

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

60 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete

Szeniorok Selmecbányán

Hírek az EAGE-ből

A linearizált inverzió minőségjellemzői

A felszínmozgás zónájában előforduló üledékes kőzetek
ásványos összetételének és fizikai tulajdonságainak vizsgálata
Kulcs területén

Agocs-díj 2014

Megalakult az MTA új Geofizikai Tudományos Bizottsága



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

55. évfolyam (2014) 3. szám



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA
JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

TARTALOM • CONTENTS

SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

95 60 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete (60 years of the Association of Hungarian Geophysicists) – *Nagy Z.*

MGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

107 Szeniorok Selmechányán (Senior members in Selmechánya) – *Rezessy G.*

EAGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF EUROPEAN GEOSCIENTISTS AND ENGINEERS

109 Hírek az EAGE-ből (EAGE news) – *Törös E.*

TANULMÁNY • PAPER

111 A linearizált inverzió minőségjellemzői (Characteristics of the quality of the linearized inversion) – *Prácser E., Prodán T. H.*

121 A felszínmozgás zónájában előforduló üledékes kőzetek ásványos összetételének és fizikai tulajdonságainak vizsgálata Kulcs területén (Physical properties and mineral composition of sediments from sliding zone at Kulcs area) – *Udvardi B., Kovács I., Kónya P., Vatai J., Koloszar L., Fedor F., Ács P., Mihály J., Németh Cs., Deák Zs. V., Fűsi B., Szalai Z., Szabó Cs., Falus Gy., Fancsik T.*

HÍREK • NEWS

134 Agocs-díj 2014 (Agocs award, 2014) – *Kis K.*

135 Megalakult az MTA új Geofizikai Tudományos Bizottsága (Renewal of the Geophysicists' Scientific Committee in the Hungarian Academy of Sciences) – *Bodoky T.*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

55. évfolyam (2014) 3. szám

A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA
JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

Főszerkesztő • Editor-in-Chief

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: bodoky.tamas@mfgi.hu

Szerkesztőbizottság • Editorial Board

DR. BARÁTH ISTVÁN, KAKAS KRISTÓF, DR. LENKEY LÁSZLÓ,

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZARKA LÁSZLÓ, VERŐ LÁSZLÓ

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: hockg@t-online.hu



Lapunk megjelenését a Magyar Olaj- és Gázipari Nyilvánosan Működő Részvénytársaság támogatja

A szerkesztőség a szakcikkeket (tanulmányokat) szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsorát az évvégé számban tesszük közzé. A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, ill. közölhetőségéért kizárólag a szerzők tartoznak felelősséggel.

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete
A kiadásért felel dr. Fancsik Tamás

Szerkesztőség: 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.
Telefon/Fax: (1) 201-9815
Titkársági e-mail: postmaster@mageof.t-online.hu
Honlap: www.mageof.hu

Borító, tipográfia és nyomdai előkészítés:
EP Systema Bt., Budapest

Készült: NestPress Kft., 1116 Budapest, Vegyész u. 17–25.
Felelős vezető: Fekete Iván

Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél
(1371 Budapest, Pf. 433, Telefon/Fax: (1) 201-9815)
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében
Megjelenik évente négyszer

INDEX: 26 507
HU ISSN 0025-0120

60 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete

Az 1954. április 27-én alapított *Magyar Geofizikusok Egyesülete (MGE)*, szinte napra pontosan a 2014. évi közgyűlésünk időpontjában érte meg 60. születésnapját.

10 évvel ezelőtt, 2004 áprilisában az Egyesület elnöksége a megalakulás 50 éves jubileuma megünneplésének szentelte az éves közgyűlést, és közreadta az Egyesület fél évszázados működéséről készült – ma már kordokumentumnak tekinthető – jubileumi kiadványát.¹

Az Egyesület megalakulásának 60 éves évfordulója nem olyan kerek évszám, mint a fél vagy háromnegyed évszázados – bár az egyetemek is ehhez az időtartamhoz kötik a gyémántdiplomák kiadását – de mindenképpen méltó egy megemlékezésre, ami – ugyan a teljesség igénye nélkül – áttekintheti az egyesületi élet alakulását az elmúlt évtized megváltozott körülményei között, az említésre méltó eseményeket és a működést jellemző vagy befolyásoló fontosabb tényeket.

Érdeemes az elmúlt 10 esztendő kezdetére visszatekintve felemlíteni, hogy 10 évvel ezelőtt – amikor Magyarország az Európai Unió teljes körű tagjává vált – a magyar geofizikusok már több mint két évtizede, 1980-ban részévé váltak az általános geofizikusok európai közösségének, amikor az *European Geophysical Society (EGS)*² és az MGE között, az Egyesület korporatív tagságáról szerződést kötöttek.

Az európaivá válásnak ezzel elindult folyamatát betetőzte az EAEG³ megbízásából az Egyesület által Budapesten, 1985-ben, nagyszámú nyugati résztvevővel megrendezett, nagy sikerű *47. EAEG Meeting and Technical Exhibition*. Ez a korai nyitás az EAEG felé megalapozta a szoros és tartós kapcsolat létrejöttét egyesületünk és az európai alkalmazott geofizikusok közössége között is. A 80-as évektől kezdve a mai napig a Magyar Geofizikusok Egyesületének folyamatos, aktív képviselője létezik az EAGE⁴ azóta jelentősen megnövekedett és a világ szinte minden részéről már mintegy 18000 tagot számláló, kiterjedt szervezetében.

Elismeréssel kell adózni az EAEG/EAGE vezetőségében különböző tisztségeket betöltött és jelenleg is betöltő egyesületi tagjaink, *Ádám Oszkár, Molnár Károly, Bodoky Tamás, Verő László, Hegybíró Zsuzsanna, Törös Endre* és He-

gedüs Endre tevékenységének, amellyel külföldön is öregbítették a magyar geofizikusok jó hírnevét. Ennek egyik bizonyosságául szolgál, hogy *Bodoky Tamást* – akit az a megtisztelés ért, hogy az EAGE elnöki tisztségét is betölthette, 2005-ben Madridban az EAGE 67. Meetingjén a szövetség 37. Tiszteleti tagjává (*Honorary Member*) választották meg, elismeréseként az EAGE-ben, valamint az EAGE PACE Alapítványában végzett munkájáért.

Az így megnövekedett létszámú és nemzetközileg is kiterjedt szervezet központi vezetősége nemigen tud és nem is szól bele az egyes országok szakmai életébe, ugyanakkor szeretné elősegíteni az interdiszciplináris együttműködést, minél több szolgáltatást nyújtva a tagjainak, valamint folyamatosan törekszik további szakemberek tagságának körébe történő bevonására. Mindezek elősegítéséhez lehetőséget teremtett és szorgalmazza az EAGE helyi csoportjainak (*Local Chapter*) megalakítását, ezek számára különféle előnyöket, támogatásokat is biztosít.

Mindennek megismerése vezetett 2005-ben az EAGE tagsággal is bíró egyesületi tagjaink körében arra az elhatározásra, hogy az MGE Elnökségének támogatásával, megfelelő előkészítés után, megalakítsák az EAGE hazai csoportját, bizonyos szempontból követve a hazai mélyfúrás geofizikai szakemberek által már 1988 májusában megalakított *SPWLA⁵ Budapest Chapter* példáját, amely az MGE keretében, annak szakosztályaként működik.

Az EAGE tagsággal rendelkező hazai szakemberek az Egyed László Szeminárium 2005. március 8-i ülésén határozták el, hogy kéri az EAGE hivatalos hozzájárulását magyarországi szervezete (*Hungarian Chapter*) megalakításához. Madridban, 2005 júniusában, az EAGE 67. Konferenciáján írta alá az *EAGE Hungarian Chapter* alapító okiratát *Olivier Dubrule* EAGE elnök és *Hegybíró Zsuzsanna* az MGE elnöke. A *Magyar EAGE Csoport* bejelentette csatlakozási szándékát a MGE-hez. Az Elnökség határozatilag felvette a csoportot az Egyesületbe, és annak szakosztályaként működteti (*EAGE Budapest Szakosztály*). A csoport tevékenységéről részletes beszámolókat közöl az MGE internetes honlapja,⁶ és a hazai egyesületi életéről időnként megjelennek híradások is az EAGE havonta megjelenő szakmai kiadványában, a *First Break*-ben. A Chapter működéséről az évente megrendezett EAGE konferenciákon kiállított poszterek is tájékoztatást nyújtanak.

¹ 50 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1954–2004. MGE, 2004, Budapest, 327 o.

² Az általános geofizika kutatóit tömörítő európai egyesületet 1971-ben alapították, az MGE csatlakozását a néhai *Stegena Lajos* professzor már 1973-tól szorgalmazta.

³ European Association of Exploration Geophysicists

⁴ European Association of Geoscientists and Engineers a korábbi EAEG mai megnevezése a működési területének kiterjesztését követően

⁵ SPWLA – Society of Professional Well Log Analysts (USA) – a mélyfúrásokban végzett geofizikai mérések értelmezésével foglalkozó szakemberek nemzetközi egyesülete.

⁶ <http://www.mageof.hu/index.php/hu/about/csoportjaink>

A magyar EAGE csoport első elnökévé *Hegybíró Zsuzsannát*, titkárává *Kakas Kristófot* választotta a csoport tag-sága, amely gyorsan növekedve, 2010-ben már 108 tagot számlált. A következő tisztújításkor a csoport elnökévé *Törös Endrét* választották, aki jelenleg is betölti ezt a tisztséget.

Egyesületünk nemzetközi kapcsolatai azonban nem szorítkoznak csupán az EAGE szervezetére. Időközben társult tagjává vált az *SEG*-nek⁷ is.

Az előzőekben példaként már említett SPWLA Budapest Chapter kezdetekben igen aktív működését az utóbbi évek megváltozott körülményei sajnos hátrányosan befolyásolták.

Az ezredforduló után a mélyfúrású geofizikában dolgozók száma lecsökkent. A terület szakembereinek többsége szervezeti átalakulások és a műhelyek megszűnése miatt más területeken szóródott szét. Ennek következtében a Budapest Chapter aktivitása is fokozatosan csökkent. A mélyfúrás-geofizikával aktívan foglalkozó szakemberek többségét a *MOL Nyrt.* illetve a *Geoinform Kft.* tömöríti, akiknek a meg-növekedett munkahelyi feladatai egyre kevesebb lehetőséget adtak a társadalmi feladatok ellátására. A nehézségek ismeretében a szakosztály elnöke, *Császár János* 2007 folyamán felhívást tett közzé, javaslatokat kérve a szakosztály működésének és aktivitásának megújítására.

Mindezen nehézségek ellenére az SPWLA Budapest Szakosztály aktívan segíti, részben szakmai előadásokkal is, az egyesület vándorgyűléseit és egyéb rendezvényeit. Ezek között külön említésre érdemesek az *MGE Zalai csoportjával* együttműködésben, színvonalas és nagy érdeklődéssel kísért, rendszeresen visszatérő *Nagykanizsai Földtudományi Szakmai Napok*.⁸

A külföldi kapcsolatok miatt mind az EAGE, mind az SPWLA Budapest Szakosztálynak kiemelt szerepe van az Egyesület életében. Ezen túlmenően, nemzetközi kapcsolataink további kiszélesedését eredményezte csatlakozásunk még 2002-ben a *Balkán Geofizikai Társulathoz (BGS)*.⁹ Ez a szervezet 1994-ben bolgár geofizikusok kezdeményezésére jött létre, amely az egykori szocialista országok által rendezett és 1991 után megszűnt *Nemzetközi Geofizikai Szimpóziumok* hiányát kívánta eredetileg pótolni. Kongresszusaira mind az EAGE, mind a SEG kiemelten odafigyel.

Bodoky Tamás – mint az akkori MGE elnök és egyben a BGS kongresszusain részt vevő EAGE képviselő – javasolta az MGE csatlakozását a BGS-hez, amit a BGS Tanácsa a szervezet 3. Kongresszusán, 2002-ben Szófiában elfogadott.

A Balkán Geofizikai Társulat elnökségét a Magyar Geofizikusok Egyesülete soron kívül vette át 2009-ben Belgrádban a BGS 5. Kongresszusán a *Szerb Geofizikusok Egyesü-*

letétől, előkészítendő a Budapesten 2011 októberében sorra kerülő 6. Kongresszust. A soros Albánia ugyanis még nem készült fel a kongresszus megrendezésére.

A Vérmező szomszédságában lévő Hotel Mercure kitűnő helyszínnek bizonyult a 215 résztvevőt számláló, igen sikeresnek bizonyult rendezvény számára, amelyen 130 előadás (69 szóbeli és 61 poszter) hangzott el, valamint a párhuzamosan megtartott műszerkiállításnak, amelyhez a szálloda szomszédságában még „terepi” műszerbemutó is kapcsolódott. Az ifjúsági szakmai vetélkedő, a társasági események, az online szervezés és a résztvevőknek CD-n átadott „Conference Proceedings & Exhibitors' Catalogue” is tovább emelték a kongresszus színvonalát. A záróünnepségen már Albánia képviselője vette át a BGS zászlaját és elnökségét a Tiranában soron következő 7. Kongresszus rendezőjeként.

A külföldről utólag érkezett köszönetnyilvánítások kiemelték a kongresszus sikeres és színvonalas megrendezését. Elismerés illeti a rendezőgárda tagjait, akik *Késmárky István* elnöklete alatt a következők voltak: *Plank Zsuzsa, Bodoky Tamás, Draskovics Pál, Kakas Kristóf, Lenkey László, Törös Endre, Kovács Attila Csaba* és *Petró Erzsébet*, valamint *Zahuczky Péter* online szerkesztő.

Az eddig említettek közül is kitűnik, hogy az elmúlt tíz év során a Magyar Geofizikusok Egyesülete sikeresen megőrizte és tovább növelte a magyar geofizika nemzetközi ismertségét és megbecsültségét.

Az egyesületek célját, szervezeti felépítését, tevékenységét a mindenkori érvényes *Alapszabály* határozza meg. A Magyar Geofizikusok Egyesületének 60 évvel ezelőtti megalapításakor elfogadott alapszabályát az 1990. évi demokratikus átalakuláskor új alapszabály váltotta fel, amely az Egyesület vezetését bizonyos mértékben az EAGE-ben már bevált minta szerint szabályozta, az ún. „első alelnöki – elnöki – második alelnöki” 3 éves vezetési ciklus szerint.

Az ezredforduló idejére megszerzett tapasztalatok azt bizonyították, hogy az egy éves elnöki váltás túl rövid időtartam ahhoz, hogy a mindenkori elnök hatékony befolyást gyakorolhasson az egyesületi tevékenységre, annak javítására, fejlesztésére, szervezettebbé tételére. Ezért a 2003. évi közgyűlés módosította ezt a gyakorlatot. A módosítás utáni, jelenleg is érvényes szabályozás szerint:

- Az elnöki megbízatás két évre szól (közgyűléstől – közgyűlésig), és a tisztséget automatikusan a korábban a Közgyűlés által választott első alelnök (*vice president*) tölti be.
- Az elnöki mandátum után a következő két évben a volt elnök – választás nélkül – a második alelnök (*past president*) tisztséget látja el.

Az új szabályozás éppen 10 évvel ezelőtt vette kezdetét, és a tapasztalatok szerint bevált, az első kétéves ciklus elnöki tiszttét betöltő *Hegybíró Zsuzsanna* értékelése szerint.

A mindennapi életben a jogszabályok változását, valamint az egyesületi élet körülményeinek megváltozásait is, követni kell az *Alapszabályban*. Ezek részletezése nem tarthat megemlékezés tárgykörébe. Azonban a kornak

⁷ Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma, USA

⁸ <http://www.mageof.hu/index.php/hu/about/csoportjaink>

⁹ Balkan Geophysical Society (*BGS*). Geofizikai egyesületek egyesülése, egyéni tagsággal nem rendelkezik. Tagjai Albánia, Bulgária, Görögország, Magyarország, Románia és Törökország geofizikai egyesületei. A BGS háromévenként tartja kongresszusát, amelyet szakmai kiállítással is összekapcsol. A kongresszusok helyszíne sorba megy a tagországokon. Az aktuális szervező három évre átveszi a BGS elnökségét.

megfelelő információközlési fórumot felhasználva, az *MGE honlapján* megtalálható az Egyesület mindenkor érvényes Alapszabálya, az aktuális változtatásokkal kiegészítve.¹⁰

Az elmúlt évtized folyamán számos egyéb körülmény megváltozása is befolyásolta az Egyesület működését. Már a 2005. évi közgyűlési beszámolóban is szerepelt a természettudományi egyesületeket összefogó szövetségi rendszerben, a *MTESZ*-ben, kialakult válságos helyzet. A *MTESZ* elhibázott gazdálkodása folytán felhalmozódott adósság ekkor már 200 MFt-ra nőtt. A *MTESZ* körül kialakult bizalmi válság miatt befagyasztották a már 2004-ben jóváhagyott állami támogatást is, és ezzel az *MGE* is elesett a kért támogatástól. Ez a helyzet a későbbi években csak tovább romlott. A *MTESZ* minden erővel a szövetségi rendszer megtartását erőltette, ugyanakkor a helytelen koncepciókon alapuló, veszteséges működésének terheit egyre nagyobb mértékben próbálta a társegyesületekre terhelni. Így, már az elmúlt évtized kezdetén felvetődött a kérdés, hogy kell-e és szabad-e távlatilag a szövetséghez tartoznunk.

A helyzet odáig romlott, hogy 2011-ben a fűtési szezon kezdetén a szövetség Fő utcai székházában elzárták a köz-műszolgáltatásokat, s emiatt az egyesületek elköltözésre kényszerültek. A Magyar Geofizikusok Egyesülete ekkor, 2011 novemberében költözött el a jelenlegi székhelyére, az *ELGI Columbus utcai székházába*, amelynek azóta már a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal az új házigazdája, továbbra is befogadva egyesületünket.

Az *MGE* Elnöksége a kialakult helyzetet és az Egyesület érdekeit mérlegelve úgy döntött, hogy megszünteti tagságát a *MTESZ* szervezetében. 2012. május 30-án az Egyesület kilépett a *MTESZ*-ből.

Kiléptünk a *MTESZ*-ből, de csatlakoztunk a *MFT*¹¹ kezdeményezésére a kilenc szervezet részvételével 2014. június 24-én megalakult *Földtudományi Civil Szervezetek Közösségéhez* őszintén remélve, hogy a megállapodás minden rokonegyesület és azok tagságának hosszú távú érdekét szolgálja majd.

A szervezet létrehozásának célja, hogy a földtudományi egyesületek és társaságok megfelelő súllyal tudjanak részt venni a civil szférát megillető véleményalkotási, érdekérvényesítési és a döntéshozókat megalapozott tanulmányokkal, szakvéleményekkel támogató eljárásokban.

A közösséget létrehozó szervezetek: a *Magyar Földmérés, Térképészeti és Távérzékelési Társaság*, a *Magyar Földrajzi Társaság*, a *Magyar Geofizikusok Egyesülete*, a *Magyar Meteorológiai Társaság*, a *Magyar Természettudományi Társulat*, az *Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület*, a *Szilikátipari Tudományos Egyesület*, a *Magyarhoni Földtani Társulat* és megfigyelőként a *Magyar Hidrológiai Társaság*.

A 2008. évi közgyűlésen köszönt el egyesületünk *Bellér Éva* nyugdíjba vonult ügyvezető titkárunktól, aki 21 éven át, pontos és megbízható munkájával, mindenkivel szeretetteljes kapcsolatban, szinte családtagként fejtette ki tevékeny-

ségét tagságunk érdekében. A tisztét átvevő *Hegedűsné Petró Erzsébet* ugyanolyan lelkes odaadással és pontossággal, zökkenőmentesen folytatta tovább az egyesületi ügyeink intézését.

Az elmúlt évtized folyamán a pénzügyi és gazdasági viszonyokban kialakult válságos helyzet ellenére is sikerült megőrizni Egyesületünk anyagi szempontból stabil helyzetét. Mindez nagymértékben köszönhető a mindenkor szűkebb elnökség és az egyesületi titkárság közötti kiváló együttműködésnek, a jó gazda gondosságával végzett tervezésnek és a reális szempontok szerinti, takarékos gazdálkodásnak.

Mindez jól tükröződik a *Felügyelőbizottságnak* az éves közgyűléseken elhangzott pozitív tartalmú jelentéseiben. Azonban az anyagi források sajnálatos beszűkülése a jövőben még további körütekintést igényel az Egyesület vezetésére számára.

Az utóbbi években az anyagi források beszűkülése az egyesületi alapítvány számára fokozottan hátrányos helyzetet teremtett. Az elmúlt évben elhunyt volt elnökünk, Molnár Károly kezdeményezésére a 24 évvel ezelőtt létrehozott *Magyar Geofizikusokért Alapítvány* a kezdeti években jelentősen tudta növelni alaptőkéjét. Ez lehetővé tette, hogy az alapítványi célkitűzések teljesítésére – közel két évtizeden át – évente mintegy 3 millió forintot fordítson.

A kilenc tagú kuratórium – *Nemesi László* előrelátóan gondos és felelősség teljes elnöklétével – messzemenően szem előtt tartotta az alapítvány eredeti célkitűzéseit, mindenekelőtt a közhasznú célokat. Az utóbbi években a drasztikus mértékben lecsökkent kamatok miatt az alapítvány forrásai a külső adományok ellenére is igen beszűkültek. Emiatt a kuratórium a szerényebb keretek közötti működésre és az alaptőke fokozatos felhasználására kényszerült. A 2013. év további változásokat hozott az alapítványban.

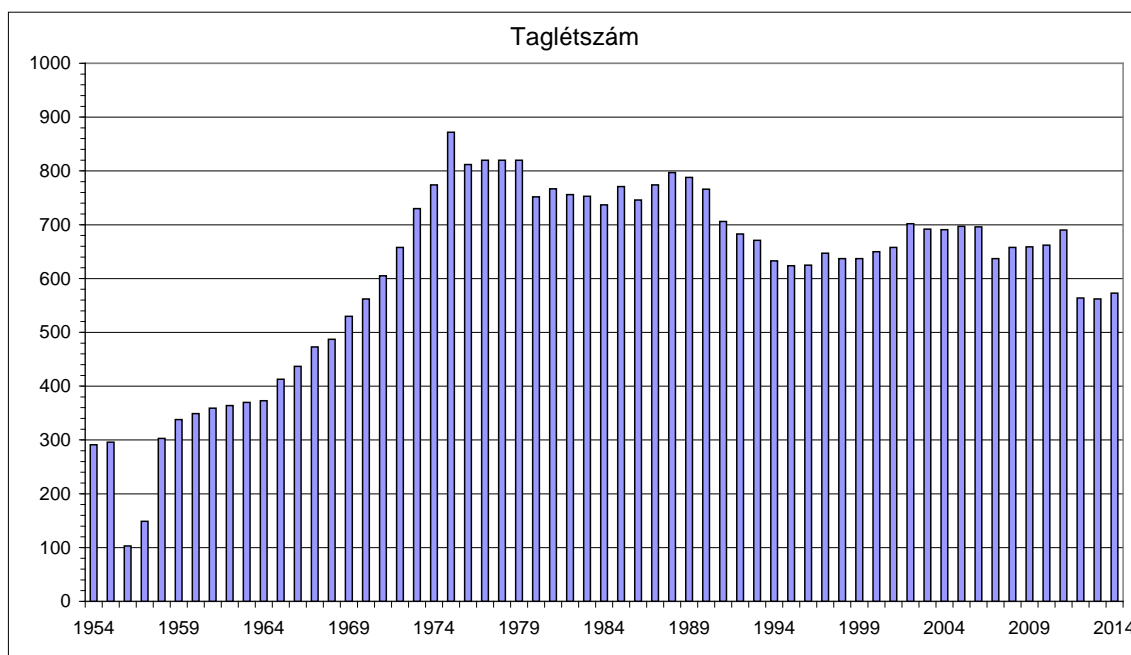
Mintegy negyedévszázados – minden elismerést megérdemlő – elnöki tevékenység után, korára való hivatkozással *Nemesi László kuratóriumi elnök* lemondott tisztéről, amit a kuratóriumi tagok is követtek, helyt adva az alapító számára, hogy a kialakult helyzethez igazodva, kisebb létszámú, 5 tagú új kuratóriumot választhasson. Az új elnöki tisztet *Gombár László*, korábbi egyesületi elnök vállalta, a megújult kuratórium további tagjai: *Draskovics Pál*, *Hegybíró Zsuzsanna*, *Rezessy Géza* és *Szabó Norbert*.

Egyesületünknek, mint minden más egyesületnek, az alappilléret tagsága képezi. A tagság összetételének és létszámának az idők folyamán bekövetkező változásai döntően befolyásolhatják az Egyesület működését, jövőbeli sorsának alakulását, az egyéb társadalmi, gazdasági és környezeti tényezők hatása mellett.

Az Egyesületünk megalakulását követő mintegy 20 évet a taglétszám dinamikus növekedése jellemezte, követve az ország geofizikai kutatásának ebben az időben növekvő intenzitását. Az 1973–1990 közötti csúcsidezők 700–800 fő közötti taglétszáma, részben az 1990 utáni gazdasági változások következtében mintegy 100 fővel csökkent, de az 1992–2011 közötti 20 évben átlagosan ekkor is 650–660 főt számlált.

¹⁰ <http://www.mageof.hu/index.php/hu/dokumentumtar>

¹¹ Magyarhoni Földtani Társulat



A Magyar Geofizikusok Egyesületének taglétszáma az elmúlt 60 évben

Az elnökség az utóbbi két évtizedben többször is szembeült – más egyesületekhez viszonyított alacsony tagsági díjunk ellenére – a tagdíjat esetenként vagy egyáltalán nem fizető tagok problémájával, akik az elmaradt tagdíjfizetés ellenére sem jelezték az Egyesületből történő kilépési szándékukat. Az Alapszabály előírását követve történt radikális döntés – amely a tartósan nem fizetőket törölte az Egyesület tagjai sorából – okozta a mellékelt ábrán a 2011 után látható létszámcsökkenést. Így Egyesületünk tagsága 2014-ben 573 főt számlál.

Az elmúlt 60 év természetes következménye a tagság korösszetételének megváltozása. Jellemző összehasonlításra ad lehetőséget, hogy a taglétszám a kezdeti dinamikus felfutás vége felé, 1970-ben, valamint az elmúlt 2013. évben történetesen megegyező értékű, 562 fő volt. A két időpont között eltelt 43 év alatt a taglétszám korcsoportok szerinti megoszlásának változását szemléletesen mutatja az alábbi táblázat adataiból két diagram. A korcsoportok színkálája mindkét diagramon azonos.

