tenni a fajjal kapcsolatban. A *Turritella tokodensis* kanyarulatai cserepezettség (imbrikált profilt) mutatnak (*I. ábra A–B*), növekedési vonalai mélyen íveltek, és csak egyetlen inflexió pont jellemző rájuk a kanyarulat abapikális részén (*I. ábra C*), valamint a bázi-



**1. ábra.** *Haustator tokodensis* (STRAUSZ 1966) a dudari középső eocénből. A) hossz: 65 mm (1×). B) korai teleoconch kanyarulatok, hossz: 28 mm (2×). C) növekedési vonalak, hossz: 37 mm (1.8×), \* az inflexió pontot jelöli

**Figure 1.** *Haustator tokodensis* (STRAUSZ 1966), middle Eocene, Duda, Hungary. A) shell length: 65 mm (1×). B) early teleoconch whorls, shell length: 28 mm (2×). C) growth lines, shell length: 37 mm (1.8×), \* marks inflection point

son a növekedési vonalak enyhén szigmoid ívet rajzolnak. Ezek a jegyek egyáltalán nem jelennek meg a *Turritella* genushoz tartozó fajokon, hanem a *Haustator* MONFORT, 1810 morfológiájára jellemzőek (lásd ALLMON 1996, 11/n ábra; HARZHAUSER & LANDAU 2019, 6. ábra). Mindezek alapján úgy vélem, a tárgyalt faj az utóbbi nemzetséghez sorolandó. A *Haustator tokodensis* (STRAUSZ, 1966) alakkörébe tartozik az európai középső eocénből a genus típusfaja, a *H. imbricataria* (LAMARCK, 1804), de sokkal hasonlóbba forma a szintén nagy méretű, középső eocén *H. carinata* (I. LEA, 1833) az Egyesült Államok délkeleti részéből (lásd ALLMON 1996, 9. tábla).

### HANTKEN in PRINZ versus PRINZ

A témában jártasak számára ismert tény, hogy HANTKEN Miksa tervei közt szerepelt egy bakonycsérnyei ammoniteszokról szóló tanulmány megírása, ehhez jegyzeteket készített, melyek több mint tíz új faj leírását tartalmazták, valamint a célra megrendelt 25 könyvmatos táblát is – a munkát azonban különböző okok miatt nem fejezte be (GALÁCZ 2022). Szintén köztudott, hogy később PRINZ Gyula folytatta a kutatást, és a csérnyei ammoniteszokról szóló monográfiájához (PRINZ 1904a, b) felhasználta HANTKEN csérnyei gyűjtéseit, meghatározásait, kéziratban maradt jegyzeteit és fajleírásait, valamint a saját fényképtáblái mellett (XXVI–XXXVIII) publikálta a könyvmatosakat (I–XXV) is. A fiatal kutató úgy oldotta meg elődje eredményeinek beépítését saját szövegébe, hogy a HANTKEN által újnak tartott fajok többségét vagy teljes egészében (nov. sp. HANTK. msc.), vagy részben (HANTKEN et PRINZ nov. sp.) HANTKEN Miksa

szerepével publikálta. Több mint fél évszázaddal később GÉCZY Barnabás vette revízió alá a bakonycsérnyei pliensbachi – kora bajoci Ammonitida-anyagot (GÉCZY 1966, 1967), és elvégezte az 1904-es munka sztratigráfiai, taxonómiai, illetve nevezéktani felülvizsgálatát is.

GÖRÖG et al. (2022) említett tanulmánya a GÉCZY-féle nevezéktani javítások nélkül felsorolta azokat a HANTKEN-nek tulajdonított fajokat, melyeket PRINZ közölt először. Érdemes áttekinteni, hogy a Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódexe alapján valójában kit is illet eme fajnevek szerzősége. Hangsúlyozva természetesen, hogy a nevezéktani revíziók nem érintik a jeles tudós taxonómiai eredményeit: a HANTKEN Miksa által újnak vélt ammoniteszfajok többségét máig érvényesnek tekinti a szakirodalom.

Az alábbiakban taxonómiai rendben közlöm azt a 11 „HANTKEN-taxonot”, melyek PRINZ monográfiájában jelentek meg. Idézem a PRINZ által használt elnevezéseket (1904a) (ahol az októberben kiadott német nyelvű szövegváltozat – 1904b – eltér a júniusi, magyar nyelvű publikációtól, azt is), valamint GÉCZY (1966, 1967) és néhány kortárs szerző taxonómiai revízióját. GÉCZY Barnabás az ICZN 2. kiadásának (1964) 51.c cikkelye alapján hivatkozott a monográfia fajszerzőire (a ZNNK 1989: 51B, 61. o. szintén ezt ajánlja), tehát ha úgy vélte, hogy HANTKEN Miksa volt felelős egy új taxonért, a „HANTKEN in PRINZ, 1904” formát használta. Ám a mi szempontunkból egy nagyon jellemző kivételt is tett, a *Hammatoceras sieboldi stenomphalum* alfaj esetében csupán PRINZ Gyulát tekintette taxonszerzőnek, noha PRINZ eredeti jelölése nem különbözik pl. a *H. spinosum*tól: HANTK. et PRINZ nov. sp.

Honnan tudható, hogy ki felelős egy tudományos névért? Amint láttuk, az ICZN 12.3 (ZNNK 1989: 12c, 22. o.) kizárja a gyűjteményi cédulára való hivatkozás érvényességét. Úgy vélem, nyilvánvaló, hogy HANTKEN egyik faj esetében sem jelölhető meg szerzőként (a „HANTKEN in PRINZ, 1904” ezt implikálja, lásd pl.: „*Erycites intermedius* HANTKEN, 1904” – The Paleobiology Database online: <https://www.gbif.org/species/8540035>), ugyanis nem található a könyvben egyetlen olyan fajleíró szövegrész sem, mely tőle származó teljes, idézett szöveg volna (vö. ICZN 50.1.3. Example). PRINZ mindig fűz (néha kritikái) észrevételeket HANTKEN általa idézett vagy parafrázált jegyzeteihez, illetve kiegészíti azokat, tehát az 50.1.1. cikkely értelmében PRINZ az egyedüli szerzője a kérdéses neveknek. („However, if it is clear from the contents that some person other than an author of the work is *alone* responsible both for the name or act and for satisfying the criteria of availability other than actual publication, then that other person is the author of the name or act.” ICZN 50.1.1. Kiemelés tőlem. HANTKEN Miksa esetében ezek a feltételek nem teljesülnek.)

Ennek fényében nem játszik szerepet az, hogy PRINZ idéz-e részleteket HANTKEN kéziratából vagy sem, az adott taxon a HANTKEN-féle könyvmatos (I–XXV) vagy PRINZ fényképtábláin jelenik-e meg, valamint hogy maga PRINZ Gyula HANTKEN Miksának tulajdonítja-e a szerzőséget. (A magyar és német nyelvű kiadás – PRINZ 1904a, b – eltérései különben jelzik a szerzőség körüli bizonytalanságot.) Itt

válik fontossá, hogy GÉCZY Barnabás sem tartotta HANTKEN Miksát szerzőnek egy olyan taxon esetében, melynek pedig az utóbbi kutató adott nevet (GÉCZY 1966: 70). Hasonlóképpen járt el még a GÉCZY-revízió előtt DONOVAN (1958) is, amikor az *Erycites intermedius* csupán PRINZ nevével hivatkozta.

Megemlíthető még, hogy egy olyan „HANTKEN-faj” is akad (GALÁ CZ 2022, 4. ábra), melynek a nagy előd adott ugyan „új” nevet („*Hammatoceras baconicum*”), PRINZ ezt fel is használta (*Hammatoceras subinsigne*, Opp. nov. mut. *baconica*), ám meg sem említi HANTKEN nevét az adott szövegrészben. GÉCZY Barnabás ismerte a gyűjteményi példányt HANTKEN jegyzeteivel (GÉCZY 1966: 35), és a faj taxonómiai revíziója során a fajszerű besorolást is visszaállította, de – helyesen – PRINZ Gyulát nevezte meg szerzőként: *Hammatoceras baconicum* (PRINZ, 1904).

Az 1904-es monográfia áttekintése azt mutatja, hogy a mindeddig HANTKEN Miksához kötött és *alkalmazható* taxonnevek esetében csupán PRINZ Gyula szerzősége igazolható. A revízió a következő szerzői neveket eredményezi:

1) *Phylloceras baconicum* PRINZ, 1904

PRINZ 1904a: *Phylloceras baconicum* HANTK. et PRINZ  
PRINZ 1904b: *Phylloceras baconicum* HANTK. msc. nov. sp.  
GÉCZY 1967: *Phylloceras ? baconicum* HANTKEN in PRINZ, 1904

RULLEAU 1998: *Phylloceras baconicum* PRINZ, 1904

2) *Lytoceras subfrancisci* STURANI, 1964

PRINZ 1904a, b: *Lytoceras Francisci*, Opperl, nov. mut. *compressa*, HANTKEN  
GÉCZY 1967: *Lytoceras vaceki* n. sp.  
GALÁ CZ & KASSAI 2012: *Lytoceras subfrancisci* STURANI, 1964

3) *Cotteswoldia laevigata* (PRINZ, 1904)

PRINZ 1904a, b: *Harpoceras (Grammoceras) laevigatum*, nov. sp. HANTK.  
GÉCZY 1967: *Pleydellia laevigata* (HANTKEN in PRINZ, 1904)  
RULLEAU et al. 2001: *Pleydellia (Cotteswoldia) laevigata* (PRINZ, 1904)

4) *Accardia eximia* (PRINZ, 1904)

PRINZ 1904a, b: *Erycites eximius* nov. sp. HANTK. msc.  
GÉCZY 1966: *Hammatoceras spinosum eximium* (HANTKEN in PRINZ, 1904)  
KOVÁ CS 2009: *Accardia eximia* (PRINZ, 1904)

5) *Accardia spinosa* (PRINZ, 1904)

PRINZ 1904a: *Hammatoceras spinosum*, HANTK. et PRINZ nov. sp.

PRINZ 1904b: *Hammatoceras spinosum*, HANTK.

GÉCZY 1966: *Hammatoceras spinosum* HANTKEN in PRINZ, 1904

6) *Bredya ? percus* (De GREGORIO, 1886)

PRINZ 1904a, b: *Hildoceras nodosum*, HANTK. msc. nov. sp. (csak: 5. tábla, I. ábra)

GÉCZY 1966: *Hammatoceras percus* (GREGORIO, 1886)

7) *Ceccaites stenomphalum* (PRINZ, 1904)

PRINZ 1904a: *Hammatoceras stenomphalum*, HANTK. et PRINZ nov. sp.

PRINZ 1904b: *Hammatoceras stenomphalum (angusto-umbilicatum)*, HANTK. msc.) nov. sp.

GÉCZY 1966: *Hammatoceras sieboldi stenomphalum* (PRINZ, 1904)

8) *Erycites baconicus* PRINZ, 1904

PRINZ 1904a, b: *Erycites baconicus*, nov. sp. HANTK. msc.  
GÉCZY 1966: *Erycites baconicus* HANTKEN in PRINZ, 1904

9) *Erycites intermedius* PRINZ, 1904

PRINZ 1904a, b: *Erycites intermedius* nov. sp. HANTK. msc.  
GÉCZY 1966: *Erycites intermedius* HANTKEN in PRINZ, 1904

10) *Erycites retrorsicostatus* PRINZ, 1904

PRINZ 1904a, b: *Erycites retrorsicostatus*, nov. sp. HANTK. msc.  
GÉCZY 1966: *Erycites retrorsicostatus* HANTKEN in PRINZ, 1904

11) *Westermannites chocsinskyi* (PRINZ, 1904)

PRINZ 1904a, b: *Coeloceras (Stephanoceras) chocsinskyi*, HANTK. msc. nov. sp.  
GÉCZY 1967: *Docidoceras chocsinskyi* (HANTKEN in PRINZ, 1904)

Bízom benne, hogy ez a rövid áttekintés segít eloszlatni néhány félreértést HANTKEN Miksa tudományos névadói vs. szerzői tevékenysége körül, valamint a felsorolt jura ammoniteszfajok szerzőségének felülvizsgálatára vonatkozó javaslataimat elfogadja a tudományos közösség.

### Köszönetnyilvánítás

Hálával tartozom Galá cz Andrásnak (ELTE TTK, Ő slénytani Tanszék) és Páll-Gergely Barnának (MTA ATK, Növényvédelmi Intézet) a kéziratot illető értékes megjegyzéseikért.

## Irodalom

- ALLMON, W. D. 1996: Systematics and evolution of Cenozoic American Turritellidae (Mollusca: Gastropoda) I: Paleocene and Eocene Coastal Plain species related to „*Turritella mortoni* Conrad” and „*Turritella humerosa* Conrad”. – *Palaeontographica Americana* **59**, 1–134.
- BANDEL, K. 2006: Families of the Cerithioidea and related superfamilies (Palaeo-Caenogastropoda; Mollusca) from the Triassic to the Recent characterized by protoconch morphology – including the description of new taxa. – *Freiberger Forschungshefte, C 511* **14**, 59–138.
- DONOVAN, D. T. 1958: The Ammonite Zones of the Toarcian (ammonitico rosso facies) of Southern Switzerland and Italy. – *Eclogae Geologicae Helvetiae* **51**, 33–60.
- DUDICH E. (szerk.) 1969: *A Dunántúli-középhegység eocénje*. – MÁFI, Budapest, 81 p.
- GALÁ CZ A. 2022: Hantken Miksa és a magyarországi jura ammoniteszkutatások kezdetei. – *Földtani Közölny* **152/2**, 139–146. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2022.152.2.139>
- GALÁ CZ, A. & KASSAI, P. 2012: New species and stratigraphic data on Lower Bajocian (Middle Jurassic) lytoceratids (Ammonoidea) from Lókút, Bakony Mts, Hungary. – *Paläontologische Zeitschrift* **86/3**, 281–295.
- GÉ CZY, B. 1966: Ammonoides Jurassiques de Csernye, Montagne Bakony, Hongrie, Part I. (Hammatoceratidae) – *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica* **34**, 276 p.
- GÉ CZY, B. 1967: Ammonoides Jurassiques de Csernye, Montagne Bakony, Hongrie, Part II. (excl. Hammatoceratidae) – *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica* **35**, 413 p.
- GIDAI L. 1972: A dorogi terület eocénje. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **55/1**, 1–140.
- GIDAI L. 1977: A Dorogi medence eocén képződményeinek földtani alapszelvénye, a tokodi T-527. fúrás rétegsora. – *Földtani Közölny* **107**, 215–225.
- GÖ RÖ G Á., SZINGER B. & SZENTESI Z. 2022: Hantken Miksa hagyatéka. – *Földtani Közölny* **152/2**, 119–138. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2022.152.2.119>
- HARZHAUSER, M. & LANDAU, B. 2019: Turritellidae (Gastropoda) of the Miocene Paratethys Sea with considerations about turritellid genera. – *Zootaxa* **4681/1**, 1–136. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4681.1.1>
- ICZN 2. kiadás, 1964: *Code International de Nomenclature Zoologique adopté par le XVe Congrès International de Zoologie – International Code of Zoological Nomenclature adopted by the XV International Congress of Zoology*. – ITZN, London, 176 p.
- KECSKEMÉ TINÉ KÖ RMENDY A. 1962: A tokodi Erzsébet-akna és a csolnoki VI-os akna eocén rétegeinek őslénytani vizsgálata. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1959. évről*, 211–229.
- KECSKEMÉ TINÉ KÖ RMENDY A. 1972: A Dorogi-medence eocén mollusca faunája. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **55/2**, 147–377.
- KECSKEMÉ TINÉ KÖ RMENDY A. 1980: Az Északkeleti-Bakony eocén medence fáciesének puhatestű faunája. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **63/3**, 1–227.
- KECSKEMÉ TINÉ KÖ RMENDY A. & MÉ SZÁ ROS M. 1980: Az eocén szigetentengeri fácies puhatestű faunája a Bakony keleti peremén. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **63/2**, 1–143.
- KECSKEMÉ TINÉ KÖ RMENDY A. 1990: A Nagygyeháza – Csordakút – Mányi-medence eocén mollusca faunája. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **71/1**, 1–269.
- KOPEK G. 1980: A Bakony hegység ÉK-i részének eocénje. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **63/1**, 1–176.
- KOVÁ CS, Z. 2009: Toarcian–Aalenian Hammatoceratinae (Ammonitina) from the Gerecse Mts (NE Transdanubian Range, Hungary). – *Fragmenta Palaeontologica Hungarica* **27**, 1–72.
- LÓ CZY L. (szerk.) 1909: *Vezető a M. Kir. Földtani Intézet múzeumában*. – MKFI, Budapest, 316 p.
- NAGY G., KECSKEMÉ TI T. & KECSKEMÉ TINÉ KÖ RMENDY A. 1968: A Pilis hegység és a Dunántúli középhegység eocén képződményeinek kapcsolata. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1966. évről*, 95–104.
- OZSVÁ RT P. 2007: Dudar. – In: PÁ LFY J. & PAZONYI P. (szerk.): *Ő slénytani kirándulások Magyarországon és Erdélyben*, 92–93, Hantken Kiadó, Budapest.
- PAPŠOVÁ, J. & KECSKEMÉ TI-KÖ RMENDY, A. 1973: Études malacologiques comparatives sur quelques coupes éocènes de la Transdanubie (Hongrie) et de la Slovaquie. – *Geologické práce* **61**, 273–303.
- PRINZ Gy. 1904a: Az északkeleti Bakony idősb jurakorú rétegeinek faunája. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **15**, 124 p.
- PRINZ, Gy. 1904b: Die Fauna der älteren Jurabildungen im nordöstlichen Bakony – *Mitteilungen aus dem Jahrbuche der kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt*, **15** (1904–1907), 142 p.
- RULLEAU, L. 1998: Évolution et systématique des Phylloceratidae et des Lytoceratidae du Toarcien et du Dogger inférieur de la région lyonnaise. – *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon* **149**, 167 p.
- RULLEAU, L., ELM I, S. & THÉ VENARD, B. 2001: Géologie et Paléontologie des dépôts ferrugineux du Toarcien et de l’Aalénien aux environs de Lyon. – *Documents des Laboratoires de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon* **154**, 153 p.
- SCHWÁ B M. 1959: Az 1955 évi távlati kutatófúrások. 1. A Nagysáp környéki fúrások. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1955–56. évről*, 445–450.
- STRAUSZ L. 1966: Dudari eocén csigák. – *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica* **33**, 1–199.
- SZÓ TS E., K. 1948: Az Északi Bakony eocén képződményei. – *Földtani Közölny* **78**, 39–59.
- SZÓ TS E. 1956: Magyarország eocén (paleogén) képződményei. – *Geologica Hungarica, Series Geologica* **9**, 1–320.
- ZNNK (Zoológiai Nevezéktan Nemzetközi Kódex, 3. kiadás) 1989. – *Ő slénytani Viták klsz.*, fordította dr. GOZMÁ NY László, 170 p.

Kézirat beérkezett:

## Hazai miocén ferrodolomitok genetikai vázlatja stabilizotóp-összetételük alapján

HÁMOR Tamás, HÁMORNÉ VIDÓ Mária

Pécsi Tudományegyetem  
hamort4@gmail.com, vido.maria@pte.hu

---

### *The origin of Miocene ferrodolomites in the Pannonian Basin, based on their stable isotopic pattern*

#### Abstract

In the Miocene, prevailingly siliciclastic sediments of the Pannonian Basin the interbedded dolomite layers are hardly known. These dolomites are easily distinguished from the surrounding sediments on basis of their colour and greater hardness. These are 0.1–2.0 m thick grey, dark grey, more seldom light grey or greenish grey, massive or laminated rocks. The 0.1–0.2 m thin core samples could be either concretions or lenses but the few evidences where these appear in outcrops indicate that these thin layers have lateral extension. The present short study is based on the stable isotopic analysis of 95 core samples originating from 18 coreholes drilled in the 1980s. The flood plain sedimentary settings during the Late Miocene, Pannonian periodically favoured the deposition of muddy lime or even syngenetic dolomites in ponds and lagoons. As well, the negative oxygen isotopes ( $\leq -5\%$ ) with close to zero carbon isotopes reflect a replenishment of the system by meteoric waters in case of a few samples. The delta slope and deep lacustrine depositional environment is also represented by some samples. The oxygen and carbon stable isotopic pattern of most of the studied dolomites indicates that the formation of these hard rocks were governed mainly by the bacterial diagenesis of the organic matter such as sulphate reduction (highly negative carbon isotope ratios) and methanogenesis (highly positive carbon isotope ratios). The isotopic pattern of the few older Miocene samples is in line with the diagenetic history, ie. they indicate formation during the methanogenesis. An accurate assessment of the sedimentary facies, sequence stratigraphy, and modern petrographical and organic geochemical analyses will be required to outline a precise model on the formation of the Miocene dolomites of the Pannonian Basin.

