

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

Elnöki köszöntő

Beszámoló a Steiner Ferenc professzor tiszteletére megtartott 12. Inverziós Ankétről

MT mérési adatok nem hagyományos feldolgozása

Gerjesztett polarizációs mérések kiértékelése spektrális inverziós módszerrel

Az ELGI-székház megnyitásának ötvenedik évfordulójára

Eötvös Loránd-emlékév

Új akadémiai doktoraink

Beszámoló egy sikeres tudományos diákköri konferenciáról

Új ügyvezető igazgató az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület élén

FÖCIK hírek

Rendezvénynaptár

In Memoriam:

Sághy György

Barvitz Anna



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

61. évfolyam (2020) 3. szám



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

TARTALOM • CONTENTS

SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

97 Elnöki köszöntő (President's greetings) – *Zelei G.*

MGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS (AHG)

98 Beszámoló a Steiner Ferenc professzor tiszteletére megtartott 12. Inverziós Ankétről (Report on the 12th Inversion Meeting devoted to honoring of professor Ferenc Steiner) – *Pethő G.*

TANULMÁNY • PAPER

101 MT mérési adatok nem hagyományos feldolgozása. „AniMax” – *anizotrópiamaximum és analitikus fajlagos ellenállás* (Non-conventional processing of MT measurements. „AniMax” – *anisotropy maximum and analytical resistivity section*) – *Kiss J., Zilahi-Sebess L., Rádi K.*

123 Gerjesztett polarizációs mérések kiértékelése spektrális inverziós módszerrel (Evaluation of induced polarization measurements by spectral inversion method) – *Fancsik T., Turai E., Szabó N. P., Dobróka M.*

TUDOMÁNYTÖRTÉNET • SCIENCE HISTORY

133 Az ELGI-székház megnyitásának ötvenedik évfordulójára (50th anniversary of opening the headquarters of Eötvös L. Geophysical Institute) – *Szabó Z.*

149 Eötvös Loránd-émlékév (Roland Eötvös memorial year) – *Pályi A., Baráth I., Szabó Z.*

HÍREK • NEWS

157 Új akadémiai doktoraink – *Szarka L., Dobróka M., Szerkesztőség*

158 Beszámoló egy sikeres tudományos diákköri konferenciáról – *Szijártó M.*

161 Új ügyvezető igazgató az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület élén – *Szerkesztőség*

162 FŐCIK hírek – *Zelei G.*

162 Rendezvénynaplár – *Szerkesztőség*

IN MEMORIAM

163 Sággy György – *Késmárky I., Véges I., Zelei A.*

164 Barvitz Anna – *Nagyné Walcz I., Vida Zs.*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

61. évfolyam (2020) 3. szám

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

Főszerkesztő • Editor-in-Chief

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: mageofedit@gmail.com

Szerkesztőbizottság • Editorial Board

DR. BARÁTH ISTVÁN, DR. GALSA ATTILA, DR. KISS JÁNOS,

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: mageoftechn@gmail.com



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

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

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete
A kiadásért felel: Zelei Gábor

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: Starkiss Kft., 2040 Budaörs, Kisfaludy utca 40.
Felelős vezető: Kiss Sándor üv. igazgató

Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél
(1371 Budapest, Pf. 433, Telefon/Fax: (1) 201-9815)
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében
Megjelenik évente négyszer
INDEX: 26 507
print HU ISSN 0025-0120
online HU ISSN 2677-1497

Elnöki köszöntő

Micsoda várakozással néztünk a 2020-as év elé!

Egy éve ilyenkor még az Eötvös100 rendezvénysorozat hatása alatt voltunk. Mindnyájunkat örömmel töltött el az Emlékév sikere, a programok sokasága és változatossága, magas minősége és különösen az, hogy ennek köszönhetően sok fiatal figyelme fordult Eötvös Loránd, a fizika, geofizika és általánosan a földtudományok felé!

A jubileumi ISZA Ráckevén még a várakozásainkat is felülmúlta. A Magyarhoni Földtani Társulattal nagyon sikeres vándorgyűlést tartottunk közösen Balatonfüreden. Emléktábla-avatások Balatonfüreden és Selmechányán, nemzetközi konferencia Egbellben, megannyi emlékezetes program és esemény szervezői voltunk.

Ezt a lendületet kívántuk társegyesületeinkkel tovább vinni a Földtudományi Civil Szervezetek Közössége (FÖCIK) zászlója alatt, számos programot, versenyt biztosítani középiskolás diákok részére. Javában szerveztük az idei ISZA-t.

Egyszer csak elkezdtek szállingózni a hírek a koronavírus-járványról, majd a járvány megérkezett hazánkba is. Megtanultuk a szociális távolságtartás, a karantén, a maszkviselés és a „valódi” kézmosás szabályait. Megtanultuk a virtuális platformok használatát, a home office intézményét...

Hosszú mérlegelést követően az ISZA-t már nem tartottuk meg, illetve a többi ez évre tervezett, fizikai jelen-

létet megkövetelő esemény megrendezésére már nem is kerülhetett sor.