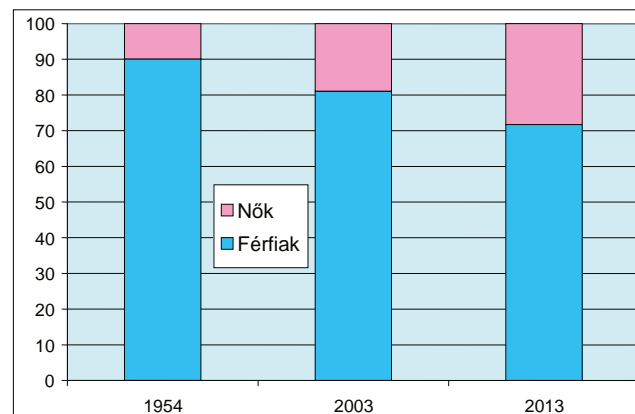
Korcsoport	Életkor	1970	2013
1	20–29	27,8%	16,0%
2	30–39	38,8%	11,9%
3	40–49	20,3%	12,1%
4	50–59	7,8%	18,5%
5	60–69	3,6%	16,4%
6	70–	1,8%	25,1%
Összesen		100%	100%

A közölt adatok szerint 1970-ben a tagság 86,8%-a 50 év alatti volt, és csak 13,2% volt ennél idősebb. A 60 év feletti aránya ekkor csak 5,3% volt. 2013-ban az 50 év alattiak

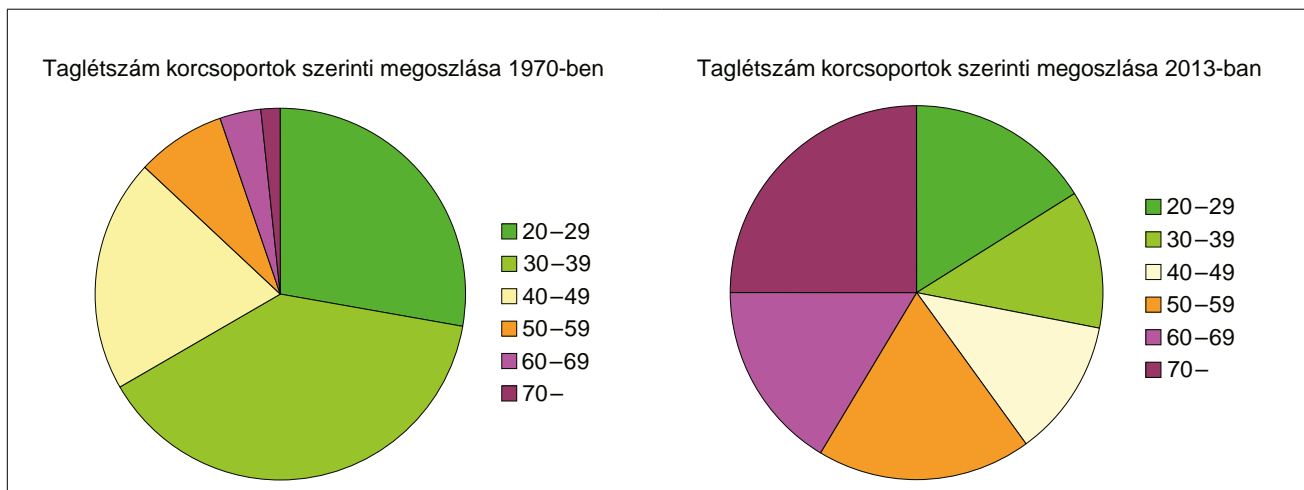
részaránya 40%. Az ennél idősebbek részaránya 60%. De a 60 év feletti korcsoport képviselője már önmagában 41,5%, így a *Seniorok Bizottsága* tagjai az Egyesület egyik jelentős bázisát jelentik. A kor önmagában nem döntő tényező az aktivitás szempontjából.

Jelenleg 70%-ra tehető a tagságunkban az aktívak (beleértve a diákokat is) és 30%-ra a nyugdíjasok aránya. Sajnos mára már az alapító tagjaink sorai is nagyon megritkultak.

Az Egyesület alapításakor a nemek szerint 9,9% volt a nők és 90,1% a férfiak aránya. Az elmúlt évtized kezdetén, 2003-ban a nők részaránya 19%, a férfiaké 81%, vagyis közel öt évtized alatt csaknem duplájára változott a nők aránya. Az elmúlt évtized végén pedig, 2013-ban a nők részaránya elérte a 28,3%-ot, a férfiak hányada 71,7% volt. A változásban részben demográfiai hatás, részben az egyetemi hallgatóság összetételében a nők megnövekedett részaránya tükröződhet.



Az egyesületi tagság nemek szerinti százalékos megoszlása az alapításkor, illetve az utóbbi évtizedben



A korcsoportok létszám arányának változása az Egyesület tagságában 1970–2013 között

Az Egyesületnek a versenyszférával való közvetlen kapcsolata valósul meg azoknak gazdasági szervezeteknek a révén, amelyek felhasználják a geofizika tudományának ismereteit és módszereit, és jogi tagságukkal az Egyesület munkáját anyagilag is támogatják. Ezzel az elmúlt évtizedben is hozzájárultak az Egyesület stabil működésének biztosításához.

Az Egyesület céljainak megvalósításához, szakmai rendezvényeinek színvonalas megrendezéséhez nyújtanak szervezeti támogatást olyan államigazgatási, oktatási és kutatóintézmények is, amelyek jogi tagsággal nem rendelkeznek, de feladatuk körükbe tartozik a geofizika tudományának művelése, illetve felhasználása.

A társtudományok hazai és külföldi egyesületeivel kialakított együttműködés is szerves és nélkülözhetetlen részét képezi Egyesületünk szakmai tevékenységének.

Az Egyesület tagságának jelentős, 30%-ot meghaladó részét – a hivatalosan már nem aktív geofizikusait – összefogó és számukra a szakmai és társadalmi kapcsolatok ápolásával, az ezzel járó mindenkori feladatokkal foglalkozó *Szeniorok Bizottságának* is kiemelt fontossággal bír az Egyesület életében.

Az 1986-ban megalakított bizottság első elnökétől, a nagyra becsült volt tiszteleti tagunktól, *Tóth Géza* „bácsi”-től, 1990-ben vette át a Szeniorok Bizottságának elnöki tisz-

Az MGE jogi tagjai	MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt. Acoustic Geofizikai Szolgáltató Kft. Geo-Log Környezetvédelmi és Geofizikai Kft. ELGOSCAR 2000 Környezettechnológiai és Vizgazdálkodási Kft. GEOMEGA Földtani és Környezetvédelmi Kutató-Szolgáltató Kft. MECSEKÉRC Zrt. PetroHungária Kft. TXM Olaj- és Gázkutató Kft.
Egyesületünknek szervezeti támogatást nyújtó intézmények	Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Magyar Földtani és Geofizikai Intézet MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézete Eötvös Loránd Tudományegyetem Miskolci Egyetem Geoinform Kft. SPE Hungarian Section
Együttműködés a társtudományok egyesületeivel	EAGE European Association of Geoscientists and Engineers MTA Magyar Tudományos Akadémia Magyarhoni Földtani Társulat Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület BOK Budapesti Olajosok Hagyományörző Köre

A Szeniorok Bizottsága által szervezett kirándulások, rendezvények

Időpont	A tanulmányi kirándulások programjai
2005. szept. 8.	Kirándulás a fennállásának ötvenedik évfordulójához érkezett tihanyi Geofizikai Observatóriumba és az alapításának kilencszázötvenedik évfordulóját ünneplő tihanyi Bencés Apátságba. A beszámolót lásd az 46/3. számban
2006. szept. 7.	Tanulmányi kirándulás Nadapra, az országos felsőrendű színtezési hálózat főalappontjához, összekötve a táci Gorsiumban és a székesfehérvári Bory várban tett látogatással. A beszámolót lásd az 47/4. számban
2007. szept. 5.	Tanulmányi kirándulás Sopronba, az alapításának 50. évfordulóját ünneplő nagycenki Széchenyi István Geofizikai Observatóriumba. A beszámolót lásd az 48/4. számban
2008. szept. 10.	Kirándulás Sümegre, előadással a Dunántúli közephegységben végzett korábbi geofizikai kutatásokról a MÁFI volt oktatóbázisán. Majd a sümegi vár és a város műemlékeinek megtekintése. A beszámolót lásd az 49/3. számban
2009. szept. 9.	Vértesi tanulmányi kirándulás – Tata – vértesszőlősi ősember lelet – Majk kamalduli remetesség, végül az oroslányi Bányászati Múzeum megtekintése. A beszámolót lásd az 50/3. számban
2010. szept. 8.	Tanulmányi kirándulás Nógrádba az Ipolytarnóci Ősmaradványok Természetvédelmi Területére, majd látogatás a Gyöngyösoroszi ércdúsító helyén működő BIOCENTRUM (korábban ELGOSCAR) Kft. telephelyén. Magyar Balázs előadása a „Környezet védelméért” kitüntetést elnyert cég tevékenységéről. A beszámolót lásd az 51/3. számban
2011. szept. 7.	Tanulmányi kirándulás Szegedre, a Szőreg-1 Biztonsági Tározó (stratégiai gáztározó) meglátogatása szakvezetéssel. Ismerkedés a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékével
2012. szept. 5.	Tanulmányi kirándulás Bátaapátiba, a Nemzeti Rádióaktív hulladék-tároló bejárása, előzetesen a Mecsekérc Zrt. főmérnökének előadása a felszínalatti munkálatokról Pécssett a Zsolnay-negyed Gyugyi gyűjteményének megtekintése. A beszámolót lásd az 53/3. számban
2013. szept. 11.	Tanulmányi kirándulás a Mátrába, a Mátrai Erőmű Zrt. visontai külfejtésének meglátogatása, előadás a Mátrai Erőmű működéséről. Látogatás az MTA pizskéztetői csillagvizsgálójában és Gyöngyösorosziban az ELGOSCAR-2000 Környezettechnológiai és Vízgazdálkodási Kft. telephelyén. A beszámolót lásd az 54/2. számban
2014. szept. 10.	Tanulmányi kirándulás Selmechányára. Ismerkedés a bányászati hagyományokkal és a világörökség részét képező Óváros látnivalóival, <i>Ormos Tamás</i> vezetésével. A beszámolót lásd a jelen számban

tét dr. *Aczél Etelka*, és odaadón, nagy körültekintéssel vezette 18 éven keresztül a tevékenységét egészen 2008-ig. Elnöksége alatt az a gondolat vezérelte, hogy a nyugalmazott geofizikusokat is bevonhassa a szakmai és egyesületi életbe, ezzel továbbra is vonzóvá téve számukra az egyesületi tagságot. A szenior tagtársak számára évente megrendezett tavaszi baráti találkozók, valamint a geofizikával vagy rokon tudományával foglalkozó intézményekbe minden ősszel megszervezett tanulmányi kirándulások és a kapcsolódó kulturális programok a Szeniorok Bizottságát az Egyesület egyik igen aktív részévé változtatták.

2008-at követően *Rezessy Géza* elnökletével töretlen lendülettel folytatódott a Szeniorok Bizottságának működésében kialakult hagyományok.

Egyesületünk részéről a Szeniorok Bizottsága az elmúlt évtized folyamán rendszeresen támogatta – képviselőinek személyes részvételével is – a *celldőmölki Eötvös Loránd Általános Iskola* által a Vas megyei általános iskolák részvételével megrendezett *fizikai tanulmányi versenyeket*. Elismerés és köszönet illeti *Aczél Etelka*, *Pályi*

András és *Ujfalusy Antal* tagtársaink sokéves ez irányú fáradozását.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége 2009. február 24-i ülésén határozott a *Tudománytörténeti Bizottság* létrehozásáról, dr. *Baráth István* elnökletével. A bizottság feladatának tekinti, hogy a szakmát érintő átfogó kérdésekkel foglalkozzon, amelyekben értékmentés, dokumentáltan hiteles összefoglalás szükséges. Megszólaltatni „amíg nem késő” a nagy öregjeinket, a múlt és a jelen élő tanúit, hogy hiteles dokumentumok keletkezessenek. A bizottság által – többek között – eddig megfogalmazott néhány fontosabb feladat:

- *Elhunyt nagyjainknak* a Nemzeti Kegyeleti Bizottság hatáskörébe ajánlott listájának összeállítás, sírjaik megváltásával kapcsolatos javaslatok, esedékes évfordulóik számmentartása.
- Geofizikával foglalkozott intézményeknél az ottani geofizika történetének összegyűjtése, megírása.
- Az *Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény* kiállítási anyagának gyarapítása.

Az elmúlt évtized vándorgyűlései

Időpont és hely	Résztevők, előadások, rendezők, támogatók
31. Vándorgyűlés, 2006. szept. 21–23. Zalakaros	Geofizikai, Földtani, Környezetvédelmi Vándorgyűlés és Kiállítás: „Szellemi és földtani erőforrások a XXI. Század elején”. <i>Rendezte:</i> az MGE és Zalai Csoportja. <i>Támogatta:</i> MOL Nyrt., Wabeko Kft., TDE Kft., Geomega Kft., PetroHungária Kft., ELGOSCAR 2000 Kft., Falcon, Schlumberger, EAGE. <i>Résztevők száma:</i> 100, ebből 20 külföldi. <i>Előadások:</i> 31 szóbeli (két szekcióban), 5 poszter. <i>Kiállítók száma:</i> 4, (Vinci Technologies, GES Kft, Geoinform Kft., Geo-Log Kft.). <i>Workshop:</i> Schlumberger – Fractured Basement Evaluation & New Technology
32. Vándorgyűlés, 2009. szept. 24–25. Pécs	<i>Rendezte:</i> MGE és Mecseki Csoportja az ELGI támogatásával. <i>Támogatta:</i> MOL Nyrt., EAGE PACE Alapítvány, MECSEKÉRC Zrt., MECSEK ÖKO Környezetvédelmi Zrt., SPE Hungary, Wildhorse Energy Hungary Kft., Exxon Mobil, Geomega Kft., PetroHungária Kft., TXM Olaj és Gázkutató Kft., Geo-Log Kft. <i>Résztevők (bel és külföldiek) száma:</i> 110, <i>Diák résztvevői délelőtt:</i> 150. <i>Előadások:</i> Plenáris 4, szóbeli 40, poszter 12
33. Vándorgyűlés, 2012. szept. 27–29. Miskolc-Egyetemváros	<i>Rendezte:</i> MGE és Észak-magyarországi Csoportja. <i>Támogatta:</i> MOL Nyrt., a Miskolci Egyetem, EAGE PACE Alapítvány. <i>Résztevők (bel és külföldiek):</i> 102. <i>Előadások száma (szóbeli és poszter):</i> 62 (öt szekcióban). Ebből 3 plenáris, és 11 angol nyelvű, külön szekcióban

– A geofizikához kapcsolódó tudománytörténeti anyagok leltárba vétele.

Az Egyesület szakmai tevékenységében kiemelt helyet foglalnak el a *vándorgyűlések*, amelyekre főrendezőként – a kilencvenes évek közepétől kezdve – háromévenként kerül sor. Társrendezőként szerepel az MFT és az OMBKE. A vándorgyűlések rendezésében a főszerep – a kialakult szokások szerint – általában az *MGE területi csoportjait* illeti, többnyire a csoportok székhelyét választva a konferenciák helyszínéül.

Az elmúlt évtizedben három nagy sikerű, színvonalas vándorgyűlésre került sor (2006: Zalakaros, 2009: Pécs, 2012: Miskolc-Egyetemváros). Ezek az újabb vándorgyűlések egyre inkább nemzetközi rendezvénynek is minősülhetnek, akár a kétnyelvű kivonatokat tartalmazó kötetek kiadásával, másrészt a külföldi résztvevők és előadások, valamint az ezeken a rendezvényeken jelen lévő külföldi kiállítók révén.

A 2014. márciusában megtartott *45. Ifjú Szakemberek Ankétja (ISZA)* immár 55 éves múltra tekinthet vissza. Már az 1959 decemberében nagyszámú résztvevővel és előadóval megrendezett első Ifjúsági Ankét bizonyította, hogy az Egyesület az ifjú szakemberek szereplését, eredményeik publikálását kezdetektől fogva súlyponti kérdésként kezeli és támogatja.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének 1975-ben megalakult és azóta is aktívan működő *Ifjúsági Bizottsága* saját hatáskörében rendezi meg ezt az évenként más-más helyszínre összehívott konferenciát, amely 2001-ben új mér-földkőhöz érkezett, amióta az MGE és MFT közös támogatásával a 35 év alatti geofizikus és geológus szakemberek, valamint egyetemi hallgatók közös fórumává alakult, kreditpontok szerzésére is lehetőséget adva.

A nemzetközi konferenciák előírásainak megfelelő, professzionális színvonalú előadások ismételt bizonyítják fi-

atal szakembereink felkészültségét és rátermettségét. A rendezvény színvonalának emeléséhez hozzájárul a saját *up-to-date szerkesztett honlapja* is (www.isza.hu).

A színvonalas rendezvény szervezéséért és lebonyolításáért elismerés illeti az MGE Ifjúsági Bizottságának mindenkor vezetőit. Az elmúlt tíz év elején, 2006-ban más feladatai miatt leköszönt *Markos Tünde* elnöki tisztét *Kovács Attila Csaba* vette át, akit 2008-ban az *MGE titkárává* választottak meg. 2008 és 2011 között a bizottság elnöke *Dombrádi Endre*, 2011-től kezdve *Barta Veronika* lett. Vezetésük alatt az ISZA töretlen színvonalon és népszerűséggel működött, és működik jelenleg is.

Az Egyesületünk által elindított és az utóbbi öt éven átívelő, interdiszciplináris szakterületeket lefedő „Új utak a földtudományban” című jelentős előadássorozat megrendezésének gyökerei visszanyúlnak az elmúlt évtized elejére.

Előrejelzések szerint 2050-re a Föld népessége a jelenlegi hatmilliárdról kilencmilliárdra nő. Következésképpen még több vízre, energiára, ásványi nyersanyagra, fémre, beépíthető és termőterületre, talajra lesz szükség. Amennyiben az emberiség igényeit nem sikerül egyensúlyba hozni a természeti erővel, jövőnk, az emberiség és a földi élet jelentős részének jövője hosszú távon nem lesz biztosítható. A Föld valószínűleg képes ellátni kilencmilliárd embert, de a növekedés hatása a földi ökoszisztémára végzetes lehet.¹²

A vázolt problémakör, valamint a szakismeretek háttérbe szorulásának nemzetközi szinten is felismerhető folyamata hatására az *IUGS*¹³ 2004-ben Firenzében megtartott *32. Nemzetközi Geológiai Kongresszusán* adta ki azt a záronyilatkozatát, amelyben többek között leszögezte:

¹² Brezsnaynszky Károly – Szarka László: Földtudományok az emberiség szolgálatában. Magyar Tudomány 2008/10, 1227. o.

¹³ A Földtudományok Nemzetközi Uniója (International Union of Geological Sciences – *IUGS*)

„Meg kell értetnünk a társadalommal, hogy a fenntarthatóság kulcsa a földtudomány. ... A földtudományok jelentős mértékben hozzá tudnak járulni egy biztonságosabb, egészségesebb és gazdagabb világ létrehozásához. Ezt a lehetőséget a társadalom ma közel sem veszi igénybe, ezen a téren alapvető változásra van szükség.

Amennyiben az ENSZ tagállamok magukévá teszik a »Föld Bolygó Nemzetközi Éve« szellemiségét, a földtudományok előtt megnyílik a lehetőség bolygónk és a társadalom hatékonyabb szolgálata előtt. Mindezek alapján a Tanács felkéri az UNESCO Végrehajtó Bizottságát a »Föld Bolygó Nemzetközi Éve« elfogadására.”

A *Nemzetközi Geológiai Kongresszus* felhívását elfogadta az *UNESCO Közgyűlése*, majd az *Egyesült Nemzetek Szervezetének* közgyűlési határozata 2005. december 22-én 2008-at a „Föld Bolygó Nemzetközi Év”-nek nyilvánította.

A földtudományok eredményeit és lehetőségeit tíz kiemelt kutatási témában népszerűsítő nemzetközi tevékenység 2007. január 1-jével kezdődött és 2009. december 31-ig tartott. Az ENSZ rendezvénysorozatához Magyarország is csatlakozott. Célkitűzés volt, hogy e területeken az elért fejlődést és eredményeket bemutassuk, és arra készítsük a politikusokat és döntéshozókat, hogy ezeket az ismereteket az emberiség javára alkalmazzák.¹⁴

Az ENSZ Év elmúltával látványos változások nem voltak tapasztalhatók. A megváltozott gazdasági környezet, az egykori bányászat által kialakított földtani kutatási kapacitásnak csak töredékét igényelte. Az aktív geofizikusok jelentős része ezt szakmai életútja ellehetetlenüléseként élte meg. Megnőtt az igény a döntéshozók részéről történő szemléletváltozás iránt is. Föld Éve nemzeti bizottságának vezetői az elkezdett tevékenység folytatása mellett álltak ki.

Mindezek az előzmények, valamint a felismerés a földtani ismeretterjesztés hiányosságairól és a földtudományok jelentősége széles körű ismertetésének szükségességéről elvezettek a Magyar Geofizikusok Egyesülete elhatározásához, hogy meghirdesse az „Új utak a földtudományban” előadás-sorozatát.

A Magyar Geofizikusok Egyesületéhez mint rendezőhöz később csatlakozott a *Magyar Földtani és Geofizikai Intézet*, a *Magyarhoni Földtani Társulat* és a *Magyar Bányászati és Földtani Hivatal* is. Mind az előadók, mind a hallgatóság körét igyekeztünk minél szélesebbre tárnunk a társtudományok irányába is. A cél egyrészt a földtani ismeretek iránti igény felkeltése, és ami ehhez nélkülözhetetlen: az eredmények számbavétele, másrészt a kíváncsiság. A kíváncsiság, hiszen sok új ismeret született, melyek ismeretlenek maradtak azok előtt, akik szakmájuknak csak egy szűk szeletét művelték.

2011 végén jelentős és reményt keltő kormányzati döntés született, ami létrehozta a *Magyar Földtani és Geofizikai Intézetet (MFGI)*, amely intézménynek feladatköre igen hasonló az ENSZ Év célkitűzéseihez. Így az államszervezet

keretében most már intézményi képviselője van a földtudománynak, újra jogszabály rögzíti az állami földtani feladatokat, az *MFGI* állami földtani és geofizikai kutatási, valamint klímapolitikával összefüggő feladatkereteit.

A meghirdetett előadás-sorozat négy év alatt a kitűzött témaköröket szisztematikus következetességgel áttekintette.

A 2013. évvel lezárult sikeres előadás-sorozatot értékelve mind a rendezőség, mind a hallgatóság is igényelte a megkezdett munka folytatását. Az Egyesület elnökségének állásfoglalása szerint 2014-ben „Földtani újdonságok” sorozattal tovább folytatódnak a rendszeres előadások. Ebben az évben az ország legnagyobb geofizikai kutatóhelyei mutatják be aktuális témáikat.

Ennek a sikeres előadás-sorozatnak megrendezésében és lelkiismeretes lebonyolításában és a folytatásban is a feladatok oroszlánrészét *Rezessy Géza* tagtársunk vállalta. Talán nem túlzás azt állítani, hogy nélküle ez a sikeres és eredményes rendezvénysorozat létre sem jött volna.

Az „Új utak a földtudományban” előadás-sorozat részleteiről, az előadások címéről előadóiról az *Egyesület honlapjának* „Programjaink” rovatában található további információk. Egyes szerzőktől a honlap szerkesztősége a teljes előadás szöveget és ábrákat is közölhet.

Az Egyesület életében további, hasonlóképpen fontos eseményeket jelentenek a területi csoportok kezdeményezésére, illetve részvételével visszatérően megrendezett tudományos ülésszakok.

Az előzőekben már említésre került az *MGE Zalai csoportjának* nagy érdeklődéssel kísért ilyen rendezvénye, a *Nagykanizsai Földtudományi Szakmai Napok*, általában az év negyedik negyedévében. De említhető még az *MGE Mecseki Csoportja* társrendezésében az uránérckutató és -bányászati tárgykörében 2007-ben tartott „Szakmai nap” is. Az *MGE Észak-magyarországi Csoportja* által, a *Miskolci Egyetemmel* és az *MTA helyi Akadémiai Bizottságával* és *Geofizikai Tudományos Bizottságával* együttműködésben szervezett „Inverziós Anketok” kiváló lehetőséget adnak a hazai kutató geofizikusok újabb eredményeinek bemutatására.

Egyesületünkben 2013 folyamán az elnökség figyelmének homlokterébe kerültek a *geofizika régészeti célú alkalmazásának* körülményei.

A régészeti célú „műszeres lelőhely- és leletfelderítés” normatíváinak újrászabályozása során szükségessé vált áttekinteni a régészeti geofizikai mérések hazai helyzetét, és meghatározni az ilyen vizsgálatok szakmai minimumát. Ezt a munkát közösen végzi a *Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ* (mint a vonatkozó rendelet által erre felhatalmazott intézmény) és a Magyar Geofizikusok Egyesülete mint az ország erre hivatott szakmai szervezete. A célkitűzést szolgálta az *MGE* kezdeményezésére 2013. november 5-én a „Régészeti geofizika” címmel megrendezett konferencia a térképező geofizikai módszerek régészeti alkalmazásáról. E célok érdekében kifejtett fáradozásaiért elismerés illeti *Kakas Kristóf* tagtársunkat.

A *Magyar Geofizika*, az Egyesület 1960 óta megjelenő szaklapjának 2004-ig terjedő története megtalálható az

¹⁴ *Ádám József*: 2008 – A Föld Bolygó Nemzetközi Éve, Magyar Tudomány, 2007/01

Az „Új utak a földtudományban” megtartott előadás-sorozat témái

Időpont	Témakör
2010.01.20	Nyersanyag- és energiakincs: utak a fenntartható fejlődés felé
2010.03.07	Természeti veszélyforrások – a kockázat csökkentése, a tudatosság növelése
2010.05.19	Felszín alatti víz – tartalék egy szomszédos bolygónak
2010.10.20	Éghajlat – kőbe vésett magnószalag
2010.11.17	Föld és egészség – a biztonságosabb környezet kialakítása
2010.12.05	Óriásvárosok – mélyebbre hatolni, biztonságosabban építkezni
2011.03.16	A Föld mélye. A kéregtől a földmagig
2011.04.20	Védőpajzsunk a geomágneses tér
2011.05.18	Primer energiaforrásaink
2011.10.12	Óceánok geológus- és fizikus szemmel
2011.11.09	Föld és élet – a sokféleség eredete
2012.02.01	Az atomenergia szerepe az energiaellátásban
2012.03.21	Természetes hőtárolás – hőszivattyúk hazánkban
2012.04.18	A Bataapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló tervezéséhez és létesítéséhez alkalmazott kutatási módszerek
2012.05.16	A hazai fosszilis energiahordozók új értékelése
2012.10.17	Felszín alatti vizeink védelmének, feltárásának és hatásainak földtani vonatkozásai
2012.11.21	A termőtalaj mint veszélyeztetett erőforrás. Földtani folyamatok, területhasználat
2013.02.20	Gazdálkodás felszíni vizeinkkel
2013.03.20	Bolygókutatás
2013.05.15	Geoparkok Magyarországon
2013.09.18	Területi tervezéssel a természeti katasztrófák kockázatának csökkentéséért
2013.10.16	Geotermikus rezervoárok

50 éves jubileumi kiadványban. Azóta az elmúlt tíz év folyamán említésre méltó változások is történtek a lap háza táján. Az Egyesület 2009. évi közgyűlése nyugdíjba vonulása alkalmából elbúcsúztatta lapunk megbecsült szerkesztőjét, *Tóth Lajost*, aki 1992-től 17 éven át végtelen műgonddal és alaposággal látta el feladatát, kiváló együttműködésben a főszerkesztő *Dr. Bodoky Tamással*.

Ezzel együtt újjáalakult a lap szerkesztőbizottsága is. A technikai szerkesztés feladatait *Hock Gábor*, az új szerkesztő látja el. De a legfőbb változást a lap életében a korszerűség jegyében bevezetett *online hozzáférés* jelentette, amelynek legfőbb szorgalmazója *Kovács Attila Csaba*, miután az MGE titkárává megválasztották. 2010-től a *Magyar Geofizika* már megújult köntösben jelenik meg.

A laphoz való online hozzáférés megteremtése bizonyos gazdasági megfontolásokra késztette az Egyesület vezetését azzal az elhatározással, hogy a tagdíjfizetés ellenében online hozzáférést biztosít a laphoz a tagság részére. Mindazok viszont, akik nyomtatott formában is igényt tartanak a *Magyar Geofizikához*, az éves tagdíj mellett meghatározott összegű előfizetési díjat is fizetnek.

Jelenleg a lap a 49. évfolyam (2008) 2. számától kezdve érhető el online változatban. Bízunk abban, hogy a jövőben lesz mód és anyagi forrás arra, hogy a korábbi lapszámok is

(akár a kezdetektől) felkerülhessenek az internetre. A korábbi számokban található publikációkról a 2011-ben társadalmi munkában elkészült és az azonos online címen elérhető *Magyar Geofizika Bibliográfia 1960-2004.xls* fájl tartalmaz részletes információt.

A *Magyar Geofizika* kettős feladatot teljesít: a szakmai szempontból lektorált, tudományos igényű készült szakcikkek közlése mellett, az egyesületi élet és a szakterület történeti krónikájává is vált, többek között a közgyűlések eseményeiről is adott részletes beszámolóival.