#### Keywords:

---

#### Összefoglalás

A döntően sziliciklaszt-üledékekkel kitöltött Pannon-medence miocén összletében a dolomitrétegek kevésbé ismertek. E dolomitok 0,1–2,0 m vastag, szürke, síkrétegződésű vagy rétegzetlen képződmények. Az 1980-as években mélyített, a medence magyarországi részét lefedő 18 fúrásban talált 95 vasas dolomitréteg stabil oxigén- és szénizotóp összetétele alapján három csoport különíthető el. Egyes esetekben a stabilizotóp-összetétel szisztematikus változása a mélységgel arra enged következtetni, hogy a sekély tavi öböl (lagúna), deltasíksági, esetenként medencelejtő és mély tavi környezetben kiülepedett mészszip és esetleges szingenetikus dolomit képződésében jelentős szerepe volt a szerves anyag diagenézisének, így a bakteriális szulfátredukciónak (negatív,  $\leq -5\%$  szénizotópok) és a metanogenezisnek (pozitív,  $\geq +3\%$  szénizotópok), de egyes minták esetében nem kizárható a meteorikus vagy mélyebb rétegvizek általi átkristályosodás sem ( $\leq -5\%$  oxigénizotópok). Az adatbázis tartalmaz néhány idősebb miocén dolomitmintát is, amelyek adatai a diagenetikus fejlődés szempontjából (ti. metanogenezis) jól illeszkednek a pannóniai dolomitokéhoz.

Tárgyszavak: miocén vasas dolomitok, stabil szén- és oxigénizotóp, szerves anyag diagenézise

## Bevezetés

A döntően sziliciklaszt-üledékekkel kitöltött Pannon-medence késő miocén (pannóniai) összletében a dolomitrétegek kevésbé ismertek (ELSTON et al. 1994; HÁMOR 1991, 1997a, 1997b; HÁMOR & HERTELENDI 1996; SZTANÓ et al. 2013; HAAS & HIPS 2020). A pannóniai összlet dolomitrétegeit JÁMBOR Áron írta le Sorkikápolna, Tököl és Lajoskomárom melletti fúrásokban (JÁMBOR & KÖRPÁSNÉ HÓDI 1971). Jelen rövid közlemény célja az adatközlés: a pannóniai és pannóniainál idősebb miocén dolomit rövid rétegtani és ásvány-kőzettani leírását, valamint stabil szén- és oxigénizotóp adatait adja 18 mélyfúrás 95 magmintája alapján (*I. melléklet*), illetve vázlatos genetikai következtetéseket tesz.

## Módszerek és a vizsgált minták

A mintákat az első szerző gyűjtötte az *I. mellékletben* felsorolt és az *I. ábrán* feltüntetett folyamatos magvételes mélyfúrások magmintáiból két Országos Tudományos Kutatási Alap projekt keretében (259. sz. és F007373 sz.; HÁMOR 1991; 1997b). A mélyfúrások térbeli elhelyezkedése jól lefedi a Pannon-medence magyarországi részét, így a minták (a vastagabb rétegeket több minta képviseli) megfelelően reprezentatívnak tekinthetők.

A pannóniainál idősebb miocén (szarmata, badeni, kárpáti, ottngai) 10 dolomitréteg stabilizotóp-méréseit is elvé-

geztük (*I. melléklet*), de ezekről más vizsgálat nem készült. A stabilizotóp-méréseket 1990 és 1995 között az ATOMKI-ban HERTELENDI Ede végezte Finnigan-MAT-en alapuló, saját fejlesztésű tömegspektrométeren, nemzetközi standardokat használva (HERTELENDI 1990). Néhány anonim kontrollminta mérését nemzetközi laborokban elvégezték, jó egyezéssel. A minták döntő többsége tartalmazott kalcitot is, ezért empirikus úton határoztuk meg azt a kioldási időt, amely után a mért frakció már csak dolomit volt.

A vizsgált mélyfúrások rétegsorának és üledékföldtanának vizsgálatával ELSTON et al. (1990; 1994), HÁMOR & LANTOS (1994), JUHÁSZ et al. (1996), MAGYAR et al. (2007) foglalkoztak.

A vizsgált dolomitok 0,1–2,0 m vastag, szürke, sötét-szürke, ritkábban világosszürke, zöldesszürke, síkrétegződésű vagy rétegtelen képződmények, esetenként 1–2 deciméteres konkréciók (vö. SZTANÓ et al. 2013). A vastagabb dolomitrétegek kiterjedése elegendően nagy ahhoz – néhány száz méter –, hogy a sekély szeizmikus szelvényeken és a jó felbontású karotázsgörbéken azonosíthatók legyenek (JÁMBOR Á. szóbeli közlése).

38 dolomitminta ásvány-kőzettani és kémiai vizsgálata (MÁFI) alapján a pannóniai dolomitok átlagos karbonáttartalma 63%, amelynek 12%-a kalcit. A 10% HCl-es oldási maradékok átlagos szemcseösszetétele agyagos kőzetlisztnek felel meg (51% kőzetliszt, 46% agyag, 3% homok), a szervesanyag-tartalom átlagosan 0,22%. Az ásványos összetételben kiemelkedően legtöbb a vasas dolomit (ferrodo-



1. ábra. A vizsgált dolomitminták származási helye (mélyfúrások)

Figure 1. The location of the boreholes intersecting the studied Miocene dolomite samples

lomit) mennyisége (52,8%), minden mintában van kalcit (7,6%), egyes mintákban előfordul ankerit, dolomit, sziderit és oligonit. A többi ásványi alkotó kvarc, illit, montmorillonit, kaolin, klorit, földpát, muszkovit és pirit.

## Eredmények és diszkusszió

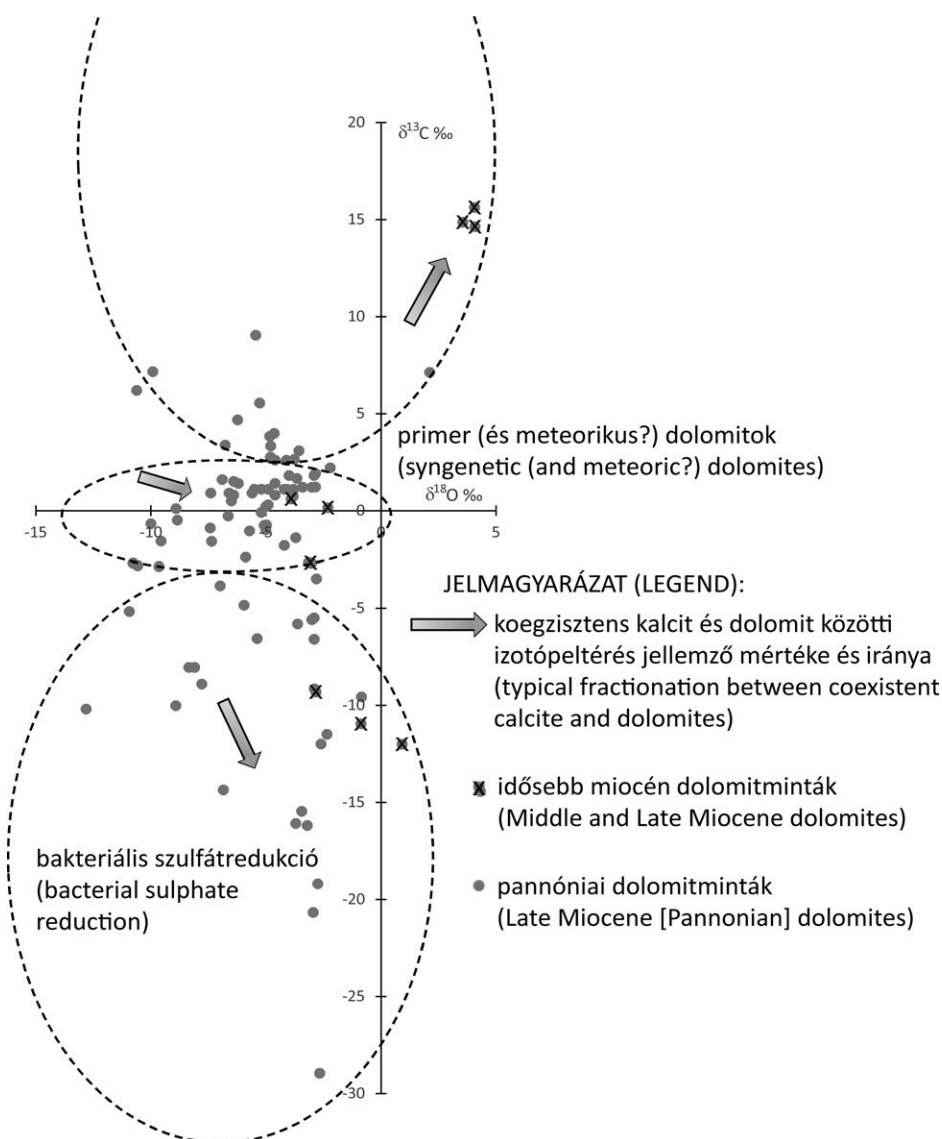
A dolomitminták szénizotóp arányai széles értéktartományban változnak ( $-28,96 - +15,61\text{‰}$ ), az oxigénizotóp frakcionációja jóval kisebb ( $-12,81 - +4,07\text{‰}$ ). A  $\delta^{13}\text{C}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  kétváltozós függvényen (2. ábra) három mintacsoport különíthető el az ábrán szaggatott vonalakkal vázlatosan körülhatárolva: (a) a jelentős frakcionációval járó (szénizotóp esetében könnyű izotópban dúsult) bakteriális szulfátredukció során képződött negatív,  $\leq -5\text{‰}$   $\delta^{13}\text{C}$ , valamint 0 és  $-10\text{‰}$   $\delta^{18}\text{O}$  értékekkel bíró dolomitok; (b) a  $+3 - 4\text{‰}$  feletti  $\delta^{13}\text{C}$  értékeket és az esetenként szintén pozitív  $\delta^{18}\text{O}$  arányokat mutató, metanogenezis és biogén dekarboxiláció során kivált

dolomitok; (c) korai (primér, szingenetikus) és esetlegesen meteorikus dolomitok, amelyek szénizotóp értékei a nullához közeli de oxigénizotóp arányaik viszonylag nagy szórást mutatnak. Ez utóbbi csoportban különösen a  $\leq -5\text{‰}$  oxigénizotóp értékű minták értelmezése igényel további elemzést, így a meteorikus vagy mélyebb rétegvizek hatásának a vizsgálatát (GAO et al. 1992). Nem meglepő módon éppen ezek a minták a nagyobb szemcseméretű, dolomitcementált aleurolitok és homokkövek (ld. Tiszapalkonya–I 772,6 m, 882,6 m, 883,4 m, 1474 m; Kápolnásnyék–2 212,5 m; Nagylózs–1 693,6 m, 707,3 m, és 713,2 m mintái), ahol adott volt az átjárható pórustér.

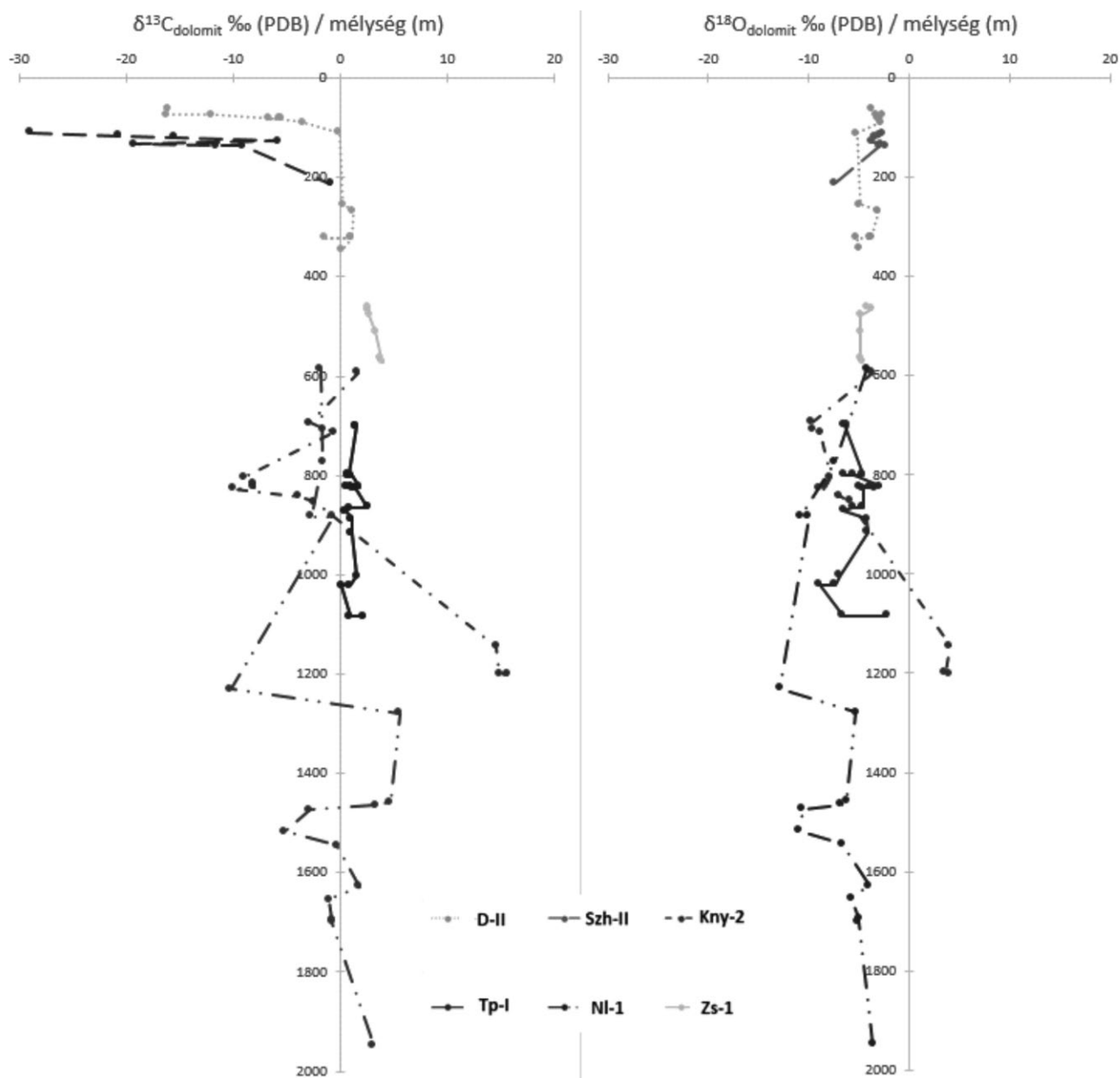
A szénizotóp összetétel a nagy szervesanyag-tartalmú közetekben az eredeti szerves anyag összetételét (HÁMOR-VIDÓ & HÁMOR 2006), és ennek bakteriális átalakulását tükrözi a diagenézis során (PETRASH et al. 2017). A karbonátok esetében a szénizotóp összetétel a megelőző karbonátfázis és a pórusvíz karbonát ion stabilizotóp-arányát tükrözi, illetve a cementfázisnál a pórusvíz izotóparánya szabja meg. A stabil oxigénizotópok frakcionációját befolyásolja az üledék pórusvíz és a rétegvizek hőmérséklete, sótartalma, a diagenetikus ásványátalakulások és regionális folyamatok (pl. geotermikus anomáliák) geofluidumai általi átkristályosodás, és a szerves anyag bakteriális diagenézise is hatással van rá.

A koezisztens kalcitok  $\delta^{18}\text{O}$  értékei rendre  $2 - 6\text{‰}$ -el negatívabbak a dolomitokénál, amely kisebb mértékben ( $2 - 3\text{‰}$ ), de ismert a szakirodalomban is (pl. MCKENZIE 1981). A szénizotóp esetében összetettebb a kép,  $\delta^{13}\text{C} = -5\text{‰}$  alatt a dolomitok  $4 - 5\text{‰}$  ezrelékkal könnyebbek, e felett azonban a dolomitok rendre nehezebbek, mint a kalcitok, néhány mintában ez  $8\text{‰}$ .

A szerves anyag bakteriális diagenézise és a viszonylag folyamatos süllyedéstörténet meghatározó szerepét a több dolomitréteget harántolt mélyfúrások mélység szerinti változását szemléltető ábra is alátámasztja (3. ábra). Így például a tiszapalkonyai és a nagylózszi fúrások esetében jelentős mélységintervallumban fordul elő dolomit (1300 m, illetve 600 m), a szénizotópgörbe hasonló lefutású mindkettőnél, azaz a 0 közel



2. ábra. A miocén dolomitminták stabil szén- és oxigénizotóp összetétele. Az adatokat lásd az I. mellékletben  
 Figure 2. The stable carbon and oxygen isotopic ratios of Miocene ferrodolomites in the Pannonian Basin



3. ábra. A vizsgált dolomitok szén- és oxigénizotóp összetételének változása a mélységgel egyes fúrási szelvényekben.

Jelmagyarázat (Legend): D-II (Duka-II), Szh-II (Szombathely-II), Kny-2 (Kápolnásnyék-2), Tp-I (Tiszapalkonya-I), NI-1 (Nagylós-1), Zs-1 (Zsira-1)

Figure 3. The change of the stable carbon and isotopic ratios with depth in the studied borehole sections)

értékekről a bakteriális szulfátredukciót jelző  $-10\text{‰}$ -re csökken, majd a mélységgel a  $+5\text{‰}$  felé nő a metanogenezist jelezve. Figyelemre méltó, hogy e két fúrás esetében az oxigénizotópok is követik a szénizotópok mélység szerinti változását, amely a szerves anyag anaerob közegben történő diagenézisének ismert (SASS et al. 1991).

Az egyes fúrási szelvények jól elkülönülnek a 3. ábrán mindkét izotóp esetében, arra utalva, hogy az üledékképződési környezetnek és a diagenézisnek is vannak helyi, eltérő sajátosságai, amelyek szignifikáns hatással vannak a stabilizotóp-összetételre. E megfigyelést erősíti, hogy a több mérési ponttal bíró vastagabb, 1–2 m-es dolomitrétegeken belül kevés az eltérés az izotópösszetételben (pl. Duka-II 81,3–81,5 m; Szombathely-II 799,2–800 m, 823,1–825,4 m;

I. melléklet), tehát az üledékes környezet és a diagenézis eltérései és változásai okozzák az eltérő izotópösszetételt. Az üledékképződési környezet jelentőségét támasztja alá az is, hogy a szerző által vizsgált más mélyfúrási szelvények nem vagy csak kevés dolomitréteget harántoltak (pl. Berhida-3, illetve Iharosberény-I fúrások).

A dolomitképződés kérdéskörének teljes áttekintése meghaladja e rövid tanulmány terjedelmi korlátait, ezt HAAS & HIPS (2020) részletesen tárgyalja. A szakirodalom egybehangzó abban, hogy a vasas dolomitok képződése gyakori az eredetileg is vagy a bakteriális szulfátredukció miatti szulfátszegény és megnövekedett alkalinitású szerves anyagban és reakcióképes vasban gazdag redukzív környezetben (BAKER & BURNS 1985, LAWRENCE 1991). Tavi környezetben a két



izotóp, sőt a kalcit- és a dolomitfázisok koegzisztenciája és kovarianciája is ismert (ANADON & UTRILLA 1993). A dolomitképződés enigmatikus jellegét az eredeti üledékes oldat elégtelen magnéziumtartalma és a szulfát inhibitor, illetve a bakteriális redukciójának alkalinitást növelő volta adja, így a szingenetikus primér dolomitképződés ritka (DE DECKKER & LAST 1989). Megjegyzendő, hogy a szinszedimentáció és a néhány cm-dm mélységű korai diagenézis közötti mezsgye igen keskeny, mesterségesen lehatárolt, lásd a kisebb erózió, sótartalom-változás vagy áramlások általi átszellőzés hatásait. A dolomitosodásban ezért nagy szerepe van a geofluidumok cirkulációjának, így a meteorikus és mélyebb rétegvizeknek, amelyek elsősorban az oxigénizotópra vannak hatással, de a szerves anyag érésével és késődiagenetikus ásványi átalakulásokkal összefüggésben a szénizotóp arányokban is nyomon követhető (VARSÁNYI et al. 1997, MÁTYÁS & MATTER 1997). A stabil szén- és oxigénizotóp összetétele és ezek mélységbeli változása alapján a pannóniai dolomitok döntő hányada a szerves anyag betemetődésével és érésével kapcsolatos mikrobiális diagenézissel összefüggésben képződött a bakteriális szulfátredukció és néhány minta esetében a bakteriális metanogenezis során, alátámasztva a Judith MCKENZIE által kidolgozott dolomitképződési modellt is (BONTOGNALI et al. 2010, PETRASH et al. 2017). Az abiogén termális dekarboxilációra, amely már a szénhidrogén-képződés megindulásával esik egybe, nincs jel az adatsorban.