Az éves közgyűlésünk a veszélyhelyzetre való tekintettel nyárra halasztódott, amelyet minimális részvétel mellett, a járványügyi előírások maximális betartásával tartottuk meg. Az elnökségi üléseket is konferenciabeszélgetések vagy videokonferencia formájában tarthattuk meg.

Az év végével már egyre több hírt kapunk bizakodásra okot adó vakcinákról.

A FÖCIK újra pályázatot nyújtott be a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalhoz. Az innovációért és technológiáért felelős miniszter, prof. dr. Palkovics László 2020. december 7-i döntése értelmében a FÖCIK 2021. évi programjai megvalósítása érdekében támogatásban részesül a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap 1. Kutatási Alaprészből.

Micsoda várakozással nézünk a 2021-es év elé!

Ezzel a reménnyel kívánok minden kedves tagtársunknak áldott, békés Karácsonyi Ünnepeket, vírusmentes, sikeres és boldog új évet!

Jó szerencsét!

Zelei Gábor

Beszámoló a Steiner Ferenc professzor tiszteletére megtartott 12. Inverziós Ankétról

A Miskolci Egyetem Geofizikai Intézeti Tanszéke, az MGE Észak-magyarországi Csoportja, továbbá az MTA Miskolci Területi Bizottságának Földtudományi Munkabizottsága és a Geoinformatikai és Térinformatikai Munkabizottsága szervezésében 2020. november 2-án és 3-án került sor az immár 12. Inverziós Ankétra. Tekintettel a pandémiás helyzetre a konferencián online módon lehetett részt venni. Az ankét további egyediségét jelentette, hogy azt Steiner Ferenc professzor iránti tisztelet jegyében szervezték, aki közel 10 éve távozott el közülünk.

Az ankétot Szabó Norbert Péter nyitotta meg, majd megemlékezett Steiner professzorról, a kiváló oktatóról, a fáradhatatlan, roppant igényes kutatóról, a kivételes műveltségű és kifinomult humorérzékű emberről. Ismertette, hogy Steiner Ferenc 1954-ben a Sopronban alapított Geofizikai Tanszéken lett tanáregéd, és azóta megszakítás nélkül egészen 2010-ben bekövetkezett haláláig a Tanszék aktív munkatársa volt. Kezdetben a gravitáció, a mágnesesség, a radiológia és a geotermia területén kutatott és ért el gyakorlatban is jelentős eredményeket. Kitűnő jegyzeteivel is alátámasztott oktatói tevékenysége is elsősorban ezeket az alkalmazott geofizikai területeket is fedte le, kiegészülve a Földfizika c. tárggyal. Kutatói munkássága második periódusában érdeklődése a geostatistika irányába fordult, és ez a terület későbbi oktatási tevékenységében

dominánsan jelent meg. Matematikusi-fizikusi képzettségére alapozva számos jelentős eredményt ért el munkatársaival a modern optimalizációs módszerek területén különböző robusztus, rezisztens módszerek kidolgozásával. Ezek közül is a legkiemelkedőbb a *leggyakoribb érték (Most Frequent Value, MFV)* módszere, amely a miskolci Geofizikai Tanszék inverziós iskolájában, továbbá nemzetközi együttműködésben is, számos kifejlesztett módszer és program szerves részévé vált. Tudományos munkásságát több száz publikációban, négy könyvben és egy monográfiában – jelentős részben német és angol nyelven – foglalta össze kutatótársaival.

Az ankéton négy blokkban 6-7 előadás hangzott el, a levezető elnökök Szabó Norbert Péter, Turai Endre, Abordán Armand, Nádas Endre voltak. Az ankét online kivitelezése jól sikerült, a legtöbb hozzászólás az első napon volt. A második napon doktoranduszok is szerepeltek: dicséretes, hogy a Miskolci Egyetem hat doktorandusza mellett a BME, ELTE és GGI doktoranduszokkal is képviseltette magát. A doktoranduszok előadásai elsősorban angol nyelven hangzottak el, a legtöbb esetben a témavezetők társszerzőségével. Az ankéton az előzetes programnak megfelelően valamennyi előadó megtartotta előadását. Az előadások az alábbi sorrendben hangzottak el.



A 12. Inverziós Ankét előadásai az online képernyőn zajlottak

1. nap előadásai

Szabó Norbert Péter:

Megemlékezés Steiner Ferenc professzor úr halálának 10. évfordulójáról

Völgyesi Lajos:

QDaedalus mérések a környezeti paraméterek folyamatos észlelésével

Szalai Sándor:

A hagyományos geoelektromos elrendezésektől a kvázi-null elrendezésekig

Dobróka Mihály:

Klaszteranalízis a leggyakoribb érték módszer alkalmazásával

Ilyés Csaba, Valerie Wendo, Yetzabel Flores, Szűcs Péter, Turai Endre:

Különbségek és hasonlóságok felkutatása különböző klímájú mintaterületek csapadékösszegeiben spektrális elemzéssel

Gribovski Katalin, Szalai Sándor, Mónus Péter, Kovács Károly:

Hosszú távú földrengésveszélyeztetettség-becslés a Katerloch Höhle (Ausztria) sértetlen állócseppkövének vizsgálatával

Vass Péter:

Illeszkedésvizsgálatok geostatistikai eloszlást követő adatokon

Kovács Attila Csaba, Stickel János, Csabafi Róbert, Hegedűs Endre:

Komplex geofizikai mérések egy budapesti telephelyen végzett geotechnikai vizsgálatokhoz

Szabó Norbert Péter, Dobróka Mihály:

Nem hagyományos szénhidrogén-tárolók vizsgálata fúrólukkszelvények intervalluminverziójával

Balázs László:

Mélyfúrési adatok zónaparaméterekkel együtt történő inverziója

Balázs László:

Becsült paraméterek eloszlása, mellékfeltétel mellett végrehajtott inverzió esetén

Dobróka Tünde Edit, Dobróka Mihály:

Steiner-szűrők a képfeldolgozásban és tomográfiai alkalmazásuk

2. nap előadásai

Abordán Armand, Szabó Norbert Péter:

Tárolókőzetek áteresztőképességének meghatározása hiperparaméter-becsléssel támogatott PSO eljárással

Remeczki Ferenc, Szabó Norbert Péter, Dobróka Mihály:

Nem konvencionális tárolókból származó kőzetminták át-eresztőképességének meghatározása – geofizikai inverziós modell támogatásához

Mihályka János:

A magyarországi neogén törmelékes üledékek hővezetőképességének meghatározása fúrólukkszelvények segítségével

Magyar Bálint:

A gíbárti mintaterület 4D-s InSAR deformációs mezőjének AZPO alapú meghatározása legkisebb négyzetek módszerével

Nádasi Endre:

A mélységbecslés pontosságának kőzetfizikai vonatkozásai földradar- (GPR) mérések esetében

Mohammad Zubair:

Effects of arbitrary 3-D inhomogeneities on 2D ERT profile data

Abdellatif M. A., Norbert Péter Szabó:

2D interval inversion method for the analysis of multi-well logging data

Omar Al Marashly, Mihály Dobróka:

Hilbert transform using the method of the Most Frequent Values

Valadez Vergara Rafael, Norbert Péter Szabó:

Well-log based TOC estimation using linear approximation methods

Emad N. Masri, Ernő Takács:

The possibilities of Amplitude Versus Offset (AVO) analysis in geothermal exploration

Mahmoud Ibrahim Abdelaziz, Mihály Dobróka, Endre Turai:

Magnetic data processing using 2D inversion based Fourier transformation algorithm

Byambasuren Turtogtokh, Endre Turai, Mihály Dobróka:

Monte Carlo solution of the Tau-transformation and its application for a field measured pole-dipole TDIP dataset

Byambasuren Turtogtokh, Mihály Dobróka, Endre Turai:

Well-determined and overdetermined inversion solution of the Tau-transformation and its application for TDIP datasets measured in Mongolia

Az anketon az előadások jelentős része a korábbiakhoz hasonlóan inverziós módszerfejlesztéssel, inverziós eljárások különböző geofizikai területeken (pl. mélyfúrési geofizikai értelmezés megbízhatóságának növelése, új paraméterek leszármaztatása) történő alkalmazásával foglalkozott. Steiner professzor kutatásainak az eredményei az anket több előadásában közvetve vagy közvetlenül jelent-

keztek. Ezek az előadások bizonyították, hogy az MFV módszerét fel lehet használni többek között az inverzió, a képfeldolgozás, a tomográfia hatékonyságának növelésére; klaszteranalízis robusztifikációjára; a Hilbert-transzformáció zajérzékenységének csökkentésére. A nem inverziós témájú előadások is nagymértékben járultak hozzá a kon-

ferencia magas színvonalához és az anketon megjelenő témák gazdagításához is.

Az elhangzott előadások felvétele elérhető a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéken, és remélhető, hogy közülük minél több nyomtatásban is megjelenik a *Geoscience and Engineering* c. folyóiratban.

Pethő Gábor

MT mérési adatok nem hagyományos feldolgozása

„AniMax” – anizotropiamaximum és analitikus fajlagos ellenállás

KISS J.[@], ZILAHÍ-SEBESS L., RÁDI K.

Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ),
1145 Budapest, Columbus u. 17–23.
[@]E-mail: kiss.janos@mbfsz.gov.hu

A magnetotellurikus adatok feldolgozása során a földtani közeg fizikai paramétereinek hatását az alapképletek alapján ismertnek tekintjük. Az alapképletek azonban csak a homogén közeg esetében írják le pontosan a hatásokat. A különböző határfelületeken az elektromágneses térkomponensek egy része folytonos, a másik része viszont ugrásszerűen változik. Ezeket a változásokat írják le azok a határátmeneti törvényszerűségek, amelyekkel a mesterséges tereket használó elektromágneses módszerek esetében ugyan foglalkoztak, de a magnetotellurika esetében még sem idehaza, sem a nagyvilágban nem nagyon foglalkoztak. A dielektromos permittivitás, a mágneses permeabilitás és az elektromos vezetőképesség együttesen határozzák meg a normális és a tangenciális elektromágneses térkomponenseket, amelyeket a magnetotellurikában, a mérési elrendezésnek köszönhetően elvileg meg is mérünk.