Ahogy a tagság alkotja az Egyesület alappilléret, úgy igyekezik az Egyesület a tagjainak aktivitását elősegíteni és az Egyesület céljainak megvalósításában, a szakmai és társadalmi közmegebecsülésének emelésében közreműködő tagjait elismerésben részesíteni az alapszabályban rögzített kitüntetések odaítélésével.

Az elmúlt tíz év kitüntetettjeit ismertetik az alábbi táblázatok.

Az év legjobb szakcikkeinek járó elismerés több mint negyedszázados múltra tekint vissza. Az Egyesület elnöksége az év cikke odaítélésének irányelveit 2010-től érvényes hatállyal módosította, az alábbiak szerint:

„A Magyar Geofizikusok Egyesülete *Meskó Attilának*, az ELTE geofizikus professzorának, valamint *Csókás János-*

Év	Eötvös Loránd Emlékérem	Tiszteleti Tagság	Egyed László Emlékérem	Renner János Emlékérem
2005		Dr. Dobróka Mihály, Dr. Késmárky István, Dr. Szabó György, Dr. Szarka László, Dr. Tóth József, Wilfried Schröder		Böszörményi István, Jánvári János
2006			Dr. Kiss Bertalan, Nagy Zoltán	Bock János, Dr. Pető Gábor
2007	Dr. Bodoky Tamás			Kakas Kristóf, Dr. Szűcs István
2008		Dr. Csapó Géza, Szabó Zoltán, Dr. Drahos Dezső, Marku Peltoniemi, Wim Goudswaard	Dr. Sători Gabriella, Dr. Wéber Zoltán	Ábele Ferenc, Dr. Ferencz Lujza
2009				Császár János, Dr. Gyulai Ákos
2010	Dr. Szarka László		Dr. Kis Károly, Dr. Turai Endre	Dr. Várhegyi András
2011		Dr. Törös Endre, Hegybíró Zsuzsanna		Dombrádi Endre, Zahuczki Péter
2012			Dr. Törös Endre, Dr. Hegedüs Endre	Horváth Zsolt, Rezessy Géza
2013	Dr. Dobróka Mihály			Dr. Turai Endre
2014		Dr. Nemesi László, Dr. Gyulai Ákos	Dr. Szabó Norbert Péter	Dr. Gombár László, Magyar Balázs

nak, a Miskolci Egyetem geofizikus professzorának, az Egyesület tiszteleti tagjainak emlékére díjat alapít. A Meskó Attila-díj nyertese egy olyan eredeti kutatáson alapuló elméleti publikáció, amely a tekintett évben egy szakterületen elért, leginkább figyelemreméltó, másutt még nem közölt eredményeket tartalmaz. A Csókás János-díj nyertese egy olyan eredeti kutatáson alapuló gyakorlati publikáció, amely a tekintett évben egy szakterületen elért, leginkább figyelemreméltó, másutt még nem közölt eredményeket

tartalmaz. A díjazott publikációk kiválasztása, a korábbi gyakorlatnak megfelelően, a Tudományos Bizottság feladata.”

Az elmúlt tíz esztendőben díjazott publikációk:

2004

Szemerédy Pál: A vízkutatásban alkalmazott mágneses rezonancia (NMR) módszer alapjai. Magyar Geofizika 45, 40–50.

Év	Emléklap az Egyesületért végzett munkáért
2005	Jánváriné Kántor Ilona, Milánkovich Andrásné, dr. Tóth Tamás
2006	Banciu Gáborné, Kulcsár László, Németh Erzsébet, Tajthy Lászlóné
2007	Dr. Aczél Etelka, Horváth Zsolt, Tóth László, Zahuczki Péter
2008	Baranyai Pál, Bellér Éva, Boda Erika, Böszörményi István,
2009	Dr. Lőrincz Katalin, Novák Attila, dr. Szabó Norbert Péter, Vargáné Tóth Ilona
2010	Fleischhacker Imréné, Konrád Gyula, Szendrői Judit, Vass Péter
2011	Tajthy Lászlóné, Herczeg Ádám
2012	Banciu Gáborné, Paripás Anikó Noémi, dr. Plank Zsuzsa, Tóth László
2013	Molnárné Somogyi Judit, Kormos Katalin, Lenkeyné Sándor Mária, Paripás Anikó Noémi, Szegedi Hajnalka
2014	Kiss Anett, Török István

Turai Endre: IP data processing results from using τ transformation to determine time-constant spectra. *Geofizikai Közlemények* 44, 301–312.

2005

Kiss János: A CELEBRATION-7 szelvény komplex geofizikai vizsgálata és a „sebességanomália” fogalma. *Magyar Geofizika* 45, 25–34.

Salát Péter, Drahos Dezső: Qualification of inversion inputs in certain engineering geophysical methods. *Acta Geod. Geophys. Hung.* 40, 171–192.

2006

Bodri Bertalan: Földrengés-előfordulások modellezése neurális hálózatokkal. *Magyar Geofizika* 47, 60–70.

Kiss János: Magyarország gravitációs lineamens-térképe. *Magyar Geofizika* 47, 71–79.

2007

Balázs László: Analytic approximation of Green-function in well logging electric direct problem for the case of continuous radial resistivity profile. *Acta Geod. Geophys. Hung.* 42, 309–322.

Zilahy-Sebess László, Fancsik Tamás, Török István, Kovács Attila Csaba: Szivárgási tényező becslés lehetőségei geofizikai mérések alapján. *Magyar Geofizika* 48, 99–111.

2008

Scholtz Péter: Vibrátor forrásjel analízis geofon jelek segítségével. *Magyar Geofizika* 48/4, 165–177.

Petrovszki Judit, Lipovics Tamás, Lenkey László, Pethe Mihály, Ferencz Edit, Herein Mátyás: Régészeti kutatás céljából végzett mágneses mérések Porolissumon, *Magyar Geofizika* 49/2, 88–95.

2009

Lipovics Tamás: Földrengések piezomágneses modellezése, *Magyar Geofizika* 50/1, 29–40.

M. Tóth Tivadar, Redlerné Tátra Marianna, Kummer István: A Szeghalom környéki metamorf aljzat-kiemelkedés szerkezetfejlődése és felépítése szeizmikus és kőzettani adatok alapján, *Magyar Geofizika* 49/4, 143–151.

2010

Meskó Attila-díj:

K. Gribovszki, F. Schulek-Tóth, P. Varga: Deterministic Hazard Assessment... *Acta Geod. Geophys. Hung.* 45/3, 2010

Jutalmazott társszerző: *Gribovszki Katalin*

Csókás János-díj:

Szerzői munkaközösség: Sorfejtéses inverzió, cikksorozat, *Magyar Geofizika* 50/4, 51/1, 51/2, 51/3, 51/4

Jutalmazott társszerző: *Vass Péter és Szabó Norbert*

2011

Meskó Attila-díj:

E. Győri, L. Tóth, Z. Grácz, T. Katona: Liquefaction and postliquefaction settlements assessment – a probabilistic approach. *Acta Geod. Geophys. Hung.* 46/3, 347–360.

Csókás János-díj:

Andrássy László, Maros Gyula: A Bodai Aleurit Formációban mért ImaGEO-LIPS elemoxid koncentráció értékek eloszlásának statisztikai vizsgálata. *Magyar Geofizika* 52/2, 62–78.

2012

Meskó Attila-díj:

Paripás Anikó Noémi, Ormos Tamás: Refrakciós S-hullám beérkezések sorfejtéses inverziója. *Magyar Geofizika*, 52/4, 185–192.

Jutalmazott társszerző: *Paripás Anikó Noémi*

Csókás János-díj:

Szalay István, Guthy Tibor, Gömböcz Lajos: Az 1965–67. évi dunántúli kéregkutató mérések refrakciós tomografikus feldolgozása. *Magyar Geofizika* 52/4, 193–209.

2013

Meskó Attila-díj:

Szanyi Gyöngyvér, Grácz Zoltán, Győri Erzsébet: Ambient seismic noise Rayleigh wave tomography for the Pannonian basin. *Acta Geodaetica et Geophysica* 48/2, 209–220.

Csókás János-díj:

Pethő Gábor: Basis of FD Modelling for EM Underground Transillumination. *Miskolci Egyetem GEOSCIENCE and ENGINEERING* 2/3, 51–62.

Az elmúlt 10 év krónikájához tartozik, hogy 2005-ben üzembe állt az Egyesület második, 2013-ban pedig a harmadik honlapja. A második honlap klasszikus és egyszerű HTML rendszer volt, Kakas Kristóf munkája (most oldwww.mageof.hu címen látható). A harmadik, jóval korszerűbb variációt (www.mageof.hu) már Joomla rendszerrel készítette *Zahuczki Péter*. *Kakas Kristóf* ezen már csak a tartalmak feltöltését és a karbantartást végzi. A honlap anyaga mindig is az ELGI (jelenleg MFGI) szerverein van, ezért a támogatásért köszönet jár az Intézetnek. Mindkét honlap esetében néhány fontos és elvárható igény kielégítése volt a szerkesztés szempontja:

- kétnyelvűség (az anyagoknak a külföldiek számára is érdekes része angolul is olvasható)
- megfelelés az egyesületi törvénynek (az Egyesület alapszabálydokumentumai, évi beszámoló, szervezeti adatai nyilvánosak, olvashatók)
- naprakészség („naptár” vagy „rendezvények” rovatok)
- megfelelő szakmai tájékoztatás (az Egyesület rendezvényein elhangzott előadások pdf formátumban a honlapról letölthetők)

A Magyar Geofizikusok Egyesületének mindenkori választott tisztségviselői a megbízatásukkal járó feladataik tudatában, az Alapszabály előírásainak és az eötvösi hagyományoknak szellemében eljárva, az elmúlt tíz év folyamán sikeresen teljesítették a rájuk bízott feladatokat, megőrizték egyesületünk működésének szilárd alapjait, az Egyesület hivatalosan is elismert közhasznúságát, valamint a hazai és

nemzetközi kapcsolatokban is tovább öregbítették Egyesületünk jó hírnevét és megbecsültségét.

Elismerésül álljon itt az elmúlt évtized egyesületi vezetőségének névsora:

Az Egyesület tisztségviselői 2004–2014 között

Év	Elnök	Első alelnök	Alelnök	Titkár
2004	Ábele Ferenc	Hegybíró Zsuzsanna	Dr. Bodoky Tamás	Pályi András
2005	Hegybíró Zsuzsanna	Dr. Gombár László	Ábele Ferenc	Pályi András
2006	Hegybíró Zsuzsanna	Dr. Gombár László	Ábele Ferenc	Pályi András
2007	Dr. Gombár László	Király András	Hegybíró Zsuzsanna	Pályi András
2008	Dr. Gombár László	Király András	Hegybíró Zsuzsanna	Kovács Attila Csaba
2009	Király András	Dr. Késmárky István	Dr. Gombár László	Kovács Attila Csaba
2010	Király András	Dr. Késmárky István	Dr. Gombár László	Kovács Attila Csaba
2011	Dr. Késmárky István	Dr. Fancsik Tamás	Király András	Kovács Attila Csaba
2012	Dr. Késmárky István	Dr. Fancsik Tamás	Király András	Kovács Attila Csaba
2013	Dr. Fancsik Tamás	Horváth Zsolt	Dr. Késmárky István	Kovács Attila Csaba
2014	Dr. Fancsik Tamás	Horváth Zsolt	Dr. Késmárky István	Petrovszki Judit

A megemlékezés szerkesztője ezúton fejezi ki köszönetét mindazoknak, akik közléseikkel segítették ennek az összeállításnak létrejöttét.

Nagy Zoltán
az összeállítás szerkesztője

Forrásmunkák

Magyar Geofizika 46. (2005) – 55. (2014/1)

Dr. Bodoky Tamás, Rezessy Géza, dr. Baráth István és Kakas Kristóf kéziratos közlései.

MGE titkárságtól kapott adatközlések

<http://www.mageof.hu/index.php/hu/> egyesületi honlapon elérhető információk és ugyanott egyesületi szerzők

(*dr. Aczél Etelka, Hegybíró Zsuzsanna, Kakas Kristóf, Törös Endre*) által közölt beszámolók

A szövegközi lábjegyzetekben hivatkozott publikációk.

Szeniorok Selmecbányán

2014. szeptember 10-én, reggel fél hétkor, a Stefánia úti MFGI székház előtt gyülekezik egyesületünk 47 tagja. Ifjú szeniortársunk, *Ormos Tamás* vezetésével fogunk a mai nap Selmecbánya bányász hagyományait ismertetni.

Ragyogó napsütésben érkezünk a városba. A világörökség részét képező belvárosból a buszok kitiltva, nagy sétának nézünk tehát elébe. A busz a temető mellett parkol, a látogatást ezért mindjárt itt kezdjük. A világ első bányászati akadémiáján oktató professzorok nyughelyei között felkeressük Péch Antal sírját. Az akadémikus bányamérnök, a *Bányászati és Kohászati Lapok* alapító szerkesztője tiszteletére elhelyezzük a Magyar Geofizikusokért Alapítvány és a Magyar Bányászati és Földtani Hatóság koszorúját. Innen



Koszorúzás a professzorok sírjainál. A koszorú szalagján: „Péch Antal bányamérnöknek a hálás utókor; a magyar geofizikusok és az MBFH nevében”

folytatódik a közel háromórás városnéző sétánk. A Klopacska (ma teaház) épülete arról nevezetes, hogy itt őrizték a bányászcsaládok segélyezésére létrehozott társaságot, de a lázadó bányászokat is ide zárták. Nevét onnan kapta, hogy itt függött az a keményfa deszka, amelynek megkongatásá-

val munkába hívták a munkásokat. Elhaladunk a városháza mellett, majd felkapaszkodunk az Óvárhoz. A 13. században épült templomot a török támadások idején erődde alakították át. Szerda lévén a várban rendezett kiállítások zárva vannak, különben is, rengeteg a látnivaló, haladunk tovább. A város főtere, a Szentháromság tér a 14–16. században épült ki. Megtekintjük a barokk Szentháromság-szoborcsoportot, az információs központban térképeket, prospektusokat gyűjtünk. Végighaladunk a Rózsák utcáján, ahol az egykori tanárok házai állnak. A szépen helyreállított épületek előtt most is rózsák virulnak. Fényképezünk itt is, talán innen a legszebb a panoráma. Megérkezünk a hajdani Akadémia, az Alma Mater épületegyütteséhez. Az aulában főhelyen látható az a bányászcsille, amelyet az utókor hálás képviselői, a Miskolci Egyetem diákjai gyalogosan, látványos ceremóniával toltak ide. Lelkes idegenvezetőnk erről és a többi látnivalóról egyaránt a bennfentes hitelességével számol be. Lehetőségünk nyílik arra is, hogy az eredeti ál-



Szalamandrák: a legenda szerint ők hozták hírt az ezüst- és aranylőhelyekről

lapotában megőrzött kémiai előadó padjaiban foglaljunk helyet. Már erősen az ebédre gondolva sétálunk az Akadémia botanikus kertjében. A hölgyek öten-hatan összefogva fogják körül a mamutfenyők törzsét, mások a sombokrok hatalmas szemű termését rágcsálva csillapítják gyomruk korgását.

Megrendelt ebédünket a Kachelman panzióban fogyasztjuk el. A menü ízletes, a sör „vágott” (vagyis az alsó fele szőke, a felső része barna). Ebéd után beülünk az evangélikus templomba, majd három részre szakad a csoport (de ez Selmecbánya, nem Trianon – hamarosan újra együtt leszünk). Van, aki az óvárosban marad, a többség buszra száll.



Emléktábla a világ első bányászati akadémiájának alapításáról és továbbépítéséről

Akiket szakmai érdeklődése a föld alá szólítja, azok a bányászati skanzent tekintik meg. Mások élveznék még az őszi napsütést, ők körbejárják a Bacsófalvi tavat. Ez a tó a legnagyobb eleme annak a víztározórendszernek, amelyet Mikovinyi Sámuel vezetésével a 18. század első felében



Felkészült és mindig vidám vezetőnk, *Ormos Tamás* professzor végig érdeklődésünk középpontjában

építettek ki. A tőrendszerben tárolt víz potenciális energiáját felhasználva működtették a bánya szivattyúit, szállítóberendezéseit és az ércelőkészítő gépeket.

A délutáni program végeztével dicséretes módon, idővesztés nélkül és teljes létszámban buszra szállunk. Hazafelé sem maradunk látnivaló nélkül: Tamás jóvoltából a soproni és a miskolci diákok hagyományápolásáról nézünk filmet.



Az Akadémia botanikus kertjének egyik mamutfenyője körül

A tanulmányutat a Magyar Geofizikusokért Alapítvány a Magyar Bányászati és Földtani Hivatallal közösen szervezte és finanszírozta. Minden résztvevő nevében köszönet érte, valamint köszönet *Dr. Ormos Tamásnak* az élvezetes szakmai kalauzolásáért.

Rezessy Géza,
MGE Szeniorok Bizottsága nevében

Hírek az EAGE-ből

Elsőnek az EAEG ez évi két, jól sikerült nagyrendezvényéről számolok be. A 76. EAGE konferenciát és kiállítást Amszterdamban június 16–19. között, a 20. Near Surface konferenciát Athénban szeptember 15–18. között tartották meg. Annak már szinte nincs is hírértéke, hogy az EAGE taglétszáma évről évre növekszik, és ezért különösen a júniusi rendezvényen a résztvevők száma is egyre nagyobb. Ezt a növekvő trendet csak a választott helyszín szokta kissé befolyásolni turisztikai attraktivitásától függően. A közel 18 ezer egyesületi tag kb. felének ugyanis Európán kívüli lakcíme van, és aki közülük eljön Európába, általában városnézésre is szakít időt.

Az elmúlt évben az EAGE-be új belépők közül sokan latin-amerikaiak voltak, köszönhetően a most leköszönő, dél-amerikai illetékességű Gladys Gonzalez elnök asszony erőfeszítéseinek, no meg természetesen a gazdaságpolitikai folyamatoknak is. A latin-amerikai kapcsolatoknak persze egyéb jelei is vannak. Amszterdamban több latin-amerikai szakmai egyesület írt alá társult szerződést az EAGE-vel, új EAGE folyóirat jelent meg a térségben, és Venezuelában kihelyezett irodája is van az EAGE-nek. Amszterdamban egyezmény született az IAEG-val (International Association for Engineering Geology and the Environment) és új ala-

pokra helyezték a kapcsolatokat az EEGS-szel (Environmental and Engineering Geophysical Society), tekintettel arra, hogy az EEGS mégsem egyezett meg tavaly az SEG-hez való csatlakozásukról. Ennyi száraz tény után egy hír azoknak, akikre az átlagosnál kevésbé figyeltünk eddig: Amszterdamban alakult meg az EAGE-n belül a „Women’s Geoscience Committee” és a „Young Professionals Community” (korhatár 35 év), mindkettő szeretettel várja a jelentkezőket.

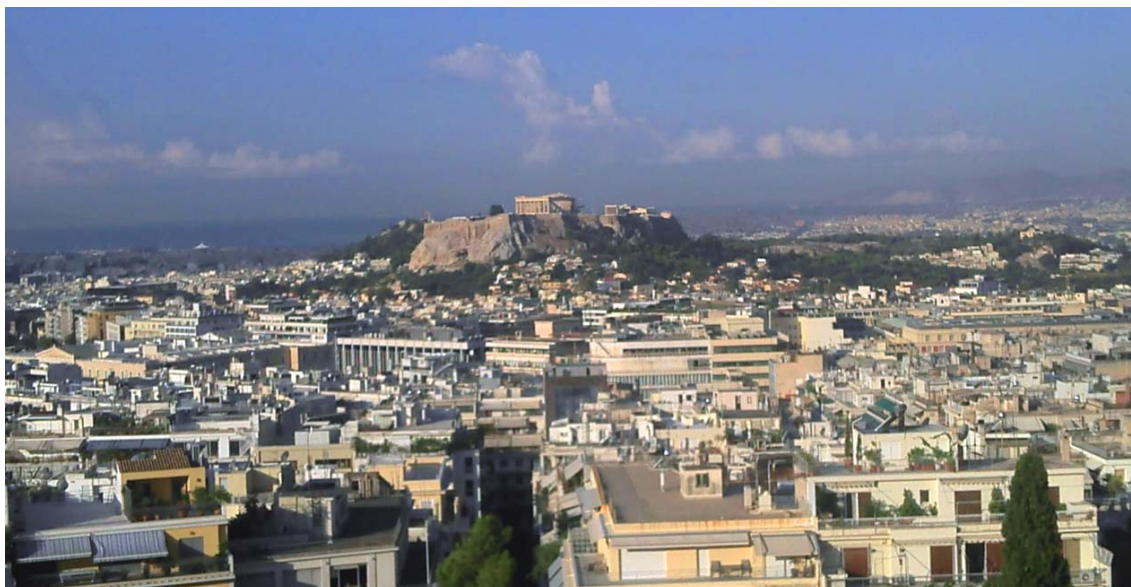
A rendezvényeknél maradvá, Amszterdamban az „Experience the energy” volt a szlogen, és a találkozó valóban szinte csakis az energiáról szólt. Míg a júniusi konferencián sajnálatos módon egyre kevesebb hazai ismerőssel lehet találkozni – és ez így volt most is –, addig a kisebb konferenciákon, mint amilyen az athéni is volt, a szokásosnál több volt a hazai résztvevő.

Jövőre Madridban lesz a júniusi és Torinóba megy vissza a sekélygeofizikával foglalkozó konferencia. Oda, ahol legelsőt tartották 20 évvel ezelőtt még az EEGS-ES színeiben. Bennünket azért érdekelhet még a Balkán Geofizikusok Egyesületének kétévenkénti konferenciája is, amelyet Krétán, Görögországban rendeznek meg 2015-ben október 5–8. között.

Törös Endre



Amszterdam esőben (mert esett)



Athénben ragyogó napsütés volt



Somogyiné dr. Molnár Judit bemutatja poszterét Athénban



Az athéni Near Surface Geoscience találkozó gálavacsorája – bal szélén a magyar résztvevők asztala

A linearizált inverzió minőségjellemzői

PRÁCSER E.[@], PRODÁN T. H.[&]

MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet, Sopron, Csatkai E. u. 6–8.

[@]E-mail: pracser.erno@csfk.mta.hu

[&]E-mail: prodan.timea@csfk.mta.hu

A geofizikai mérési adatok feldolgozására az utóbbi években előtérbe kerültek a bonyolultabb szerkezetek esetére alkalmazott két- és háromdimenziós inverziók. Az egydimenziós inverziók már megoldott feladatnak számítanak. Ennek ellenére az inverziós algoritmusok tanulmányozása során érdemes az egydimenziós esettel is foglalkozni, hiszen ebben az esetben az inverzió bizonyos tulajdonságait szemléletesebben be lehet mutatni. Ebben a cikkben a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásán alapuló linearizált inverzió legfontosabb jellemzőivel foglalkozunk. Az inverzió által szolgáltatott modellparaméterek megbízhatóságára vonatkozólag a paraméterek szórása, korrelációs és felbontóképesség-mátrixa, valamint a sajátértékek nagysága nyújt hasznos információt. A levont következtetések érvényesek a többdimenziós esetekre is, de nem mindegyik minőségjellemző esetén létezik szemléletes megjelenítés.

Prácsér, E., Prodán, T. H.: Characteristics of the quality of the linearized inversion

Regarding the geophysical data processing and interpretation for complicated structures the 2- and 3-dimensional inversions come to the fore in the last years. The one-dimensional inversions are already considered as a solved task. However, the one-dimensional inversion is worth studying in inversion algorithms, because in this case the particular properties of the inversion can be presented more expressive. This paper deals with the most important properties of the linearized inversion based on the singular-value decomposition of the Jacobian. Concerning the reliability of model parameters obtained by the inversion, useful information are provided by standard deviation of the parameters, by the matrix of correlation and resolution, and the magnitude of the eigenvalues. Conclusions drawn from one-dimensional inversion are valid also for multi-dimensional cases, but there is no expressive graphical demonstration for all quality characteristics.

Beérkezett: 2014. július 4.; *elfogadva:* 2014. október 5.

Bevezetés

Célunk a geoelektromos modell paramétereinek a mérési adatokból inverzióval történő meghatározása. A geofizikai inverzió matematikai alapjai már évtizedek óta rendelkezésre állnak, az inverziók széles körű alkalmazása a számítástechnikai lehetőségek fejlődésével párhuzamosan alakult. Kezdetben elsősorban egydimenziós modellekre terjedt ki az inverzió linearizált változatának használata, és erre főleg a Marquardt-inverziót alkalmazták (Marquardt 1963), amely a mért és az illesztett adatok közötti eltérést minimalizálta a legkisebb négyzetek módszerével. A Marquardt-eljárásnak a lényege, hogy a tisztán matematikailag levezethető legkisebb négyzetes minimalizálást egy csillapító tényezővel javította, azaz stabilizálta. Az inverziót elsősorban azokra a mérésekre alkalmazták, amelyekre az előremodellezés kevesebb számításigénnyel járt. Ilyenek a magnetotellurikus (Jupp, Vozoff 1972) és az egyenáramú (Koefoed 1979) mérések. Jupp és Vozoff (1972) már a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontását alkal-

mazta. A linearizált inverzió egy iterációs lépésének a megoldására elterjedt még a konjugált gradiens módszer is (Tarantola 1987, Rodi, Mackie 2001). Az előremodellezés Jacobi-mátrixából számíthatóak a kapott modellparaméterek kovariancia- és korrelációs mátrixai, ezeket már korábban is alkalmazták. Ezek a statisztikai jellemzők a globális optimalizáló eljárások (pl. *simulated annealing*) esetén is számíthatók (Sharma et al. 2005). Ebben az esetben ugyanis rendkívül nagy számú paraméter áll rendelkezésre. A nagyszámú paraméterből statisztikailag számított mátrixok és a linearizált inverzió Jacobi-mátrixából számított mátrixok – ha nem is esnek teljesen egybe – jellege hasonló. A linearizált inverzió esetében gyakran alkalmazott korrelációs mátrix számításának (Menke 1984, Salát et al. 1982) vannak bizonyos torzulásai, amire rámutatunk, és erre megoldást is javasolunk. Továbbá foglalkozunk a geofizikai alkalmazásban még kevésbé elterjedt felbontóképesség-mátrix számításával és a sajátértékek elemzésével is, amelyek a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásának (SVD) alkalmazásakor tehetőek meg.

A linearizált inverzió a Jacobi-mátrix szinguláris értékek szerinti felbontásával

Az inverzió feladata a modellparaméterek meghatározása a mérési adatok alapján. Sajnos olyan direkt algoritmus nem létezik, amelyik a mérési adatok alapján közvetlenül határozná meg a modellparamétereket. Ezért az inverziók – valamilyen modellt feltételezve – általában az előremodellezésen alapulnak. Valamilyen kezdeti modellből kiindulva az inverziós algoritmusok az előremodellezés többszöri elvégzésével úgy változtatják a modellparamétereket, hogy a hozzájuk tartozó elméleti adatok közel legyenek a mérési adatokhoz. Jelölje \mathbf{f} ezt az előremodellezést!

$$\mathbf{f}(\mathbf{m}) = \mathbf{d}.$$

Az \mathbf{m} vektor tartalmazza a modellparamétereket, a \mathbf{d} a számított adatokat! Egy mérési adat lehet mért feszültség, látzólagos fajlagos ellenállás vagy egyéb geofizikai mérési adat, ennek az inverzió szempontjából nincs nagy jelentősége. A modellparaméterek esetünkben a rétegek fajlagos ellenállásai és vastagságai, melyeket a j -edik rétegben ρ_j -vel, illetve d_j -vel jelölünk. A \mathbf{d} adatvektor dimenziója n , az \mathbf{m} modellparaméter-vektoré m . Feltételezzük, hogy $n > m$.