A hazai miocénben a dolomitok képződése csak annyiban meglepő, hogy a sziliciklaszt-dominancia mellett voltak olyan rövidebb időszakok és helyi üledékes környezetek, amelyekben lehetséges volt a karbonátok kicsapódása és ezek dolomitosodása esetenként szingenetikus, de döntően a bakteriális szulfátredukcióval, sőt a metanogenezissel összefüggésben a diagenézis során. A részletes szerves és szervetlen ásványtani, közettani, geokémiai és üledékföldtani vizsgálatok a jövőben tisztázhatják, hogy (a) a fenti paraméterek közül melyek a döntők az egyes rétegek keletkezésében; (b) e karbonátok rendelkeznek-e szekvenciasztratigráfiai jelentőséggel, korrelálhatók-e a medencerészek-

ben, és ha igen, (c) más független paraméterekkel is alátámasztva engedik-e általánosabb öskörnyezeti és medencefejlődési következtetések levonását.

### Következtetések

E rövid tanulmány a sziliciklasztos sorozatként ismert pannóniai összlet egyik atipikus, de a teljes ősföldrajzi képbe és diagenézis történetbe jól illeszkedő képződményének, a vasas dolomitoknak a stabil szén- és oxigénizotóp adatbázisát mutatja be. A sorozat felső részén jellemző tavi, deltasíksági üledékképződési környezetek, valamint a csapadék- és üledékszegényebb időszakok lehetővé tették kisebb mészszip, esetleg szinszediment protodolomitos öblök (lagúnák) kialakulását, de előfordul a mélyebb vízi környezetet jelző üledékben is a dolomitosodás, esetenként homokkövek cementanyagként. A stabil szén- és oxigénizotóp összetétele és ezek mélységbeli változása alapján a pannóniai dolomitok döntő hányada a szerves anyag betemetődésével és érésével kapcsolatos mikrobiális diagenézissel összefüggésben képződött a bakteriális szulfátredukció és kisebb részben a metanogenezis szakaszában. A harmadik mintacsoport esetében, amely nulla körüli szénizotóparányokat, de nagy  $\delta^{18}\text{O}$  szórást mutat, további vizsgálatok szükségesek.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti az Országos Tudományos Kutatási Alapot a 259. sz. (HÁMOR 1991) és az F007373 sz. (HÁMOR 1997b) projektek támogatásáért, Sztanó Orsolya főszerkesztőt és az anonim bírálókat konstruktív észrevételeikért. Az első szerző külön hálával tartozik JÁMBOR Áronnak, aki pályája elején támogatta őt, és felhívta figyelmét eme egzotikus képződményekre.

### Irodalom – References

- ANADON, P. & UTRILLA, R. 1993: Sedimentology and isotope geochemistry of lacustrine carbonates of the Oligocene Campins Basin, north-east Spain. – *Sedimentology* **40**, 699–720. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1993.tb01356.x>
- BAKER, P. A. & BURNS, S. J. 1985: Occurrence and formation of organic-rich continental margin sediments. – *AAPG Bulletin* **69/11**, 1917–193. <https://doi.org/10.1306/94885570-1704-11D7-8645000102C1865D>
- BONTOGNALI, T. R. R., VASCONCELOS, C., WARTHMAN, R. J., BERNASCONI, S. M., DUPRAZ, C., STROHMENGER, C. J. & MCKENZIE, J. A. 2010: Dolomite formation within microbial mats in the coastal sabkha of Abu Dhabi (United Arab Emirates). – *Sedimentology* **57/3**, 824–844. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2009.01121.x>
- DE DECKKER, P. & LAST, W. M. 1989: Modern, non-marine dolomite in evaporitic playas of western Victoria, Australia. – *Sedimentary Geology* **64**, 223–238. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(89\)90050-X](https://doi.org/10.1016/0037-0738(89)90050-X)
- ELSTON, D. P., LANTOS, M. & HÁMOR, T. 1990: Az Alföld pannóniai (s.l.) képződményeinek magnetosztratigráfiája. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1988. évről* **1**, 109–134.
- ELSTON, D. P., LANTOS, M. & HÁMOR, T. 1994: High resolution polarity records and the stratigraphic and magnetostratigraphic correlation of Late Miocene and Pliocene deposits of Hungary. – In: *Basin analysis in petroleum exploration* (eds TELEKI et al.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 111–142.

- GAO, G., LAND, L. S. & FOLK, R. L. 1992: Meteoric modification of early dolomite and late dolomitization by basinal fluids, Upper Arbuckle Group, Slick Hills, Southwestern Oklahoma. – *AAPG Bulletin* **76/11**, 1649–1664., <https://doi.org/10.1306/BDF8A92-1718-11D7-8645000102C1865D>
- HAAS J. & HIPS K. 2020: A rejtelmes dolomit. – *Földtani Közlöny* **150/2**, 233–266. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2020.150.2.233>
- HÁMOR T. 1991: Az anoxikus üledékképződés és a korai diagenézis vizsgálata stabil izotóp mérések alkalmazásával. – A 259. sz. OTKA kutatás zárójelentése /Kézirat/, Budapest, 34 p.
- HÁMOR T. 1997a: Az oxigénszegény üledékképződés és a korai diagenézis vizsgálata stabil izotóp mérések alkalmazásával. – PhD-tézis, Miskolc, 52 p.
- HÁMOR T. 1997b: Stabil izotóp mérések alkalmazása szedimentológiai és környezetvédelmi problémák megoldásában. – Az F007373. sz. OTKA kutatás zárójelentése, Budapest, 28 p.
- HÁMOR, T. & HERTELENDI, E. 1996: S, O, C isotopic signatures of the Late Miocene Pannonian lake. – *Acta Geologica Hungarica* **39, Suppl.**, 68.
- HÁMOR, T. & LANTOS, M. 1994: An evaluation of slump fold formation using paleomagnetic techniques. – *Sedimentary Geology* **90**, 233–240. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(94\)90040-](https://doi.org/10.1016/0037-0738(94)90040-)
- HÁMOR-VIDÓ, M. & HÁMOR, T. 2006: Sulphur and carbon isotopic composition of power supply coals in the Pannonian Basin. – *International Journal of Coal Geology* **73/3–4**, 425–447. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2006.11.002>
- HERTELENDI E. 1990: Izotópanalitikai célú műszer és módszerfejlesztések és azok alkalmazásainak eredményei. – *Kézirat*, Debreceni Egyetem, MTA ATOMKI, 163 p.
- JÁMBOR Á. & KÖRPA SNÉ HÓDI M. 1971: A pannóniai képződmények szintezési lehetőségei a Dunántúli-középhegység DK-i előterében. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1969. évről*, 155–192.
- JUHÁSZ, E., TÓTH-MAKK, Á., HÁMOR, T., FARKAS-BULLA, J., PHILIPS, R. L., SÜTŐ-SZENTAI, M. & RICKETTS, B. 1996: High-resolution sedimentological and subsidence analysis of the Late Neogene, Pannonian Basin, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **39/2**, 129–152.
- LAWRENCE, M. J. F. 1991: Early diagenetic dolomite concretions in the Late Cretaceous Herring Formation. – *Sedimentary Geology* **75**, 125–140. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.1991.105664>
- MAGYAR, I., LANTOS, M., ÚJSZÁSI, K. & KORDOS, L. 2007: Magnetostratigraphic, seismic and biostratigraphic correlations of the Upper Miocene sediments in the northwestern Pannonian Basin System. – *Geologica Carpathica* **58/3**, 277–290.
- MÁTYÁS, J. & MATTER, A. 1997: Diagenetic indicators of meteoric flow in the Pannonian Basin, Southeast Hungary. – *SEPM Spec. Pub.* **57**, 281–296. <https://doi.org/10.2110/pec.97.57.0281>
- McKENZIE, J. 1981: Holocene dolomitization of calcium carbonate sediments from coastal sabkhas of Abu Dhabi: A stable isotopic study. – *Journal of Geology* **89**, 185–198. <https://doi.org/10.1086/628579>
- PETRASH, D. A., BIALIK, M., BONTOGNALI, T. R. R., VASCONCELOS, C., ROBERTS, J. A., MCKENZIE, J. A. & KONHAUSER, K. O. 2017: Microbially catalyzed dolomite formation: From near-surface to burial. – *Earth-Science Reviews* **171**, 558–582, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.06.015>
- SASS, E., BEIN, A. & ALMOGI-LABIN, A. 1991: Oxygen-isotopic composition of diagenetic calcite in organic-rich rocks: Evidence for <sup>18</sup>O depletion in marine anaerobic pore water. – *Geology* **19**, 839–842. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1991\)0192.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1991)0192.3.CO;2)
- SZTANÓ O., MAGYAR I., SZÓNOKY M., LANTOS M., MÜLLER P., LENKEY L., KATONA L. & CSILLAG G. 2013: A Tihanyi Formáció a Balaton környékén: típuszelvény, képződési körülmények, rétegtani jellemzés. – *Földtani Közlöny* **143/1**, 73–98.
- VARSÁNYI, I., MATRAY, J.-M. & KOVÁCS, L. 1997: Geochemistry of formation waters in the Pannonian Basin (southeast Hungary). – *Chemical Geology* **140**, 89–106. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(97\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(97)00045-4)
- Kézirat beérkezett: 2022. 09. 02.

## I. melléklet

Hazai miocén dolomitminták származási helye, stabil szén- és oxigénizotóp összetétele, valamint makroszkópos közettani megnevezése  
*Identification data, rock type, and stable carbon and oxygen isotopic ratios of Miocene ferrodolomites of the Pannonian Basin, Hungary*

Fúrás neve	Mélység (m)	Kor	Formáció*	$\delta^{13}\text{C}_{\text{kalcit}} \text{‰}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{kalcit}} \text{‰}$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{dolomit}} \text{‰}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{dolomit}} \text{‰}$ (PDB)	Kőzetleírás
Alsóvadász-1	170,2	Pa	Edelényi	-5,31	-5,08	-2,66	-3,14	vörösszürke, szemcsés elválási, meszes, dolomitos aleurolit
Duka-II	63	Pa	Tihanyi	-11,1	-4,9	-16,1	-3,7	0,1 m vastag, sötét zöldesszürke, szilánkos törésű dolomit, benne enyhén hullámos, meszes laminációval
Duka-II	73,2	Pa	Tihanyi	-10,6	-4,2	-16,2	-3,2	0,1 m vastag, szürke, szilánkos törésű agyagos, kőzetlisztes dolomit, szenesedett növényi maradványokkal
Duka-II	73,3	Pa	Tihanyi	-7,7	-5,1	-12	-2,6	előző réteg alja
Duka-II	81,3	Pa	Tihanyi	-3,4	-6,2	-5,5	-2,9	0,2 m vastag, világos zöldesszürke kagylós törésű, agyagos kőzetlisztes dolomit barnásszürke cm-es foltokkal
Duka-II	81,4	Pa	Tihanyi	-3,8	-5,8	-6,6	-2,9	előző réteg közepe
Duka-II	81,5	Pa	Tihanyi	-3,6	-6,7	-5,6	-3	előző réteg alja
Duka-II	89,4	Pa	Tihanyi	-4,7	-5,1	-3,5	-2,8	0,1 m vastag, sötét zöldesszürke, szilánkos törésű foltos, líkaesos dolomit, szenesedett növényi maradványokkal
Duka-II	110,2	Pa	Tihanyi	-0,4	-6,3	-0,1	-5,2	0,1 m vastag, szürke, vékonyan rétegzett, bioturbált agyagos dolomárga
Duka-II	254,2	Pa	Somlói	0,1	-5,8	0,3	-4,9	0,1 m vastag, szürke, apró-finomszemű, jól osztályozott, rétegzett, dolomitos kőzetlisztes homokkő
Duka-II	267,2	Pa	Somlói	1	-4,6	1,2	-3	0,1 m vastag, zöldesszürke, kagylós törésű, laminált, bioturbált dolomit szerves pettyekkel
Duka-II	321,6	Pa	Somlói	-0,5	-6,1	1,1	-3,8	0,2 m vastag, sötétszürke, dolomit-cementált homoklencsés aleurolit muszkovittal és növényi törmelékekkel
Duka-II	321,7	Pa	Somlói	-1,4	-5,2	-1,4	-3,7	előző réteg közepe
Duka-II	321,8	Pa	Somlói	-0,2	-7,2	1,1	-5,2	előző réteg alja
Duka-II	344,3	Pa	Somlói	0,1	-6,1	0,2	-5	0,1 m vastag, sötétszürke, dolomit-cementált homokos aleurolit muszkovittal és növényi törmelékekkel
Iharosberény-I	54	Pa	Hansági	-11,82	-6,97	1,91	-2,84	nincs leírás
Iharosberény-I	549,8	Pa	Tihanyi	3,15	-9,7	6,19	-10,61	0,2 m vastag, zöldesszürke, gyengén rétegzett, kemény, kagylós-szilánkos törésű dolomárga szerves pettyekkel
Iharosberény-I	599	Pa	Tihanyi	7,05	-10,31	7,15	-9,91	0,2 m vastag, szemcsés elválási kőzetlisztes dolomit
Kaskantyú-2	345,6	Pa	Zagyva	4,12	-4,14	-9,58	-0,84	5×6×2 cm-es lapított ellipszoid alakú, sötét vörösbarna kongkrécio
Kápolnásnyék-2	110,3	Pa	Tihanyi	-26,77	-3,19	-28,96	-2,66	0,1 m vastag, sötét zöldesszürke, szemcsés elválási, homokos, kőzetlisztes dolomit
Kápolnásnyék-2	116,1	Pa	Tihanyi	-17,01	-4,07	-20,68	-2,94	0,1 m vastag, sötét zöldesszürke, tömött szövetű, kőzetlisztes dolomit bioturbáció nyomaival
Kápolnásnyék-2	119,2	Pa	Tihanyi	-10,94	-5,33	-15,47	-3,44	0,1 m vastag, szürke, tömött szövetű, kőzetlisztes dolomit
Kápolnásnyék-2	127,5	Pa	Tihanyi	-7,16	-6,28	-5,82	-3,62	0,2 m vastag, sötét zöldesszürke, szemcsés elválási, homokos, kőzetlisztes dolomit
Kápolnásnyék-2	133,1	Pa	Tihanyi	-20,13	-3,36	-19,2	-2,74	0,1 m vastag, sötétszürke, közepesen osztályozott, dolomitos homokkő
Kápolnásnyék-2	135,4	Pa	Tihanyi	-10,8	-2,97	-11,5	-2,34	0,1 m vastag, szürke, tömött szövetű, kőzetlisztes dolomit
Kápolnásnyék-2	136,1	Pa	Tihanyi	-8,75	-4,54	-9,16	-2,89	0,1 m vastag, szürke, kagylós törésű kőzetlisztes dolomit
Kápolnásnyék-2	212,5	Pa	Tihanyi	-1,3	-8,3	-0,9	-7,42	0,1 m vastag, szürke, kagylós törésű kőzetlisztes dolomit
Lajoskomárom-1	66,5	Pa	Zagyva	-1,74	-5,22	-0,99	-5	3,5 m vastag, zöldes-barnásszürke, porózus és repedezett dolomit, benne pirit és mangán ooid
Nagyfőzs-1	592,7	Pa	Zagyva	-2,22	-10,77	1,65	-3,65	0,7 m vastag, szürke, kemény, tömör szövetű, 1–2 mm-es laminites, sikkregézett, kőzetlisztes dolomárga
Nagyfőzs-1	693,6	Pa	Zagyva	-2,47	-10,05	-2,87	-9,64	0,2 m vastag, sötétszürke, kemény, érdes törésű, kőzetlisztes dolomit
Nagyfőzs-1	707,3	Pa	Zagyva	-1,77	-11,35	-1,57	-9,55	0,7 m vastag, szürke, kemény, agyagos kőzetlisztes dolomit

Fúrás neve	Mélység (m)	Kor	Formáció*	$\delta^{13}\text{C}_{\text{dolomit}}$ ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{dolomit}}$ ‰ (PDB)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{dolomit}}$ ‰ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{dolomit}}$ ‰ (PDB)	Közetleírás
Nagyfőzs-1	713,2	Pa	Zagyva	-0,21	-9,22	-0,49	-8,84	0,5 m vastag, középszürke, kemény, szilánkos törésű, tömött szövétű mikrokristályos dolomit
Nagyfőzs-1	803,7	Pa	Újfalu	-7,31	-7,88	-8,91	-7,79	sötétszürke, kemény, szilánkos törésű, tömött szövétű vízszintesen sikkregezett dolomárga
Nagyfőzs-1	816,3	Pa	Újfalu	-7,89	-9,33	-8,05	-8,1	0,35 m vastag, sötétszürke, kemény, szilánkos törésű, tömött szövétű, sikkregezett dolomárga
Nagyfőzs-1	823,3	Pa	Újfalu	-5,61	-8,56	-8,06	-8,35	sötétszürke, kemény, szilánkos törésű, tömött szövétű, sikkregezett dolomárga
Nagyfőzs-1	826	Pa	Újfalu	-7,54	-8,11	-10,03	-8,91	sötétszürke, kemény, szilánkos törésű, tömött szövétű, sikkregezett dolomit
Nagyfőzs-1	842	Pa	Újfalu	-6,9	-10,67	-3,85	-6,99	szürke, szemcsés esilámos szövétű dolomitos aleurolit
Nagyfőzs-1	853	Pa	Újfalu	-2,16	-7,36	-2,39	-5,88	szürke, kemény, tömör szövétű dolomárga
Nagyfőzs-1	1144,3	badeni	Badeni	9,26	1,45	14,63	4,09	sötétszürke, igen kemény dolomit, elválsi felületén tized-, századmilliméteres fennőt dolomikristályokkal
Nagyfőzs-1	1198,7	badeni	Badeni	6,51	-1,75	14,86	3,56	0,1 m vastag, sötétszürke dolomit, benne 2 mm-es kalcitkitöltésű repedés
Nagyfőzs-1	1201,4	badeni	Badeni	11,7	0,28	15,61	4,07	0,1 m vastag, sötétszürke dolomit
Szombathely-II**	699,9	Pa	Tihanyi	1,2	-8	1,4	-6,2	0,2 m vastag dolomit
Szombathely-II	700,1	Pa	Tihanyi	1,5	-8,4	1,5	-6,4	0,2 m vastag dolomit
Szombathely-II	799,2	Pa	Tihanyi	-0,8	-9	0,8	-4,6	1,7 m vastag dolomárga
Szombathely-II	799,6	Pa	Tihanyi	0,5	-10,2	0,8	-6,4	előző réteg közepe
Szombathely-II	800	Pa	Tihanyi	0,1	-10,8	1,1	-5,5	előző réteg alja
Szombathely-II	823,1	Pa	Tihanyi	-1	-8,9	1,8	-2,9	0,8 m vastag dolomárga
Szombathely-II	823,3	Pa	Tihanyi	0,4	-8,1	1,1	-4,9	előző réteg közepe
Szombathely-II	823,5	Pa	Tihanyi	-0,4	-9,8	0,6	-3,9	előző réteg alja
Szombathely-II	825,3	Pa	Tihanyi	-0,35	-10,99	1,2	-3,4	0,2 m vastag, kőzetlisztes dolomárga
Szombathely-II	825,4	Pa	Tihanyi	-0,2	-9	1,4	-4,6	előző réteg alja
Szombathely-II	864,8	Pa	Tihanyi	0,2	-7,8	2,6	-4,6	1,5 m vastag, homokos, kőzetlisztes dolomárga
Szombathely-II	865,8	Pa	Tihanyi	0,2	-8,4	0,9	-5,6	előző réteg közepe
Szombathely-II	871,7	Pa	Tihanyi	-0,1	-9,8	0,5	-6,5	1,4 m vastag, homokos, kőzetlisztes dolomárga
Szombathely-II	887,8	Pa	Tihanyi	0	-8,3	1,1	-4,2	0,2 m vastag, homokos, kőzetlisztes dolomárga
Szombathely-II	915,8	Pa	Tihanyi	-0,2	-9,5	1,1	-4,1	0,2 m vastag, kőzetlisztes dolomárga
Szombathely-II	1002,9	Pa	Újfalu	0,8	-9,6	1,6	-6,9	0,2 m vastag, kőzetlisztes dolomit
Szombathely-II	1021,4	Pa	Újfalu	0,5	-9,4	0,9	-7,4	0,2 m vastag, kőzetlisztes dolomit
Szombathely-II	1021,6	Pa	Újfalu	-0,6	-10,2	0,1	-8,9	előző réteg alja
Szombathely-II	1083,9	Pa	Algyői	-0,2	-11	0,9	-6,6	0,9 m vastag kőzetlisztes dolomit
Szombathely-II	1084,1	Pa	Algyői	-1	-9,4	2,2	-2,2	előző réteg alja
Tihanyi-62	6,6	Pa	Tapolcai	-5,45	-6,42	-6,57	-5,38	világosszürke, limonitfoltos, szemcsés elválsi, fényes „rogvás” felületekkel átjárt, dolomitos aleurolit