A földtani értelmezések pontosítása céljából ismertetjük ezeket a törvényszerűségeket, illetve néhány gyakorlati példán keresztül megnézzük, hogy az elméleti összefüggések megjelennek-e a terepi mérési adatok kiértékelése során. Példaként a CEL07 és CEL08 szelvények magnetotellurikus méréseit használjuk fel.

Kiss, J., Zilahi-Sebess, L., Rádi, K.: Non-conventional processing of MT measurements. „AniMax” – anisotropy maximum and analytical resistivity section

The impact of the physical parameters of geological formations at the processing of measured magnetotelluric data is considered to be known based on the classic formulas. However, these formulas accurately describe the effects only in the case of a homogeneous medium. But in case of different interfaces, some of the electromagnetic field components are continuous, while the other changes abruptly. These changes are described by the interface conditions (or regularities) are discussed in theory of electromagnetic methods using artificial fields, presumably have not yet been studied in the case of magnetotellurics, neither in Hungary nor in the world. Dielectric permittivity, magnetic permeability, and electrical conductivity all together determine the normal and tangential electromagnetic field components, which in principle are measured in magnetotellurics due to the measuring array.

In order to clarify the geological interpretations, we describe these regularities and, through some practical examples, we look at whether the theoretical correlations appear during the evaluation of the field measured data. Magnetotelluric measurements of profiles CEL07 and CEL08 are used for presentation.

Beérkezett: 2020. szeptember 1.; *elfogadva:* 2020. november 17.

A magnetotellurikus mérési adatok feldolgozása homogén féltér esetén független az iránytól. Ilyen szempontból irányfüggetlennek tekinthetők az olyan egydimenziós modellek is, mint például a vízszintesen rétegzett féltér, mert bármilyen irányban helyezük el az érzékelőket, elvileg ugyanazt fogjuk mérni.

Megváltozik azonban a helyzet, ha egy kétdimenziós szerkezet (vető, képződményhatár) felett végezzük a mérést. Ekkor a különböző irányban mért mérési adatok néhány speciális esettől eltekintve nem fognak megegyezni. Kétdimenziós modellek esetén az egyik irányban szimmetrikus vagy végtelen kiterjedésű képződményeket feltételezünk.

A természet azonban rendkívül változatos paraméterekkel és formákkal jellemezhető, leginkább háromdimenziósan, azaz minden irányban változik a geometria, a mért fizikai paraméter ebből adódóan szinte soha nem lesz egyforma a különböző irányokban végzett mérés (például a magnetotellurikus TM és a TE módú¹⁾ inverzió) eredménye. Ezért is használjuk a közös 2D inverziót, amely mindkét irány/polarizáció eredményét figyelembe veszi adott ponton a végső modell megalkotásakor.

Itt meg kell említeni a magmás és vulkáni testeket is, amelyek szinte mindig háromdimenziós hatást okoznak. Az anizotrópia – noha magyarázatként geometriai megközelítést alkalmaztunk – valójában anyagi összetétel-változás, azaz a közeg fizikai paramétereinek megváltozásával van összefüggésben.

Érdeemes részletesebben is megvizsgálni az irányanizotrópiát és annak okait, mert lehet, hogy ennek ismerete, illetve figyelembevétele újabb, pontosabb értelmezési eredményekhez vezet minket.

Elektromágneses térelmélet

Homogén féltérmodell (1D modell)

A közeg mágneses permeabilitásának (μ) és elektromos vezetőképességének (σ) szerepét homogén féltér és rétegzett féltér esetében korábban már vizsgáltuk (Kiss et al. 2005, Kiss et al. 2010, Prácser 2010, Szarka et al. 2010), de a lényegét azért érdemes összefoglalni.

Az impedancia, skinmélység és az elektromágneses hullámsebesség képleteiből levezethető, hogy milyen hatásokat okoznak ezek a paraméterek homogén féltér esetében (a σ vezetőképesség helyett, használjuk a gyakorlatban a ρ fajlagos ellenállást, és ismert, hogy $\rho = 1/\sigma$):

$$Z_{xy} = [i\omega\rho\mu_0\mu_r]^{1/2} = [(i\omega\mu_0\mu_r)/\sigma]^{1/2}. \quad (1)$$

Az impedancia elvileg ugyanúgy függ az elektromos ellenállástól (ρ), mint a relatív mágneses permeabilitástól (μ_r , mivel $\mu_0 = \text{konstans}$). Ha az elektromos ellenállás vagy a mágneses permeabilitás nő, akkor nő az impedancia is (1), de a mágneses permeabilitás változásának mértéke normál felszíni körülmények között elhanyagolhatóan kicsi.

A látszólagos fajlagos ellenállás elfogadott hagyományos számításakor (ahol a $\mu_r = 1$, mivel annak megváltozásával nem számolunk) az impedanciában bekövetkező változást a vezetőképességből eredeztetjük, de a mágneses permeabilitás érzékelhető megnövekedése a hagyományos impedanciaszámítások esetén szigetelő hatást fog eredményezni.