A cél az L_2 norma minimalizálása:

$$\|\mathbf{f}(\mathbf{m}) - \mathbf{d}_0\| = \min.$$

A \mathbf{d}_0 vektor tartalmazza a mérési adatokat. Az előremodellezés Taylor-sorfejtésének első két tagja

$$\mathbf{f}(\mathbf{m} + \Delta\mathbf{m}) \approx \mathbf{f}(\mathbf{m}) + \mathcal{J}\Delta\mathbf{m}. \quad (1)$$

A \mathcal{J} érzékenységi mátrix vagy Jacobi-mátrix az \mathbf{f} előremodellezés ismeretében számítható, a számított mérési adatok modellparaméterek szerinti parciális deriváltjait tartalmazza. Az (1) képlet az iteráción alapuló linearizált inverzió alapja. Feltételezi, hogy van egy közelítő \mathbf{m} modellparaméter-vektorunk, és a célunk ennek a módosítása egy $\Delta\mathbf{m}$ vektorral annak érdekében, hogy az új modellhez tartozó $\mathbf{f}(\mathbf{m} + \Delta\mathbf{m})$ elméleti adat a lehető legközelebb legyen a mérési adatokhoz. A \mathcal{J} érzékenységi mátrix szinguláris értékek szerinti felbontása (SVD) (Jackson, 1972)

$$\mathcal{J} = \mathcal{U}\Lambda\mathcal{V}^T, \quad (2)$$

ahol az \mathcal{U} mátrix a sajátvektorokat tartalmazza az adattérben, a \mathcal{V} mátrix a paraméterterbéli sajátvektorokat tartalmazza. A Λ a sajátértékeket tartalmazó átlós mátrix, az SVD-t számító algoritmus monoton csökkenő sorrendbe rendezi a λ_k sajátértékeket. T jelöli a mátrix transzponáltját. Az \mathcal{U} és \mathcal{V} mátrixok k -adik oszlopait jelöljük \mathbf{u}_k -val illetve \mathbf{v}_k -val! Ekkor érvényesek a

$$\begin{aligned} \mathcal{J}\mathbf{v}_k &= \lambda_k \mathbf{u}_k, & \mathcal{J}^T \mathbf{u}_k &= \lambda_k \mathbf{v}_k, \\ \mathbf{u}_k^T \mathbf{u}_l &= \mathbf{0}, & \mathbf{v}_k^T \mathbf{v}_l &= \mathbf{0}, \\ & & \text{ha } k \neq l, \quad 1 \leq k, l \leq \min(m, n) \end{aligned}$$

azonosságok. Ezeket és az (1), (2) képletet felhasználva megkapjuk a $\Delta\mathbf{m}$ -et meghatározó képletet:

$$\mathcal{V}\mathcal{V}^T\Delta\mathbf{m} = \mathcal{V}\Lambda^{-1}\mathcal{U}^T\Delta\mathbf{d}.$$

Az ismert $\Delta\mathbf{d}$ vektor a mérési adatok és az aktuális közelítő modellhez tartozó elméleti adatok különbségét tartalmazza. A $\mathcal{V}\Lambda^{-1}\mathcal{U}^T$ mátrixot általánosított inverznek vagy Lánczos-inverznek is nevezik. Fel kell hívni a figyelmet a $\Delta\mathbf{m}$ előtt álló $\mathcal{V}\mathcal{V}^T$ mátrixra. Ezt \mathcal{R} -rel jelöljük, felbontóképesség-mátrixnak nevezzük, és kedvező esetben ez megegyezik az egységmátrixszal. Ellenkező esetben az egyes modellparaméterek nem határozhatók meg külön-külön, hanem csak a lineáris kombinációik. Könnyen levezethető, hogy ha a klasszikus legkisebb négyzetek módszerén alapuló minimalizálási eljárás létezik, akkor az ekvivalens a (3) képlettel. A Marquardt-féle csillapítást itt úgy érjük el, hogy a (3) képletben a Λ^{-1} átlós mátrixban az $1/\lambda_j$ j -edik elem helyett annak a módosított változatát alkalmazzuk,

$$\lambda_j / (\lambda_j^2 + \alpha), \quad (4)$$

ahol α a csillapító tényező.

Az \mathbf{m} modellparaméter-vektor kovarianciamátrixa kiszámítható a \mathcal{J} Jacobi-mátrixból, vagy az SVD felbontásának a \mathcal{V} mátrixából:

$$\text{cov}(\mathbf{m}) = \sigma^2 (\mathcal{J}^T \mathcal{J})^{-1} = \sigma^2 \mathcal{V}\Lambda^{-2}\mathcal{V}^T, \quad (5)$$

feltételezve, hogy az egyes adatokat terhelő hibák függetlenek. Itt σ a

$$(d_i - f_i(\mathbf{m})), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

eltérés-számsorozat tagjainak a szórása. Másképpen megfogalmazva a $\Delta\mathbf{d} = \mathbf{d}_0 - \mathbf{f}(\mathbf{m})$ vektor kovarianciamátrixa $\sigma^2 \mathcal{I}$, ahol \mathcal{I} az egységmátrix. A (3) képlettel bevezetett felbontóképesség-mátrix számítása is a \mathcal{V} paraméterterbéli sajátvektorokat tartalmazó mátrix alapján történik,

$$\mathcal{R} = \mathcal{V}\mathcal{V}^T. \quad (6)$$

Az (5) és a (6) képlet között az a legfontosabb különbség, hogy szemben a kovarianciamátrix számításával a felbontóképesség-mátrix számításakor a sajátértékeket nem vesszük figyelembe. A $\text{cov}(\mathbf{m})$ kovarianciamátrix (5) átlója a modellparaméterek szórásnégyzeteit tartalmazza.

Felvethető az a kérdés is, hogy ismert $\text{cov}(\mathbf{m})$ esetén mit mondhatunk az adatok kovarianciamátrixáról. Tekintettel arra, hogy az inverzió egy iterációs lépése az általában nem invertálható Jacobi-mátrix általánosított inverzén alapul, nem várható el, hogy az (5) szerinti $\text{cov}(\mathbf{m})$ -ből kiindulva pontosan visszakapjuk a $\sigma^2 \mathcal{I}$ mátrixot. Figyelembe véve, hogy $\Delta\mathbf{d} = \mathcal{J}\Delta\mathbf{m}$, és alkalmazva az SVD komponenseire vonatkozó tulajdonságokat, valójában azt kapjuk, hogy

$$\text{cov}(\Delta\mathbf{d}) = \sigma^2 \mathcal{U}\mathcal{U}^T.$$

σ^2 után ebben a képletben az egységmátrix helyett az információsűrűség-mátrix (Jackson 1972) áll, amely csak az ideális esetben ($m = n$, invertálható Jacobi-mátrix) egyezik meg az egységmátrixszal. Az $\mathcal{U}\mathcal{U}^T$ mátrix szintén hasznos jellemzője lehet a modellnek és a mérésnek, de ennek az elemzése most nem célunk. Annyi mindenesetre kijelenthető, hogy ha a linearizált inverzió alapján próbálunk a paramé-

terterbeli ($\text{cov}(\mathbf{m})$) és az adattérbeli ($\text{cov}(\Delta\mathbf{d})$) kovarianciamátrixok között kapcsolatot megállapítani, ez a kapcsolat nem lesz kölcsönösen egyértelmű.

Az egyes paraméterek szórásait jelöljük D-vel! Ez a szórárs a paraméterek megbízhatóságának egy fontos jellemzője (Tarantola 1987). Az \mathbf{m} vektor korrelációs mátrixa a kovarianciamátrixból számítható, az i, j indexű mátrixelem,

$$D(m_i) = \sqrt{\text{var}(m_i)} = \sqrt{\text{cov}(\mathbf{m})_{i,i}},$$

$$\text{corr}(\mathbf{m})_{i,j} = \frac{\text{cov}(\mathbf{m})_{i,j}}{\sqrt{\text{cov}(\mathbf{m})_{i,i} \text{cov}(\mathbf{m})_{j,j}}}. \quad (7)$$

A kovarianciamátrixot és a korrelációs mátrixot már többen is alkalmazták az inverzió minőségének a jellemzésére (Menke 1984, Dobróka et al. 1991, Gyulai, Ormos 1997). A kovarianciamátrix számítására az (5) képlet \mathcal{J} -t tartalmazó kifejezést alkalmazták, ami azzal ekvivalens, amikor az SVD-n alapuló kovarianciamátrix számítására valamennyi sajátvektort felhasználjuk az (5) képletben. Jackson (1972) viszont azt állítja, hogy ha figyelembe vesszük a nagyon kis sajátértékekhez tartozó sajátvektorokat is, az irreálisan nagy szórásokat eredményezhet. Fontos megjegyezni, hogy az (5) képlet arra az esetre vonatkozik, amikor az iterációs elven működő inverziót csillapító tényező nélkül alkalmazzuk. Ezért a kovarianciamátrix, illetve a korrelációs mátrix számításának megbízhatóságával kapcsolatban kételyek merülhetnek fel, hiszen a csillapító tényező nélküli inverzió is adhat irreális modellt. Egyes paraméterpárok között a korrelációs mátrixban megjelenhetnek indokolatlanul magas korrelációk. Ezt szintetikus adatokon végzett inverziós példákön mutatjuk meg.

Ha csak az egyes m_k modellparaméterek szórását (szórásnégyzetét) kívánjuk meghatározni, nem szükséges a teljes kovarianciamátrix kiszámítása, elegendő egy kisebb számításigényű képlet alkalmazása,

$$\text{var}(m_k) = \sum_{i=1}^p \left(\frac{v_{k,i}}{\lambda_i} \right)^2,$$

ahol $v_{k,i}$ a paraméterterbeli \mathbf{v}_k sajátvektor i -edik komponense, p a nullától különböző sajátértékek száma. Abban az esetben, ha a mérési adatok száma lényegesen meghaladja a modellparaméterek számát ($n \gg m$), akkor általában $p = m$. Ha valamelyik λ_k sajátérték nagyon kis értékű, akkor $\text{var}(m_k)$ valószínűtlenül nagy értéket vehet fel, esetleg a becsült paraméter többszöröse is lehet, ami a gyakorlatban nyilvánvalóan használhatatlan. Jackson (1972) azt javasolja, hogy csak annyi ($q \leq m$) sajátértéket érdemes figyelembe venni, hogy a szórásnégyzet még ne haladjon meg egy t_k küszöbértéket:

$$\text{var}(m_k) = \sum_{i=1}^q \left(\frac{v_{k,i}}{\lambda_i} \right)^2 < t_k. \quad (8)$$

t_k tényleges értéke függhet az inverziós modell tulajdonságaitól, ezért érdemes úgy megválasztani, hogy a szórárs semmiképpen ne legyen nagyobb, mint a paraméter abszolút

értéke. A (8) képletben mindegyik k paramétersorszámhoz hozzárendel egy q_k értéket, és meghatározható a modellre vonatkozó legkisebb q érték:

$$q_{\min} = \min_{1 \leq k \leq m} q_k.$$

Az (5) kovarianciamátrix számítását kétféleképpen módosíthatjuk. Az egyik megoldás szerint a (8) képletnek megfelelően elhagyjuk a legkisebb sajátértékekhez tartozó sajátvektorokat, azaz az (5) képletben csak q_{\min} sajátvektort veszünk figyelembe, vagy alkalmazzuk a (4) csillapítást ugyanúgy, mint az inverzió egy iterációs lépésénél. A szintetikus adatokon végzett tesztek alapján a csillapító tényező módosítás a célszerűbb.

Azokat a kis sajátértékekhez tartozó sajátvektorokat, amelyeket Jackson (1972) szerint a (4) feltétel alapján a szórársnégyzet számításakor nem kell figyelembe venni, érdemes elhagyni az $\mathcal{R} = \mathcal{V}\mathcal{V}^T$ felbontóképesség-mátrix számításakor is. Ez azt jelenti, hogy a \mathcal{V} mátrix m helyett csak q_{\min} ($q_{\min} < m$) \mathbf{v}_k sajátvektort tartalmaz. Az m sajátvektorral számított felbontóképesség-mátrix általában az egységmátrix, amely nem tartalmaz információt a modellparaméterek közötti összefüggésekre vonatkozólag, hanem mindössze azt jelenti, hogy ha $p = m$, pontos szintetikus adatok esetében valamennyi modellparaméter meghatározható.

A sajátértékek nagyságrendjének az elemzése is fontos információt nyújthat az inverzió stabilitására. A legfontosabb a legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa, amely jól jellemzi a paraméterek meghatározhatóságát. Három esetet különböztethetünk meg:

- a) $p < m$,
- b) $p = m$, és $\lambda_{\max} / \lambda_{\min} \gg 1$,
- c) $p = m$, és a $\lambda_{\max} / \lambda_{\min}$ arány nem túl nagy.

Az a) eset azt jelenti, hogy eleve kizárt, hogy az inverzióval valamennyi modellparamétert meg tudjuk határozni. Ekkor az \mathcal{R} felbontóképesség-mátrix biztosan különbözik az egységmátrixtól. Ez az eset az egydimenziós inverzió alkalmazásakor, egy jól megtervezett mérés során nem túl gyakori. Két-, illetve háromdimenziós inverziók esetén viszont gyakran előfordul. A b) eset azt jelenti, hogy elméletileg valamennyi modellparaméter meghatározható lenne, de a gyakorlatban ebben az esetben érvényesül az ekvivalencia, azaz bizonyos modellparaméterek meghatározása bizonytalan, csak a közöttük levő kapcsolat kapható meg. A c) eset a legkedvezőbb, ekkor a paraméterek meghatározhatók, csak a mérési adatokat terhelő hibák miatt jelentkezhet némi pontatlanság a modellparaméterekben. Sajnos – különösen a két- és háromdimenziós inverzióknál – ez az eset a gyakorlatban ritkán fordul elő. A legnagyobb és a legkisebb sajátérték arányára vonatkozólag az egydimenziós inverziók esetében azt tapasztaltuk, hogy ha a

$$\lambda_{\max} / \lambda_{\min} < 10^4$$

feltétel teljesül, az még lehetővé teszi a paraméterek elfogadható pontossággal való meghatározhatóságát. A kép-

letben szereplő felső korlát természetesen nem egy egzakt módon meghatározott érték, a modellparaméterektől és azok számától is változhat az értéke.

A szintetikus adatokkal végzett kísérleteink során zajmentes és zajjal terhelt adatokkal is végzünk inverziókat. A zajmentes adatokkal való invertálást az indokolja, hogy az SVD alapján származtatott jellemzők elsősorban a kapott inverziós modellt jellemzik az alkalmazott mérési elrendezésre. Lényegében mindegyik mennyiséget a Jacobi-mátrixból vezetjük le. A felbontóképesség-mátrix és a sajátértékek kizárólag csak a modelltől függenek, értéküket közvetlenül nem befolyásolják a mérési adatok, illetve azok hibái. A kovarianciamátrix számításakor is csak egy egyszerű feltételezéssel élünk az adatokat terhelő hibákra vonatkozólag. A mérési adatok és azok hibái természetesen befolyásolják az iterációk sorozatát, és zajjal terhelt adatok esetén a modell különbözhet a szintetikus adatok generálására használt modelltől. Ha pontosan egy meghatározott modellre vonatkozó jellemzőket akarunk meghatározni, akkor a zajjal nem terhelt szintetikus adatokkal elvégzett inverzió elemzésének is értelme van.

Első példa

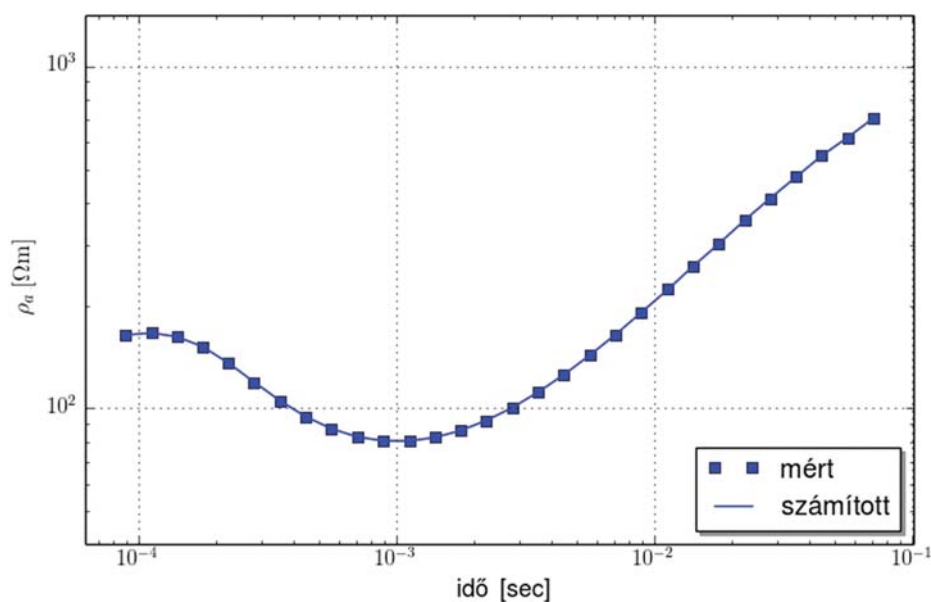
Az első példán szintetikus adatokon mutatjuk be az inverzió eredményét és annak paramétereit. Tranziens elektromágneses méréseket szimulálunk, az elektromágneses teret a kör alakú adóban folyó egyenáram kikapcsolásával gerjesztjük, az adó középpontjában mérjük a mágneses térerősség függőleges komponensének az idő szerinti deriváltját. Ezekből az értékekből látszólagos fajlagosellenállás-értékek számíthatók és ezeket ábrázoljuk. A tranziens elektro-

mágneses mérések részletes ismertetése Kaufman és Keller könyvében olvasható (1983).

1. táblázat | Az 1. modell paramétereit szintetikus adatok számításához (2., 4. oszlop), az inverzióval kapott paraméterek szórásai (3., 5. oszlop)

Réteg	ρ [Ωm]	$D(\rho)$	d [m]	$D(d)$
1.	150,0	0,0048	150,0	0,0135
2.	20,0	0,0771	50,0	0,0871
3.	2000,0	0,0133	∞	

A modellparamétereket az 1. táblázat 2. és 4. oszlopa tartalmazza. Tekintettel arra, hogy a 2. réteg egy viszonylag vékony jól vezető réteg, az ekvivalencia miatt nem várható el, hogy a paramétereit külön-külön is jól meghatározhatóak legyenek. Ennek ellenére az inverzió – szintetikus és zajmentes adatokról lévén szó – nagy pontossággal adja vissza a szintetikus adatrendszer számításához felhasznált modellparamétereket, nincs is szükség külön táblázatban való megjelenítésre. Az 1. táblázat 3. és 5. oszlopa az inverzióval kapott paraméterek szórását tartalmazza. A kovarianciamátrix, illetve a szórásértékek számításakor azt feltételeztük, hogy a mérési adatokat 5% hiba terheli. A második réteg paramétereinek a szórása jelentősen meghaladja a többi 3 modellparaméter szórását. A szimulált mérési adatok és az illesztett fajlagos ellenállásgörbe teljesen egybeesik (1. ábra). Ebben az esetben a (8) feltétel szerint a felbontóképesség és a korrelációs mátrix számításakor valamennyi \mathbf{v}_k sajátvektor figyelembe veendő. Ennek megfelelően a felbontóképesség-mátrix itt az egységmátrix, azaz valamennyi modellparaméter meghatározható. A sajátértékek:



1. ábra | Tranziens látszólagos fajlagos ellenállás. Az inverzióval kapott látszólagos fajlagos ellenállás görbe illeszkedése az 1. példa szintetikus adataira

Figure 1 | The fit of apparent resistivity curve obtained from the inversion of synthetic data of example 1

$$\lambda_1 = 46,681, \quad \lambda_2 = 21,575, \quad \lambda_3 = 12,516,$$

$$\lambda_4 = 4,353, \quad \lambda_5 = 0,426.$$

A legkisebb sajátérték viszonylag kis értékű, és jelez egy kis bizonytalanságot a paraméterek meghatározhatóságára vonatkozólag. Az inverzió stabilitásának egy másik fontos mérőszáma a legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa, itt $\lambda_1/\lambda_5 = 109,57$.

A modellparaméterek korrelációs mátrixa, figyelembe véve valamennyi sajátvektort

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,70 & 0,28 & -0,77 & 0,71 \\ 0,70 & 1,00 & 0,51 & -0,97 & 1,00 \\ 0,28 & 0,51 & 1,00 & -0,44 & 0,53 \\ -0,77 & -0,97 & -0,44 & 1,00 & -0,97 \\ 0,71 & 1,00 & 0,53 & -0,97 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (9)$$

A mátrixból kilovasható, hogy a ρ_2 és a d_2 rétegparaméterek között nagyon szoros a kapcsolat, ami azt jelenti, hogy a második réteg paraméterei külön-külön nem határozhatók meg, csak a vízszintes irányú összegzett vezetőképesség. A korrelációs mátrix alapján levont következtetés nincs teljesen összhangban az \mathcal{R} felbontóképesség-mátrixszal, mivel ennél a példánál \mathcal{R} az egységmátrix, amiből arra következtethetünk, hogy valamennyi rétegparaméter jól meghatározható. Ez a jó meghatározhatóság természetesen zajmentes adatokra vonatkozik.

Második példa

Az összegzett vízszintes irányú vezetőképesség megtartásával vékonyítsuk el a második, a környezetéhez képest jól

vezető réteget! A réteg vastagsága és fajlagos ellenállása a tizedrésze lett az első modell megfelelő paramétereinek. A modellparamétereket a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat | A 2. modell paraméterei szintetikus adatok számításához (2., 4. oszlop), az inverzióval kapott paraméterek szórásai (3., 5. oszlop)

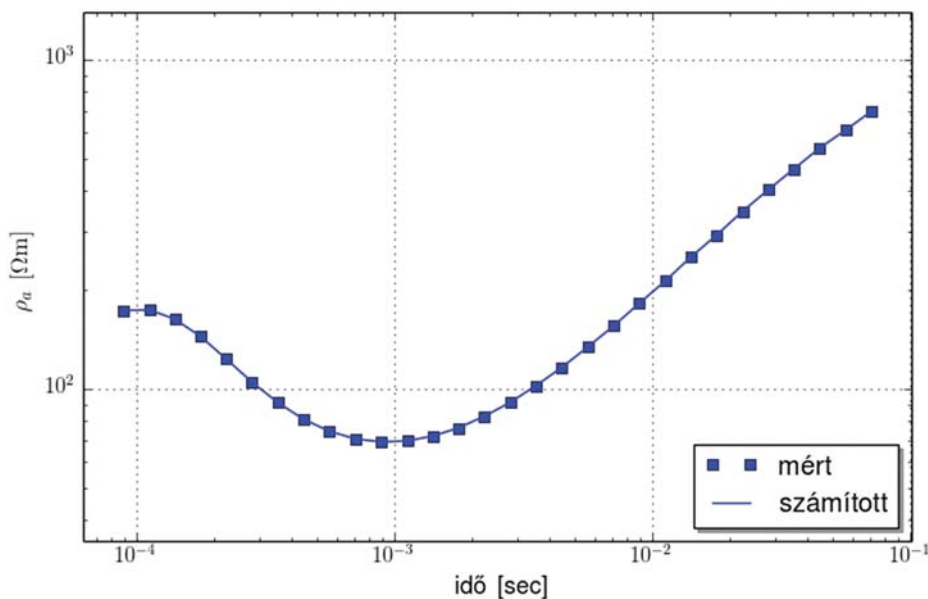
Réteg	ρ [Ωm]	$D(\rho)$	d [m]	$D(d)$
1.	150,0	0,0043	150,0	0,0139
2.	2,0	0,9529	5,0	0,9665
3.	2000,0	0,0147	∞	

A szintetikus, zajjal nem terhelt adatokon elvégzett inverzió természetesen most is tökéletes (2. ábra), a látszólagos fajlagos ellenállás grafikonja alig tér el az első modellétől (1. ábra). Az SVD sajátértékei

$$\lambda_1 = 49,270, \quad \lambda_2 = 25,742, \quad \lambda_3 = 13,037,$$

$$\lambda_4 = 4,527, \quad \lambda_5 = 0,037.$$

A legnagyobb és a legkisebb sajátértékek hányadosa most $\lambda_1/\lambda_5 = 1333,3$, ami már önmagában jelzi, hogy ennek a modellnek gyengébben határozhatóak meg a paraméterei. Az első 4 sajátérték nem különbözik lényegesen az előző modell megfelelő értékeitől. Az 5. sajátérték viszont kb. egy nagyságrenddel kisebb, ami arra utal, hogy a második réteg paraméterei külön-külön már kevésbé határozhatóak meg. Ezzel összhangban van az, hogy a (8) feltétel szerint a figyelembe veendő \mathbf{v}_k sajátvektorok száma ennél a modellnél 4. A második réteg paramétereinek gyengén meghatározható



2. ábra | Tranzien látszólagos fajlagos ellenállás. Az inverzióval kapott látszólagos fajlagos ellenállás görbe illeszkedése a 2. példa szintetikus adataira

Figure 2 | The fit of apparent resistivity curve obtained from the inversion of synthetic data of example 2

ságára utalnak azok kiugróan nagy szórásai (2. táblázat). A szórás számítására itt most éppen azért nem alkalmaztuk a (8) feltételt, hogy határozottabban jelezze a gyengén meghatározottságot. A modellparaméterek 5 sajátvektorral számított korrelációs mátrixa:

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,55 & 0,25 & -0,61 & 0,55 \\ 0,55 & 1,00 & 0,64 & -0,99 & 1,00 \\ 0,25 & 0,64 & 1,00 & -0,59 & 0,64 \\ -0,61 & -0,99 & -0,59 & 1,00 & -0,99 \\ 0,55 & 1,00 & 0,64 & -0,99 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (10)$$

A mátrix jelzi a ρ_2 és a d_2 modellparaméterek közötti szoros kapcsolatot, de megjelennek olyan nagyobb értékek is, amelyek egyszerű fizikai ismeretekkel nehezebben magyarázhatók meg. A mátrix például a ρ_2 és d_1 , illetve a d_1 és d_2 paraméterpárok között is szoros kapcsolatot mutat. Célszerű lenne a korrelációs mátrix számítását úgy módosítani, hogy a ténylegesen elfogadható nagy korrelációs értékek megmaradjanak, de a kevésbé indokolható nagy értékek csökkenjenek. Ha a legkisebb sajátértékhez tartozó sajátvektort elhagyjuk, akkor a paraméterek korrelációs mátrixa:

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & -0,47 & -0,17 & -0,42 & 0,49 \\ -0,47 & 1,00 & -0,56 & 0,07 & -1,00 \\ -0,17 & -0,56 & 1,00 & 0,33 & 0,51 \\ -0,42 & 0,07 & 0,33 & 1,00 & -0,07 \\ 0,49 & -1,00 & 0,51 & -0,07 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (11)$$

Ebből arra következtethetünk, hogy a korrelációs mátrix módosítására a kis sajátértékű sajátvektorok elhagyása nem célszerű. A 4 sajátvektorral számított korrelációs mátrixban kevésbé vannak jelen a főátlón kívüli indokolatlannak tűnő 1-hez közeli értékek, de a második réteg paraméterei közötti korreláció ellentétesre változott. Az előjelváltozás más paraméterpárok esetében is bekövetkezett. Ez nehezen elfogadható. Számítsuk ki a korrelációs mátrixot valamennyi sajátvektor figyelembe vételével, de (4) szerint egy α tényezővel alkalmazzunk csillapítást!

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,35 & 0,00 & -0,45 & 0,35 \\ 0,35 & 1,00 & 0,42 & -0,96 & 1,00 \\ 0,00 & 0,42 & 1,00 & -0,32 & 0,42 \\ -0,45 & -0,96 & -0,32 & 1,00 & -0,96 \\ 0,35 & 1,00 & 0,42 & -0,96 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (12)$$

Ennél a mátrixnál megmaradt a második réteg paraméterei közötti szoros kapcsolat, a korreláció előjele sem változott meg sehol sem, viszont bizonyos, indokolatlanul nagyok tűnő korrelációk csökkentek. Ez a tény és az, hogy az inverziós algoritmus is csillapító tényezőt tartalmaz, indokolja hogy ezt a harmadik korrelációs mátrixot fogadjuk el. Az α csillapító tényezőt kísérleti úton határoztuk meg. Kis csillapító tényező alig változtatja meg a korrelációkat, a túl nagy viszont az indokolt korrelációkat is lecsökkenti. Azt a csillapító tényezőt fogadtuk el, amelyik az indokolt kor-

relációt még nem csökkentette, a többiek értékét viszont igen.