Fúrás neve	Mélység (m)	Kor	Formáció*	$\delta^{13}C_{carb}$ ‰ (PDB)	$\delta^{18}O_{carb}$ ‰ (PDB)	$\delta^{13}C_{dolomit}$ ‰ (PDB)	$\delta^{18}O_{dolomit}$ ‰ (PDB)	Közvetítés
Tiszapalkonya-I	586,8	Pa	Bükkaljai	-1,29	-6,05	-1,79	-4,2	1-3 cm átmérőjű, sötétbarna tömör szövetű, mikrokrítályos (áthalmazott) dolomitkavicsok
Tiszapalkonya-I	772,6	Pa	Bükkaljai	-1,73	-11,52	-1,58	-7,36	szürkészöld, lila foltos, dolomitcementált, homokos aleurolit
Tiszapalkonya-I	882,6	Pa	Bükkaljai	-4,57	-9,21	-2,69	-10,77	zöldesszürke, barna foltos, dolomitcementált homokos aleurolit
Tiszapalkonya-I	883,4	Pa	Bükkaljai	8,3	-6,21	-0,68	-9,99	zöldesszürke, barnafoltos dolomitcementált homokos aleurolit
Tiszapalkonya-I	1230	Pa	Bükkaljai	-5,82	-10,33	-10,2	-12,81	dolomit által cementált apró szemű, rosszul osztályozott homokkő
Tiszapalkonya-I	1279	Pa	Bükkaljai	1,11	-7,18	5,54	-5,27	4 cm vastag rozsdabarna dolomitlense, belül növényi és molluszkatormélek lenyomatával és pirittel
Tiszapalkonya-I	1458	Pa	Bükkaljai	-0,18	-8,28	4,67	-6,23	szürke homokos aleurolitban 3 cm-es, barnásszürke dolomárgalense
Tiszapalkonya-I	1465,1	Pa	Bükkaljai	-1,05	-6,97	3,37	-6,77	barnásszürke, kagylós törésű agyagos dolomit 3-6 mm-es Paradaena(?) lenyomatokkal
Tiszapalkonya-I	1474	Pa	Bükkaljai	-1,01	-11,06	-2,82	-10,57	szürke, limonitfoltos, szeméses szövetű dolomit által cementált homokos aleurolit
Tiszapalkonya-I	1517,7	Pa	Bükkaljai	-4,1	-11,01	-5,18	-10,93	fehér sötétszürke, alul vörösbarna, kemény, szilánkos törésű dolomárga
Tiszapalkonya-I	1545	Pa	Bükkaljai	-2,42	-8,8	-0,28	-6,64	2 cm vastag vörösbarna ankerites(?) agyagmárgalense, szemesedett gyökér- és szármadaradványokkal
Tiszapalkonya-I	1628	Pa	Algyői	-0,49	-7	1,8	-3,99	szürke-sötétszürke dolomitos aleurolit
Tiszapalkonya-I	1653,8	Pa	Algyői	-3,44	-9,2	-1,05	-5,71	barnásszürke dolomárga kioldódott hejű Congeria-lenyomatokkal
Tiszapalkonya-I	1694,7	Pa	Szolnoki	-3,06	-10,43	-0,74	-4,98	4 cm vastag, sötétvörösbarna dolomárgalense molluszka-lenyomatokkal
Tiszapalkonya-I	1700	Pa	Szolnoki	-1,71	-7,68	-0,76	-5,07	szürkésbarna, kemény, szilánkos-kagylós törésű dolomárga Congeria-lenyomattal
Tiszapalkonya-I	1948,4	Pa	Endrődi	-0,12	-7,24	3,08	-3,56	szürkésbarna, kemény, szilánkos-kagylós törésű laminált dolomit, rétegzésre merőlegesen üres mikrorepedések
Tohanémédi-2	38,5	Pa	Tihanyi	-11,58	-7,09	-14,37	-6,85	0,6 m vastag, szürke, szeméses elválású, dolomitos aleurolit
Tököl-1	295	Pa	Zagyvai	-5,28	-8,25	-4,85	-5,95	0,15 m vastag, szürke, szeméses elválású, dolomitos aleurolit
Tököl-1	611,2	Pa	Zagyvai	0,34	-8,5	0,74	-3,81	0,1 m vastag, szürke, rétegzett, meszes, dolomitos agyagos aleurolit
Zalaegerszeg-3	86,2	Pa	Toronyi	4,51	-9,88	9,03	-5,44	szürke, sejtesszerű szövetű dolomit, pórusban pirittel
Zsira-1	460,4	Pa	Tihanyi	-1,34	-5,57	2,59	-4,11	világosbarna márgában 4x7 cm-es vörösbarna dolomitkonkréción
Zsira-1	466,1	Pa	Tihanyi	-0,8	-7,23	2,64	-3,76	világosbarna márgában 4x3 cm-es vörösbarna ankeritkonkréción
Zsira-1	477,1	Pa	Tihanyi	2,18	-4,98	2,76	-4,8	világosbarna agyagmárgás aleurolitban 8 cm-es vöröses szürkésbarna dolomitkonkréción
Zsira-1	510,2	Pa	Tihanyi	2,96	-5,79	3,32	-4,79	világosbarna meszes aleurolitban 8 cm-es vöröses szürkésbarna dolomitkonkréción
Zsira-1	564,8	Pa	Tihanyi	0,06	-6,38	3,83	-4,83	rétegzett, csillámos homokos aleurolitban barnásszürke, 3 cm-es ankeritlense
Zsira-1	571,2	Pa	Tihanyi	1,2	-7,04	3,98	-4,64	sötétszürke, rétegzett, szilánkos törésű dolomit + I62 nyílt litoklázisokkal
Hidasnémeti-1	544	szarmata	Zagyvai	-4,12	-7,34	0,15	-2,3	0,2 m vastag dolomárga
Hidasnémeti-1	550,3	szarmata	Zagyvai	-0,48	-9,14	1,21	-2,84	0,2 m vastag dolomárga
Ibafa-9019	330	otnangi	Szászvári	-8,83	-7,15	-2,69	-3,02	nincs leírás
Sámsónháza-16/a	534	kárpáti	Garábi	3,74	-5,07	7,12	2,12	0,1 m vastag, világosszürke dolomárga, benne mm-es gipsz(?) repedéskitöltés
Sopron-89	74	badeni	Badeni	2,13	-1,27	-10,95	-0,86	0,1 m vastag, szürke, rétegzetlen, meszes, dolomitos aleurolit sok szemesedett növényi törmelékkel
Sopron-89	92,4	badeni	Badeni	-6,64	-2,48	-12,01	0,92	3 cm vastag, szürke, rétegzetlen, meszes, dolomitos aleurolit sok szemesedett növényi törmelékkel
Sopron-89	150,1	badeni	Badeni	-5,48	-6,73	-9,32	-2,82	0,1 m vastag, szürke, lemezesen sítarétegzett, csillámos, dolomitos aleurolit

\*Magyarország litosztratifikai alapegységei 1997

\*\* A Szombathely-II fúrás mintái esetében a közetnév a szemcsösszetétel és DTA-vizsgálatok alapján lett meghatározva

## A Magyarországon felfedezett bakteriális gáz és biodegradált kőolaj előfordulásának genetikája

KONCZ István

koncz.istvan38@gmail.com

### *Bacterial gas fields discovered in Hungary*

#### Abstract

The author gives an overview about the primary and secondary bacterial processes. Most of the bacterial gas fields discovered in Hungary with isotopically very light methane based on their carbon isotope ratio data, were generated by the primary bacterial processes. These gas fields can be found at depths of 500 to 1500 m, and are located in the uplifted parts of Hajdúság, Nagykunság areas and Békés basin. Considering that the generated bacterial methane was not enough to form gas phase, the formation of the fields was due to the uplift of the basin parts. In some cases, the thermogenic methane contributed to the increased gas saturation in water, which migrated vertically from deep-seated sources into the shallow reservoirs.

*Keywords: bacterial methane, carbon isotope ratio, bacterial processes*

#### Összefoglalás

A szerző áttekintést ad a primer és a szekunder bakteriális folyamatokról. A Magyarországon felfedezett bakteriális gáz-telepek többségét, amelynek metánja izotóposan igen könnyű a szénizotóparány-adatok alapján, a primer bakteriális folyamatok hozták létre. Ezek a gáztelepek 500–1500 m mélységben találhatóak, és a Hajdúság, a Nagykunság területek és a Békési-medence kiemelkedett részein helyezkednek el. Tekintve, hogy a képződött bakteriális metán nem volt elegendő a gázfázis létrehozására, a telepek létrejötte a medencerészek kiemelkedésének tulajdonítható. Néhány esetben a termogén metán járult hozzá a víz gáztelítettségének növeléséhez, amely a mélyen fekvő anyaközetekből vertikálisan migrált a sekély tárolókba.

*Kulcsszavak: bakteriális metán, szénizotóparány, bakteriális folyamatok*

#### Bevezetés

A baktériumok (mikrobák) anyagcseréjük során képesek metánt előállítani széntartalmú anyagokból. Az így képződött metán izotóposan igen könnyű: szénizotóparánya  $-50$  ppt (ezrelék) illetve ennél nagyobb negatív érték. [A szénizotóparány a szén két stabil (nem radioaktív) izotópjának, a 13 tömegszámú, „nehezebb”  $C^{13}$ -nak és a 12 tömegszámú, „könnyebb”  $C^{12}$ -nek az aránya, amelyet egy kalibráló anyag (PDB standard) szénizotóparányától mért eltérés ezrelékében (ppt, ‰) adnak meg. Az említett kalibráló anyag a lábásfejtűek egyik csoportjának, a belemniteszeknek a vázanyaga, amely karbonátokban, ennél fogva a nehezebb szénizotópban, a  $C^{13}$ -ban dús. A szénizotóparányt tömeg-

spektrometriás (MS) módszerrel mérik.] A bakteriális működésre jellemző, hogy a tápanyagként szolgáló széntartalmú vegyületekből főleg a könnyű szénizotópokat tartalmazókat részesítik előnyben, mert a  $C^{12}$ – $C^{13}$  kötések felbontásához kisebb energia szükséges, mint a  $C^{12}$ – $C^{13}$ , illetve  $C^{13}$ – $C^{13}$  kötésekéhez. Ennek következtében a képződő metán izotóposan igen könnyű lesz. Az üledékekben lévő szerves anyag a kerogén hőbomlása során keletkezett, tehát nem a mikrobák által előállított metán, a termogén metán izotóposan nehezebb: szénizotóparánya  $-50$  ezreléknél nagyobb, azaz ennél kisebb negatív érték. Az izotóposan könnyű, bakteriális eredetű metán eredetét azok a laboratóriumi kísérletek derítették ki, amelyeket természetes közegükből származó, mikrobákat tartalmazó üledékmintákkal végeztek, és

amelyek során oxigénmentes (anaerób) közegben metánképződést észleltek, a keletkezett metán pedig izotóposan könnyű volt (GAMES et al. 1978). A bakteriális eredetű metánt biogén metánnak is szokták nevezni, ami azért nem szerencsés, mert a szerves anyag hőbomlása során keletkező termogén metán is tulajdonképpen biogén eredetű.

A bakteriális folyamatok intenzitása a 35–45 °C hőmérséklet-tartományban a legnagyobb, 75–80 °C feletti hőmérsékleten a bakteriális működés megszűnik, a mikrobák elhalnak, a pórúsvíz „sterilizálódik” (KATZ 2011). Az említett hőmérsékletértékeknek megfelelően a bakteriális eredetű metán képződése és a felhalmozódások létrejötte viszonylag kis mélységben megy végbe. A gáztelepek felfedezését jelentősen megkönnyíti a szeizmikus hullámképeken mutató AVO (Amplitude Versus Offset) hatás, amely képes jelezni a kőzetek gáztelítettségét.

A metánt eredményező bakteriális folyamatok, a metanogenezis során döntően metán képződik, a metán-homológok (C<sub>2+</sub>) legfeljebb nyomnyi koncentrációban lehetnek jelen.

A mikrobiális eredetű metánt az Archaea baktériumok közé sorolt élőlények állítják elő. Említésre méltó, hogy a bakteriális folyamatokban a különböző mikrobák együttese, konzorciuma játszik szerepet. A különböző mikrobák működése egymáshoz kapcsolódik: az egyik fajta mikroba által előállított termékeket a másik fajta mikroba használja fel táplálékként.

A bakteriális folyamatok két csoportot képeznek: az egyik csoport az elsődleges (primer), a másik másodlagos (szekunder). A primer bakteriális folyamatok az üledékképződés során mennek végbe, a szekunder folyamatok a már képződött szénhidrogének, főleg az olajok bakteriális átalakítását foglalják magukban.

### Primer bakteriális folyamatok

Az üledékképződés során a bakteriális folyamatok meghatározott sorrendet követnek. Három, egymást követő zóna különíthető el a tengeri üledékképződési viszonyok között, amelyek mindegyikében eltérő baktériumfajta dominálnak (CLAYPOOL & KAPLAN 1974) (1. ábra). A tengerfenékre került szerves anyag érintkezik az oldott oxigént tartalmazó pórúsvízzel, amelynek baktériumai oxidálják a szerves anyagot. Ez a folyamat nyilvánvalóan oxigéntartalmú (aerob) közegben megy végbe. Az oxidáció végtermékei a szén-dioxid

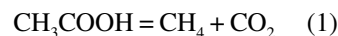
mélység	közeg	folyamat	termékek
↓	aerob	a szerves anyag oxidációja	szén-dioxid
	anaerob	szulfátredukció	szén-dioxid és kén-hidrogén
		metánképződés	metán

1. ábra. A tengeri üledékképződés során végbemenő bakteriális folyamatok

Figure 1. Bacterial processes during marine sedimentation

és a víz. A baktériumok a pórúsvízben oldott oxigént teljes egészében felhasználják, aminek következtében oxigénmentes (anaerob) környezet áll elő. Ebben a közegben tudnak élni a szulfátredukáló és a metántermelő baktériumok. Ez utóbbiak azonban a tengeri környezetre jellemző magas szulfáttartalom miatt még nem tudnak működni, számukra a szulfát jelenléte mérgező hatású. Az előzőek miatt előálló anaerob körülmények között először a bakteriális szulfátredukcióra kerül sor, amelynek végtermékei a kénhidrogén és a szén-dioxid. Ha karbonátdús üledékek keletkeznek, akkor a kénhidrogénben lévő kén a szerves anyagba épül be. Ennek oka az, hogy a karbonátdús üledékek vashiányosak, így a kénhidrogén nem tud vasszulfid formájában megkötődni. Ebből a kénben dús szerves anyagból képződik magasabb hőmérsékleten, nagyobb mélységben a nagy kén-tartalmú nehézőlaj. Miután a szulfátredukáló baktériumok működése következtében a pórúsvíz szulfáttartalma igen kicsinnyé válik, a bakteriális folyamatok következő résztvevői azok a mikrobák, amelyek metánt állítanak elő. Nem tengeri, például tavi üledékképződés esetében a szulfátredukáló zóna nem alakul ki: az aerob oxidációt közvetlenül az anaerob metánképződés követi.

A bakteriális eredetű metán képződéséhez alapvetően két folyamat vezet, amelyek egymással párhuzamosan is végbemehetnek az üledékekben: a fermentáció (1) és a szén-dioxid redukciója (2). A baktériumok által végrehajtott fermentáció termékei vízben jól oldódó, kis molekulatömegű alkoholok és szerves anionok, főleg az ecetsav részét képező acetát anionok. Az ecetsavból a bakteriális tevékenység folyamán az alábbi módon metán és szén-dioxid képződik:



A metán az ecetsav metil (CH<sub>3</sub>) csoportjából származik. Az acetát (1) egyenlet szerinti fermentációja a metán fő forrása a nem tengeri, tavi-édesvízi vagy brakkvízi környezetben végbe menő üledékképződésnek (WHITICAR et al. 1986). Acetátok a bakteriális folyamatokon kívül is keletkeznek a kerogén alacsony hőmérsékletű átalakulása során.

Tengeri üledékképződési viszonyok között a szén-dioxid redukciója a domináns:



A különböző baktériumok együttese, konzorciuma működésére jellemző, hogy a fermentációban részt vevő baktériumok a metánon kívül szén-dioxidot állítanak elő az (1) jelű folyamatban, amelyet a szén-dioxidot redukálók hasznosítanak a (2) jelű folyamatban. A szén-dioxid redukációjához szükséges hidrogén a víz hidrogénjéből származik (WHITICAR et al. 1986). A baktériumok a fotoszintézishez hasonlóan elbontják a vizet hidrogénre és oxigénre. A szén-dioxid több forrásból is rendelkezésre állhat. Az aerob oxidáció és a szulfátredukció folyamán szén-dioxid keletkezik, továbbá – a bakteriális folyamatoktól függetlenül – a szárazföldi eredetű, szerves anyagot tartalmazó, III. típusú kerogén alacsony hőmérsékletű bomlása során is képződik szén-dioxid.

A felfedezett hagyományos gázelőfordulások készleteinek legalább 20%-át bakteriális eredetű gázok alkotják

(RICE & CLAYPOOL 1981). A hagyományos gázelfordulások oly módon képződnek, hogy a keletkezett gázok vízben oldott állapotban kiszorulnak pelites anyagokból a primer migráció során az első, anyagokból közvetlenül érintkező tárolótípusú kőzetbe, amelyen keresztül a szekunder migráció folyamán a szerkezeti csapdák irányában mozogva felhalmozódnak. A gázok csak vízben oldott állapotban képesek kiszorulni a pelitekből, mert a pelitekben csak egyfázisú fluidum tud mozogni. A bakteriális működés felső hőmérsékletkorlátánál kisebb hőmérsékleteknek (<75–80 °C) viszonylag kis mélység, hazai viszonyok között 0,6–1,2 km felel meg. Ebben a mélységtartományban a pelitek átteresztőképessége még lehetővé teszi a tömörödést, amelynek következtében a pórusvíz ki tud szorulni. A bakteriális gázoknak nincs kitüntetett anyagokozete, mert mind a pelitekben és lignitekben, mind a tárolótípusú kőzetekben, ahova a pelitek pórusvize kerül, egyaránt jelen vannak azok a vegyületek, az acetátok és a szén-dioxid, amelyek lehetővé teszik a mikrobák élettevékenységét. Ráadásul, a mikrobák terigényét a tárolótípusú kőzetek jobban kielégítik, mint a pelitek. Tehát a bakteriális gázok magában a tárolókőzetben is képződnek. Ezért képződési helyükről nem is kell elmigrálniuk. A képződött bakteriális eredetű metán akkor is megmarad, ha az üledékképződés során olyan hőmérséklet-tartományba kerül (>75–80 °C), ahol a mikrobák elhalnak.