Ugyanez igaz az impedanciából kiszámolt látszólagos fajlagos ellenállásra is – a négyzetre emelés miatt (2) – a hagyományos képletek alapján:

$$\rho_a = |Z_{xy}^2|(\omega\mu_0\mu_r)^{-1}. \quad (2)$$

Az alapképletek közül vizsgáljuk meg a skin- vagy behatolási mélységet is:

$$\delta_s = [2/(\omega\mu_0\mu_r\sigma)]^{1/2}. \quad (3)$$

A (3) skinmélység fordítottan arányos az elektromos vezetőképesség négyzetgyökével és a mágneses permeabilitás négyzetgyökével. Azaz minél nagyobb az elektromos vezetőképesség vagy a mágneses permeabilitás, annál kisebb a behatolási mélység. *A mágneses permeabilitás növekedése nagyobb mértékű csillapodást eredményez, tehát jól vezető közegre utaló hatást mutat.*

Az elektromágneses hullámsebesség is alkalmas paraméter lehet annak megítélésére, hogy milyen hatást okoz a rendkívüli permeabilitásnövekedés. A hullámsebességet az alapösszefüggések alapján a következőképpen határozhatjuk meg:

$$v = [2\omega/(\mu_0\mu_r\sigma)]^{1/2}. \quad (4)$$

A (4) képlet alapján megállapítható, hogy az elektromágneses hullámsebesség fordítottan arányos az elektromos vezetőképesség négyzetgyökével és a mágneses permeabilitás négyzetgyökével, azaz *a hullámsebesség paraméter esetén is jól vezető közegre utaló hatást okoz a mágneses permeabilitás.*

Az (1)–(4) képletek alapján jól látszik, hogy a vezetőképesség és a mágneses permeabilitás fordítottan arányos a skinmélységgel és az elektromágneses hullámsebességgel, ezzel szemben az impedancia a vezetőképességgel fordítottan, a mágneses permeabilitással egyenesen arányos!

A hatások összevetését célszerű összegezni:

- Az elektromos vezetőképesség növekedése *csökkenti* az impedanciát, a skinmélységet és a hullámsebességet – ezt nevezzük el *vezetőképesség-hatásnak!*
- A mágneses permeabilitás növekedése *növeli* az impedanciát, viszont *csökkenti* a skinmélységet és a hullámsebességet – ezt nevezzük el *mágnesezettség-hatásnak!*

A mágneses permeabilitás megjelenése tehát „hibrid” hatást okoz, az impedancia oldaláról szigetelő hatást, a skinmélység és a hullámterjedési sebesség oldaláról jól vezető hatást. A képletekből kiolvasható és a korábbi modellezési eredmények is azt bizonyították, hogy rétegzett közeg esetén e hatások az inverzióból kapott rétegvastagságot is a mágneses permeabilitás növekedés mértékében megnövelik (ahogyan az impedanciát is), azaz egy álrétegvastagságot kapunk a hagyományos számítási eljárások esetén, a nem figyelembe vett mágnesezettségi hatásnak köszönhetően (ami a hullámterjedési sebesség megváltozása miatt van).

A közeg – amelyen keresztül az elektromágneses hullámok terjednek – alapvető geoelektromos karakterisztikáját a hullámszám (k) adja meg, amely komplex szám:

$$k = [-i\omega\sigma\mu - \omega^2\epsilon\mu]^{1/2}. \quad (5)$$

A képletben megtalálhatók a földtani közegre jellemző fizikai paraméterek, úgymint elektromos vezetőképesség (σ), mágneses permeabilitás (μ), dielektromos permittivitás (ϵ) és az elektromágneses tér jellemző paramétere a körfrek-

1. táblázat | Az elektromágneses tér elektromos és mágneses mezőinek összehasonlítása (Wikipedia)
Table 1 | Comparison of electric and magnetic components of electromagnetic field

Az erőtér neve		Elektromos mező	Mágneses mező	
Az erőtér fizikai jellemzői	Térerősség	Elektromos térerősség (jele E , mértékegysége V/m)	Mágneses térerősség (jele H , mértékegysége A/m)	
	Fluxussűrűség	Elektromos indukció/fluxussűrűség (jele D , mértékegysége As/m ²)	Mágneses indukció/fluxussűrűség (jele B , mértékegysége Vs/m ² (tesla))	
	Kapcsolatuk	$D = \epsilon\epsilon_0 E$	$B = \mu\mu_0 H$	
	Két közeg határfelületén	folytonosan megy át	E érintő komponense és D normális komponense	H érintő komponense és B normális komponense
		törlik	E normális komponense és D érintő komponense	H normális komponense és B érintő komponense

vencia ($\omega = 2\pi f$) vagy frekvencia (f). A földtani közegek elektromágneses vizsgálatánál általában az $\omega\mu\sigma \gg \omega^2\epsilon\mu$, azaz $\sigma \gg \omega\epsilon$.

Ezek alapján látható egyrészt az, hogy csak a nagyfrekvenciás EM mérések esetén lehet szerepe ϵ -nak, *másképpen pedig az, hogy normál felszíni körülmények között a relatív mágneses permeabilitás* – amely szinte minden esetben 1 – *nem játszik szerepet*. Így a magnetotellurikus méréseknél a hatásuk az eddigi tudásunk alapján valószínűleg elhanyagolható.