A kis λ_5 érték ellenére a felbontóképesség-mátrix 5 sajátvektorral is számítható, és akkor az az egységmátrixszal egyezik meg. A felbontóképesség-mátrix számításához a (8) feltétel szerint 4 sajátvektort érdemes felhasználni:

$$\mathcal{R} = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,51 & 0,00 & 0,01 & -0,50 \\ 0,00 & 0,00 & 1,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 0,01 & 0,00 & 1,00 & 0,01 \\ 0,00 & -0,50 & 0,00 & 0,01 & 0,49 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (13)$$

Ez a felbontóképesség-mátrix jól jelzi a második réteg paraméterei közötti szoros kapcsolatot és azt is, hogy a többi paraméter jól meghatározható, mivel a paraméternek megfelelő sorban, a főátlóban megjelenő elem 1, a többi elem 0. Az, hogy a felbontóképesség mátrixból milyen összefüggésre lehet következtetni ρ_2 -re, illetve d_2 -re vonatkozólag, kissé részletesebben kifejtendő. Annak érdekében, hogy a fajlagos ellenállásra és a rétegvastagságra ne kapjunk negatív értéket, az inverziós algoritmus a paraméterek logaritmusával számol. Ez azt jelenti, hogy egy iterációs lépésnél a $\Delta \log(m)$ értékek az ismeretlenek. Ennek megfelelően a k -edik iterációs lépésben az m paraméter megváltozása

$$m^{(k+1)} = m^{(k)} e^{\Delta \log(m)}.$$

Miután az inverziós algoritmus egy jó illeszkedést biztosító modellt talált, és az \mathcal{R} felbontóképesség-mátrix az egységmátrix, akkor a további iterációk során valamennyi m modellparaméterre

$$\Delta \log(m) \approx 0,$$

azaz a modellparaméterek már nem változnak. Ha a felbontóképesség-mátrix nem feltétlenül az egységmátrix, akkor teljesülnie kell az

$$\mathcal{R} \Delta \mathbf{m} \approx \mathbf{0} \quad (14)$$

közelítő egyenlőségnek. Eszerint az egyes modellparaméterek kissé változhatnak, de (14)-nek teljesülnie kell.

Vezessük be a

$$g = \log(\rho_2), \quad f = \log(d_2)$$

jelöléseket! Ekkor (14) miatt a (13) felbontóképesség-mátrix 2. és 5. sorából következik, hogy

$$\Delta g \approx \Delta f. \quad (15)$$

Ekkor a második réteg paraméterei a $(k+1)$ -edik iterációs lépésben a

$$\rho_2^{(k+1)} = \rho_2^{(k)} e^{\Delta g}, \quad d_2^{(k+1)} = d_2^{(k)} e^{\Delta f}$$

képletek szerint változnak. Tehát ρ_2 és d_2 értéke változhat ugyan, de (15) miatt a hányadosuk nem változik, ami összhangban van azzal, hogy a két mennyiség korrelációja 1. Fizikailag ez azt jelenti, hogy a második réteg vízszintes irányú összegzett vezetőképessége állandó.

Megjegyzendő, hogy a felbontóképesség-mátrix kevesebb, akár 1 sajátvektorral is számítható. A szintetikus adatokon végzett számos inverziós tapasztalat azt mutatja, hogy a kevés sajátvektorral számított felbontóképesség-mátrix megmutatja, hogy mely paraméterek határozhatók meg a legbiztosabban, ezek már az inverzió első néhány lépésénél a helyeshez közeli értéket vesznek fel. Ahogy növeljük a felbontóképesség-mátrixban megjelenő sajátvektorok számát, az a többi paramétert is meghatározhatónak mutatja. Ezek az inverzió későbbi fázisában közelítenek a helyes értékhez. Végül valamennyi sajátérték figyelembevételével az egységmátrixot adja a felbontóképesség-mátrixnak, és valamennyi modellparamétert meghatározhatónak mutatja. Azokhoz a paraméterekhez, amelyeket csak az összes sajátérték alapján lehet meghatározhatónak tekinteni, az inverziós algoritmus csak nagyon lassan konvergál. Szintetikus adatok esetében a bizonytalan paraméterek csak zajmentes adatokkal tartanak a kiinduló modellparaméterekhez.

A kovarianciamátrix számításakor viszont a kevés sajátvektorral számított mátrixok gyakran értelmezhetetlenek. Ez is indokolja, hogy a kovariancia-, illetve korrelációs mátrix számítására alkalmazott hagyományos képletet ne

a kis sajátértékekhez tartozó sajátvektorok elhagyásával, hanem a csillapító tényezővel javítsuk azt.

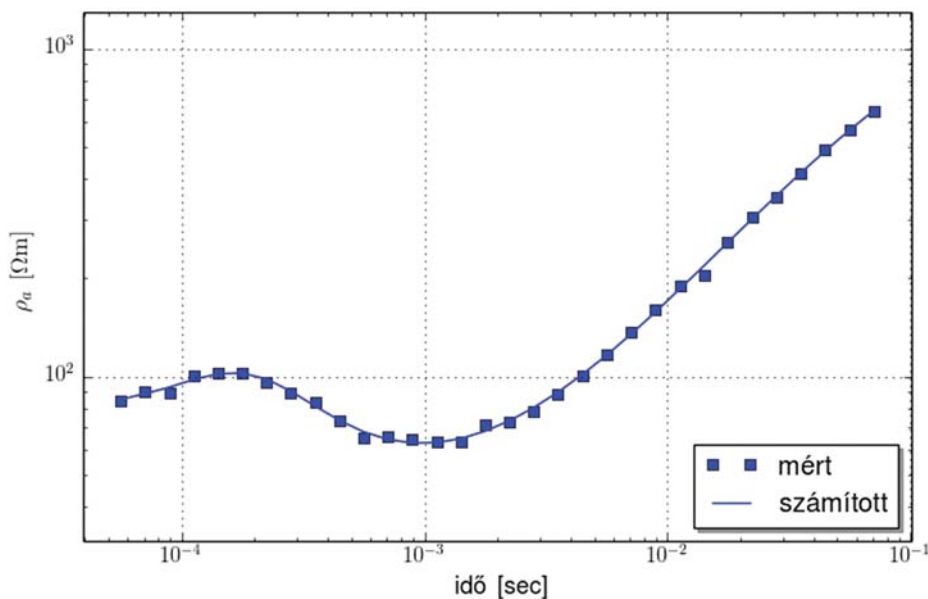
Harmadik példa

A harmadik példában vegyünk egy négyréteges modellt, és a szintetikus adatokat terheljük 5%-os zajjal! A modellparamétereket a 3. táblázat 2. és 5. oszlopa tartalmazza. Most a zajjal terhelt adatok esetében már nem kapjuk vissza pontosan a kiinduló modellparamétereket, de az eltérés még elfogadható. A kapott modellparamétereket a 3. táblázat 3. és 6. oszlopa tartalmazza. A harmadik réteg paramétereinek a viszonylag nagyobb eltérése az ekvivalenciával indokolható. A második réteg paramétereinek az eltérése is jelentősnek tűnik, ezeknek a megbízhatóságára utalnak a nagyobb szórástértek. A szimulált mérési adatok és az inverziós modellhez tartozó fajlagosellenállás-görbe a 3. ábrán látható. A zajjal terhelt mérési adatokra jól illeszkedik az elméleti görbe. Az SVD sajátértékei

$$\lambda_1 = 44,569, \lambda_2 = 18,649, \lambda_3 = 14,253, \lambda_4 = 3,584, \\ \lambda_5 = 2,038, \lambda_6 = 0,184, \lambda_7 = 0,033.$$

3. táblázat | A 3. modell paramétereit szintetikus adatok számításához (2., 5. oszlop), az inverzióval kapott paraméterek (3., 6. oszlop) és azok szórássai (4., 7. oszlop)

Réteg	ρ [Ωm]	ρ [Ωm]	$D(\rho)$	d [m]	d [m]	$D(d)$
1.	80,0	80,6	0,0416	50,0	44,8	0,2849
2.	150,0	125,0	0,1036	100,0	110,0	0,1469
3.	2,0	3,14	1,1260	5,0	7,72	1,1660
4.	2000,0	2246,2	0,0176	∞	∞	



3. ábra | Tranzien্স látszólagos fajlagos ellenállás. Az inverzióval kapott látszólagos fajlagos ellenállás illeszkedése a 3. példa szintetikus adataira

Figure 3 | The fit of apparent resistivity curve obtained from inversion of synthetic data of example 3

A legnagyobb és a legkisebb sajátérték hányadosa itt $\lambda_1/\lambda_7 = 1336,4$, ami jelzi, hogy a 7 modellparaméter között vannak bizonytalanul meghatározhatóak. A (8) felté-

tel szerint figyelembe veendő sajátvektorok száma 5. A modellparaméterek korrelációs mátrixa az (5) képlettel számítva

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,88 & 0,44 & 0,08 & 0,98 & -0,92 & 0,45 \\ 0,88 & 1,00 & 0,68 & 0,17 & 0,96 & -0,98 & 0,69 \\ 0,44 & 0,68 & 1,00 & 0,54 & 0,55 & -0,72 & 1,00 \\ 0,08 & 0,17 & 0,54 & 1,00 & 0,12 & -0,23 & 0,54 \\ 0,98 & 0,96 & 0,55 & 0,12 & 1,00 & -0,98 & 0,56 \\ -0,92 & -0,98 & -0,72 & -0,23 & -0,98 & 1,00 & -0,73 \\ 0,45 & 0,69 & 1,00 & 0,54 & 0,56 & -0,73 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{matrix}$$

Hasonlóan a második példához itt is megjelent a vékony réteget (3. réteg) jellemző két paraméter közötti szoros korreláció, de ezen kívül még más paraméterpárokra is nagy értékeket kaptunk. Ezek között lehetnek valóságok, de

olyanok is, amelyek csak a csillapító tényező nélküli inverzió instabilitása miatt jelentek meg. A csillapító faktoral számított korrelációs mátrix:

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,79 & 0,10 & -0,10 & 0,96 & -0,93 & 0,13 \\ 0,79 & 1,00 & 0,24 & -0,22 & 0,92 & -0,94 & 0,28 \\ 0,10 & 0,24 & 1,00 & 0,19 & 0,16 & -0,28 & 1,00 \\ -0,10 & -0,22 & 0,19 & 1,00 & -0,16 & 0,16 & 0,18 \\ 0,96 & 0,92 & 0,16 & -0,16 & 1,00 & -0,99 & 0,20 \\ -0,93 & -0,94 & -0,28 & 0,16 & -0,99 & 1,00 & -0,32 \\ 0,13 & 0,28 & 1,00 & 0,18 & 0,20 & -0,32 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{matrix}$$

Az a megállapításunk is érvényben maradt, hogy a csillapító tényezővel számított korrelációs mátrixnál az indokolt magas korrelációs érték nem változott (ρ_3, d_3 között), de a többi általában csökkent. Ugyanúgy, mint a második példánál az α csillapító tényezőt kísérleti úton határoztuk meg. Több csillapító tényezővel is elvégeztük a kovariancia-, illetve

korrelációs mátrix számítását, és azt fogadtuk el, amelyik az indokolt magas korrelációt még változatlanul hagyta. Bizonyos korrelációk viszont ebben az esetben is lényegesen lecsökkentek. A csillapító tényező hatására kis abszolút értékű korrelációknál előfordult előjelváltás is.

Az 5 sajátvektorral számított felbontóképesség-mátrix:

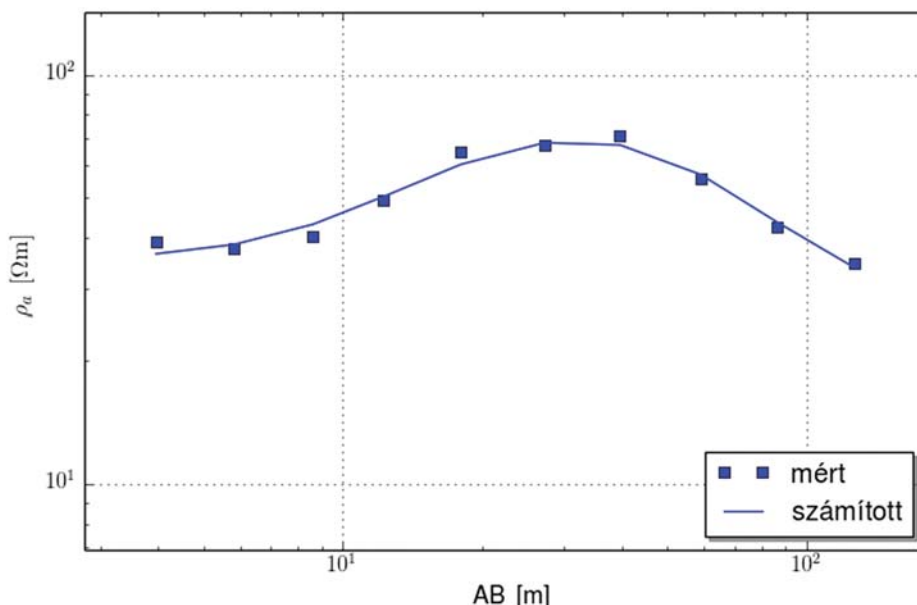
$$\mathcal{R} = \begin{pmatrix} 0,98 & -0,04 & 0,01 & 0,00 & -0,12 & 0,05 & 0,00 \\ -0,04 & 0,93 & 0,00 & 0,00 & -0,24 & 0,10 & -0,02 \\ 0,01 & 0,00 & 0,51 & -0,01 & 0,03 & 0,00 & -0,50 \\ 0,00 & 0,00 & -0,01 & 1,00 & 0,01 & -0,01 & -0,01 \\ -0,12 & -0,24 & 0,03 & 0,01 & 0,23 & 0,33 & -0,02 \\ 0,05 & 0,10 & 0,00 & -0,01 & 0,33 & 0,86 & 0,03 \\ 0,00 & -0,02 & -0,50 & -0,01 & 0,02 & 0,03 & 0,49 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{matrix}$$

A főatlóban megjelenő 1-hez közeli értékek jól mutatják, hogy melyek azok a modellparaméterek amelyek jól meghatározhatóak. A ρ_3 és a d_3 paraméterpárra vonatkozólag is megállapítható, hogy azok önállóan nem határozhatóak meg, csak a kettőnek a hányadosa, azaz a réteg összegzett vízszintes vezetőképessége. Ezzel összhangban van a ρ_3 és d_3 értékek nagy szórása is (3. táblázat). Viszonylag gyengén meghatározhatónak bizonyul még a d_1 rétegvastagság is, ami azzal magyarázható, hogy a két felső réteg ellenálláskontrasztja viszonylag kicsi. Ha a felbontóképesség-mátrix számításánál a 6. sajátvektort is figyelembe vesszük ($\lambda_6 =$

0,184), akkor a mátrix szerint d_1 is jól meghatározhatónak mutatkozik.

Terepen mért adatok inverziója

Az inverziót Schlumberger-elektroda-elrendezéssel mért adatokon mutatjuk be. A 4. ábrán látható szondázási görbe egy működő kavicsbánya bővítési lehetőségeinek vizsgálata során készült a nyugat-magyarországi peremvidék, a Sopron-Vasi síkság közepén. A területen felső pliocén keresztaré-



4. ábra Schlumberger-féle látszólagos fajlagos ellenállás. Schlumberger-szondázás inverziójával kapott rétegparaméterek (2., 4. oszlop), a paraméterek szórásai (3., 5. oszlop)
Figure 4 Layer parameters obtained by inversion of Schlumberger sounding (columns 2, 4), standard deviations of the parameters (columns 3, 5)

zett folyóvízi homokra települ egy kis folyó változatos vastagságú pleisztocén kavics-hordalékkúpja. A kavicsteraszfelszínét glaciális eredetű löszös, vályogos üledékek fedik. A vizsgálat célja a bányatelekkel szomszédos területeken az ásványi nyersanyagvagyon mennyiségének, a kitermelésgazdaságosságának a meghatározása volt. Az inverzió eredményeként egy egyszerű háromréteges modellt kaptunk (4. táblázat). A fajlagos ellenállások alapján markánsan el-

4. táblázat Schlumberger-szondázás inverziójával kapott rétegparaméterek (2., 4. oszlop), a paraméterek szórásai (3., 5. oszlop)

Réteg	ρ [Ωm]	$D(\rho)$	d [m]	$D(d)$
1.	35,5	0,0113	3,38	0,086
2.	191,2	0,43	4,45	0,485
3.	27,1	0,0237	∞	

különül a kb. 3,38 m vastag fedőréteg, amely kis fajlagos ellenállású agyagos, iszapos öszlet, alatta a nagy ellenállású, kb. 4,45 m vastag kavics, és a fedőhöz hasonlóan kis fajlagos ellenállású – agyag/homokos agyagnak megfelelő – fekvő. A mért adatok és az inverziós modellhez tartozó számított görbe illeszkedése a 4. ábrán látható. Az SVD sajátértékei:

$$\lambda_1 = 11,608, \quad \lambda_2 = 8,690, \quad \lambda_3 = 3,156, \\ \lambda_4 = 1,961, \quad \lambda_5 = 0,076.$$

Az 5. sajátérték lényegesen kisebb a többinél, ennek megfelelően a (8) feltétel szerint a felbontóképesség-mátrix számításakor csak 4 sajátvektort érdemes figyelembe venni. A legnagyobb és a legkisebb sajátérték aránya 152,71.

A szintetikus adatokkal végzett tesztek tapasztalata alapján a korrelációs mátrixnak csak a csillapító tényezővel számított változatát közöljük:

$$\text{corr}(\mathbf{m}) = \begin{pmatrix} 1,00 & 0,52 & 0,17 & 0,68 & -0,51 \\ 0,52 & 1,00 & 0,59 & 0,97 & -1,00 \\ 0,17 & 0,59 & 1,00 & 0,49 & -0,63 \\ 0,68 & 0,97 & 0,49 & 1,00 & -0,96 \\ -0,51 & -1,00 & -0,63 & -0,96 & 1,00 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (16)$$

A ρ_2 és d_2 közötti korreláció értéke itt -1 , ami jelzi, hogy a közöttük levő kapcsolat most más mint a szintetikus adatokkal végzett számításoknál a vékony jól vezető réteg esetében, ami rendben is van, hiszen itt most egy rosszul vezető rétegről van szó. A -1 korreláció azt jelenti, hogy a $\rho_2 d_2$ szorzat határozható meg, azaz a réteg függőleges irányú ellenállása. Ugyanezt lehet megállapítani a felbontóképesség-mátrix alapján is.

A 4 sajátvektorral számított felbontóképesség-mátrix:

$$\mathcal{R} = \begin{pmatrix} 1,00 & -0,01 & 0,00 & 0,00 & 0,01 \\ -0,01 & 0,56 & -0,02 & -0,08 & 0,49 \\ 0,00 & -0,02 & 1,00 & 0,00 & 0,02 \\ 0,00 & -0,08 & 0,00 & 0,98 & 0,09 \\ 0,01 & 0,49 & 0,02 & 0,09 & 0,46 \end{pmatrix} \begin{matrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ d_1 \\ d_2 \end{matrix} \quad (17)$$

A mátrixban megjelenő, a második réteg paraméterei közötti kapcsolatra utaló elemek előjele itt megegyezik (0,56, 0,49). Ez azt jelenti, hogy a második réteg függőleges irányú ellenállását tudjuk meghatározni, ρ_2 és d_2 értéke bizonytalan. A második példához hasonlóan ez is részletesen levezethető, csak jelen esetben a (15) reláció, $\Delta g \approx \Delta f$ helyett $\Delta g \approx -\Delta f$ érvényes. A paraméterek gyengén meg-

határozhatósága látszik azok nagyobb szórásértékeiből is (4. táblázat). A szórásértékekkel kapcsolatban megjegyzendő, hogy azokat ugyanazon feltételek mellett számoltuk, mint a szintetikus adatok esetében. Terepi adatok lévén feltételezhető ugyan, hogy az (5) képletben szereplő σ nagyobb, mint 5%, de elemzésünk fő tárgya nem is az egyes modellparaméterek szórásának a pontos meghatározása, hanem rámutatni arra, hogy mely modellparaméterekhez tartozik lényegesen nagyobb szórás érték, mint a többihez, és ez milyen kapcsolatban áll a felbontóképesség-mátrixszal, valamint fizikai magyarázatot adni a jelenségre.

Összefoglalás

Egyszerű modelleken szintetikus és terepi adatok felhasználásával bemutattunk az inverzió minőségét jellemző négy fontos mennyiséget. Ezek hasznosak lehetnek az inverziós eredmények értelmezésekor. Megmutattuk, hogy a korrelációs mátrix a szakirodalomban elfogadott képlettel számítva nehezen magyarázható korrelációkat tartalmaz. A kovarianciamátrix és az ebből származtatható korrelációs mátrix számítására egy csillapító tényezőt tartalmazó eljárást vezetünk be, és példákön mutattuk meg az előnyét. Elemeztük a felbontóképesség-mátrixot, és egy egyszerű feltételt adtunk meg arra vonatkozólag, hogy hány sajátvektor felhasználásával érdemes azt számítani. A legnagyobb és a legkisebb sajátértékek hányadosa, valamint a paraméterek szórása is tájékoztat az inverzió stabilitásáról. A statisztikai jellemzők tanulmányozása után az előzetes geológiai ismereteket is figyelembe véve érdemes az inverziót többször elvégezni bizonyos modellparaméterek rögzítésével.

Köszönetnyilvánítás

Ez a tanulmány a TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0015 számú (Föld-rendszer) projekt keretében, az Európai

Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A tanulmány szerzői

Prácser Ernő, Prodán Tímea Hajnal

Hivatkozások

- Dobróka M., Gyulai Á., Ormos T., Csókás J., Dresen J., 1991: Joint inversion of seismic and geoelectric data recorded in an underground coal mine. *Geophysical Prospecting* 39, 643–556
- Gyulai Á., Ormos T., 1997: Újabb eredmények a VESZ adatok 1.5-D inverziós kiértékelésében. *Magyar Geofizika* 38/4, 257–264
- Jackson D. D., 1972: Interpretation of inaccurate, insufficient and inconsistent data. *Geophysics Journal of the Royal Astronomical Society* 28, 97–109
- Jupp D. L. B., Vozoff K., 1972: Stable iterative methods for the inversion of geophysical data. *Geophysics Journal of the Royal Astronomical Society* 42, 957–976
- Kaufman A. A., Keller G. V., 1983: *Frequency and Transient Soundings*. Elsevier – Amsterdam – Oxford – New York.
- Koefoed O., 1979: *Geosounding Principles: Resistivity Sounding Measurements*. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Marquardt D. W., 1963: An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters. *Journal of Society of Industrial Applied Mathematics* 11, 431–441
- Menke W., 1984: *Geophysical Data Analysis Discrete Inverse Theory*. Academic Press
- Rodi W., Mackie R. L., 2001: Nonlinear conjugate gradient algorithm for 2-D magnetotelluric inversion. *Geophysics* 66/1, 174–187
- Salát P., Tarcsai Gy., Cserepes L., Vermes M., Drahos D., 1982: *A geofizikai interpretáció statisztikus módszerei*. Tankönyvkiadó, Budapest
- Sharma S. P., Prácser E., Roy K. K., 2005: Joint inversion of seismic refraction and magnetotelluric data for resolving deeper sub-surface structure. *Acta Geod. Geoph. Hung.* 40/2, 241–258
- Tarantola A., 1987: *Inverse Problem Theory*. Elsevier, Amsterdam – Oxford – New York – Tokyo

A felszínmozgás zónájában előforduló üledékes kőzetek ásványos összetételének és fizikai tulajdonságainak vizsgálata Kulcs területén

UDVARDI B.^{1@}, KOVÁCS I.^{2&}, KÓNYA P.², VATAI J.², KOLOSZÁR L.², FEDOR F.³, ÁCS P.³,
MIHÁLY J.⁴, NÉMETH CS.⁴, DEÁK ZS. V.², FÜSI B.², SZALAI Z.¹, SZABÓ CS.¹,
FALUS GY.², FANCSIK T.²

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

²Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

³Geochem, Földtani és Környezetvédelmi Kutató, Tanácsadó és Szolgáltató Kft., 7761 Kozármisleny, Viola u. 55.

⁴MTA TTK, 1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

@E-mail: udvbeatrice@gmail.com

&Levelező szerző, e-mail: kovacs.istvan.janos@mfgi.hu

A felszínmozgás által érintett hazai területek között kiemelt jelentőségű Budapeستől délre a Dunát kísérő magaspárt, mert egyes szakaszainak mozgásveszélyessége érinti a partközeli településeket. Ebből adódóan már évtizedek óta vizsgálják a szakemberek a kiváltó okokat és a partszakaszok stabilizálásának lehetőségeit. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézetben (MFGI) jelenleg is zajló felszínmozgás térképezése részeként került sor a mozgások által fokozottan érintett területek terepi szemléjére és *in situ* vizsgálatára, amelyeket laboratóriumi mérésekkel egészítettünk ki.

Jelen munka az egyik ilyen kiemelt területen szerzett anyagvizsgálati tapasztalatokat összegzi. Kulcs településen a korábbi felszínmozgások után egy részlegesen helyreállított, de a terepi megfigyelések alapján mozgásra utaló jelenségeket mutató, vízvívárgásokkal határolt partszakaszon a Dunával párhuzamos és arra merőleges szelvény mentén mélyített fúrások üledékes kőzeteiben vizsgáltuk a szövetet, szemcseméretet és ásványos összetételt. A fúrásokból és a felszínről begyűjtött minták alapján ítélve a mozgásveszélyes területen a löszbe települő paleotalajoknak és az alatta elhelyezkedő vörös agyagnak jelentős szerepe lehet a felszínmozgások kialakulásában.

Udvardi, B., Kovács, I., Kónya, P., Vatai, J., Koloszá, L., Fedor, F., Ács, P., Mihály, J., Németh, Cs., Deák, Zs. V., Fűsi, B., Szalai, Z., Szabó, Cs., Falus, Gy., Fancsik, T.:
Physical properties and mineral composition of sediments from sliding zone at Kulcs area

The high bluff along the River Danube, south of Budapest, is of prime importance among landslide sensitive areas of Hungary. This is because villages, located on the high bluff close to the Danube, are affected by active movement hazard. Therefore, experts have been dealing with the causes of landslides and the stabilizing attempts of the riverbank for decades. In the present campaign undertaken by the Geological and Geophysical Institute of Hungary, field survey, *in situ* tests and laboratory measurements were made on an area in village Kulcs affected by active movements.

This paper summarizes the results of material investigations. Boreholes were drilled parallel and perpendicular to the river bank, where the landslide affected area is bordered by springs. This site was partially stabilized after the latest sliding event, however, indications of ongoing movements have been identified during field observations. Texture, grain size distribution and mineral composition of sediment samples from drilling and surface samples were measured. These samples show that paleosoils in loess and underlying red clay may have important role in the initiation of slidings.

Beérkezett: 2014. június 24.; *elfogadva:* 2014. október 2.

Bevezetés

A felszínmozgás kutatása a tagolt térfelszín és a környezethez képest megváltozott geológiai–hidrogeológiai viszonyok miatt a geofizika speciális feladatai közé tartozik. A terep adottságaitól és a felszínmozgás típusától függően a geofizika széles eszköztára alkalmazható (Bichler et al. 2004).

Hazánk területén előforduló felszínmozgások térbeli viszonyainak megismerésében – jellegzetességeiket figyelembe véve – elsősorban a szeizmikus reflexió, vertikális elektromos szondázás, elektromos ellenálláson alapuló tomográfia (ERT), spontán potenciál, földradar módszerek és a szeizmikus zaj mérése nyújtanak hasznos információt (Jongmans, Garambois 2007). Azonban mindegyik módszer egyik fontos alapkövetelménye, hogy a megfelelő mérési körülmények megválasztása mellett (térfelszín, évszak, felbontás, jel/zaj viszony) a szignifikáns – elektromos, szeizmikus – tulajdonságok értelmezéséhez elegendő ismerettel rendelkezünk a mozgó terület földtani viszonyairól (McCann, Forster 1990).

A felszínmozgásban részt vevő üledékes kőzetek jobb megismerése a kulcsi felszínmozgások esetében is jelentősen előremozdítaná a geofizikai eredmények értelmezését. Ezért e munkában kívánjuk összefoglalni, hogy az elmúlt néhány évben milyen anyagvizsgálatokat végeztünk Kulcson, és hogy az eredmények hogyan járulnak hozzá a felszínmozgások kutatásához, valamint a terület geofizikai vizsgálatainak – és a felszínmozgások szerkezetének – értelmezéséhez.