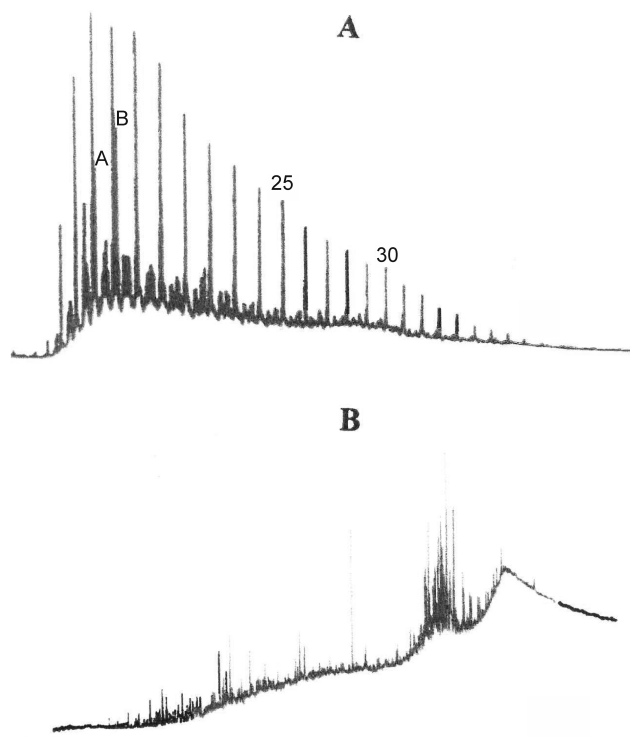
A bakteriális gázok csak abban az esetben hozhatnak létre gázfelhalmozódásokat, ha az adott nyomáson és hőmérsékleten a metán koncentrációja a vízben meghaladja a metán vízben való oldhatóságát. Előfordulhat, hogy a képződött metán mennyisége csak akkora, hogy a metán vízben oldva marad, nem tud gázfázist képezni. Ez esetben a szerző véleménye szerint három lehetőség van arra, hogy szabad gázfázis keletkezzen. Mivel a kis mélységben lévő pelitek átteresztőképessége még elegendően nagy, az egyfázisú rendszert, azaz a vizet és a benne oldott metánt a pelitek át tudják engedni a kisebb mélységek irányában. Amennyiben az így bekövetkező nyomáscsökkenés hatására a metán gáz formájában kiválik a vízből, a relatív átteresztőképességi viszonyok és a kapilláris nyomás miatt a gáz nem tud a pelitekben a kisebb mélységek irányában elmozdulni: a metán vertikális irányú migrációja megáll azokon a részeken ahol a gázfázis kialakult. A képződött gázfelhalmozódás peremi víztestjéből azonban a vízben oldott metán mint egyfázisú rendszer tovább tud migrálni a sekélyebb szintek felé. A másik lehetőség az, ha a terület kiemelkedik, és a fiatalabb üledékek erodálódnak, ami nyomáscsökkenést eredményez, amelynek hatására a vízben oldott metán, amennyiben koncentrációja a metán adott körülmények közötti vízben való oldhatóságát meghaladja, gáz alakban kiválik a vízből. A harmadik lehetőséget az rejti magában, hogy a vízben oldott állapotban lévő metán koncentrációját a termogén eredetű metán hozzááramlása oly mértékben megnöveli, hogy a bakteriális-termogén metán elegye nagyobb koncentrációt ér el, mint az adott körülmények között a metán vízben való oldhatósága.

Európa szárazföldi területein például a kárpáti elősülylyedék lengyelországi részén, valamint a Po-medencében,

Olaszországban, továbbá Ausztriában és Horvátországban ismeretesek bakteriális eredetű metánt tartalmazó gázelfordulások (HERNITZ et al. 1995, KOTARBA 1992, MATTAVELLI et al. 1992, SCHULZ et al 2009).

### Szekunder bakteriális folyamatok

Felfedeztek olyan földgáztelepeket, amelyekben a metán izotóposan könnyű volt, tehát bakteriális eredetű, és a telep nehézlaját is tartalmazott vékony olajszegély formájában. Ez a nehézlaj magán viselte a bakteriális tevékenység nyomait, ami abban nyilvánult meg, hogy gázkromatogramján az egyenes, nem elágazó szénláncú normál-alkánok hiányoztak. A 2. ábrán szereplő gázkromatogramok felszín alatti tárolókőzetből származó, 0,9 t/m<sup>3</sup> feletti sűrűségű nehézlajhoz tartoznak. Az „A” jelű gázkromatogramon jól láthatók a normál-alkánoknak megfelelő csúcsok, amelyek között kisebb magasságúak mutatkoznak. Ez utóbbiak az elágazó szénláncú izo-alkánokhoz tartoznak. A „B” jelű gázkromatogramon normál-alkánok nem jelentkeznek, csak az alapvonalból „kilógó” izo-alkánok. Ez a gázkromatogram mutatja a bakteriális működés eredményét, a normál-alkánok hiányát. A „B” jelű gázkromatogram a biodegradált olajokat jellemzi. Az olajban lévő szénhidrogének eltérő ellenállóképességük a bakteriális folyamatokkal szemben: a normál-alkánok már egészen enyhe biodegradáció esetén is „eltűnnek” az olajból (HEAD et al. 2003). Az olajok biodegradációjának az eredménye nehézlaj lesz, amelyben



2. ábra. Nehézlajok gázkromatogramjai (A - nem biodegradált, B - biodegradált)

Figure 2. Gas-chromatograms of heavy oils (A - non-biodegraded, B - biodegraded)



a még megmaradt szénhidrogénen kívül főleg oxigén-, kén- és nitrogéntartalmú, nagy molekulájú vegyületek (gyanták, aszfaltének) szerepelnek. Minden erősen biodegradált olaj nehézőlaj, de nem minden nehézőlaj biodegradált. A 2. ábrán szemléltetett, „A” jelű gázkromatogrammal jellemzett nehézőlaj nem biodegradált. (A primer bakteriális folyamatok kapcsán már volt szó a szulfátredukáló mikrobák által létrehozott kénhidrogénről, amely vashiányos, karbonátos közeg esetén a szerves anyagba épül be, és a későbbiekben nehézőlaj képződéséhez vezethet.)

Az olaj bakteriális átalakulása, a biodegradáció és az ennek következtében előálló metánképződés az anaerob körülmények között élő mikrobák együttesét igényli. Ezek egy része az olaj szénhidrogénjeiből a víz oxigénjének felhasználásával acetátokat és szén-dioxidot állít elő, amelyek a mikrobák másik része, a metanogén szervezetek számára jelennek tápanyagokat. A metanogén mikrobák metánt állítanak elő a primer bakteriális folyamatok taglalása során már ismertetett módon, az acetátok átalakításával szén-dioxiddá és metánná (1), valamint a szén-dioxid hidrogénnel történő redukciójával metánná és vízzé (2).

Ahhoz, hogy a felszín alatti üledékes kőzetek szerves anyagából olaj képződhessen, viszonylag magas, általában 80 °C feletti hőmérséklet szükséges, amely már túlhaladja a mikrobák hőmérséklet-tűrési határát, a kőzetek pórussterében lévő víz a mikrobákat illetően „sterilizálódik”. (HEAD et al. 2003). A mikrobák alapvetően két módon juthatnak a tárolókban felhalmozódott olajhoz. Az egyik lehetőség a tárolót tartalmazó medencerész kiemelkedése és a fiatal üledékek eróziója. Így a tároló egyrészt abba a hőmérsékletzónába kerül, amelyben a mikrobák már életképesek, másrészt a felszín közeli vizek révén az olajtárolóba mikrobák kerülhetnek. A másik lehetőséget az a folyamat jelenti, amelynek során a mélyebben fekvő anyakőzetekből vagy tárolókból törések, vetők révén az olaj sekélyebben elhelyezkedő tárolókba kerül a vertikális migráció eredményeként. Ha ennek a sekélyebben fekvő tárolónak a hőmérséklete a mikrobák számára elegendően alacsony, és magának a tárolónak a vize tartalmaz anaerob mikrobákat, az olajat átalakító bakteriális folyamatok végbe tudnak menni.

A szekunder bakteriális folyamatok révén alakult ki például az Északi-tenger norvégiai részén lévő, jelentős készletű Troll mező (LARTER & DI PRIMIO 2005) és a Ny-Szibéria északi részén elhelyezkedő, sekély, felső kréta korú tárolókőzetekben felhalmozódott gázok (MILKOV 2010).

A felszín alatti tárolókban felhalmozódott olaj természetes, bakteriális átalakulása metánná ötletet adott arra, hogy a bakteriális folyamatokat műviileg hasznosítani lehessen (GIEG et al. 2008). Az olajtelepek elsődleges leművelésének befejeztével a tárolókőzetek hézagterének általában 60%-a még mindig olajjal van kitöltve, de ez az olaj már nem képes mozogni, és így a kútba jutva felszínre kerülni. Ha a tároló hőmérséklete eléggé alacsony (<75 °C), akkor a bakteriális tevékenység végbemehet. A LEMUR néven szereplő eljárás szerint csak megfelelő tápanyagokat kell a tárolóba juttatni, ami lehetővé teszi, hogy a már előzőleg természetes módon zajló bakteriális folyamatok felerősödjének, amelynek ered-

ménye a maradék olaj metánná alakítása. A LUCA nevű eljárás esetén a tárolóba, ahol nem volt bakteriális aktivitás, a tápanyagokkal együtt olyan mikrobákat sajtolnak be, amelyek az olajból metánt képesek előállítani. Mindkét eljárás számára kedvező, ha előzőleg, vagy az eljárás alkalmazásával egyidejűleg szén-dioxidot, vagy szén-dioxiddal dúsított vizet sajtolnak be a tárolóba, mert a szén-dioxid a mikrobák táplálékként szerepel. Ekkor a szén-dioxid az elsődleges leművelést követően további olajtermelést eredményez azáltal, hogy a maradék olaj térfogatát megnövelve képes azt mozgásra bírni.

### A Magyarországon felfedezett primer bakteriálisgáz-telepek

Az egész országra kiterjedően jelenleg 2030 gázminta metánjának szénizotóparánya ismert, amelyeket a rétegvizsgálatok során vettek. A szénizotóparány-méréseket kezdetben a Központi Bányászati Fejlesztési Intézetben (KBFI) végezték. Az 1990-es évektől kezdődően a méréseket a MOL Nyrt. nagykanizsai telephelyén működő laboratórium hajtotta végre. A MOL Nyrt. és jogelődje, az OKGT időszakában született publikációkban szerepelt az az utalás, hogy vannak bakteriális metánt tartalmazó földgáztelepeink (HOLCZHACKER et al. 1981, KONCZ 1983, KARÁCSONYI 1986, CLAYTON et al. 1990, VETŐ et al. 2004).

A rétegvízben oldott, bakteriális eredetű metán szénizotóparánya -85 és -62 ezrelék közötti 20–900 m mélységtartományban. A nagyobb mélységben lévő rétegvizek metánja már termogén eredetű.

Az I. táblázatban dőlt betűkkel feltüntetett 27 gázmező a metán szénizotóparánya alapján bizonyítottan bakteriális eredetű metánt tartalmazott az 1935–1985 közötti időszakban felfedezett és dokumentált telepek közül (VÖLGYI 1985). Ezeknek a földgáztelepeknek az összesített földtani vagyona egyenértéktonna egységekben kifejezve akkora, mint az egész nagylengyeli mező, amelyek az ország második legnagyobb földtani vagyonú olajelőfordulása. A tényleges földtani vagyon minden valószínűség szerint nagyobb, mert nem minden telepből volt szénizotóparány-mérés, továbbá 1985 után is fedeztek fel bakteriális eredetű metánt tartalmazó telepeket. A felfedezett gázalakú szénhidrogének 27%-át képezik a bakteriális metánt tartalmazó előfordulások. Az I. táblázatban szereplő telepek közül 7-ben van az összes bakteriális eredetű metánt tartalmazó előfordulás földtani készletének 94%-a. Ezeket a legalább 1 millió egyenértéktonna földtani vagyonú telepeket dőlt és vastag betűkkel jeleztem a táblázatban. Ezek a földtani vagyon növekedésének sorrendjében a következők: Battonya, Bajcsa, Pusztaföldvár, Pusztaszőlős, Endrőd, Tatárülés-Kunmadaras és Hajdúszoboszló. A bakteriális metánt tartalmazó telepek készletének 95%-a három területen, a Hajdúságban, a Nagykunságban és a Békési-medencében van. A jelzett 27 telep 443–2375 m mélységtartományban helyezkedik el. A mélység szerint eloszlásukra jellemző, a földtani vagyon 85%-a 500–1500 m mélységben halmozódott fel.

## I. táblázat. Bakteriálisgáz-mezők

Table I. Bacterial gas fields

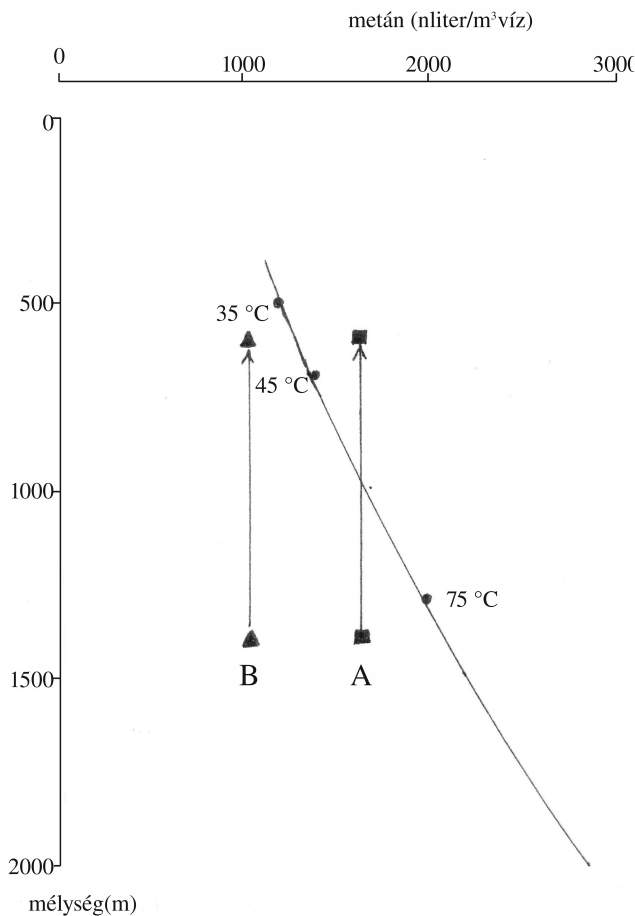
Terület	Előfordulás	Mélység (m)		Szénizotóparány (ppt)	
		min.	max.	min.	max.
Zala-Dél-Balaton	Csombárd	1872	1899	-58,52	-50,28
"	Kápolnásuzta	1807	1875	-53,34	-52,04
"	Koppányszántó		777	-58,00	-55,72
"	Mezőcsokonya	1629	2231	-57,76	-50,53
"	Sávoly	1158	1880	-55,63	-50,20
"	Törökkoppány		702	-56,01	-51,02
Dráva-medence	Bajcsa		2115	-56,81	-53,62
"	Berzence	2116	2158	-53,24	-52,68
Istvándi	Istvándi	1541	1863	-54,62	-51,67
Duna-Tisza köze	Bácsszentgyörgy		1084	-50,63	
"	Bócsa		1580	-54,99	
"	Borota	518	528	-57,56	-56,06
"	Jánoshalma	547	700	-61,10	-52,44
"	Kiskunhalas	896	1740	-61,16	-50,20
"	Soltvadkert	960	1350	-56,13	-52,12
"	Szank	1408	2005	-53,60	-50,95
"	Tázlár	1770	2175	-52,87	-50,00
Szegedi-medence	Algyó		2478	-50,50	-50,30
"	Ásotthalom	1058	2064	-55,71	-50,40
"	Forráskút	2604	3500	-60,54	-51,80
"	Öttömös		954	-50,10	
"	Ruzsa	2718	3015	-52,70	-50,80
"	Üllés	1859	2500	-58,29	-51,20
Nagykunság	Déaványa	2038	2356	-59,85	-54,46
"	Endrőd	1000	2365	-61,70	-50,95
"	Kengyel	1339	1342	-52,65	-51,99
"	Kisújszállás		1243	-50,50	
"	Kunmadaras-Tatárülés		1130	-56,40	
"	Szarvas	1981	2189	-59,67	-51,38
"	Túrkeve	910	2016	-64,30	-51,10
Békési-medence	Báttonya	502	752	-65,00	-52,20
"	Csanádapáca	1815	2216	-59,70	-50,50
"	Dombegyháza	690	940	-61,68	-59,50
"	Kunágota	989	1033	-60,93	-60,31
"	Kaszaper	775	1069	-64,00	-57,54
"	Magyarbánhegyes	1747	2200	-61,51	-50,44
"	Mezőhegyes-Végegyháza	673	1561	-61,46	-50,10
"	Nagybánhegyes		840	-59,50	
"	Pusztaföldvár	1505	2375	-57,90	-55,10
"	Pitvaros	1822	1999	-60,70	-54,50
"	Pusztaszőlős	1044	1573	-60,51	-50,21
"	Tótkomlós	963	1087	-57,70	-53,03
Hajdúság	Ebes	595	1330	-54,40	-50,30
"	Hajlúszoboszló	135	1050	-69,60	-50,50
"	Nádudvar	789	939	-56,20	-52,90
"	Penészlek	1068	1265	-57,89	-54,16
Bihar	Álmosd	1018	1249	-59,38	-52,03
"	Kismarja	894	1554	-57,33	-52,60
Paleogén-medence	Gomba		2449	-52,84	-52,22
"	Mogyoród	610	833	-63,79	-60,68
"	Ócsa	1703	1722	-52,42	-50,73
"	Sülysáp		1142	-54,77	-52,01
"	Tóalmás	2293	2352	-50,27	-50,03

Nyilvánvaló, hogy a gáztelep képződésének esélye annál nagyobb, minél nagyobb a kőzetek porusaiban a gáztelítettség: azaz megfelelő mértékben nagy mennyiségű bakteriális metánnak kell képződnie. A bakteriálismetán-képző-

dés mértékének megítélésére rétegvizeink metángáz tartalma lehet alkalmas. A 10–2220 m mélységintervallumból összegyűjtött 1380 adatból a legnagyobb, 100–1000 normál liter/m<sup>3</sup> víz metántartalommal rendelkezők mindössze csak 7%-ot képviselnek, de a nekik megfelelő nyomás-hőmérséklet viszonyok között alatta maradnak a metán vízben való oldhatóságának. Ez arra utal, hogy a bakteriális eredetű metán rétegvizeinkben viszonylag alacsony koncentrációban van jelen. Akkor mégis minek tulajdonítható a jelentős földtani vagyon, amely bakteriális eredetű metánt tartalmaz?

A telepképződéshez szükséges, hogy a tárolókőzetek porusterében jelentős gáztelítettség alakuljon ki, ami lehetővé teszi a gáz áramlását, így kitermelését. Rétegvizeink említett alacsony bakteriális metángáz tartalma az adott nyomás és hőmérséklet viszonyok között azt jelenti, hogy a metán vízben oldott állapotban van. A gázállapotú metán létrejöttében két tényező lehetett domináns szerepű: a medencerész kiemelkedése, inverziója és a termogén eredetű metán által a rétegvizekben megnövekedett gáztartalom.