Ezek után az egydimenziós térből ki kell lépni a két- vagy háromdimenziós térbe. Meg kell vizsgálni, hogy a különböző paraméterrel jellemezhető közegek határfelületén mi történik. *Ha nem egydimenziós a modell, akkor az elektromágneses tér bonyolulttá válik, és a hatásokat a homogén közegekre jellemző Maxwell-egyenletek mellett a határatmeneti törvényszerűségek fogják meghatározni.*

Az elektromágneses tér határfelületek esetén (2D–3D modell)

A Maxwell-egyenletek olyan térrészben érvényesülnek, ahol a bennük szereplő térmennyiségek – térerősségek és indukcióvektorok – folytonosak. Ez az eset áll fenn, ha a tekintetbe vett tartományt egységes közeg tölti ki. Két különböző közeg határfelületén az anyagokra jellemző ϵ (elektromos permittivitás – dielektromos állandó), μ (mágneses permeabilitás) és σ (elektromos vezetőképesség) mennyiségek ugrásszerűen változhatnak, emiatt a különböző közegek határán az elektromágneses térmennyiségek is ugrást, törést mutatnak (1. táblázat).

A Maxwell-egyenletek integrális összefüggései az egységes anyaggal kitöltött térrészekre érvényesek. A különböző közegekre felírt Maxwell-egyenletek megoldásait az érintkező közegek határfelületén egymáshoz kell illeszteni. Ehhez ismernünk kell azokat a törvényeket, amelyek megmondják, hogy hogyan változnak a térmennyiségek a két különböző közeg határán. Ezeket a határfeltételeket adják meg a határatmeneti, folytonossági egyenletek.

Már egyetemi tanulmányaink során találkoztunk ezekkel, de akkor még nem ismerhettük fel a probléma jelentő-

ségét, főleg nem a gyakorlati következményeit, érdemes tehát – ha nem is teljes részletességében – annak lényegét megismételni.

Az 1. táblázat tömören tartalmazza az EM térre jellemző elektromos és mágneses mezők paramétereit, azok kapcsolatát, mértékegységét és a határatmeneti feltételek főbb törvényszerűségeit arra az esetre, amikor a határfelületi áramsűrűség és töltéssűrűség nulla értékű.

A Maxwell-egyenletek alapján két különböző anyag közötti határfelületen az elektromágneses térre vonatkozó határfeltételek a következők:

$$\begin{aligned} \hat{n} \times (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) &= \mathbf{0}, \\ \hat{n} \times (\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) &= \mathbf{J}_s, \\ \hat{n} \cdot (\mathbf{D}_2 - \mathbf{D}_1) &= \sigma_e, \\ \hat{n} \cdot (\mathbf{B}_2 - \mathbf{B}_1) &= \mathbf{0}, \\ \hat{n} \cdot (\mathbf{J}_2 - \mathbf{J}_1) &= \mathbf{0}, \end{aligned}$$

Valamint az azokat kiegészítő anyagegyenletek, amelyekkel a határfeltételeket számszerűsíteni tudjuk:

$$\begin{aligned} \mathbf{D} &= \epsilon \mathbf{E} \\ \mathbf{B} &= \mu \mathbf{H} \\ \mathbf{J} &= \sigma \mathbf{E} \end{aligned}$$

ahol, \hat{n} normál egységvektor a határfelületen, \mathbf{J}_s (A/m²) a határfelületi áramsűrűség-vektor és σ_e (C/m²) a felületi töltéssűrűség.

Elemezzük a határfelületi összefüggéseket és nézzük meg milyen hatásuk lesz a gyakorlatban. A levezetésekbe nem belebonyolódva (egyetemi jegyzetekben, kézikönyvekben a levezetések megtalálhatóak) a következőket lehet megállapítani:

Határfeltételi egyenletek

– Elektromos indukció (D) és elektromos térerő (E) normális, határfelületre merőleges komponensének vektora:

$$D_{2n} - D_{1n} = \sigma_e, \tag{6}$$

ahol D_{1n} – elektromos indukció az első közegben,

D_{2n} – elektromos indukció az második közegben,
 σ_e – felületi elektromos töltés.

A töltött határfelületen történő áthaladáskor az elektromos indukcióvektor normál komponense (D_n) ugrásszerűen fog változni, az ugrás mértékét a felületi elektromos töltéssűrűség (σ_e) határozza meg (lásd (6) egyenlet).

Ha nincs felületi töltés ($\sigma_e = 0$), akkor az elektromos indukcióvektor D_n folytonos, és az ide vonatkozó anyagegyenlet felhasználásával a következő írható:

$$\begin{aligned}\sigma_e &= 0, \\ D_{2n} &= D_{1n}, \\ D &= \varepsilon E,\end{aligned}$$

ahol

ε – dielektromos állandó (permittivitás),
 E – elektromos térerősség.

Azaz a folytonossági egyenlet:

$$\begin{aligned}\varepsilon_2 E_{2n} &= \varepsilon_1 E_{1n}, \\ E_{2n}/E_{1n} &= \varepsilon_1/\varepsilon_2.\end{aligned}\quad (7)$$

Az elektromos térerősségvektor normális komponense (E_n) a határfelületen történő áthaladáskor ugrásszerűen meg fog változni, arányossági tényező a közegekre jellemző dielektromos állandók fordított aránya (lásd (7) egyenlet). Fontos hangsúlyozni, hogy nem a dielektromos permittivitás²⁾ nagysága, hanem azok egymáshoz viszonyított aránya számít, azaz nem mindegy, hogy milyen közegekről van szó!