A szakirodalomban fellelhető dokumentációk alapján geofizikai vizsgálatok Kulcs középső részén (Hullám utca, Deák Ferenc utca) történtek. Prodán et al. (2013) vertikális elektromos szondázással kimutatta, hogy a felszínmozgásos terület alatt mintegy 10–20 m mélységben egy horizontálisan és vertikálisan is jól lehatárolható nagyobb fajlagos ellenállású térrész ($>200 \Omega\text{m}$) jelenik meg, ami homok, kavics vagy valamilyen homokos kavicsos, esetleg murvás iszapos összetételű képződményre utalhat. E zóna felett feltételezhető (kb. 8–10 m mélységben) több csúszólap megjelenése is a korábbi mérnökeológiai vizsgálatok (fúrások, statikus szondázás) alapján. Az e területen létesített fúrások maganyagát tekintve a gyengeségi zónákat a leírás szerint sárgásbarna homokos iszapban, sovány agyag felett azonosították (Farkas 2011). Azonban az üledékes kőzetek gyakori váltakozása, a geoelektromos szondázás inverziójának nehézségei és a felbontás miatt a csúszó zóna – mint inhomogenitás – nagyobb üledékes kö-zethatárhoz kötődése további vizsgálatokat igényel, elsősorban a mozgásban részt vevő üledékes kőzetek lehatárolása és ásványos összetételük tekintetében.

A felszínmozgás által érintett magaspartokon a legtöbb esetben a fizikai paraméterek (kohézió, nyírás ellenállás) vizsgálata mellett általában nem készítenek anyagvizsgálatokat. Például, a legtöbb esetben nincs adat a mozgásveszélyes földtömeg rétegeinek mésztartalmára vonatkozóan (Balogh et al. 2014). A csúszólapok környezetének

ásványos összetételéről is mindössze néhány hazai közlemény született (Borsy, Szöör 1981, Bidló 1983, Zelenka et al. 2005). Ezért a kulcsi felszínmozgás kapcsán felvetődött kérdések tisztázásán túl anyagvizsgálataink módszertani szempontokat szolgáltatnak hasonló, felszínmozgások által potenciálisan veszélyeztetett területek kutatásaihoz.

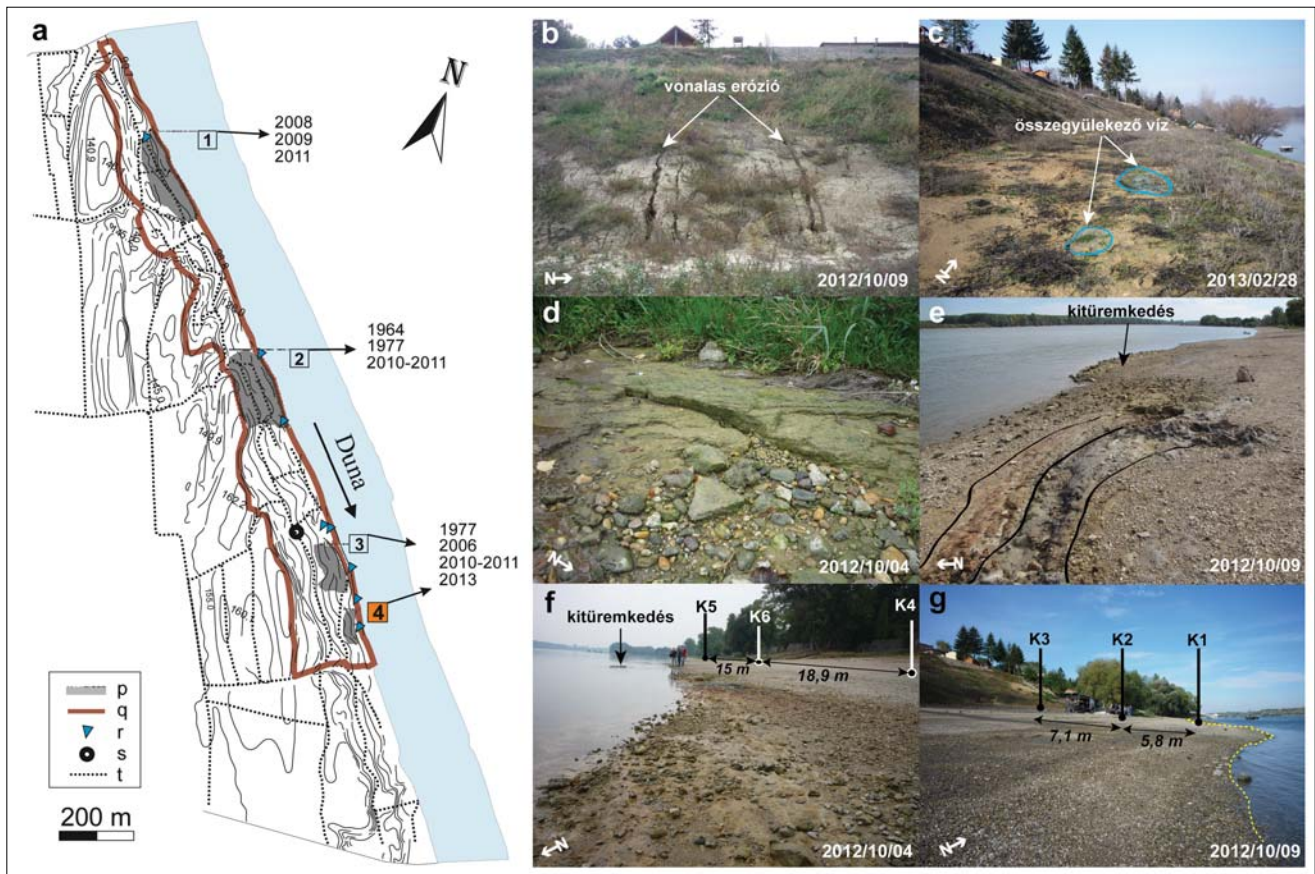
Kulcs környezetének geológiai háttere

Kulcs település a Duna jobb partján elterülő Pentelei-löszplató magaspartján, a Mezőföld keleti határán helyezkedik el, Rácalmástól északra. A terület földtani felépítését a térségben telepített fúrásokból és a felszínen található földtani képződményekből ismerjük. A mintegy 1000 m mélyen elhelyezkedő miocén korú márga, mészkő és törmelékes mészkő fölé uralkodóan agyag, folyóvízi homok, homokkő alkotta felső pannóniai rétegsor települ. A fiatalabb képződményeket a pleisztocén lösz és löszszerű üledékes kőzetek, deluviális üledékek, futóhomok és holocén korú öntés-homok és öntésiszap alkotja. A felső pannóniai térszínre – geomorfológiai adottságaitól függően – települő pleisztocén lösz összlet (35–50 m) változó vastagságú és kifejlődésű: a magaspart háttérében 110–115 mBf magasságban van, míg a magaspart előterében a Duna szintjében valószínűsíthető (Rónai et al. 1965).

A kulcsi felszínmozgások területi jellemzése és okai

A kulcsi felszínmozgások a megfigyelések alapján az előtérrel rendelkező összetett csúszólapú partrogyások és suvadások csoportjába tartoznak (Fodor et al. 1968). A jelentősebb mozgásokat már az 1970-es évektől kezdve dokumentálták a területen (1a. ábra). A térképezés során négy olyan területet határoltak le, ahol aktív felszínmozgásokra utaló jeleket azonosítottak, azonban a magaspart egészét potenciálisan felszínmozgás-veszélyesnek minősítették (FTV 1979, Farkas 2011). Del Ventisette et al. (2013) vizsgálatai arra is rámutattak, hogy a négy lehatárolt terület néhány mm/év sebességű mozgással jellemezhető, de rendszerint a szakadólap kialakulásával párhuzamosan hirtelen gyorsuló (cm/nap) mozgások is azonosíthatók.

A terepi megfigyelések alapján a felszínmozgások egy 70–170 m széles és 290–530 m hosszú területre terjednek ki, a megcsúszott területek becsült térfogata 15000–45000 m³, ami hazai viszonylatban kiemelkedő. A helyszíni megfigyelések és a véges elemes állékonyságvizsgálatok szerint a csúszó felület összetett, jellemzően egy íves és egy sík szakaszból áll (Farkas 2011, Takács 2012). Főleg a vastag löszös területeken található a legaktívabb omlásos és csuszamlásos területek. A csúszó felület alsó, sík szakasza a pannon–pleisztocén határon lévő üledékes kőzetekben halad (Rónai et al. 1965).



1. ábra A kulcsi magaspart nagyobb mozgásai a XX. század folyamán (Rónai et al. 1965, Juhász 1999, Kleb, Schweitzer 2001, Farkas 2011 nyomán). a) A település környezetében lehatárolható felszínmozgásos területek (1–4). *Jelkulcs:* p) megcsúszott terület, q) felszínmozgás veszélyes terület, r) források, s) kút (162 m), t) úthálózat. A b–g ábrák a vizsgálati területet (4-es számmal jelölve a térképen) mutatják be. A d) ábrán a 2. és 3. terület között kibukkanó homokkő látszik a Duna partján. Az f–g ábrák a fúrások (K1–6) elhelyezkedését szemléltetik

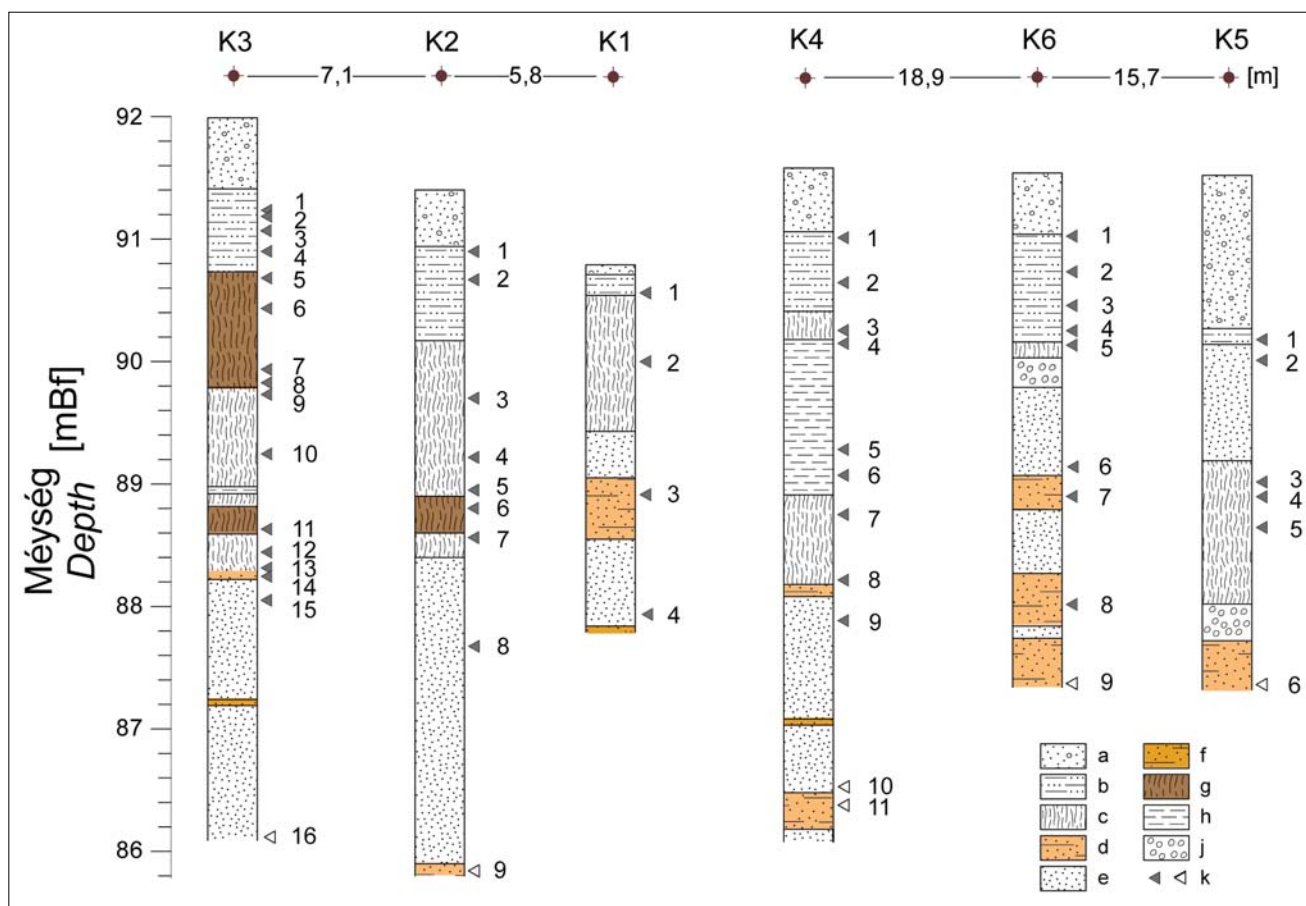
Figure 1 Considerable mass movements of Kulcs high bluff along the Danube in the 20th century (after Rónai et al. 1965, Juhász 1999, Kleb, Schweitzer 2001, Farkas 2011). a) Landslide areas in the vicinity of Kulcs (1–4). *Legend:* p) slipped area, q) landslide-prone area, r) springs, s) well (162 m), t) road network. Panels b–g represent the study site (marked with 4 on the map). Panel d shows the sandstone between area 2 and 3 on the Danube riverbank. Panels f–g show the location of boreholes (K1–6)

A felszínmozgások kialakulásában a háttérből (Ny felől) a Duna felé áramló felszín alatti vizek és a Duna közötti hidrodinamikai kapcsolat valószínűsíthetően hasonlóan jelentős szerepet játszik Kulcson (FTV 1979), mint a Duna más felszínmozgásokkal érintett szakaszain (pl. Dunaszekcső, Újvári et al. 2009). Közvetlenül, idősoros mérésekkel azonban ez idáig ezt nem igazolták. Emellett az antropogén vízhasználat is jelentős tényező (szennyvízszikkasztás, víznyomócsövek károsodása, mezőgazdasági területek öntözése) a felszínmozgások kialakulásában, mert a víz koncentráltan juthat a csúszó felület közelébe. Ezt a település déli részén (rég neve Üdülőtelep) végzett korábbi vízkémiai eredményekben észlelték (FTV 1979). A felszínmozgások gyakorisága is főleg ezen a beépített területen nőtt meg az utóbbi néhány évben (1a. ábra, 3. és 4. terület). Ezért ezen a területen – felszíni és fúrásból vett mintákon –, a folyóparton kibukkanó mozgó földtömeg alsó zónájának jellemzése céljából végeztünk geotechnikai, közetfizikai és fázisanalitikai vizsgálatokat.

A mintavételi terület és a mintavételezés bemutatása

A mintavételi terület Kulcs legdélebbi részén helyezkedik el, ahol – a fokozódó beépítéssel együtt – 1977 óta dokumentálhatóak kisebb-nagyobb felszínmozgások (1a. ábra, 4. terület). Ezen a területen a mozgások által érintett földtömeg mintegy 70 m széles és 290 m hosszú, északról és délről is a folyóparton vízkilépések határolják le. A Duna irányában áramló víz és csapadék a rézsút gyengíti (1b–c. ábra) főleg azokon a területeken, ahol a magaspart aljában nem jelenik meg közel vízszintes dőléssel vékonypados homokkő (1d. ábra).

Ezen a területen a csúszólap Ny–K-i irányban a felszíntől számítva 8,3–3,3 m mélyen puha barnássárga murvás, illetve szürke iszapban feltételezhető (Farkas, 2011). A 2011. évet követő mozgások eredményeként azonban a csuszamlás alsó szakasza a Duna partján is kibukkan, ezért közvetlenül tanulmányozható a felszínmozgás határzónája (1e. ábra). Ebből a zónából 3–7 m mélységben vettünk magmintákat. 3 fúrást (Eijkelpamp-típusú ütvefúró) létesít-



2. ábra A folyópartra merőlegesen (K1–3) és párhuzamosan (K4–6) mélyült fúrásokban azonosított üledékes kőzetek. *Jelkulcs:* a) kavics, feltöltés, b) fluviális üledék, c) lösz, d) vályogzóna, e) homok, f) homokkő, g) paleotalaj, h) vörös agyag, j) mészkavicsos zóna, k) mintavételi helyek (fekete háromszög: folyamatos mintázás, üres háromszög: spirál fúrószárról)

Figure 2 The sediments identified in parallel (K1–3) and perpendicular (K4–6) sections of boreholes to the riverbank. *Legend:* a) gravel, landfill b) fluvial sediment, c) loess, d) loamy zone, e) sand, f) sandstone, g) paleosol, h) red clay, j) calcareous gravelly zone, k) sampling sites (black triangle: continuous sampling, empty triangle: samples from spiral drill pipe)

tettünk a folyóparttal párhuzamosan, míg másik 3 fúrást arra merőlegesen (*1f–g. ábra*). Egy fúrást (K5) a még mozgások által nem érintett déli területre mélyítettünk. Ahol keményebb kőzetben elakadt a fúrás, ott spirálfúróval (Borro) folytattuk a műveletet. Egy-egy mintát vettünk a fúrásokban megfigyelt üledékegységekből és a szemmel látható üledékváltások határáról (*2. ábra, 1. táblázat*). A felszínen található üledékekről (*1e. ábra*) és a K4 fúrásból származó néhány fúrás minta infravörös spektrometriai vizsgálatának eredményét egy korábbi tanulmányban közzöltük (Udvardi et al. 2013).

Anyagvizsgálati eljárások

Az *1. táblázatban* tüntettük fel, hogy mely mintákból milyen vizsgálatok készültek. A szemcseméretet lézeres diffrakción alapuló készüléssel és hozzá tartozó szoftverrel (Horiba Partica 950V2 típusú lézer granulométer) határoztuk meg. A mintákat Na-pirofoszfátos oldatban, ultrahangos rázatást követően elemeztük. A méreteloszlást térfogat%-ban adtuk meg és háromszög diagramon ábrázoltuk.

A fázisanalitikai vizsgálatához a laza, könnyen széteső mintákat $63 \mu\text{m}$ alá szitáltuk. Kutatásaink során a fúrásban azonosított üledékes kőzetek jellemzésére csillapított totálreflexiós infravörös spektrometriai módszert (egyreflexiós Specac Golden Gate ATR feltétellel felszerelt Varian 2000 FTIR infravörös spektrométer) használtunk. A mintákat a mérés előtt 80°C -on kiszáritottuk. Az ásványokhoz rendelhető sávok és a karakterisztikus infravörös sávterületek meghatározásához az OPUS 6.5 infravörös spektrumkiértékelő szoftvert használtuk. Az egyes ásványokra jellemző sávterületekben mért infravörös fényelnyelés alapján meghatároztuk a sávterületeket, amelyek egy-egy ásványcsoportnak a változékonyságáról nyújtanak információt. Rögzített hullámszámtartomány-határokat választottunk, a kaolinitra jellemző 3697 cm^{-1} infravörös sáv kivételével, amelyet a vállalaktól függően egyedi tartományban értékelünk ki. A minták ásványos összetételét röntgen-pordiffrakcióval (Philips PW 1730 diffraktométerrel) határoztuk meg. A felvételek 40 kV gyorsítófeszültség és 30 mA áramerősség mellett, grafit monokromátorral, $2^\circ 2\theta/\text{perc}$ goniómétersebességgel a $2\text{--}66^\circ 2\theta$ tartományban készültek. A teljes minta és a leválasztott $2 \mu\text{m}$ -nél kisebb frakció (Stokes-féle

1. táblázat A fúrásokból vett minták és a vizsgálati módszerek (2–3 oszlop, fehér cellák: nem vizsgált). Mintákat folyamatos fúrásból (fekete háromszög) és a spirál fúrószárról (üres háromszög) is vettünk. A mintacsoportok jelölése (b–h) a 2. ábra szerint. 2: szemcseméret elemzés, 3: röntgen-pordiffrakció. Infravörös spektrometriai mérés mindegyik mintából történt

Table 1 Samples from boreholes and observation methods (Columns 2–3, white cells: not measured). Samples were taken from continuous section of boreholes (black triangle) and from spiral drill pipe (empty triangle). The legend of sample types (b–h) is given after Fig. 2: grain size analysis, 3: X-ray powder diffraction. Infrared spectrometry measurement was performed on each sample

Mintaazonosító Sample ID	Mélységköz [m] Depth [m]	1	2	3
K1-0	felszín	◁	b	
K1-1	0,21–0,25		b	
K1-2	0,77–0,8	◀	c	
K1-3	1,84–1,88		d	
K1-4	2,80–2,83		e	
K2-1	0,50–0,53		b	
K2-2	0,73–0,76		b	
K2-3	1,69–1,73		c	
K2-4	2,12–2,15	◀	c	
K2-5	2,52–2,55		c	
K2-6	2,64–2,68		g	
K2-7	2,82–2,87		c	
K2-8	3,73–3,78		e	
K2-9	5,5	◁	d	
K3-1	0,78–0,82		b	
K3-2	0,83–0,88		b	
K3-3	0,92–0,96		b	
K3-4	1,08–1,12		b	
K3-5	1,26–1,30		g	
K3-6	1,57–1,62		g	
K3-7	2,03–2,07		g	
K3-8	2,15–2,17	◀	g	
K3-9	2,26–2,29		c	
K3-10	2,77–2,80		c	
K3-11	3,39–3,43		g	
K3-12	3,58–3,61		c	
K3-13	3,71–3,74		c	
K3-14	3,78–3,81		d	
K3-15	3,90–3,93		e	
K3-16	5,9	◁	e	
K4-1	0,55–0,60		b	
K4-2	0,94–0,98		b	
K4-3	1,31–1,35		c	
K4-4	1,41–1,46		h	
K4-5	2,26–2,34	◀	h	
K4-6	2,49–2,53		h	

1. táblázat (folyt.)
Table 1 (cont'd)

Mintaazonosító Sample ID	Mélységköz [m] Depth [m]	1	2	3
K4-7	2,78–2,88	c		
K4-8	3,42–3,46	c		
K4-9	3,69–3,74	e		
K4-10	5,1		e	
K4-11	5,2–5,4	◁	d	
K5-1	1,34–1,37		b	
K5-2	1,50–1,54		e	
K5-3	2,50–2,54	◀	c	
K5-4	2,62–2,66		c	
K5-5	2,87–2,91		c	
K5-6	4,2	◁	d	
K6-1	0,52–0,58		b	
K6-2	0,81–0,84		b	
K6-3	1,08–1,11		b	
K6-4	1,29–1,34		b	
K6-5	1,37–1,40	◀	c	
K6-6	2,37–2,41		e	
K6-7	2,64–2,67		d	
K6-8	3,52–3,56		d	
K6-9	4,2	◁	d	

törvényen alapuló ülepitéses eljárással) légszáraz felvételeit is felvettük. Majd a 2 µm-nél kisebb frakcióból az etilén-glikolos kezelés után (45 °C/6 h) és hevítés (490 °C/4 h) után ismét megvizsgáltuk a mintákat, így az agyagásványok és a kevert szerkezetek elkülöníthetővé váltak egymástól. Az ásványos összetételt az egyes ásványokra jellemző reflexiók relatív intenzitása alapján, az ún. kísérleti korundfaktorok alapján számítottuk (Klug, Alexander 1954). Az agyagásványok és kevert szerkezetek azonosításában Thorez (1976) leírásait követtük. A szemektitet a 001 bázis-reflexió 17 Å értékre való jellegzetes duzzadása alapján különítettük el (Mac Ewan 1946). A kaolinit/klorit elkülönítése és mennyiségi meghatározása a 3,55 és 3,58 Å-ös csúcsok arányai alapján történt. A félmenyiségi összetételt az XDB Power Diffraction Phase Analytical System 2.7 szoftverrel értékeltük ki. A fázisanalitikai vizsgálatok eredményét box-whisker diagramokon ábráztuk. Az értékek átlagát, az alsó (25%-os) és felső (75%-os) kvartilis értékeket, valamint a maximum- és minimumértékeket is feltüntettük. Az eredményeket mintacsoportok szerint (szürke fluvialis üledék, lösz, paleotalaj, vörös agyag, homok, homokba települő vályogzónák) mutatjuk be.

A geotechnikai paramétereket 4 mintacsoport egy-egy jellegzetes törmelékmintáján (fluvialis üledék, lösz, vörös agyag és homokkő) határoztuk meg. A vázsűrűséget He-piknometriás módszerrel (Quantachrome Penta-

pyc 5200e (PPY-30T) pentapiknómetérral), a fajlagos felületet, a pórustorok-méreteloszlást és a porozitást jellemző paramétereket Hg-porozimetriával (Quantachrome Poremaster-60 GT higany poroziméterrel) és fiziszorpcióval (Quantachrome Autosorb-1-MPV) határoztuk meg.

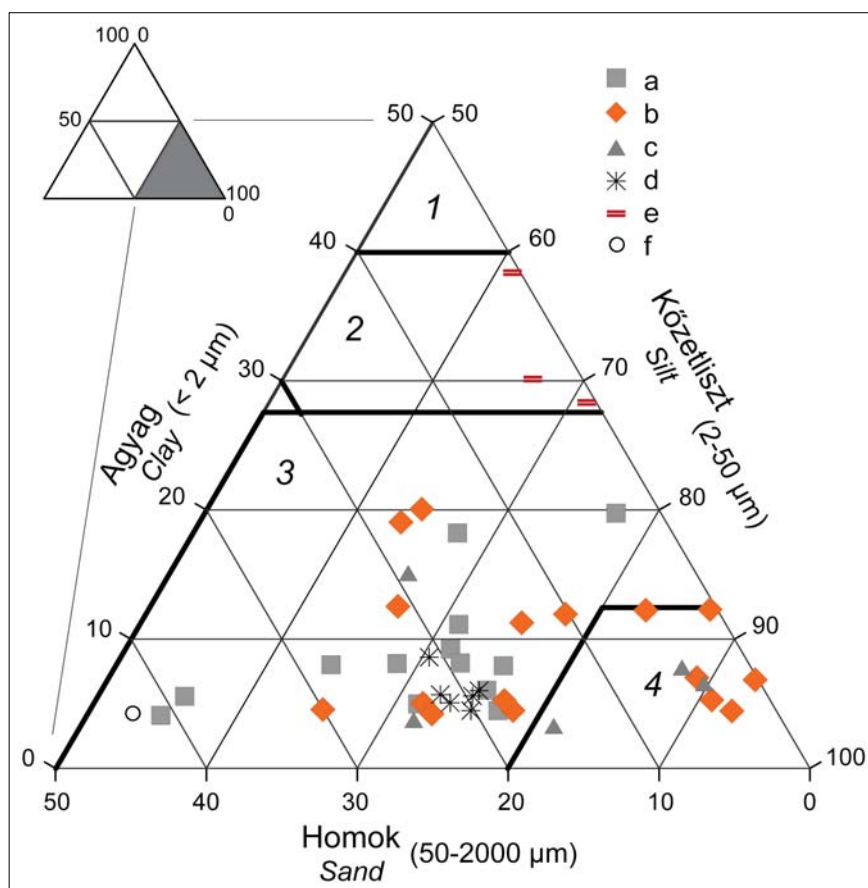
Eredmények és diszkusszió

Kulcs déli területén megjelenő üledékes kőzetek általános jellemzése

A fúrásokban és a felszínen is a rézszű kialakításával létrejött feltöltés és a Duna barna-barnássárga középszemcsés homokos, kavicsos üledéke helyezkedik el (2. ábra). Mélyebben szürke-szürkésbarna színű laza, csillámokat tartalmazó fluviális üledék található. A felszínen ebből az üledékből pont- és vonalmenti szivárgások észlelhetők. Alatta sárga-sárgásbarna, helyenként keményebb, konkréciókat tartalmazó finomszemcsés üledékes kőzet, lösz települ. Makroszkópos bélyegeit tekintve limonitos elszíneződést mutat. Felső sza-

kaszán többnyire fehéressárga színű, széteső, finom szemcseméretű, csillámos megjelenésű, míg alsó szakaszán fokozatosan tömörebb szerkezetűvé válik, cm-es méretű konkréciókat tartalmaz, és lemezes szerkezetű. A löszben sötétebb színű, sárga-világosbarna színű vékony (10–50 cm-es) paleotalajszintek, foszlányok is felismerhetők. Két fúrásban (K3, K4) és a felszínen vörös agyag is megjelenik (1e., 2. ábra). A paleotalajszintek és az agyagosabb zóna sem jelenik meg mindegyik fúrásban. Ez adódhat abból, hogy a terület többszöri csuszamlása során az üledékes kőzetek eredeti helyzetükből áthelyeződtek, és a lassú mozgás hatására elnyíródtak. Ezen egységek felett képlékenyebb, nedves üledéket észleltünk a fúrás felnyitáskor (a K2, K3 és K4 fúrásban). Hasonló tapasztalatokat Bendefy (1972) munkájából is ismerünk. Vizsgálatai szerint Rácalmás és Kisapostag között a lösztakaró alatti vörös agyag és a löszkötegek közötti vályogövezetek fölött alakultak ki csuszamlások.