A medencerész kiemelkedése és a fiatalabb üledékek eróziója következtében előálló nyomáscsökkenés miatt a metán vízben való oldhatósága is csökken, ami azzal járhat, hogy metán gázállapotba juthat, mivel a metán gázfázisban történő megjelenését a metán vízben való oldhatósága szabja meg. A metán vízben való oldhatóságát a mélység növekedésével a 3. ábra szemlélteti. Az oldhatósági görbe elkészítésénél Duan adatait alkalmaztam, valamint hidrosztatikus viszonyokat (10 m/bar) feltételeztem 10 °C felszín közeli éves átlaghőmérséklet mellett a hazánkban általánosnak tekinthető 50 °C/km geotermikus gradiensenél (DUAN 1992). Az üledékképződés során egyre mélyebbre kerülő képződésben 500 m (35 °C) és 700 m (45 °C) között jön létre a legtöbb bakteriális eredetű metán. Az üledékképződés folyamán a kőzetekből jelentős mennyiségű víz szorul ki a tömörödés (kompakció) miatt. Ez a kompakciós víz a vízben oldott állapotú bakteriális metán szállítóközege, amelynek áramlási iránya a finomszemű üledékekből (pelitekből) indulóan a velük közvetlenül érintkező durvaszemű, tárolótípusú homokkővekbe vezet. Ennek oka a pelitek és a homokkővek eltérő ütemű tömörödéséből, a differenciális kompakcióból adódó nyomáskülönbség: ugyanazon feltételek mellett a pelitekben nagyobb a nyomás, mint a homokkővekben (SZALAY & KONCZ 1980). Mind a pelitek, mind a homokkővek hézagterének vízében az említett hőmérséklet-határig (75–80 °C) a mikrobák metánt termelnek, ha tápanyagokkal (acetátokkal, szén-dioxiddal) el vannak látva. Kétségtelen, hogy a tápanyagok nagy része a nagyobb szerves anyag tartalmú pelitekben képződik szintén bakteriális folyamatok révén, de ezek a kompakciós vízmozgás következtében a nagyobb porusterű homokkővekbe jutnak, ahol a rendelkezésre álló nagyobb tér miatt a mikrobák jobban szaporodnak, növekedésük kevésbé gátolt, mint a kompaktabb, kisebb hézagterű pelitekben. Tételezzünk fel egy 1400 m mélységben lévő homokkőztárolót, amely a neotektonika miatt 800 métert emelkedik, és ugyanilyen vastag üledék erodálódik a felszínről. Ha a rétegvíz köbméterenként 1600 normál liter metánt tartalmazott (3. ábra „A” eset), akkor a



3. ábra. Az inverzió hatása

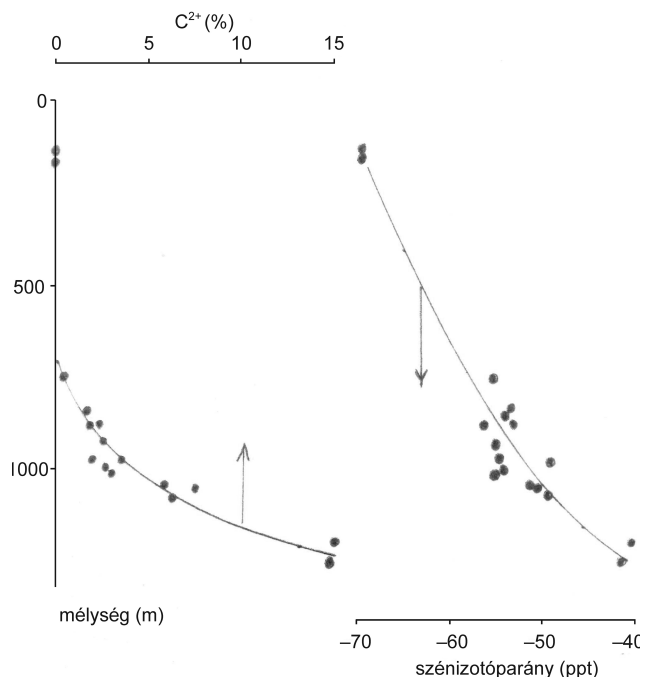
Figure 3. The effect of the inversion

kiemelkedés és az erózió azzal jár, hogy több metán lesz jelen, mint amennyit a rétegvíz oldani képes: gázfázisú metán jelenik meg. Ha a rétegvíz az előzőnél kisebb mennyiségű metánt, köbméterenként 1000 normál litert tartalmazott (3. ábra „B” eset), akkor az ugyanazon mértékű kiemelkedés és erózió nem jár gázfázisú metán megjelenésével: gáztelep-képződés nem lehetséges.

A Battonya–Pusztaföldvári-gerincen bakteriális eredetű metánt tartalmazó földgáztelepeket fedeztek fel. A szerkezet Battonyán lévő tetőrészén 1400 m nagyságú inverzióra utal, hogy a Tótkomlói mészmárga formáció szerves anyagának vitrinitreflexió-mérésekkel meghatározott érettsége 1000–2400 m mélységintervallumban az eléggé nagy mélységkülönbség (1400 m) ellenére alig változik (0,55–0,69%), közel azonos (KONCZ 2019). A szerkezet tetőrészén 1100 m nagyságú kiemelkedést és eróziót jeleztek a Békési-medence felé eső szárnyon a szeizmikus szelvények (HORVÁTH & GYÖRFI 1995). Feltételezhető továbbá, hogy a viszonylag nagy (60–70 °C/km) geotermikus gradiensből adódó magas hőmérséklet szintén a kiemelkedés és erózió következménye: a tranziens hatás miatt nem kerültek még egyensúlyi állapotba, azaz a kőzetek a kiemelkedést követően még nem tudtak eléggé „lehűlni”. A Battonya–Pusztaföldvári-gerincen 1000 m mélységben a réteghőmérséklet 70–80 °C, a szintén nagy hővezető-képességű neogén aljzattal rendel-

kező Algyő területén ugyanazon mélységben csak 52–58 °C (VÖLGYI 1977).

A Hajdúszoboszlón felfedezett, többtelepes gázelőfordulás a termogén eredetű metán hatását példázza (4. ábra) (KONCZ 2019). Az etán és a nála nagyobb szénatomszámú szénhidrogén-komponensek aránya a szénhidrogénekben belül ( $C^{2+}$  %) a zérus értéktől kezdődően 15%-ig növekszik a telepek mélységnek növekedésével. A nagyobb mélységekből, alulról feláramló termogén gázban lévő  $C^{2+}$  azért csökken a kisebb mélységek felé, mert a termogén gáz mennyisége, így hatása is csökken. A termogén gáz megnöveli a bakteriális folyamatok által előzőleg létrehozott gáztelítettséget a rétegvízben, és ezáltal olyan metántartalom alakul ki a rétegvízben, ami meghaladja az adott hőmérséklet és nyomás viszonyok között a metán vízben való oldhatóságát. Az a tény, hogy a kis mélységtartományban, ahol csak bakteriális eredetű metán van jelen, kialakult a szabad gázfázis, a szeizmikus szelvényekből meghatározott, 250 m nagyságúnak becsült inverzió következményének tulajdonítható (HORVÁTH & GYÖRFI 1995).



4. ábra. A termogén eredetű metán hatása

Figure 4. The effect of the thermogenic methane

Hajdúszoboszlón a metán szénizotóparánya a felszín közeli (150 m) -70 ezrelék értéktől az 1236 m mélységben mért -40 ezrelék értékig növekszik a termogén metán egyre nagyobb hányada miatt. A termogén részt alkotó etán és propán szénizotóparány-különbségből JAMES módszerrel megállapítható volt, hogy a termogén rész termikus érettségének 1,1–1,2% vitrinitreflexió felel meg (JAMES 1983). Mivel a 2000 m vastagságot meg nem haladó neogén képződmények szerves anyagának érettsége nem érte el még a termogén szénhidrogén-képződés kezdetének megfelelő 0,6% vitrinitreflexió értéket sem, indokoltan feltételezhető, hogy a Hajdúszoboszlón felfedezett telepek gázainak termogén része az aljzatot képviselő flisből származik.

A gáztelepek képződése és megőrződése szempontjából fontos, hogy a telepet fedő képződmény záróréteg legyen, ami meggátolja a gáz „elszökését” a felszín irányában. A pannóniai időszaki üledékképződésre jellemző tavi (nem tengeri) környezetben a mikrobák szulfátredukciós zónája kimarad, és közvetlenül a bakteriális metántermelés indul meg. Ez azt a veszélyt rejti magában, hogy a még „laza” üledékekben létrejött metán a felszín irányában el tud migrálni és az atmoszférába jut. Nagyobb sebességű üledékképződés esetén, ami a pannóniai időszakra jellemző, ez a veszély csökken. A záróréteggént számításba jövő pelitek záróképesége a gázfázis megjelenésével nagymértékben megnövekszik, ami a telepek megőrződését a gázzal érintkező részeken lehetővé teszi. Az igen alacsony áteresztőképességű pelitekben csak egy fázis, esetünkben a víz képes áramolni. Ha már gáz- és vízfázis van jelen, az áramlás blokkolódik (SHANLEY et al. 2004). A gáztelep peremi víztestjéből azonban még a peliteken képes átszivárogni a felszín irányába a vízben oldott gáz. Ígéretes felvetés a metán-hidrátok szerepe a felszín felé irányuló migráció meggátolásában (BARTHA et al. 2019). A metán-hidrát képződéséhez 15 °C alatti hőmérsékleteken 500 m vízmélység már elegendő. A képződő metán-hidrát a hézagtereket eltömve megakadályozhatja, illetve mérsékelheti a felszín felé történő migrációt.

### A szekunder bakteriális folyamatok jelei Magyarországon

A szekunder bakteriális folyamatok során kialakult, biodegradált olajokra jellemző, hogy legalább 0,9 t/m<sup>3</sup> sűrűségűek, azaz nehézolajok. A II. táblázat tartalmazza a lega-

II. táblázat. Nagy sűrűségű (≥ 0,9 t/m<sup>3</sup>) olaj előfordulásai

Table II. Oil occurrences having density of greater than 0,9 t/m<sup>3</sup>

Terület	Előfordulás	Mélység (m)	Maradék (%)	Jelleg	Megjegyzés
Zala-Dél-Balaton	Barabásszeg	2225	80	p	
<b>Zala-Dél-Balaton</b>	<b>Buzsák</b>	<b>690</b>	<b>85</b>	<b>n</b>	<b>biodegradált</b>
Zala-Dél-Balaton	Nagylengyel	2203-2420	85-92	p	
Zala-Dél-Balaton	Pusztapáti	2696	87	p	
Zala-Dél-Balaton	Szilvagy	2622	75	p	
Zala-Dél-Balaton	Sávoly	1582	90	i	
Zala-Dél-Balaton	Zalakaros	1813	89	i	
<b>Duna-Tisza köze</b>	<b>Bácsszentgyörgy</b>	<b>1040</b>	<b>88-90</b>	<b>i</b>	<b>biodegradált</b>
Duna-Tisza köze	Cegléd	1470	97	p	
<b>Duna-Tisza köze</b>	<b>Jánoshalma</b>	<b>605</b>	<b>87</b>	<b>n</b>	<b>biodegradált</b>
<b>Duna-Tisza köze</b>	<b>Öttömös</b>	<b>950</b>	<b>82</b>	<b>n</b>	<b>biodegradált</b>
Duna-Tisza köze	Tázlár	1966	82-92	ip	
<b>Duna-Tisza köze</b>	<b>Tompa</b>	<b>665-686</b>	<b>87-92</b>	<b>n</b>	<b>biodegradált</b>
<b>Duna-Tisza köze</b>	<b>Törtel</b>	<b>994-1275</b>	<b>62</b>	<b>n</b>	<b>biodegradált</b>
<b>Szegedi-medence</b>	<b>Kelebia</b>	<b>904</b>	<b>88</b>	<b>n</b>	<b>biodegradált</b>
Hajdúság	Nádudvar	1625	69	p	
Bihar	Kismarja	805-906	77-79	ip	
Paleogén-medence	Mezőkeresztes	1470	76		
<b>Paleogén-medence</b>	<b>Tura</b>	<b>765-885</b>	<b>83-87</b>	<b>i</b>	<b>biodegradált</b>

p - parafin, i - intermedier, n - naftén

p - paraffinic, i - intermediate, n - naphthenic

lább 0,9 t/m<sup>3</sup> sűrűségű, Magyarországon felfedezett nehézolajokat, amelyek között nem csak biodegradált olajok vannak. A táblázatban vastag betűkkel szerepelnek azok a nehézolajok, amelyeknek gázkromatogramjából hiányoznak a normál-alkánok, így biodegradáltaknak minősíthetők (lásd a 2. ábra „B” gázkromatogramját). A többi, érintetlen normál-alkán sorozattal rendelkező nehézolaj is szerepel a táblázatban nem vastagított betűkkel, amelyeknek jellemző gázkromatogramja a 2. ábra „A” részének megfelelő. Ezek a nehézolajok az alacsony, 0,3–0,4% vitrinitreflexióval jellemezhető, termikus érettséget elért anyagokzetekben képződött olaj miatt nagy sűrűségűek. Ilyen a Nagylengyelben felfedezett nehézolaj, amely a magas kéntartalmú, és az úgynevezett IIS típusú kerogénnel rendelkező Kösseni Formációban képződött (KONCZ 2021, VETŐ et al. 2000) Az alacsony termikus érettségen bekövetkezett olajképződés ugyanis együtt jár azzal, hogy az olaj jelentős része nagy sűrűségű aszfalténekből és gyantákból áll. Az aszfaltének és gyanták csak a magasabb termikus érettségnek megfelelő magasabb hőmérsékleten alakulnak át szénhidrogénekké. A Sávoly mező olaja a kitűnő mennyiségi és minőségi jellemzőkkel rendelkező badeni anyagokzetekből származik, amelyek alacsony termikus érettség esetén is tartalmaztak annyi olaj-szénhidrogént, hogy el tudott migrálni belőlük. A Nagylengyel olajmező szénhidrogénjei pedig a magas kéntartamú, IIS típusú kerogénnel rendelkező Kösseni Formációból származnak, amelyben az olaj-szénhidrogének szintén alacsony termikus érettség mellett képződtek, mert a IIS típusú kerogén termikus értelemben kevésbé stabil, könnyebben szenved hőbomlást. Nyolc nehézolaj-előfordulás tekinthető biodegradáltnak. Ezekre jellemző, hogy viszonylag kis mélységben, 605–1275 m mélység-intervallumban jelentkeztek. Tehát olyan mélységben, ahol a hőmérséklet nem haladja meg a 75–80 °C-ot, így a mikrobák működése lehetséges. A legtöbb biodegradált olaj a Duna-Tisza köze területén vált ismertté, ennek oka az, hogy a terület az eróziót követően kiemelt állapotban van. Ezen a területen fedezték fel a Jánoshalma előfordulást, amelyre az jellemző, hogy vékony olajtesttel rendelkezik, és a földtani vagyion jelentősebb része gáz. A biodegradált olajok többségének atmoszférikus desztillációs maradéka 80% feletti, és az olajok jellege a nyolc előfordulás közül hat esetben naftén, mindössze két esetben intermedier. Ez összefügghet azzal, hogy a biodegradált olajok a kisebb sűrűségű normál-alkánok hiányában dúsak a nagyobb sűrűségű gyűrűs, cikloalkán és aromás szénhidrogénekben. (Az olajok jellegét az atmoszférikus desztilláció 250–275 °C forráspont-határú frakciójának sűrűsége alapján határozzák meg. Ennek az ún. I kulcsfrakciónak a sűrűsége a parafin, intermedier és naftén sorrendben növekszik.)

A földtani vagyion nyilvántartásában a bio-

degradált olajok közül a Buzsák, Jánoshalma, Törtel és Kelebia elnevezésűek szerepelnek, többségük földtani készlete nem éri el az 1 millió egyenérték tonnát (VÖLGYI 1985). A telepként nyilvántartott, bakteriális eredetű metánt tartalmazó gáztelepek közül egyedül a Jánoshalma előfordulás nehézőlaja biodegradált. A többi biodegradált olaj mellett vagy még nem létezik gázfázis, a gáz az olajban oldott állapotban van, vagy létezik, de nem készült a gázból szénizotóparány-mérés.

## Következtetések

A Magyarországon felfedezett bakteriálisgáz-telepek többsége a primer bakteriális folyamatokkal függ össze. A legtöbb ilyen gáztelep 500–1500 m mélységintervallumban és három területen, a Hajdúság, a Nagykunság és a Békésmencede kiemelkedett részein helyezkedik el. A gáztelepek létrejöttét a medencerészek kiemelkedése, továbbá egyes területeken a termogén metán hatása tette lehetővé.

## Irodalom – References

- BARTHA, A., BALÁZS, A. & SZALAY, Á. 2019: On the tectono-stratigraphic evolution and hydrocarbon systems of extensional back-arc basins: inferences from 2D modelling from the Pannonian basin. – *Acta Geodetica et Geophysica* **53/3**, 369–394.
- CLAYPOOL, G. E. & KAPLAN, I. R. 1974: The origin and distribution of methane in marine sediments. – In: *Natural Gases in Marine Sediments*, KAPLAN, I. R. (ed.), New York, Plenum, 99–139.
- CLAYTON, J. L., SPENCER, C. W., KONCZ, I. & SZALAY, Á. 1990: Origin and migration of hydrocarbon gases and carbon dioxide, Békés Basin, southeastern Hungary. – *Organic Geochemistry* **15/3**, 233–247.
- DUAN, Z. 1992: The prediction of methane solubility in natural waters to high ionic strength from 0 to 250 °C and from 0 to 1600 bar. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **56**, 1451–1460.
- GAMES, L. M., HOYES, M. & GUNSALUS, R. P. 1978: Methane-producing bacteria: natural fractionation of the stable isotopes. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **42**, 1295–1297.
- GIEG, L. M., DUNCAN, K. E. & SUFLITA, J. M. 2008: Bioenergy Production via Microbial Conversion of Residual Oil to Natural Gas. – *Applied and Environmental Microbiology* **74**, 3022–3029.
- HEAD, I. M., JONES, D. M. & LARTER, S. R. 2003: Biological activity in the deep subsurface and the origin of heavy oil. – *Nature* **426**, 344–352.
- HERNITZ, Z., VELIC, J. & BARIC, G. 1995: Origin of hydrocarbons in the eastern part of the Drava Depression (Eastern Croatia). – *Geologica Croatia* **48**, 87–95.
- HOLCHACKER K., KONCZ I. & FISCH I. 1981: A stabszénizotóparány-adatok felhasználási lehetőségei. – *Kőolaj és Földgáz* **114/6**, 178–187.
- HORVÁTH F. & GYÖRFI I. 1995: *A recens kiemelkedés meghatározása*. – A MOL Nyrt. számára készült tanulmány.
- JAMES, A. T. 1983: Correlation of Natural Gas by Use of Carbon Isotope Distribution between Hydrocarbon Components. – *AAPG Bulletin* **65**, 1543–1550.
- KARÁCSONYI S. 1986: Újabb adatok a vízben oldott metán származására. – *Hidrológiai Közlöny* **66**, 338–342.
- KATZ, B. J. 2011: Microbial Processes and Natural Gas Accumulations. – *The Open Geology Journal* **5**, 75–85.
- KONCZ, I. 1983: The stable carbon isotope composition of the hydrocarbon and carbon dioxide components of Hungarian natural gases. – *Acta Mineralogica-Petrographica Szeged* **26/1**, 33–49.
- KONCZ I. 2019: A Battonya-Pusztaföldvár gerinc szénhidrogén-rendszerei. – *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat, Kőolaj és Földgáz* **152/2–3**, 33–38.
- KONCZ I. 2021: Anyakőzet-tulajdonságok és termikus átalakulások a Kösseni Formációban. – *Földtani Közlöny* **151/2**, 201–211.
- KOTARBA, M. 1992: Bacterial gases in the Polish part of the carpathian foredeep and the Flysch Carpathians: isotopic and geologic approach. – In: VIALLY, R. (ed.): *Bacterial Gas*. Technip, Paris, 133–146.
- LARTER, S. & DI PRIMIO, R. 2005: Effects of biodegradation on oil and gas fields and the origin of oil rimmed gas accumulations. – *Organic Geochemistry* **36**, 299–310.
- MATTAPELLI, L., RICCHUTO, T. & MARTINENGI, C. 1992: Deep isotopic light methane in Northern Italy. – In: VIALLY, R. (ed.): *Bacterial Gas*. Technip, Paris, 121–132.
- MILKOV, A. V. 2010: Methanogenic biodegradation of petroleum in the West Siberian Basin (Russian): Significance for formation of giant Cenomanian gas pools. – *AAPG Bulletin* **94**, 1485–1541.
- RICE, D. D. & CLAYPOOL, G. E. 1981: Generation, Accumulation, and Resource Potential of Biogenic Gas. – *AAPG Bulletin* **65**, 5–25.
- SCHULZ, H. M., VAN BERK, W., BECHTEL, A., STRUCK & FABER, E. 2009: Bacterial methane in the Atzbach-Schwanenstadt gas-field (Upper Austrian Molasse Basin). Part I: *Geology Marine and Petroleum Geology*, 1–17.
- SHANLEY, K. W., CLUFF, R. M. & ROBINSON, J. W. 2004: Factors controlling prolific gas production from low-permeability sandstone reservoirs: Implication for resource assessment, prospect development, and risk analysis. – *AAPG Bulletin* **88/8**, 1083–1121.
- SZALAY Á. & KONCZ I. 1980: Szénhidrogén-képződési és migrációs folyamatok a délkelet-alföldi és a Dráva süllyedékekben. – *Kőolaj és Földgáz* **113/6**, 177–186.
- VETŐ, I., HETÉNYI, M., HÁMOR-VIDÓ, M., HUFNAGEL, H. & HAAS, J. 2000: Anaerobic degradation of organic matter controlled by productivity variation in a restricted Late Triassic Basin. – *Organic Geochemistry* **32**, 439–452.
- VETŐ, I., FUTÓ, I., HORVÁTH, I. & SZÁNTÓ, ZS. 2004: Late and deep fermentative methanogenesis as reflected in the H-C-O-S isotopy of methane-water system in deep aquifers of the Pannonian Basin (SE Hungary). – *Organic Geochemistry* **35**, 713–723.
- VÖLGYI, L. 1977: The role of geothermal conditions and hydrocarbon prognostics in Hungary. – *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **21/1–3**, 1543–1550.
- VÖLGYI L. 1985: *Magyarország kőolaj- és földgáz-előfordulásai, I–IV*. – „GEOSZ” Gazdasági Munkaközösség.
- WHITCAR, M.-J., FABER, E. & SCHOELL, M. 1986: Biogenic methane formation in marine and freshwater environments: CO<sub>2</sub> reduction vs. acetate fermentation – isotope evidence. – *Geochimica et Cosmochimica Acta* **50**, 693–709.