Figyelembe véve az anyagegyenletet, felírhatjuk a vezetési áramsűrűséget:

$$J = \sigma E.$$

Tovább bonthatjuk az (7) összefüggést:

$$J_{2n}/J_{1n} = \varepsilon_1 \sigma_2 / \varepsilon_2 \sigma_1. \quad (8)$$

Kifejezve a határfelületi vezetési áramsűrűség normál komponensének dielektromos állandóktól és elektromos vezetőképességektől függő változását. A (8) összefüggés tulajdonképpen leírja azt a komplex hatást, amit a dielektromos permittivitás és az elektromos vezetőképesség megváltozása okoz a vezetési áramsűrűségre.

– Mágneses indukció (B) és mágneses térerősség (H) normális, határfelületre merőleges komponensének vektora:

$$B_{2n} - B_{1n} = 0, \quad (9)$$

ahol

B_{1n} – mágneses indukció az első közegben,
 B_{2n} – mágneses indukció a második közegben.

A mágneses indukcióvektor normális komponense (B_n) két közeg határán mindig folytonos (lásd (9) egyenlet).

$$B = \mu H,$$

ahol

μ – mágneses permeabilitás,
 H – mágneses térerősség.

A folytonossági egyenlet:

$$\begin{aligned}B_{2n} &= B_{1n}, \\ \mu_2 H_{2n} &= \mu_1 H_{1n}, \\ H_{2n}/H_{1n} &= \mu_1/\mu_2.\end{aligned}\quad (10)$$

A mágneses térerősségvektor normál komponense (H_n) két közeg határán való áthaladáskor ugrásszerűen meg fog változni, arányossági tényező a közegekre jellemző mágneses permeabilitások fordított aránya (lásd (10) egyenlet). Fontos hangsúlyozni, hogy nem a mágneses permeabilitás nagysága, hanem azok egymáshoz viszonyított aránya számít.

– Elektromos indukció (D) és elektromos térerősség (E) érintő irányú, határfelülettel párhuzamos, tangenciális komponensének vektora:

$$E_{2t} = E_{1t}, \quad (11)$$

ahol

E_{1t} – elektromos térerősség az első közegben,
 E_{2t} – elektromos térerősség a második közegben.

Két közeg határán az elektromos térerő tangenciális (érintő irányú) komponense (E_t) mindig folyamatos (lásd (11) egyenlet).

$$\begin{aligned}D &= \varepsilon E, \\ E &= D/\varepsilon,\end{aligned}$$

ahol

ε – dielektromos állandó,
 D – elektromos indukció.

A folytonossági egyenlet:

$$D_{2t}/D_{1t} = \varepsilon_2/\varepsilon_1. \quad (12)$$

Az elektromos indukció tangenciális (érintő irányú) összetevője (D_t) két közeg határfelületén történő áthaladáskor ugrásszerűen változik, arányossági tényező a közegekre jellemző dielektromos állandók aránya (lásd (12) egyenlet). Fontos hangsúlyozni, hogy nem a dielektromos állandó nagysága, hanem azok egymáshoz viszonyított aránya számít.

Itt még egy megállapítást tehetünk, felhasználva az utolsó anyagegyenletet, amely a következő:

$$\begin{aligned}J &= \sigma E, \\ E &= J/\sigma,\end{aligned}$$

ahol

J – vezetési áramsűrűség,
 σ – elektromos vezetőképesség,
 E – elektromos térerősség.

$$\begin{aligned}J_{2t}/\sigma_2 &= J_{1t}/\sigma_1, \\ J_{2t}/J_{1t} &= \sigma_2/\sigma_1.\end{aligned}\quad (13)$$

A vezetési áramsűrűség tangenciális komponense (J_t) két közeg határfelületén történő áthaladáskor ugrásszerűen változik, arányossági tényező a közegre jellemző elektromos vezetőképeségek aránya (lásd (13) egyenlet).

– Mágneses indukció (B) és mágneses térerősség (H) érintő irányú, határfelülettel párhuzamos tangenciális komponensének vektora:

$$H_{2t} - H_{1t} = J_s, \quad (14)$$

ahol

H_{1t} – mágneses térerősség az első közegben,

H_{2t} – mágneses térerősség a második közegben,

J_s – felületi áramsűrűség.

A mágneses térerősség tangenciális komponense (H_t) két közeg határfelületén történő áthaladáskor ugrásszerűen változik, arányossági tényező a felületi áramsűrűség (J_s) (lásd (14) egyenlet).

Ha nincs felületi áramsűrűség ($J_s = 0$), akkor írható:

$$\begin{aligned} J_s &= 0, \\ H_{2t} &= H_{1t}, \\ B &= \mu H, \\ H &= B/\mu, \end{aligned} \quad (15)$$

ahol

B – mágneses indukció,

μ – mágneses permeabilitás.