A lösz alatt csillámos, laza, széteső homok található, amelyet néhány cm-es, helyenként sárga, finomabb szemcsés, vályogos betelepülések tagolnak. Ebben az egységben sárga csillámos, erősen cementált homokkővet találtunk, amelyet keménysége miatt spirál fúrószárral tudtunk átfúrni. Ezért



3. ábra A szemcseméret elemzésből származó frakciók megoszlása (térfogat%) a textúra diagramon. *Jelkulcs:* a) fluviális üledék, b) lösz, c) vályogzóna, d) paleotalaj, e) vörös agyag, f) homok

Figure 3 Distribution of grain size fractions from particle analysis (vol.%) in the textural triangle. *Legend:* a) fluvial sediment, b) loess, c) samples from loamy zones, d) paleosoil, e) red clay, f) sand

ezen a fúrászakaszokon, mélyebben a spirál fúrószárról vettünk mintát. Hasonló képződmény csak a mintavételi területtől északra található meg közvetlenül a felszínen (*1d. ábra*). Ez a homokkővet és vályogos zónákat is magában foglaló homokos egység valószínűsíthetően a település közepső részén (*1. ábra*, 2. terület) a geofizikai vizsgálatokkal (Prodán et al. 2013) azonosított nagy fajlagos ellenállású zónával hozható kapcsolatba.

A K5 és a K6 fúrás ugyan mindössze 15 m-re helyezkedik el egymástól, azonban az ezekben található üledékes kőzetek igen eltérő vastagságúak, és ebben a két fúrásban egy mészkavicsos zóna is kimutatható, amely a két fúrásban eltérő mélységben helyezkedik el (*2. ábra*).

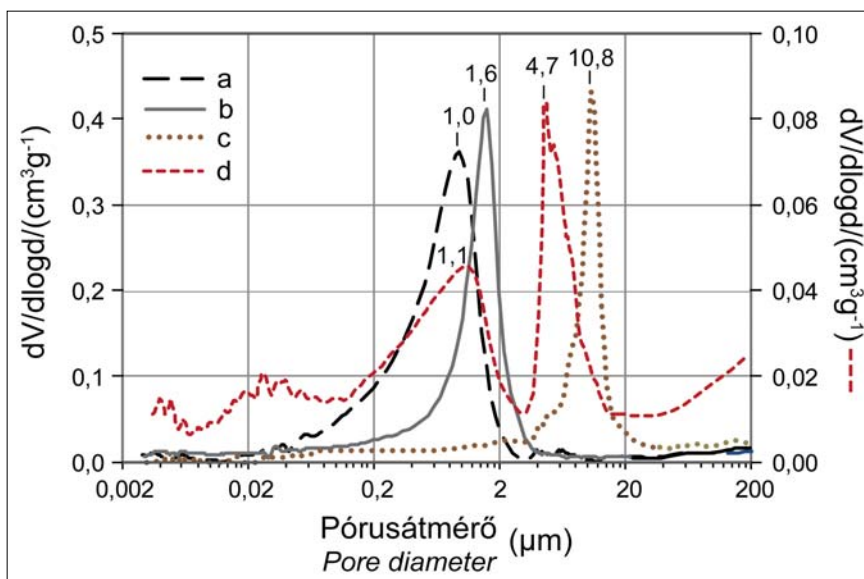
A felszínen és a fúrásokban azonosított üledékes kőzetek geotechnikai, köztfizikai tulajdonságai

Az üledékes kőzetek szemcseméretében a kőzetliszt dominanciája jellemző, általában a durva (31–63 µm) és a közepes kőzetliszt frakció (16–31 µm) aránya teszi ki a minták közel 40%-át. Ennek megfelelően a minták homokos iszap és iszap textúrájúak. Lényegi eltérés ettől a paleotalaj és a vörös agyagban tapasztalható, ahol a nagyon finom kőzetliszt (4–8 µm) és az agyagfrakció (<2 µm) az uralkodó (*3. ábra*). A homok/agyag frakció aránya a mélységgel kissé csökken, a paleotalaj és vörös agyag szintjében (89–90 mBf) általában kisebb.

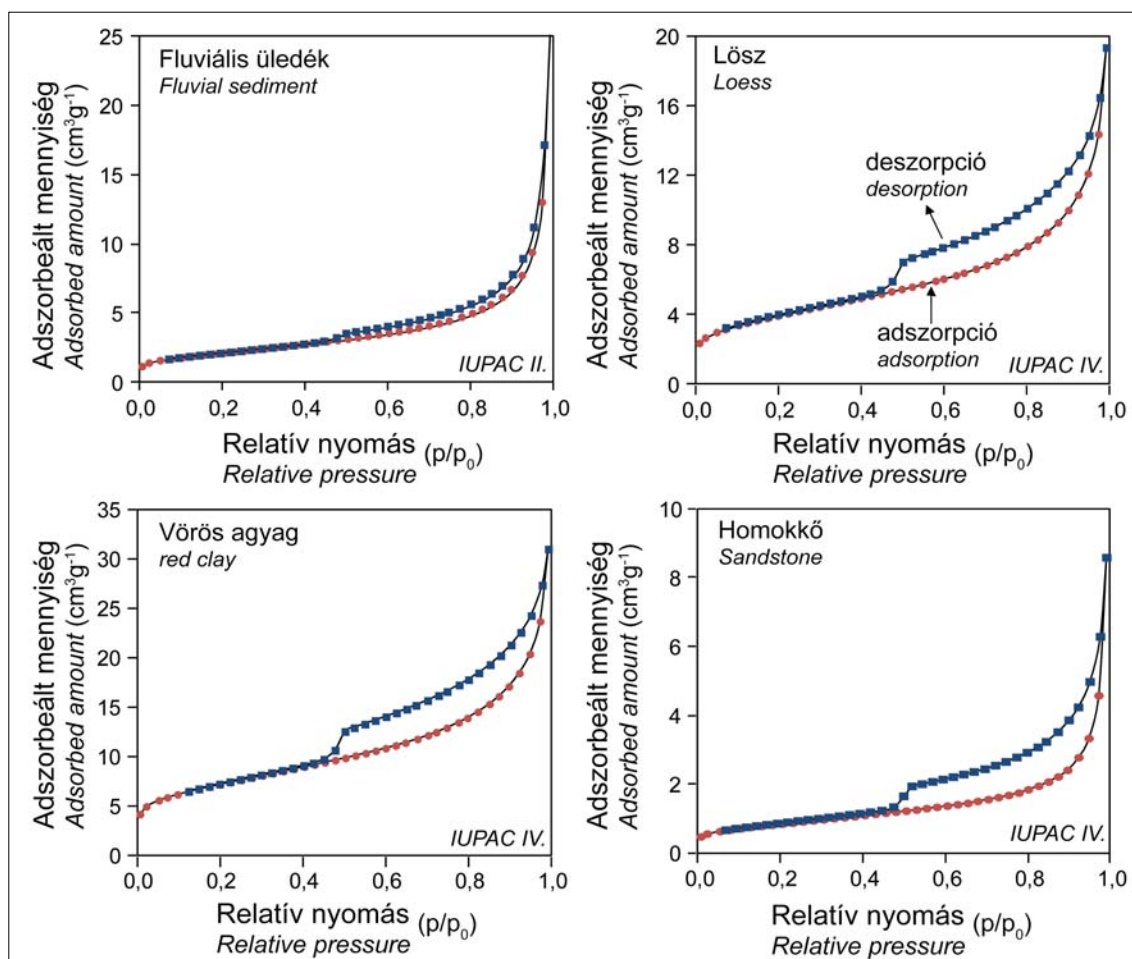
A He-piknometriás mérések alapján a lösz $2,6757 \pm 0,0002 \text{ g/cm}^3$, míg a homokkő $2,7015 \pm 0,0017 \text{ g/cm}^3$ vázsűrűséggel rendelkezik. A legnagyobb sűrűséggel a szürke fluviális üledék rendelkezik ($2,7300 \pm 0,0009 \text{ g/cm}^3$), míg a legkisebb sűrűsége a vörös agyagnak ($2,6471 \pm 0,0013 \text{ g/cm}^3$) van.

A Hg-porozimetriás mérésekből meghatározott fajlagos felület a lösz esetében bizonyult a legnagyobbknak ($7 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$). A fluviális üledék és a vörös agyag ($6 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) hasonló fajlagos felülettel rendelkezik. A legkisebb fajlagos felületet a homok esetében ($2 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$) kaptuk. Ezek a fajlagosfelület-értékek a mezo- és makropórus tartományhoz rendelhetők (*4. ábra*). A szürke fluviális üledék, lösz és homok egy-egy maximummal rendelkezik a makropórus tartományban. A legnagyobb pórusmérettel a homokkő rendelkezik, ezért a nagy porozitása (37,18%) a másik három üledékes kőzettípushoz képest nagy kompresszibilitással ($5,87 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$) társul. A szürke fluviális üledékminta esetén széles a beáramlási tartomány. Ennél a mintánál a legkisebb a meghatározott pórusstorokméret (0,93 µm), amely a nagy porozitással (42,79%) együtt kavernákra, palack alakú pórusokra utal. A kisebb pórusméret és a palack alakú pórusok együttesen járulnak hozzá a homokkőnél kisebb kompresszibilitási tényezőjéhez ($3,16 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$). Hasonló kompresszibilitási értékeket vesz fel a lösz ($1,87 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$) és a vörös agyag ($2,23 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$) is, azonban ez utóbbi porozitása (20,98%) jóval kisebb, mint a löszé (37,18%). A K4 fúrásból származó vörös agyag esetén három maximum (0,027, 1,1 és 4,7 µm) is látható, a harmadik maximuma a mezopórus tartományban van.

A fiziszorpciós vizsgálatok alapján a pórusméretek nem mutatnak határozott eloszlást (*5. ábra*). A vörös agyagnál kisebb maximumok a 10 nm-nél kisebb tartományban vannak. Ezek száradási repedésekhez köthetők. A lösz, vörös agyag és homok adszorpciós–deszorpciós izotermái IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) besorolás szerint a IV. típusú izotermához mutatnak hasonlóságot (Sing et al. 1985). Ez az izotermatípus a mikropórusos (0–2 nm) és a mezopórusos (2–50 nm) anyagokra jellemző.



4. ábra | A Hg-porozimetriás mérésekből származó pórusméret-eloszlás a pórusátmérő függvényében. *Jelkulcs:* a) fluviális üledék, b) lösz, c) homokkő, d) vörös agyag
Figure 4 | Pore size distribution vs. pore diameter by Hg-porosimetry. *Legend:* a) fluvial sediment, b) loess, c) sandstone, d) red clay



5. ábra A fluviális üledék, lösz, vörös agyag és homok N_2 adszorpciós–deszorpciós izotermái az adszorbeált gáz térfogatának ($cm^3 g^{-1}$) függvényében (standard körülményekre átszámolt értékek). A fiziszorpciós mérések alapján makropórusos szerkezet (IUPAC II. típus), valamint mezo- és mikropórus jellegét is mutatnak (IUPAC IV. típus) az üledékes kőzetek

Figure 5 Adsorption–desorption isotherms of N_2 in fluvial sediment, loess, red clay and sand. According to the physisorption measurements, one sediment type while macroporous (IUPAC type II) and containing meso- and micropores (IUPAC type IV)

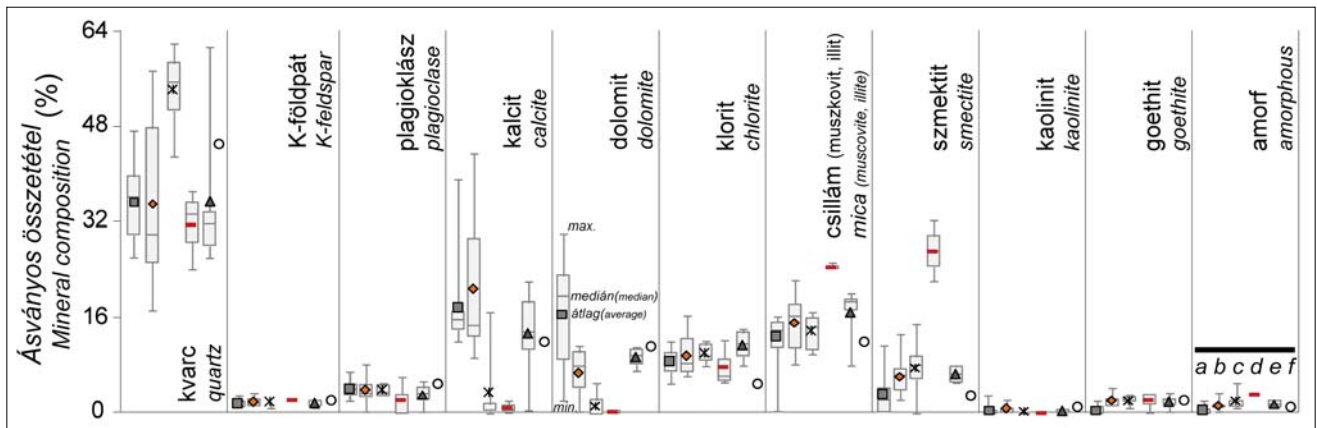
A CO_2 gázzal mért izotermák adataiból meghatározott mikropórusok felülete a vörös agyagminta esetében ($14 m^2/g$) kétszer nagyobb, bizonyult, mint a homokkő ($7 m^2/g$) esetében, de a lösz mikropórusfelülete ($11 m^2/g$) is jelentős. Mivel az adszorpciós és a deszorpciós ág párhuzamosan fut egymással, ezért a hiszterézishurok alakja az IUPAC rendszer szerinti besorolásnak megfelelően lemezes-réses szerkezetre, rés alakú pórusokra utal (Condon 2006) a lösz, vörös agyag és homokkőben. A szürke fluviális üledékminta a II. típusba tartozik az IUPAC besorolás szerint, amely a nem pórusos vagy makropórusos anyagokra jellemző. Izotermája alapján 2 nm-nél kisebb pórusokat nem tartalmaz, azaz nincsenek mikropórusai.

Összefoglalva, a vizsgálati eredmények arra utalnak, hogy a laza, nagy porozitású üledékes kőzetek állékonysága víz hatására jelentősen leromolhat, különösen igaz ez a mikro- és mezopórusos egységekre (lösz, homok), mert a leszivárgó víz visszatartása a mikro- és mezopórusokban történik.

Az üledékes kőzetek teljes ásványos összetétele

A vizsgált minták mintegy felét, harmadát kvarc és karbonátásványok (kalcit és dolomit) – a paleotalajtól és a vörös agyagtól eltekintve – alkotják (6. ábra). Emellett jelentős mennyiségben fordul elő klorit- és csillámfázis (muszkovit vagy illit a 10 \AA reflexió szélessége alapján), sorrendben 7–12% és 10–24%. Általánosan előforduló járulékos elegyrészként a földpátok mindössze 5% körüli mennyiségben vannak jelen. A goethit kis mennyiségben (<4%) azonosítható. Másodlagos fázisként gipsz (<1%) is megjelenik néhány mintában (K2-2, K2-3, K2-4, K2-6, K3-8, K3-13, K5-4, K6-6). A fluviális üledékből (K1-0, K6-2) és a löszből (K3-13, K4-8) származó 2-2 minta esetében amfibol is kimutatható. Egy mintában (K3-1) pirit (1%) is azonosítható. A minták amorf fázisának részaránya kisebb, mint 5%. Mélység szerint a karbonátásványok és a szmektit mutatják a legnagyobb változékonyságot.

A vizsgált magminták közül jellemzően a szürke fluviális üledék tartalmazza a legtöbb karbonátot, míg a paleotala-



6. ábra | Az egyes mintacsoportok ásványos összetétele a röntgen-pordiffrakció alapján. *Jelkulcs:* a) fluviális üledék, b) lösz, c) paleotalaj, d) vörös agyag, e) vályogzónából származó minta, f) homok
Figure 6 | Averaged mineral composition of sample groups by X-ray powder diffraction. *Legend:* a) fluvial sediment, b) loess, c) paleosoil, d) red clay, e) sample from loamy zone, f) sand

jokban és a vörös agyagban mindössze néhány százalékra becsülhető a karbonátok mennyisége. A szürke fluviális üledék mélyebb szakaszain – a K3, K4, K6 fúrásban – a dolomit mennyisége kisebb, és ezért a kalcit/dolomit arány nagyobb értéket vesz fel, de a dolomit mennyisége általánosan is nagyobb a fúrásszakaszok felső részén, mint az alsó felében. A rétegszilikátok mennyiségét tekintve a szürke fluviális üledék mintái alapján a csillám > klorit > szmektit > kaolinit sorrendje állítható fel. A csillám a félértékszélesség alapján (<0,30) muszkovitnak tekinthető.

A löszből vett minták átlagos karbonáttartalma (29%) néhány százalékkal kisebb, mint a szürke fluviális üledékből vett mintákéi (35%), ellenben a kalcit mennyisége (kalcit > dolomit) szélesebb tartományban változik. Elsősorban a kalcitra jellemző, hogy a mélységgel csökken, míg a dolomit mennyisége uralkodóan 10% alatt marad. Néhány mintában (K2-3, K2-4, K3-14) a kalcit reflexiójának eltolódásából kimérhető 2 mol% kis Mg-tartalmú kalcit is megjelenik. A szakirodalmi adatok (Pye 1983, Taylor et al. 1983, Schnetger 1992) szerint a világ különböző részeiről származó löszök kalcit–dolomit aránya 2 : 1, illetve 3 : 1. Az általunk vizsgált löszmintákban is átlagosan ez az arány jelentkezik. Továbbá a kalcit- és dolomittartalom alapján akkumulációs szint is azonosítható 40–50% karbonáttartalommal a lösz alsó szakaszán (K2, K4, K5 és K6 fúrás) (2. ábra). A rétegszilikátok mennyiségének (17–47%) alakulása a löszben is a csillám > klorit > szmektit > kaolinit sorrendet követi. A lösz röntgen-diffraktogramján megjelenő 10 Å-ös reflexió nagyobb félértékszélessége alapján illit is előfordul a muszkovit mellett. További különbség a lösz felett lévő szürke fluviális üledékhez képest, hogy kis mennyiségben minden mintában jelen van amorf anyag.

A szürke fluviális üledéktől és lösztől jelentősen eltérő ásványos összetétellel rendelkeznek a paleotalajokból vett minták, amelyek különbözősége a karbonátok kis mennyisége mellett abban mutatkozik meg, hogy a rétegszilikátok (25–68%) közül a szmektit mennyisége nagyobb. Mivel a képződési körülményekből kifolyólag a paleotalaj mállottabb a löszhöz képest, ezért a különbség a kvarc

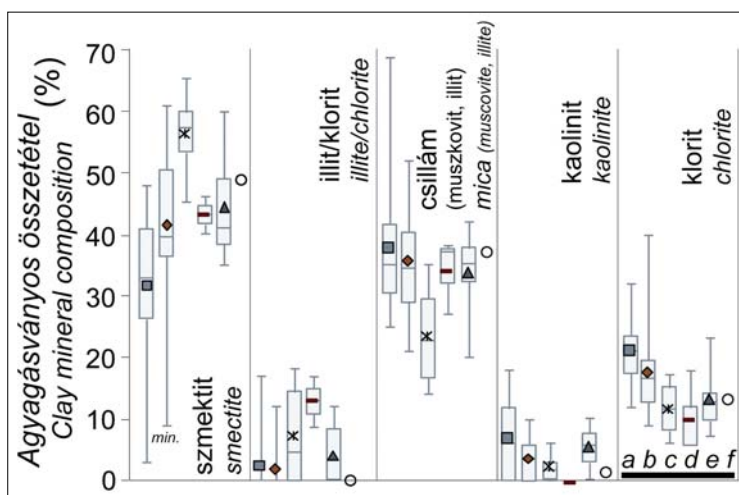
nagyobb mennyiségben is jelentkezik. Gipsz nyomnyi mennyiségben fordul elő, de a goethit a 4%-ot is eléri. Ebben a mintacsoportban a legnagyobb az amorf alkotó részaránya.

A K4 fúrásból vett vörösayag-mintákban és a felette elhelyezkedő laza, kőzetliszt szemcseméretű üledékben a szmektit közel 30% mennyiségben fordul elő, amely csak néhány százalékkal kevesebb, mint a fő alkotó fázis, a kvarc részaránya (24–37%). A félértékszélessége alapján illitként jelentkező csillám 24–25%-ban van jelen.

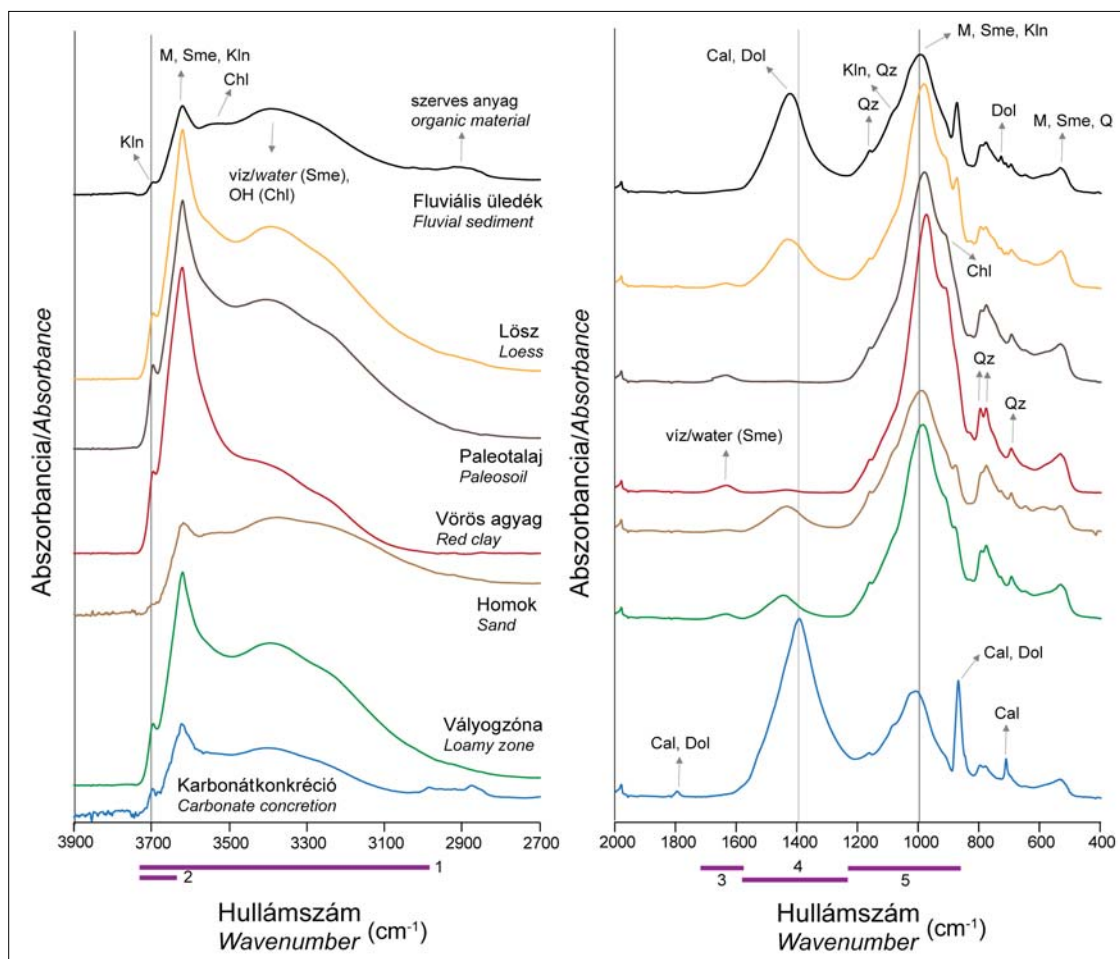
Az elemzett homok fő alkotója a kvarc, emellett közel azonos arányban kalcit és dolomit, valamint muszkovit is azonosítható. A földpát és plagioklász összmenyisége 10%-nál kisebb. A többi mintában is megtalálható ásványok, úgymint a klorit, szmektit, kaolinit, goethit és amorf alkotó 5%-nál kisebb mennyiségben jelenik meg. A homok vályogzónái a homoktól jól elkülönülnek a nagyobb rétegszilikát (elsősorban csillám) tartalmukból adódóan.

Az ülepített frakció ásványos összetétele

A vizsgált minták <2 µm-es frakcióját változatos arányban alkotja a szmektit (3–65%), csillám (14–69%) és klorit (6–40%), azonban majdnem minden mintában a szmektit aránya a legnagyobb (7. ábra). Kivételt a fúrások legfelső, fluviális üledékéből és a lösz mélyebb szakaszáról származó minták képeznek, amelyekben muszkovit- vagy klorit-dominancia lép fel. A kaolinit^{a)} járulékos elegyrészként fordul elő. Emellett szabályos kevert szerkezetű illit/klorit, valamint a K3 fúrás egy mintájában (K3-4) klorit/szmektit (7%) is megjelenik. Ezek a kevert szerkezetű agyagásványok a homok röntgen-pordiffrakciós felvételén nem jelennek meg. Általánosságban megfigyelhető, hogy a szmektit részesedése az agyagásványok közül a paleotalaj > homok > homokba települő vályogzónák > vörös agyag > lösz > fluviális üledék sorrendben csökken, míg a csillám a fluviális üledék > homok > lösz > vörös agyag > homok vályogzónái > paleotalaj szerint változik. A klorit átlagos mennyisége az



7. ábra Az egyes mintacsoportok agyagásványos összetétele az üleptett frakció XRD vizsgálata alapján. *Jelkulus:* a) fluviális üledék, b) lösz, c) paleotalaj, d) vörös agyag, e) vályogzónából származó minta, f) homok
Figure 7 Averaged clay mineral composition of sample groups by X-ray powder diffraction. *Legend:* a) fluvial sediment, b) loess, c) paleosoil, d) red clay, e) sample from loamy zone, f) sand



8. ábra Az egyes mintacsoportok jellegzetes ATR FTIR infravörös spektruma és az azonosítható fázisok. Az ásványok rövidítései Whitney és Evans (2004) alapján: Cal: kalcit, Chl: klorit, Dol: dolomit, Kln: kaolinít, M: csillám (muszkovit, illit), Qz: kvarc, Sme: szmektit. A számozott vonalak az integrált sávterületek ásványokhoz való hozzárendelését és hullámszám tartományát jelölik: 1: rétegszilikátok, 3000–3740 cm^{-1} ; 2: kaolinít, egyedi tartomány; 3: víz, 1585–1725 cm^{-1} ; 4: karbonátok: 1235–1585 cm^{-1} ; 5: szilikát, 825–1235 cm^{-1}
Figure 8 Characteristic ATR FTIR spectra of sediment types and their identified mineral phases. Mineral abbreviations are shown after Whitney and Evans (2004): Cal: calcite, Chl: chlorite, Dol: dolomite, Kln: kaolinite, M: mica (muscovite, illite), Qz: quartz, Sme: smectite. The numbered lines represent the mineral assignments of integrated areas and their wavenumber ranges: 1: sheet silicates, 3000–3740 cm^{-1} ; 2: kaolinite, individual ranges; 3: water, 1585–1725 cm^{-1} ; 4: carbonates, 1235–1585 cm^{-1} ; 5: silicates, 825–1235 cm^{-1}

agyagásvány-frakcióban 10–15% körüli, a szürke fluviális üledékminták kivételével, amelyekben átlagosan 21%-ban fordul elő. A kaolinit is hasonló változást mutat a négy egy-ségben, mint a klorit, azzal a különbséggel, hogy ez a fázis 5% körüli mennyiségben van jelen. A vörös agyagban a többi mintához képest a klorit kissé kevesebb (6%), és az üleptett frakcióból felvett felvételeken nem jelenik meg a kaolinit. Az illit/klorit a paleotalajban és a vörös agyagban fordul elő a legnagyobb mennyiségben.