NÉMETH András  
1975–2022

2022. szeptember 12-én, 46 éves korában elhunyt NÉMETH András geológus, a MOL kutatási szakértője. András kedves, közvetlen természete, kiváló kapcsolatteremtő képessége és rendkívül kiterjedt kapcsolati hálója miatt nagyon sokan ismerték nemcsak a vállalatnál, hanem a partner cégeknél és egyetemi körökben is.

András az Eötvös Loránd Tudományegyetemen a Papp Simon Alapítvány MOL ösztöndíjasa volt 1997 és 1999 között. 1999-ben szerzett geológus és német nyelvi szakfordító diplomát. Szakdolgozatát a zalai „lajtmészakó” faciesek elkülönítéséből írta olajkutató fúrások maganyagának feldolgozása alapján.

1999 szeptemberében kezdett a MOL-nál dolgozni, ahol a zalai olajkutatásban előbb értelmezőként, később projektvezetőként vett részt. Számos fúráspontjavaslat kidolgozása, fúrási operáció és utóértékelés fűződik a nevéhez; különösen nagy szerepe volt a sávolyi terület és a kilimáni gerinc új tektonikai modelljeinek kidolgozásában Meghatározó szerepe volt a tófeji, rádióhízi és gutorföldi földgázmezők 2011-es felfedezésében; ezek a sikerek alapozták meg a MOL-ban a későbbi sekélygáz-kutatási programot.

Kiváló szervező- és kapcsolatteremtő készségét projektvezetőként kamatoztatta olyan nemzetközi együttműködésekben, mint a Zala-, Mura-, Dráva-medence nem hagyományos szénhidrogén-potenciáljának felmérése az INA-val (2009), a szlovéniai Petesháza-Mély mező nem hagyományos kutatási lehetőségeinek kiértékelése a Geomegával (2012) vagy együttműködési lehetőségek elemzése a dél-zalai Inke kutatási területen a RAG-gal (2013). Az utóbbi években a tőle megszokottnál is nagyobb lelkesedéssel és kreativitással vetette bele magát a regionális kutatásokba; munkája nélkülözhetetlen volt például a teljes Pannon-medence kutatási potenciálját vizsgáló „Pannonian Basin Study” (2016–2019) és a horvát–magyar együttműködésben készült, a Zala- és a Dráva-medence regionális szintű kutatási lehetőségeinek felmérésére irányuló, „MOL–INA Cross-border Exploration Study” (2019–2021) című projektekben.

András fontos szerepet vállalt a szakmai közéletben. Nemcsak a Magyarhoni Földtani Társulatnak volt tagja, hanem az EAGE-nek (European Association of Geoscientists and Engineers) és az AAPG-nek (American Association of Petroleum Geologists) is. Ez utóbbi szervezetben különösen aktívan tevékenykedett. A szervezet „Distinguished Lecture Committee” nevű bizottsága tagjaként számos neves külföldi szakember magyarországi előadását és szakmai programját szervezte meg. Rendkívüli energiát fektetett az AAPG magyarországi hallgatói szervezeteinek („student chapter”) megszervezésébe és mentorálásába; munkájának legmagasabb szintű elismerését jelentette, hogy az ELTE csoportja kétszer is (2013, 2015) elnyerte az „Outstanding Student Chapter” kitüntetést. 2022 májusában TARI Gáborral (OMV) közösen szervezték meg a nagyszabású és nagy sikerű, „Revitalizing Old Fields and Energy Transition in Mature Basins” című budapesti AAPG-konferenciát.

András 2014 óta volt tagja az ELTE geológus MSc záróvizsga-bizottságnak; 17 szezonban működött közre kiemelkedő szakmaisággal és lelkiismeretességgel az ELTE geológus mesterszakos hallgatók diplomamunka-védéseinek és záróvizsgálatainak.



Felkészültségét és kiemelkedő kommunikációs készségét jól mutatja, hogy 2022. június 1-én, a MOL által szervezett nemzetközi Petroconf konferencián a szigorú és kritikus szakmai közönség neki ítélte a legjobb előadásnak járó díjat. Fejcsóválva, hitetlenkedve lépett ki a hallgatóság elé, hogy átvegye. Hiába borítottak irodájában egy egész falat a kiváló munkavégzésért kapott oklevelek, András hite a saját munkája értékében ekkorra megrendült. Közvetlen kollégái és barátai segítették és biztatták, de a betegség gyorsabb volt náluk. Bekövetkezett a tragédia: András idős szülei, felesége és kicsi (8, 5 és 2 éves) gyermekei magukra maradtak.

Kérésének megfelelően úgy emlékezünk Andrásra, amilyen egészségesen volt: kedves, segítőkész, együttérző, lelkes, lelkiismeretes, mély gondolkodású, kreatív, szeretetre méltó és szeretni nagyon tudó munkatársat és barátot veszítettünk el vele.

MAGYAR Imre

### NÉMETH András összegyűjtött publikációinak jegyzéke

#### 2003

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., KOVÁCSVÖLGYI, S., CZELLER, I. & SZUROMI-KORECZ, A. 2003: Geological setting of the Zala Basin along Balaton lineament, SW Hungary. – *MFT-MGE Geoscience Conference, Nagykanizsa*.

#### 2004

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., CZELLER, I., KOVÁCSVÖLGYI, S. & SZUROMI-KORECZ, A. 2004: Tectonic evolution of the Balaton lineament, SW Hungary. – *AAPG European Region Conference, Prague, 2004. Abstract Book*, 82–83.

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., CZELLER, I. & SZUROMI-KORECZ, A. 2004: "Teaching Old Dogs Brand New Tricks": Exploration and Exploitation in Mature Areas by Application of New Geological Models. – *World Petroleum Congress 1st Youth Forum, Beijing China, 2004. Proceedings* 1071–1075.

#### 2005

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., KOVÁCSVÖLGYI, S., CZELLER, I. & SZUROMI-KORECZ, A. 2005: Geological Outcomes of Hydrocarbon Exploration in the Zala Basin. – *Földtani Kutatás* **42/1**, 9–15.

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., CZELLER, I. & SZUROMI-KORECZ, A. 2005: Integrated geological model – the key to the successful exploration and production. – *XXVI. International Oil and Gas Conference and Exhibition, Tihany, 2005. Conference CD*, Nr. K02

#### 2006

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., CZELLER, I. & SZUROMI-KORECZ, A. 2006: Integrated Geological Model of Balaton-lineament as a Key to Success of Exploration and Exploitation. – *68<sup>th</sup> EAGE Conference & Exhibition, Vienna, Austria, 2006. Extended Abstracts & Exhibition Catalogue*, P172

#### 2007

JÓSVAI, J., NÉMETH, A., CZELLER, I. & SZUROMI-KORECZ, A. 2007: Integrated Geological Model of Balaton-lineament as a Key to Success of Exploration and Exploitation (Best of EAGE). – *Invited presentation, AAPG Annual Convention & Exhibition, Long Beach, USA, 2007. Abstracts volume*, p. 72.

#### 2014

FODOR, L. I., SZTANÓ, O., MAGYAR, I., TÖRŐ, B., UHRIN, A., VÁRKONYI, A., CSILLAG, G., KÖVÉR, SZ., LANTOS, Z., NÉMETH, A., PALOTAI, M. & TÓKÉS, L. 2014: Late Miocene depositional units and syn-sedimentary deformation in the western Pannonian basin, Hungary. – *Proceedings and Excursion Guide of the 12th Meeting of the Central European Tectonic Studies Group (CETeG), Ladek Zdrój, Poland, 2014. Geologica Sudetica* **42**, 14–15.

#### 2015

FODOR, L., VRABEC, M., HÉJA, G., JELEN, B., KOROKNAI, B., NÉMETH, A., RIFELJ, H. & TRAJANOVA, M. 2015: Structural evolution of the East Alpine-Pannonian junction area: from nappe stacking to extension. – *12<sup>th</sup> Alpine Workshop, Montgenèvre-Briançon, France, 2015*.

#### 2016

FODOR, L., VRABEC, M., HÉJA, G., CSIZMEG, J., BOGOMIR, J., KÖVÉR, SZ., KOROKNAI, B., NÉMETH, A., RIFELJ, H., TRAJANOVA, M. & VRABEC, M. 2016: Structural evolution of the East Alpine-Pannonian junction area: from nappe stacking to extension. — In: VOJTKO, R. (ed.): *14<sup>th</sup> Meeting of the Central European Tectonic Group. CETeG Conference, Predná Hora, Slovakia, 2016. Abstract Volume* p. 30.

FODOR, L., HÉJA, G., BOGOMIR, J., KÖVÉR, SZ., KOROKNAI, B., NÉMETH, A., RIFELJ, H., TRAJANOVA, M., VRABEC, M. & VRABEC, M. 2016: Structural evolution of the East Alpine-Pannonian junction area: from nappe stacking to extension. – In: ŠUJAN, M. (ed.): Environmental, Structural and Stratigraphical Evolution of the Western Carpathians. 10<sup>th</sup> ESSEWECA Conference, Bratislava, Slovakia, 2016. Abstract volume, 25–26.

### 2017

HÉJA, G., KÖVÉR, SZ., CSIZMEG, J., NÉMETH, A. & FODOR, L. 2017: The deformation of the SW part of the Transdanubian Range (West Hungary), based on balanced cross-sections. – In: KÖVÉR, SZ. & FODOR, L. (eds): 15<sup>th</sup> Meeting of the Central European Tectonic Studies Group (CETeG), Zánka, Lake Balaton, 2017. Acta Mineralogica-Petrographica, Field Guide Series 32, Abstract Book, p. 13.

HÉJA, G., CSIZMEG, J., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A. & FODOR, L. 2017: Structural inheritance of Triassic–Jurassic normal faults in a Cretaceous thrust and fold belt based on seismic and field data (western Transdanubian Range, Hungary). – In: Abstracts of 'Fold and Thrust Belts: structural style, evolution and exploration'. London, United Kingdom, Abstract volume: 159–160.

### 2018

HÉJA, G., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., CSILLAG, G. & FODOR, L. 2018: Evidences for pre-orogenic passive-margin extension in a Cretaceous fold-and-thrust belt on the basis of combined seismic and field data (western Transdanubian Range, Hungary). – *International Journal of Earth Sciences* **107/8**, 2955–2973. <https://doi.org/10.1007/s00531-018-1637-3>

### 2021

FODOR, L., BALÁZS, A., CSILLAG, G., DUNKL, I., HÉJA, G., JELEN, B., KELEMEN, P., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., NYÍRI, D., SELMECZI, I., TRAJANOVA, M., VRABEC, M. & VRABEC, M. 2021: Crustal exhumation and depocenter migration from the Alpine orogenic margin towards the Pannonian extensional back-arc basin controlled by inheritance. – *Global and Planetary Change* **201**, 103475. 31p. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103475>

FODOR, L., BALÁZS, A., CSILLAG, G., DUNKL, I., HÉJA, G., KELEMEN, P., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., NYÍRI, D., ORAVECZ, É., SELMECZI, I., TRAJANOVA, M., VRABEC, M. & VRABEC, M. 2021: Migration of deformation, subsidence, and basin formation in the SW Pannonian Basin (central Europe) and the change to contractional deformation. – *European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2021*, EGU21-13300. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13300>.

FODOR, L., BALÁZS, A., CSILLAG, G., DUNKL, I., HÉJA, G., KELEMEN, P., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., NYÍRI, D., RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., SELMECZI, I., TRAJANOVA, M., VRABEC, M. & VRABEC, M. 2021: Migration of deformation, subsidence, and basin formation in the SW Pannonian Basin and the transition to the neotectonic phase. – In: GREGÁNOVÁ, M., MOLČAN MATEJOVÁ, M. & SIMONOVÁ, V. (eds): *Book of Abstracts, 18<sup>th</sup> Meeting of the Central European Tectonic Studies Groups (CETeG), Terchová–Vrátna, Slovakia, 2021*. 37–39.

### 2022

HÉJA, G., ORTNER, H., FODOR, L., NÉMETH, A. & KÖVÉR, SZ. 2022: Modes of oblique inversion: a case study from the Cretaceous fold and thrust belt of the western Transdanubian Range (TR), West Hungary. – *Tectonics* **41**, e2021TC006728, p.20. <https://doi.org/10.1029/2021TC006728>

FODOR, L., BALÁZS, A., CSILLAG, G., DUNKL, I., HÉJA, G., KELEMEN, P., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., NYERGES, A., NYÍRI, D., ORAVECZ, É., SELMECZI, I., SOÓS, B., TÓKÉS, L., VRABEC, M. & ZADRAVECZ, Cs. 2022: Migration of basin formation and contrasting deformation style in the western and southern Pannonian Basin (central Europe). – In: PEYTICHEVA, I., LAZAROVA, A., GRANCHOVSKI, G., IVANOVA, R., LAKOVA, I. & METODIEV, L. (eds): 22<sup>nd</sup> International Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association (CBGA), Abstracts. *Geologica Balcanica* spec. volume, p. 149.

FODOR, L., BALÁZS, A., CSILLAG, G., DUNKL, I., HÉJA, G., KELEMEN, P., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., NYERGES, A., NYÍRI, D., ORAVECZ, É., SELMECZI, I., SOÓS, B., TÓKÉS, L., VRABEC, M. & ZADRAVECZ, Cs. 2022: Migration of basin formation and contrasting deformation style in the western and southern Pannonian Basin (central Europe). – In: 15<sup>th</sup> Emile Argand Conference on Alpine Geological Studies, Ljubljana, 2 p., <https://doi.org/10.5194/egusphere-alpshop2022-61>

FODOR, L., BALÁZS, A., BEKE, B., CSILLAG, G., DUNKL, I., HÉJA, G., KELEMEN, P., KÖVÉR, SZ., NÉMETH, A., NYERGES, A., NYÍRI, D., ORAVECZ, É., SELMECZI, I., SOÓS, B., TÓKÉS, L., VRABEC, M., VRABEC, M. & ZADRAVECZ, Cs. 2022: Migration of basin formation and contrasting deformation style in the western and southern Pannonian Basin (central Europe). – *AAPG Europe Regional Meeting, Budapest, Hungary, 3–4 May 2022*, 2 p.

Nyomtatásban megjelent munkáin túl számtalan jelentés szerzője/társszerzője, melyek a Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattárban elérhetők.



## Események, rendezvények

### Történeti és földtörténeti konferencia Salgótarján- Salgóbanán 2022. 09. 22.

A konferencia, és az azt követő kirándulás Salgó várához ahhoz a könyvbemutatóhoz kapcsolódott, melyet Nógrád hajdani jegyzőjének, RADVÁNYI Ferencnek (~1670–1728) latin nyelvű, kéziratban fennmaradt, a vármegye „helyismereti lexikonának” tartott műve magyar fordításban való megjelenése alkalmából rendeztek. A kötet a megye politikai története és a 18. század első negyedének közigazgatása mellett megannyi helyi, bölcsészeti és természettudományos érdekű tudnivalót tartalmaz. A könyv megvalósulása a Novohrad–Nógrád UNESCO Globális Geopark (NN-UNESCO-GG), a Magyarhoni Földtani Társulat (MFT) és az UNESCO támogatásán túl néhány vállalkozó munkatársnak köszönhető.

Ennek a valóban interdiszciplináris nemzetközi rendezvénynek a köszöntőit házigazdaként a NN-UNESCO-GG ügyvezető igazgatója, Nógrád megye közgyűlésének elnöke, majd egy országgyűlési képviselő és Salgótarján polgármestere, továbbá a határon túli város, Fülek képviselőjében a Novohrad–Nógrád Jogi Személyek Társulásának képviselője, a Cseres-hegység Tájvédelmi Körzet, azaz a Správa CHKO Cerová vrchovinának az igazgatója, végül a Bükk Nemzeti Park Igazgatóságának vezetője mondták el.

Ezután következtek a bölcsészettudományi előadások az alábbi intézmények vezető kutatóinak részéről: ELTE Egyetemi Könyvtár és Levéltár (dr. TÓTH Krisztina), Bölcsészettudományi Kutatóközpont Történettudományi Intézet (dr. TÓTH Gergely), NN-UNESCO-GG (Fülek/Filakovo – GAÁL Lajos) és Losonci Levéltár (ADAMOVA Mária, ny. igazgató).

A helyben tartott déli állófogadás, majd a régészeti és kőzettani kiállítás megtekintése után került sor a geológiai előadásokra GALCSIK Zsolt (Magyar Nemzeti Levéltár Nógrád Megyei Levéltára, Salgótarján), BODÓ Balázs (Dornyay Béla Múzeum, Salgótarján), HARMOS Krisztián és PAPP Ferenc (Bükk NP Igazgatósága, Eger, Nógrád–Ipoly Tájegység), valamint PRAKFAI Péter (NN-UNESCO-GG, Salgótarján) részvételével.

A zárzó után következett az arra vállalkozók számára a Salgóvár közeli bazaltsúcsának bemutatása és az ottani híres és meszszerű díszelő várom bejárása mint afféle „hab a tortán”. Ezen a szakmai kiránduláson három szervező-előadó: BODÓ Balázs régész, PAPP Ferenc természetvédelmi területfelügyelő és PRAKFAI Péter geológus kolléga voltak avatott vezetők a szűkebb térségben szívárványos szép időben.

PAPP Péter

### Geotóp napok 2022. 10. 8–9.

A ProGeo Szakosztály főszervezésében megrendezésre kerülő Geotóp napok programsorozata idén 22 helyszínen zajlott

országszerte közel 1500 fő részvételével. A Geotóp napi rendezvénysorozat koordinálását idén is VINCZE Péter vállalta.

A legnagyobb létszámban Cserépfalura érkeztek geo-turisták, 634 fő. A LESS Nándor Emléktúra méltó fiatalon elhunyt Pro Natura díjas utazó, kutató emlékéhez. A Cserépfalu feletti Millennium kilátótól a táj földtana, formakincse és tájtörténete került bemutatásra. A riodacitba vajt pincesoron interaktív vulkánbemutatót tartottunk, az Ördögtorony kaptárkőnél a helyszín eleve nedvet meg kirakó segítségével. A Perpác-réten kreatív játékok kaptak az év élőlényeiről, s azok bükki vonatkozásáról. Az Oszla erdészháznál őslénytani bemutató kápráztatta el a turistákat, persze nem maradhatott el a szokásos zsírosdeszka vagy lekváros kenyér sem. Suba-lyuknál és a Remete látogatóközpontban az őszember életébe nyerhettek bepillantást. A célban az Év ásványára, ősmaradványára szavazhattak és a Bükki Nemzeti Park, Bükk-Vidék Geopark sátra színesítette a kínálatot. Az élményeket túrakítűző és oklevél, célsokoládé, s a kitelepülő helyiek süteményei tették teljessé.

Szintén nagy létszámban vettek részt a hetedjére megrendezett tatai programon, mintegy 400 fő. Az ELTE Tatai Geológus Kert, az ELTE Természettudományi Múzeum, a Magyarhoni Földtani Társulat, a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága és a Kuny Domokos Múzeum szervezésében. Idén is az Év ásványa és ősmaradványa volt téma, a program pedig két helyszínen zajlott: a Geológus Kertben az Év ősmaradványával, az óriásszarvassal kapcsolatos játékos feladatok és őslénysimogató, míg a várudvaron az Év ásványa, a magnetit és ásvány játékszínház várta a látogatókat. A két helyszínt „Kővadász” kötötte össze, térkép alapján haladva kellett különböző feladatokat megoldani.

### Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés

2022. 10. 14–16.

A Földtani és Geofizikai Vándorgyűlést a tavaszi járványhelyzet miatt el kellett őszre halasztani. A két szakmai egyesület a Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesülete közösen szervezte és bonyolította le a konferenciát, megosztva a feladatokat.

A Vándorgyűlés fókuszába már a szervezés megkezdésekor két kérdéskört állítottunk (Fókuszban a rezervoárok és fókuszban a szakember-utánpótlás); ezeket kapcsolta össze a konferencia mottója is: „A jövő ősvényein”. Az idei év gazdasági és társadalmi kihívásai különösen aktuálissá tették e konferencia mottóját.