Az infravörös spektrometriai vizsgálat eredménye

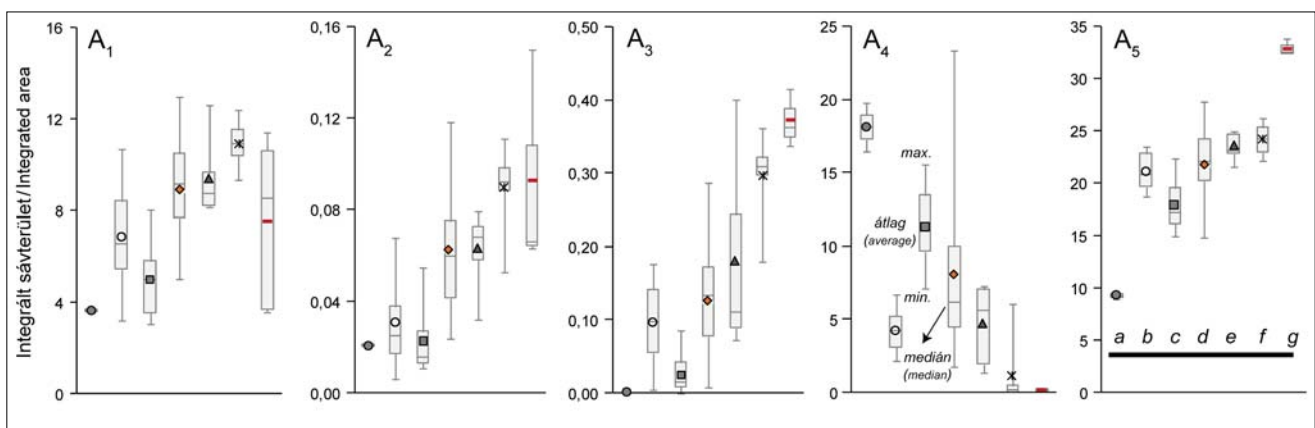
Az azonosított mintacsoportokon kívül (szürke fluviális üledék, lösz, paleotalaj, vörös agyag, homok, homokba települő vályogzónák) a löszben (K3-5) lévő 2 db mészkonkréciókról is készítettünk egy-egy infravörös spektrumot.

Az ásványok azonosításához a 400–4000 cm^{-1} hullámszámtartományban felvett IR spektrumokat használtunk. Az azonosítás ebben a régióban elsősorban a vegyértékrezgések segítségével történik. Az ásványok asszignációját Farmer (1974), Van der Marel és Beutelspacher (1976), valamint Vaculíková és Plevová (2005) munkája alapján végeztük. A legjelentősebb abszorpciós tartomány a Si–O és Al–O kötéseknek megfelelő 700–1200 cm^{-1} hullámszámtartomány. Itt fordulnak elő a mintában található szilikátok infravörös sávjai (8. ábra). A tetraédes és az oktaédes rétegből származó kation-oxigén vegyértékrezgéseik jellemzően kisebb (600–1200 cm^{-1}), míg a vízhez és OH-csoportokhoz kapcsolódó vegyértékrezgéseik nagyobb hullámszámoknál (3000–3800 cm^{-1}) jelentkeznek. Ezeknek a sávtartományoknak a szélessége változó, és az egyes sávok/vállak maximumában beálló pozícióváltozás a kötésekben mutatkozó különbségekre hívja fel a figyelmet. Ennek megfelelően a mintában lévő kaolinit, klorit, csillám, valamint a kis hőmérsékletű hevítés után is vizet tartalmazó szmektit infra-

vörös elnyelése is ebben a tartományban jelenik meg. Az 1800–2500 cm^{-1} közötti tartomány nem értékelhető a gyémánt ATR optikai elem elnyelése miatt. Ebben a tartományban általában ásványokra jellemző szignifikáns sávok nem jelentkeznek, így ez a kiértékelést nem befolyásolja. Az adszorbeált és rétegek közötti víz deformációs rezgése jellemzően 1600 cm^{-1} -nél fordul elő. A 1400–1550 cm^{-1} között a CO_3^{2-} -csoport elnyelési sávjai találhatóak. Ebben a sávtartományban azonosíthatók a karbonátásványok. Általában kisebb hullámszámtartományban jelentkeznek a vas-oxidok rezgése is (a tiszta Fe_2O_3 sávjai 523, 465 és 423 cm^{-1} -nél vannak), azonban kis mennyiségben nem mutathatók ki (pl. goethit) közvetlenül (Van der Marel, Beutelspacher 1976).

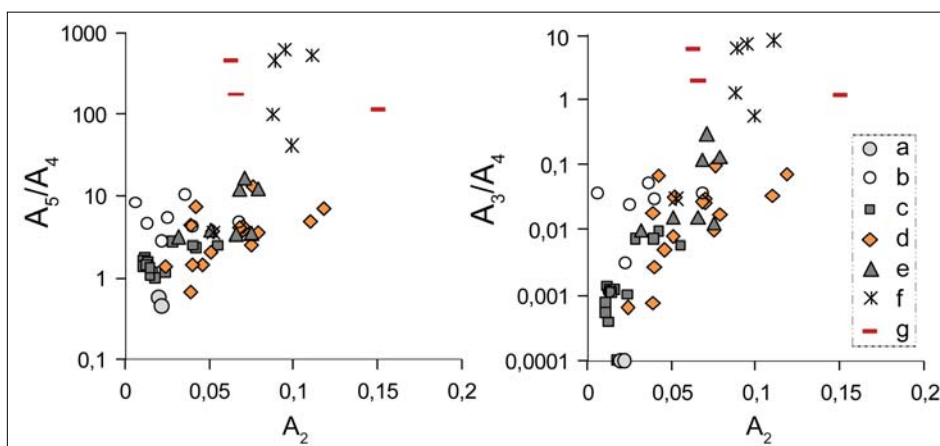
Az egyes mintacsoportok infravörös spektrumain a bemutatott karakterisztikus tartományokban a sávok maximuma és relatív viszonya alapján azonosítható fázisok a kvarc, kalcit, dolomit, csillám, klorit, kaolinit és a szmektit (8. ábra). Az észlelt fázisokat a röntgen-pordiffrakciós eredmények és az irodalomban fellelhető ásványspektrumok (Farmer 1974, Van der Marel, Beutelspacher 1976, Vaculíková, Plevová 2005) is megerősítik. Ezek az ásványok minden minta spektrumában azonosíthatók, különbségeket elsősorban az infravörös sávok intenzitásában és alakjában tapasztaltunk. A kaolinit, amely a röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok alapján a minták teljes ásványos összetételének nyomnyi mennyiségben előforduló alkotója, mindegyik mintában mérhető intenzitással jelenik meg. A fűrészek felső szakaszán, a fluviális üledék infravörös spektrumain szerves anyag is kimutatható (8. ábra).

Az asszignációk alapján egy-egy ásványcsoportot jellemző, karakterisztikus infravörös sávterületek (A_1 : rétegszilikátok, A_2 : kaolinit, A_3 : víz, A_4 : karbonátok, A_5 : szilikátok) az egyes mintacsoportokban eltérő átlagértékekkel rendelkeznek (8. és 9. ábra). Megfigyelhető, hogy a rétegszilikátok, szilikátok, karbonátok, kaolinit és a víz jellemző sávterületei a karbonátkonkréció, lösz- és fluviálisüledék-típusoktól a mállottabb egységek (vályogzónából vett minták, paleotalaj,



9. ábra Az infravörös sávterületek változékonysága a fűrészmintákban. Sávterületek: A_1 : rétegszilikátok, 3000–3740 cm^{-1} ; A_2 : kaolinit, egyedi tartomány; A_3 : víz, 1585–1725 cm^{-1} ; A_4 : karbonátok, 1235–1585 cm^{-1} ; A_5 : szilikát, 825–1235 cm^{-1} . A mintacsoportok: a) karbonát konkréció, b) homok, c) fluviális üledék, d) lösz, e) vályogzónából származó minta, f) paleotalaj, g) vörös agyag

Figure 9 Variability of infrared band areas in sediments. Band areas: A_1 : sheet silicates, 3000–3740 cm^{-1} ; A_2 : kaolinite, individual ranges; A_3 : water, 1585–1725 cm^{-1} ; A_4 : carbonates, 1235–1585 cm^{-1} ; A_5 : silicates, 825–1235 cm^{-1} . Groups of samples: a) carbonate concretion, b) sand, c) fluvial sediment, d) lösz, e) samples from loamy zone, f) paleosol, g) red clay



10. ábra A karakterisztikus infravörös sávterületek aránya ($A_{5/4}$: szilikátok/karbonátok, $A_{3/4}$: víz/karbonátok) a kaolinit sávterületének (A_2) függvényében. A nagyobb rétegszilikát-(szmektit-) tartalmú vörös agyag és paleotalaj elkülönül a többi vizsgált mintától. A mintacsoportok: a) karbonát konkreció, b) homok, c) fluvialis üledék, d) lösz, e) vályogzónából származó minta, f) paleotalaj, g) vörös agyag

Figure 10 Ratio of characteristic infrared band areas ($A_{5/4}$: Asilicates/carbonates, $A_{3/4}$: water/carbonates) as a function of band area of kaolinite (A_2). The sediments with larger amount of sheet silicates (smectite) are separated from other observed sediment types. Groups of samples: a) carbonate concretion, b) sand, c) fluvial sediment, d) lösz, e) samples from loamy zone, f) paleosol, g) red clay

jok, vörös agyag) felé haladva nagyobb átlagos értéket vesznek fel, míg a karbonátok sávterülete esetén ezzel ellentétes lefutást tapasztalunk. Az egyes mintacsoportok infravörös spektrumában a vizsgált sávterületek közül szélesebb tartományban a szilikátok és a karbonátok sávterületének nagysága változik, miközben egy-egy mintacsoporton belül mindkét sávterület változása kisebb. Ezáltal ellentétes irányú változásuk jól jellemzi az egyes üledékes közettípusokat. Ezért a két sávterület aránya segítséget nyújthat az adott üledékesközet-típusok elkülönítéséhez. Az egyes mintacsoportokat összehasonlítva, a víz sávterületének aránya is jellegzetes. Azonban a víz sávterületének nagyobb a változékonysága egy-egy mintacsoporton belül a szilikátok és a karbonátok sávterületéhez képest. Ha a kaolinit sávterületének nagyságát (A_2) a sávterületarányokkal ($A_{5/4}$, $A_{3/4}$) együtt vizsgáljuk, megfigyelhető, hogy a rétegszilikátot (elsősorban szmektitet) nagyobb mennyiségben tartalmazó paleotalaj- és vörösayag-minták élesen elkülönülnek. A módszer ezért alkalmas lehet különböző mállottsági fokú üledékek hatékony elkülönítésére (10. ábra). Az infravörös spektrometriai vizsgálat további részletei és eredményei egy másik tanulmányban olvashatók (Udvardi et al. 2014).

Következtetések

Összefoglalva, a felszínmozgásban résztvevő üledékes közzetek finom szemcseméretükből, pórusszerkezetükből és ásványos összetételükből adódóan érzékenyen reagálhatnak az időszakosan változó hidrológiai körülményekre.

A nagy porozitású lösz környezetében előforduló mind szemcseméretében, mind ásványos összetételében agyagosabb üledékes közzetek (paleotalajok, vörös agyag) a felszínről beszívargó csapadék és a felszín alatti víz áramlását jelentősen befolyásolják. Ezt bizonyítják azok a laza szerkezetű, nedvesebb fúrómagszakaszok, amelyeket a paleotalajok és a vörös agyag felett azonosítottunk a fúrómagok

felnyitásokor. Ezek az üledékek a nagyobb rétegszilikát- és kisebb karbonáttartalom alapján különülnek el környezetüktől. A nagyobb rétegszilikát-tartalom elsősorban csillámként (muszkovit, illit) jelenik meg, emellett szmektit mint duzzadó fázis is azonosítható. Ez utóbbi a vízmegkötő képessége révén játszik szerepet.

Az agyagosabb üledékes közzetek felett megrekedt víz a felső, mintegy kétszer nagyobb porozitású finomszemcsés rétegeket átáztatja, amelyek lokálisan elfolyósodhatnak. Ez a folyamat elősegíti a lassú mozgást.

Mivel a paleotalajok és a vörös agyag fúrásokban észlelt vastagsága viszonylag kicsi (néhány 10 cm), ezért területi kiterjedésük lehatárolása nehézkes, azonban esetleges nagy felbontású geofizikai vizsgálatok választ adhatnának arra, vajon Kulcs három másik felszínmozgás által kiemelten érintett területén is hasonló jelenség járul-e hozzá a mozgásokhoz. Ebből következően a mozgótestek lehatárolásában és a stabilizálás lehetőségének előkészítéséhez döntő jelentősége van az *in situ* vizsgálatoknak.

A jelen tanulmányban meghatározott ásványtani összetétel és geotechnikai, közzetfizikai paraméterek hozzájárulhatnak a jövőbeli geofizikai vizsgálatok pontosabb kiértékeléséhez a dunai magaspártok környezetében.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönjük meg Nagy Péternek és Jerabek Csabának a terepbejárásokban és Horváth Zsoltnak, Fehér Katalinnak a minta-előkészítésben és a laboratóriumi mérésekben nyújtott segítségét. A tanulmány létrejöttéhez hozzájárult a Kovács István részére nyújtott NAMS-230937 Marie Curie Nemzetközi Reintegrációs Ösztöndíj és a Bolyai Posztdoktori Ösztöndíj. Ez a kutatás részét képezi az ELTE, TTK Litoszféra Fluidum Kutató Labor és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet közötti együttműködésnek (TTK/2461/1/2013 – MFGI/206/1142013).

A tanulmány szerzői

Udvardi Beatrix, Kovács István, Kónya Péter, Vatai József, Kolozsár László, Fedor Ferenc, Ács Péter, Mihály Judith, Németh Csaba, Deák Zsuzsa Villő, Füsü Balázs, Szalai Zoltán, Szabó Csaba, Falus György, Fancsik Tamás

Jegyzet

^{a)} A félmennyiségi összetétel meghatározásának bizonytalanságát növeli, hogy a kaolinit és a klorit minden mintában együtt fordul elő, ezért a két fázis 7 Å-nél egyszerre jelentkezik, és így a 25 2°Θ-nál mért intenzitás is csak durva becslést ad a két ásvány félmennyiségi összetételére.

Hivatkozások

Balogh J., Jakab G., Szalai Z., Szeberkényi J., Vizcián I., 2014: Omlás- és csúszásveszélyes partfalak állékonyságának komplex biztosítása a dunai magaspartonok – Az épített rézűk erózióvédelme és monitorozása. In: Jakab G., Szalai Z. (szerk.), Talajpusztulás Térben és Időben. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, ISBN 978-963-9545-43-4, pp. 66–82

Bendefy L., 1972: A dunaföldvári partcsuszamlás. Földrajzi Közlemények 20, 1–17

Bichler A., Bobrowsky P., Best M., Douma M., Hunter J., Calvert T., Burns R., 2004: Three-dimensional mapping of a landslide using a multi-geophysical approach: the Quesnel Forks landslide. Landslides 1, 29–40

Bidló, G., 1983: Az ásványos összetétel befolyása néhány felszínközeli mozgásra. Földtani Kutatás 26, 47–50

Borsy Z., Szőőr G., 1981: A Tétel-halom és a dunaföldvári földcsuszamlások vörös talajainak (vörösagyagainak) összehasonlító termoanalitikai és infravörös spektroszkópiás elemzése. Acta Geogr. Debrecina 18–19, 167–193

Condon J. B., 2006: Surface area and porosity determinations by physisorption. Measurements and Theory. 978-0-444-51964-1, Elsevier, 297 p.

Del Ventisette C., Ciampalini A., Manunta M., Calò F., Paglia L., Ardizzone F., Mondini A. C., Reichenbach P., Mateos R. M., Bianchini S., Garcia I., Füsü B., Deák Zs. V., Rádi K., Graniczny M., Kowalski Z., Piatkowska A., Przylucka M., Retzo H., Strozzi T., Colombo D., Mora O., Sánchez F., Herrera G., Moretti S., Casagli N., Guzzetti F., 2013: Exploitation of Large Archives of ERS and ENVISAT C-Band SAR Data to Characterize Ground Deformations. Remote Sensing 5(8), 3896–3917

Farkas J., 2011: Szakértői vélemény Kulcs felszínmozgásos területek vizsgálatáról. Farkas Geotechnikai Kft., Budapest, 166 p.

Farmer V. C., 1974: The infrared spectra of minerals. Mineralogical Society, London, 539 p.

Fodor T.-né, Horváth Zs., Scheuer Gy., Schweitzer F., 1968: A Rácalmási-kulcsi magaspartonok mérnökgeológiai térképezése. Földtani Közlöny 113, 313–332

FTV; Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat, 1979: Rácalmási község belterület és Kulcs község üdülőterület M=1:4 000 méretarányú mérnökgeológiai térképezése. Budapest, 42 p.

Jongmans D., Garambois S., 2007: Geophysical investigation of landslides: A review. Bulletin of the Geological Society of France 178, 101–112

Juhász Á., 1999: A klimatikus hatások szerepe a magaspartonok fejlődésében. Földtani Kutatás 36, 14–20

Kleb B., Schweitzer F., 2001: A Duna csuszamlásveszélyes magaspartonjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata. In: Ádám A., Meskó A. (szerk.), Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Budapest, MTA, pp. 169–193

Klug H. P., Alexander L. E., 1954: X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials. Wiley, New York, p. 716

Mac Ewan D. M. C., 1946: The identification and estimation of the montmorillonite group of minerals with special reference to soil clays. Journal of the Society of Chemical Industry 65, 294–305

McCann D. M., Foster A., 1990: Reconnaissance geophysical methods in landslide investigations. Eng. Geol. 29, 59–78

Prodán T. H., Prácer E., Balogh J., Kis É., Novák A., Udvardi B., Vizcián I., 2013: Geoelektromos tomográfia Kulcs település felszínmozgásos területén. In: Török Á., Görög P., Vásárhelyi B. (szerk.), Mérnökgeológia–Kőzetmechanika. Hantken Kiadó, Budapest, ISBN 978-615-5086-06-09, pp. 49–58

Pye K., 1983: Grain surface textures and carbonate content of late Pleistocene loess from West Germany and Poland. Journal of Sedimentary Petrology 53, 973–980

Rónai A., Bartha F., Krolopp E., 1965: A kulcsi löszfeltárás szelvénye. A Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése 1963. évről, pp. 167–185

Schnetger B., 1992: Chemical composition of loess from a local and worldwide view. Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte 1, 29–47

Sing K. S. W., Everett D. H., Haul R. A. W., Moscou L., Pierotti R. A., Rouquérol J., Siemieniowska T., 1985: Reporting physisorption data for gas/solid systems. Pure Appl. Chem. 57, 603–619

Takács A., 2012: Hazai lejtők és rézűk állékonysági vizsgálata. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 120 p.

Thorez J., 1976: Practical identification of clay minerals. A handbook for teachers and students in clay mineralogy. In: Lelotte G. (ed.), Clay Mineralogy. Dison, Belgium, 90 p.

Taylor S. R., McLennan S. M., McCulloch M. T., 1983: Geochemistry of loess, continental crustal composition and crustal model ages. Geochimica et Cosmochimica Acta 47, 1897–1905

Udvardi B., Kovács I., Szabó Cs., Mihály J., Németh Cs., 2013: Felszínmozgásos üledékek ásványos összetétele Kulcs területéről. In: Török Á., Görög P., Vásárhelyi B. (szerk.), Mérnökgeológia–Kőzetmechanika. Hantken Kiadó, Budapest, ISBN 978-615-5086-06-09, pp. 77–82

Udvardi B., Kovács I., Földvári M., Kónya P., Fűr J., Budai F., Falus Gy., Fancsik T., Szabó Cs., Szalai Z., Mihály J., 2014: Application of attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectroscopy in the mineralogical study of a landslide area, Hungary. Sedimentary Geology 313, 1–14

Újvári G., Mentés Gy., Bányai L., Kraft J., Gyimóthy A., Kovács J., 2009: Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcső, Hungary. Geomorphology 109, 197–209

Vaculicová L., Plevová E., 2005: Identification of clay minerals and micas in sedimentary rocks. Acta Geodynamica et Geomaterialia 2, 167–175

Van der Marel H. W., Beutelspacher H., 1976: Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 396 p.

Whitney D. L., Evans B. W., 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist 95, 185–187

Zelenka T., Kovács-Pálffy P., Trauer N., 2005: The role of expanding clay minerals in mass movements at Hollóháza, Tokaj Mts. Acta Mineralogica–Petrographica 46, 63–67

Agocs-díj 2014

A díjat alapító Dr. William B. Agocs professzor szándéka szerint az Eötvös Loránd Tudományegyetem geofizika szakán megvédett, kiemelkedő színvonalú MSc-, illetve PhD-

dolgozatot lehet jutalmazni. Az Agocs-díj kuratóriuma egy PhD- és két MSc-dolgozatot talált jutalmazásra érdemesnek 2014-ben. A díjazott dolgozatok:

Dósa Melinda „A Chibis műhold magyar SAS-3 elektromágneses hullámkísérlet monitoradatainak elemzése és üridőjárási eseményekkel való összevetése” című MSc-dolgozata
Témavezető: *Dr. Steinbach Péter*

Filipszki Péter Ádám „Mélyfúrásokban végzett NMP mérések inverziója” című MSc-dolgozata
Témavezető: *Dr. Balázs László*

Herein Mátyás „Az endoterm fázisátmenet és geometria hatása a földköpeny-konvekció numerikus modelljeiben” című PhD-dolgozata
Témavezetők: *Dr. Galsa Attila* és *Dr. Lenkey László*

A díjakat *Dr. Mezey Barna*, az ELTE rektorának távollétében, *Dr. Frei Zsolt* tudományos rektorhelyettes adta át ünnepélyes körülmények között a rektori tanácssteremben, 2014. szeptember 15-én. A díjátadáson jelen voltak:

Dr. Surján Péter, a természettudományi kar dékánja, a kuratórium tagjai és a díjazottak által meghívott vendégek.

Dósa Melinda hivatalos külföldi útja miatt a díjat később veszi át.

Kis Károly



Dr. Frei Zsolt tudományos rektorhelyettes Herein Mátyásnak az Agocs-díjat



Dr. Frei Zsolt tudományos rektorhelyettes átadja Filipszki Péter Ádámnak az Agocs-díjat

Megalakult az MTA új Geofizikai Tudományos Bizottsága

A Magyar Tudományos Akadémia választási ciklusainak megfelelően a szakterületi tudományos bizottságok is újjáalakulnak.

Az őszi folyamán az Akadémia geofizikus köztestületi tagjai is újraválasztották az MTA Geofizikai Tudományos Bizottságát. Ennek hivatalból tagjai a geofizikus akadémikusok: *Adám Antal, Márton Péter, Szarka László Csaba* és *Verő József*.

Rajtuk kívül még 17 választott tagja van, névsor szerint: *Bodoky Tamás, Dobróka Mihály, Drahos Dezső, Fancsik Tamás, Győri Erzsébet, Gyulai Ákos, Horváth Ferenc, Kis Károly, Lenkey László, Lichtenberger János, Ormos Tamás, Pethő Gábor, Sători Gabriella, Timár Gábor, Turai Endre, Weber Zoltán* és *Wesztergom Viktor*.

Vörös Attila osztályelnök 2014. november 13-ára hívta össze a Geofizikai Tudományos Bizottság alakuló ülését. Az ülés napirendjén a következő pontok szerepeltek:

1. Tisztújítás – a bizottság elnökének és titkárának megválasztása

A bizottság ismét megválasztotta az előző ciklusban is ugyanezt a feladatot ellátó tisztviselőit, így a bizottság elnöke újra *Horváth Ferenc*, titkára pedig *Pethő Gábor* lett.

2. A Földtudományi Doktori Bizottság tagjának és póttagjának megválasztása

A bizottság erre a feladatra *Szarka László Csabát* és *Márton Pétert* választotta meg.

A fenti tisztségek betöltésén túl a bizottság *Horváth Ferenc* javaslatára még kooptálta soraiba *Mártonné Szalay Emőt* és *Kiss Jánost*. Erről azonban a végleges döntést az újjáalakult bizottság megfelelő írásbeli javaslata alapján majd csak a novemberi osztályülés hozhatja meg. Az ülésen még szó volt a bizottság tervezett tevékenységéről.

Bodoky Tamás

Rendezvénynaptár

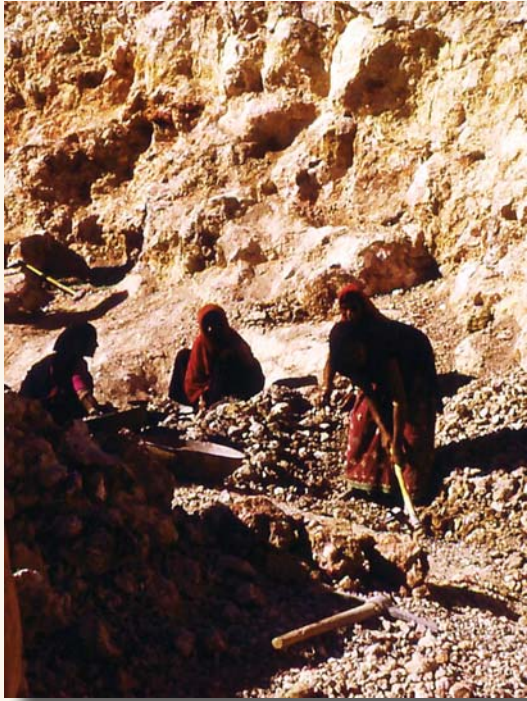
2015. március		
márc. 23–26.	A Német Geofizikai Társaság 75. évi közgyűlése (www.dgg-2015.de)	Hannover, Németország
2015. április		
ápr. 12–17.	Az Európai Földtudományi Unió (EGU) közgyűlése (www.egu2015.eu)	Bécs, Ausztria
2015. június		
jún. 1–4.	EAGE 77. konferencia és műszerkiállítás, IFEMA (www.eage.org)	Madrid, Spanyolország
jún. 22–26.	CTBT Science & Technology/CTBTO tudományos konferencia (www.ctbto.org)	Hofburg, Bécs, Ausztria
2015. július		
júl. 18–22.	Az SPWLA 56. évi szimpóziuma (spwla.org)	Long Beach, Kalifornia, USA
2015. szeptember		
szept. 6–10.	Near Surface Geoscience 2015 (21. konferencia) (www.eage.org)	Torino, Olaszország
szept. 25–27.	A Magyar Geofizikusok Egyesületének 34. vándorgyűlése fb: Geofizikusok Egyesülete	Hotel Benczúr, Budapest
2015. október		
okt. 5–8.	A Balkán Geofizikai Társulat 8. kongresszusa (www.eage.org)	Chania, Kréta, Görögország
okt. 18–23.	SEG évi közgyűlés és műszerkiállítás (www.seg.org)	New Orleans, USA
2015. november		
nov. 24–26.	3. nemzetközi konferencia a geoelektromos monitorozásról (opac.geologie.ac.at)	Bécs, Ausztria

További részletek, referenciák a honlapról (www.mageof.hu) érhetők el.

Kakas Kristóf

India – 1976

az Indiai Geológiai Szolgálatnál



Fejtőkalapács és csille egy bauxit-külfejtésben (Gujarat)



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

1145 Budapest, Columbus u. 17–23.; Tel./Fax: (1) 201-9815

E-mail: postmaster@mageof.t-online.hu; Honlap: www.mageof.hu