#### Fókuszban a rezervoárok

Az első, alapvetően szakmai kérdés a fluidumrezervoárok komplex kérdéskörét célozta meg olyan társadalmilag rendkívül időszerű problémák megvitatásán keresztül, mint pl. az ivóvízellátás, az energiabiztonság (geotermia, felszín alatti hőtárolás, CO<sub>2</sub>-elhelyezés, H<sub>2</sub>-elhelyezés), a hulladékkehelyezés, a klímavédelem.

Plenáris előadásaink a témához kötődtek: Dr. TARI Gábor a szénhidrogének hazaitól eltérő tároló kőzetekben való dúslásairól tartott előadást, évtizedes kutatási tapasztalatai alapján. HOLODA Attila pedig hazánk és Európa jelenlegi energetikai helyzetét mutatta be érdekesítő előadás keretében.

### Fókuszban a szakember-utánpótlás

Ehhez kapcsolódóan két pályázatot írtunk ki, középiskolásoknak „Ifjú földtudós” és tanároknak „Hogy nevelek földtudóst” címmel. A diák pályázat nyertese HORVÁTH Zsófia a Gödöllői Református Líceum diákja. A tanár pályázat nyertese VERES Zsolt a Békéscsabai Szakképzési Centrum Vásárhelyi Pál Technikum és Kollégium tanára.

Az összes pályázó értékes ismeretterjesztő könyvjutalomcsomagot kapott, a nyertes pályázók pedig lehetőséget kaptak, hogy bemutassák pályaművüket a Vándorgyűlés első napján. Ezzel a lehetőséggel a tanári pályázat nyertese VERES Zsolt élt is, a diák pályázat nyertese HORVÁTH Zsófia sajnos nem tudta vállalni a megjelenést.

A Vándorgyűlés első és második napján az 50 résztvevő 27 szakmai előadást hallgathatott meg, a rendezvény harmadik napjára szakmai terepbejárást szerveztünk a Zsámbéki-medencébe. Négy kollégát kértünk fel arra, hogy a terepbejárás során bemutassák az adott terület legújabb geológiai és geofizikai kutatásainak eredményét.

A rendezvény előadásainak kivonatát tartalmazó abstractkötet, valamint a kirándulásvezető bárki számára elérhető a Vándorgyűlés honlapjáról: [https://foldtan.hu/hu/vandorgyules\\_2022](https://foldtan.hu/hu/vandorgyules_2022)

A Vándorgyűlés célja volt, hogy minél több szakemberhez eljusson a rendezvényen elhangzó szakmai tartalom, ezért a jelenléti megrendezés mellett lehetőséget biztosítottunk a rendezvény online elérésére is. December elején Társulatunk YouTube csatornájára felkerült az egész rendezvény szerkesztett, nyilvánossá tett anyaga, ahol bárki szabadon megtekintheti.

### MTA előadóülés SZABÓ József születésének 200. évfordulója alkalmából

2022. 11. 09.

SZABÓ József, a magyar geológiai iskola megteremtője 200 évvel ezelőtt, 1822 márciusában született. A bicentenárium alkalmából a Magyar Tudomány Ünnepe programsorozat keretében az MTA X. Osztály Földtani, valamint Geokémiai, Ásványtani és Kőzettani Tudományos Bizottságai a Magyarhoni Földtani Társulattal társrendezésben tudományos ülést terveznek. Az előadónap SZABÓ József gazdag életútján keresztül szervesen illeszkedik az idei „Tudomány: út a világ megismeréséhez” mottóhoz. A tervezett programban PAPP Gábor tudománytörténeti előadása mellett 3-3 földtani, illetve ásvány-kőzettani tematikájú előadás kapott helyet, amelyben a hazai geológiai kutatással foglalkozó műhelyek előadói közösen szerepeltek. Az előadóülés szerkesztés és utómunkálatok után elérhető lesz az MTA YouTube csatornáján. A rendezvény főszervezői TÖRÖK Ákos és M. TÓTH Tivadar voltak.

### Földtudományos forgatag

2022. 11. 11–13.

A Magyarhoni Földtani Társulat az évek óta népszerű őszi ismeretterjesztő programját, Földtudományos forgatagot az idén hibrid formában rendezte meg. Az első napon, pénteken kizárólag online programot tartottunk, elsősorban a középiskolákra koncentrálni, a beszélgetések időtartamát a tanórák menetéhez igazítva. A következő két napon a Magyar Természettudományi Múzeumban (MTM) mutatkozhattak be a nagyközönségnek a földtudományok prominens képviselői: az egyetemek, kutatóintézetek, hálózatok,

társadalmi szervezetek, cégek. A pénteki nap témája a Földtudományok a válságkezelés szolgálatában volt.

A Földtudományos forgatag következő két napján, szombaton és vasárnap a Magyar Természettudományi Múzeum kiállítótereiben rendezkedtek be a kiállítók. Az érdeklődők betekintheztek a kőzetek, ásványok, ősmaradványok kézzelfogható és mikroszkopikus világába is, megismerkedhettek korszerű geofizikai, meteorológiai és geodéziai mérőműszerekkel. Nemzeti parkjaink és geoparkjaink hazánk csodálatos földtudományi értékeit mutatták be. A standokon megjelenő múzeumok lelkes pedagógusai különleges játékokkal, kísérletekkel, foglalkozásokkal nyűgözték le a gyerekeket és a felnőtteket egyaránt. Az Utazó Planetárium izgalmas úrutazásra vitte a látogatókat a Naprendszer bolygóira.

A múzeumban a következő kiállítók jelentek meg: ANZO-Perlit Kft., APOKROMÁT Kft., Ásványok háza, Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság, Bakony–Balaton Geopark, Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Csillagászati Intézet, Földrajztudományi Intézet, Geodéziai és Geofizikai Intézet, ELTE Meteorológiai Tanszék, ELTE Természettudományi Múzeum ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, ELUSCSEG (Eötvös Loránd University Student Chapter of the Society of Economic Geologists), Földtudományi civil Szervezetek közössége, Kuny Domokos Múzeum, Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság, Magyar Földrajzi Múzeum, Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Magyar Meteorológiai Társaság, Magyar Természettudományi Múzeum, Ásvány- és Kőzettár, Őslénytani és Földtani Tár, Magyar Természettudományi Múzeum, Bakonyi Múzeuma (Zirc), Mátra Múzeuma (Gyöngyös), Magyar Talajtani Társaság, Magyarhoni Földtani Társulat, Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, MOL Nyrt, Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, Országos Meteorológia Szolgálat, Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága Földtani Igazgatósága, Utazó Planetárium Kft.

A szombat délelőtti megnyitón a forgatag látogatóit, résztvevőit és a sajtó képviselőit a kupolacsarnokban BERNER Zsolt az MTM főigazgatója, majd PIROS Olga, az MFT társelnöke köszöntötte. Szombaton és vasárnap a látogatók ismeretterjesztő előadásokat hallgathattak meg a Múzeum Semsey termében. Azonban nem csak a múzeumba ellátogatókra gondoltunk, ezért az előadásokat online közvetítettük, illetve a rögzített előadások szerkesztett változata felkerült a Társulat YouTube csatornájára, a pénteki kerekasztal beszélgetésekkel együtt.

### Kalapács és Sör

2022. 11. 11.

Az Ifjúsági Bizottság kirándulást szervezett a Polgárdi Szárhegyre. A terepi vezetést SÁGI Tamás (ELTE FFI Kőzet-Geokémiai Tanszék) vállalta. A program rendkívül sikeres volt, a résztvevők száma 43 fő.

### Év ásványa, ősmaradványa és ásványkincse programok

Az Oktatási és Közművelődési Szakosztály, Ásványtani, Kőzettani és Geokémiai Szakosztály, Őslénytani–Rétegtani Szakosztály és a Nyersanyagföldtani Szakosztály közös programsorozata keretében a 2023-as év jelöltjeit a 37. Budapest Mineral Show

keretében hirdettük ki és a szavazást is ekkor nyitottuk meg (2022. 08. 26–28.). Az ELTE Természetrzaji Múzeum, Magyarhoni Földtani Társulat Titkársága, ELTE Óslénytani Tanszék és a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága Földtani Igazgatósága kollégái mutatták be a jelölteket és a 2022-es év nyerteseit az óriásszarvast és a magnetitet.

Ezt követően a 13. MOM Sporti ásványbörzén jelentkezett interaktív bemutatókkal, kvízekkel és kiállítással az ELTE Természetrzaji Múzeuma, ELTE Óslénytani Tanszék és Magyarhoni Földtani Társulat Titkársága (2022. 10. 08–09.).

A Földgömb Fesztiválon (2022. 10. 16.) a 7 próba pecsétgyűjtő feladatmegoldó programrészen három feladattal is részt vett az ELTE Természetrzaji Múzeuma és Magyarhoni Földtani Társulat Titkársága.

A 26. Lurdy házi ásványbörze (2022. 12. 9–11.) zárta az ez évi ismeretterjesztő programjainkat, melyen ELTE Természetrzaji Múzeum, ELTE Óslénytani Tanszék és a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága Földtani Igazgatósága kollégái mutatták be a jelölteket és a 2022-es év nyerteseit.

Az őszi Év ásványa, Év ősmaradványa programokon személyesen részt vevők száma megközelítette a 10 000 Főt. Ezúton is köszönjük önkénteseinknek a rengeteg befektetett energiát, munkát. A programsorozat koordinátora KÓTHAY Klára.

Az Év ásványa és Év ősmaradványa program digitális rajzpályázatot hirdet általános iskolások és óvodások számára „Kezdedben a múlt 2022” címmel, a 2022-es év nyerteseiről, akik 2023-ban is velünk maradnak. A pályázatra a **magnetit** és az **óriásszarvas** rajzos megjelenítését várjuk, külön-külön, vagy akár egyben. Beadási határidő: 2023. január 10.

A pályázat fővédnöke: Dr. JUHÁSZ Árpád geológus

## Placohelys szobrot avattak Veszprémben

2022. 12 14.

2022. december 14-én 15 órakor avatták fel Veszprémben, a Kiskőrösi út melletti abc önkormányzati területén Magyarország egyik, ha nem a leghíresebb ősmaradványának, a *Placochelys placodonta* köztéri szobrát.

A szobor emléket állít az 1901 április 25-én a veszprémi Jeruzsálem-hegyi kőbányában dolgozó munkások által talált ősmaradványnak. A leletről LACZKÓ Dezső piarista földrajztanár értesítették, aki akkor már Veszprémben élt és járta a bányákat, feltárásokat, hogy ősmaradványokat gyűjtsön és folyamatosan dokumentálja a bányafalakat.

A maradványok felfedezését azonnal tudatta barátjával, id. LÓCZY Lajos geológussal, akinek a közreműködésével jutott el Berlinbe JAEKEL Otto német paleontológushoz a lelet. Ő írta le 1902-ben, a Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei c. könyvsorozatban.

A Jeruzsálem-hegyi Baráti Kör tagjai (JBK) már régóta tervezték, hogy egy köztéri emlékművet állítson Veszprém az álteknősnek. Az első elképzelés 2000-re tehető, akkor egy kőtömbbe vésett sziluettel gondoltak megemlékezni a világhírű ősmaradványra. BONTÓ László, a Veszprém Megyei Levéltár munkatársa, azonban egy teljes alakos kőszobrot álmódott meg.

Veszprém Megyei Jogú város közgyűlése 2019-ben, HEITER Sándor a JBK elnöke kezdeményezésére megszavazta, hogy köztéri szobrot állítson az ősmaradványnak a Jeruzsálem-hegyen.

2019. 05. 21-én KATONA Lajos Tamás kezdeményezésére Veszprém Megyei Jogú Város Önkormányzat felvette a kavicsfogú álteknőst a Veszprém települési értéktárba, mégpedig a kulturális



örökség csoportba. Ezt követően indult el a szobor elkészítése költségének összegyűjtése. A közadakozásról szóló felhívást korábban a Magyarhoni Földtani Társulat is meghirdette.

KATONA Lajos a szoborállításában két kulcsfontosságú feladatot vállalt. Az egyik, hogy megkereste azt a helybéli, vagy legalábbis környékbeli kőtömböt, amiből LUGOSSY László szobrászművész el tudja készíteni a szobrot. Ebben a munkában segítségére volt ARADI László bányamérnök, aki bemutatta SÁRDINÉ CSIPSZER Erikát, a Kötés Kft. ügyvezetőjét, aki biztosította a szobor alapanyagát

A másik feladat volt az ősmaradvány „bemutatása” a szobrásznak. Ellátogattak HEITER Sándorral és LUGOSSY Lászlóval az akkori Magyar Földtani és Geofizikai Intézetbe, ahol az állat típuspéldányát és az eredeti ábrázolást is őrzik.

A covid időszak hátráltatta ugyan a szoborállítás szervezését, de a pénzügyítés és a lobbitevékenység folyamatos volt. A szobor megvalósításához szükséges hiányzó összeget a Veszprém–Balaton 2023 Zrt. által kiírt pályázaton nyerte meg a Jeruzsálem-hegyi Baráti Kör.

(A fényképeket CSERNY Tibor bocsátotta rendelkezésünkre.)

## Előadóművek, könyvbemutatók

Október 17-én a Tudománytörténeti Szakosztály könyvbemutatója a szerzők részvételével rendkívül nagy érdeklődés mellett zajlott. A bemutatott művek:

KIS DOMOKOS Dániel: *A tudomány szolgálatában két nemzedéken át - A Szádeczky-Kardossok*

WANEK Ferenc: *Fordulópontok és meghatározó személyiségek Erdély altalajkincseinek megismeréstörténetében*

KOMLÓSSY György: „Volt egyszer egy kisgyerek, úgy élt, mint az istenek”

\*\*\*

VELLEDITS Felicitász két on-line ismeretterjesztő előadást tartott a középiskolás korosztályt célozva az ENGIE nemzetközi projekthez és a Juhász Árpád Geológus szakkörhöz kötődően.

\*\*\*

A ProGeo Szakosztály, az Észak-Magyarországi Területi Szervezet, a Nyersanyagföldtani Szakosztály és az Ifjúsági Bizottság is tartottak előadóüléseket az őszi időszakban.

## Könyvismertetés

### KORDOS LÁSZLÓ: *A Rudapithecus kutatás. Tények és mesék*

Az őslénytani kutatás hasonlít a bűntény után nyomozó detektív munkájához. Kisebb-nagyobb tárgyi bizonyítékok, a lelőhelynek és környezetének részletes vizsgálata, a kutató gyakorlata, tudása és szakmai intuíciói vezetnek el az eredményhez. A kutatás nem egyenes vonalú folyamat, a tények mellett tévedések, tévutak vagy új felismerések színesítik a képet. Magát a folyamatot pedig, különösen ha olyan jelentőségű kérdést kíván feltárni, mint az emberelődök egy korai stádiumának epizódja, mesék is kísérik, ahogy KORDOS László könyvének alcíme is mutatja. Az olvasó számára a kutatásnak a folyamata a legérdekesebb a könyvben, hogyan változott a gyarapodó leletek megítélése az emberi törzsféjlődés „hiányzó láncszemétől” az utódlás nélkül kihalt főemlősök kategóriájáig.

A *Rudapithecus hungaricus* egy 10–10,5 millió évvel ezelőtt élt emberszabású ősmajom, amelynek maradványai az észak-kelet-magyarországi, egykor szebb napokat megélt Rudabánya vasércbányájából kerültek elő. Az 1971-ben megkezdett és csaknem ötven évig tartó rendszeres ásatások a nemzetközi érdeklődés középpontjába kerültek: magyar, amerikai és kanadai szakemberek vezetésével zajlott a kutatás. A Rudabánya név ma már fogalom a paleontológiában, és az innen ismert állatmaradványok számtalan elméletet inspiráltak az emberré válásról és az emberszabásúak evolúciójáról.

KORDOS László részletesen ismerteti kronológiai sorrendben az egyes ásatások eredményeit, a megtalált töredékes leleteket, melyekről alkalmanként kiderült, hogy összetartoznak. Beszámol a kutatók meghatározásairól, tévedéseikről és elméleteikről,

valamint erről, hogy a leletek hogyan illeszkednek az Afrikában, Ázsiában és Európában folyó prehominida-kutatás eredményeihez, milyen helyet foglalnak el az emberré válás korai történetében. A kutatásban mérföldkövet jelentettek egyes leletek, mint a kalandos úton előkerült első *Rudapithecus*-állkapocs egy darabja, az „öreg hölgy” koponyája, és „Gabi”, a *Rudapithecus*-lány csontváza.

Legelső kérdésünkre, miként nézhetett ki a kérdéses ősmajom, a könyv részletesen válaszol. A szerző összegzése szerint: „A *Rudapithecus* egy, a fák ágain négy lábbal mozgó, esetenként a földre is leereszkedő, 25–28 kilónyi testtömegű, rövid arcú és viszonylag nagy, lapos koponyájú, fark nélküli kihalt emberszabású volt.” Több kísérlet történt az egyedek képi rekonstrukciójára, melyekből néhányat a könyv borítóján is láthatunk.

Ahhoz, hogy a *Rudapithecus*nak az élővilág fejlődésében betöltött szerepét értékelni lehessen, olyan alapvető dolgokat kellett tisztázni, mint a maradványok kora, az egykori élőhely jellege, a környezet földrajzi adottságai, növény- és állatvilága. A lelőhely és a benne foglalt növényi–állati maradványok korát a geológiai kutatás klasszikus bio- és litosztratigráfiai módszereivel állapították meg. A vékony csikokban előforduló vulkáni tufa radiometrikus kormeghatározása segítette az üledék korának pontosítását. A különféle vizsgálati eredmények kb. 10 millió éves kort állapítottak meg. Ebben az időben, 10 millió évvel ezelőtt még létezett a nagy kiterjedésű, Közép-Ázsiáig elnyúló Pannon-tó, mely egyik keskeny félszigetének völgyeiben mocsári-tavi és folyóvízi, lignites, márgás üledékek rakódtak le a vasércet hordozó, sokkal idősebb, tagolt felszín kemény kőzetekre. Ez a gazdag növényzettel és állatvilággal jellemezhető, meleg és nedves környezet volt életere a *Rudapithecus* ősmajom populációjának, és valószínűleg ennek köszönhetjük a csontleletek megőrződését is.

KORDOS László 1971-től minden rudabányai ásatáson jelen volt, majd később a kutatások irányítójaként dolgozott, így átfogó tudással és dokumentumanyaggal rendelkezik a lelőhelyről és a feltárt maradványokról. A kötet 92 fényképen, jórészt MÉSZÁROS Ildikó felvételein mutatja be a dokumentumok legjelentősebb darabjait. Terjedelmes fejezet a főleg szakközönségnek szóló, a teljesség igényével összeállított kutatási bibliográfia. A kötet a nehéz szakmai tartalom és fogalomkör ellenére a nagyközönségnek is élvezhető, ami elsősorban a szerző sokszor könnyed, humort sem nélkülöző stílusának köszönhető.

A könyv a Régészet és Természettudományok 3. köteteként az Archaeolingua Alapítvány gondozásában jelent meg (Budapest, 2021) 159. oldal terjedelemben, 92 fényképmelléklettel.

Dr. BREZSNYÁNSZKY Károly  
geológus, MÁFI ny. igazgató



## Tartalom — Contents

PÓSFAI Mihály: In memoriam Dr. NEMECZ Ernő	301
JÁGER Viktor, Molnár Ferenc, Király Edit: Nemesfémkutatások a Kelet-Mecsekben: egy új orogén aranyércesedés felfedezése a Mecsekalja-zónában. – <i>Prospecting for gold in the Eastern Mecsek Mountains, Hungary: discovery of a new orogenic gold mineralization in the Mecsekalja zone.</i>	307
Kovács Zoltán: Hantken Miksa és a tudományos névadás.	331
HÁMOR Tamás, HÁMORNÉ VIDÓ Mária: Hazai miocén ferrodolomitok genetikai vázlata stabilizotóp-összetételük alapján. – <i>The origin of Miocene ferro-dolomites in the Pannonian Basin, based on their stable isotopic pattern.</i>	335
KONCZ István: A Magyarországon felfedezett bakteriális gáz és biodegradált kőolaj előfordulásának genetikája. – <i>Bacterial gas fields discovered in Hungary.</i>	345
MÁGYAR Imre: In memoriam NÉMETH András	353
Hírek, ismertetések (összeállította BODOR Emese, CSERNY Tibor)	357