A folytonossági egyenlet:

$$\begin{aligned} B_{2t}/\mu_2 &= B_{1t}/\mu_1 \\ B_{2t}/B_{1t} &= \mu_2/\mu_1 \end{aligned} \quad (16)$$

A mágneses indukció tangenciális komponense (B_t) két közeg határfelületén való áthaladáskor ugrásszerűen változik, egyenes arányban van a mágneses permeabilitások³⁾ megváltozásával (lásd (16) egyenlet). Fontos hangsúlyozni, hogy nem a mágneses permeabilitás nagysága, hanem azok egymáshoz viszonyított aránya számít.

Amint a réteghatáron érvényes folytonossági egyenletekből is látszik, a határátmenetek esetén kitüntetett szerepük van a fizikai paramétereknek, mint a dielektromos állandónak (ϵ) a mágneses permeabilitásnak (μ) és az elektromos vezetőképeségnek (σ).

A dielektromos állandó (ϵ) értékének csak a nagyfrekvenciás EM mérések esetében tételeztünk fel korábban jelentőséget, az MT méréseknél a hatása elvileg jelentéktelen. A határátmeneti feltételek alapján azonban ezt talán felül kell vizsgálnunk!

A mágneses permeabilitás (μ) értékének hatása felszíni körülmények között általában nem számottevő, ám a Curie-hőmérsékletéhez közeli mélységben a mágneses szuszcep-

tibilitás megnövekedése – a Hopkinson-effektus miatt (Kiss et al. 2005, 2010, Szarka et al. 2010, Kiss et al. 2011) – vagy fiatal, erős remanens mágnesezettséggel rendelkező magmák és metamorf kőzetek esetében már lehet szerepe a mért anomáliák kialakulásában.

Mélyre nyúló testek esetén mindenféle nyomás és hőmérséklet előfordulhat a test mentén, így a Curie-hőmérséklet körüli állapot (Hopkinson-effektus) többféle ferromágneses ásványra is fennállhat, miközben a mágneses test a földfelszínen nem is jelenik meg. Magyarország sávos mágneses anomália-térképe feltehetően ilyen hatásokat jelez.

A nagy remanens mágnesezettség a bázisos összetételű anyag hirtelen lehűlésével lehet összefüggésben. Ebben az esetben minden mágneses domén nemcsak polaritásában rendeződik át, de az akkor még folyékony anyag fizikai mozgásával is beáll az adott pillanatban egyirányú, külső indukáló mágneses tér irányába, és a mágnesezettség rögzül. Lassú lehűlés esetén a mágneses irányok változhatnak, és a domének nem teljesen lesznek egyirányúak, így az eredő mágnesezettség gyengébb lesz. Gyors lehűlés akkor valószínű, ha a test az egyik irányban nagyon nagy, míg a másik irány(ok)ban nagyon kicsi kiterjedésű (lemezmodell, kürtőmodell), azaz nagy felületen érintkezik a környezettel (és gyorsan lehűl), viszont rendkívül sok mágneses domén tud azonos irányba rendeződni hosszanti irányban, a test geometriája miatt. Egy normál plutoni benyomulás (batolit) esetén ezek a feltételek nem állnak fenn, legfeljebb csak a test kontaktzónájában. A hosszú ideig tartó kristályosodás nem kedvez az erős remanens mágnesezettség kialakulásának, ilyenkor az indukált mágnesezettség lesz a domináns.

A remanens mágnesezettség értéke, azaz a Königsberger arány (Koenigsberger 1938a, 1938b), amelynek a jele Q , egyes kőzetek esetében szélsőségesen nagy, 100 vagy néhány százszor 100-szoros is lehet (Clark 1983, 1997), azaz ezt a remanens mágnesezettséget a normál indukáló térerővel visszszámolva 100-szoros „remanens” szuszceptibilitás (κ_r) értéket jelenthet (azaz két nagyságrenddel nagyobb szuszceptibilitást!). A magnetotellurikus klasszikus feldolgozás során feltételezzük, hogy a $\mu_r = 1$, de ha a Q értéke 100, akkor a $\mu_r \neq 1$ hanem $\mu_r > 1$ lesz.

Az elektromos vezetőképeség (σ) az egyetlen paraméter, amellyel az EM mérések során eddig is folyamatosan számoltunk, így a hatása ismertnek tekinthető. Kérdés az, hogy miként hatnak a klasszikus értelmezésekre a dielektromos paraméter és a mágneses permeabilitás arányszámok figyelembevétel?

A már korábban tárgyaltak alapján láthatjuk, hogy az érintő és a normális térkomponensek másképpen reagálnak a fizikai paraméterek (dielektromos állandó és mágneses permeabilitás) megváltozására. Ezt érdemes a magnetotellurikus mérések gyakorlati oldaláról is elemezni.

A mérések során D–É (x irányú) és Ny–K (y irányú) elektromos és mágneses komponenseket mérünk⁴⁾ (valamint z irányú mágnesest, de ez utóbbival most nem foglalkozunk).

A határfelületi egyenletek a gyakorlatban

1. Impedancia az x irányra merőleges határfelület esetén:

(x a normál komponens iránya: $x = n$, azaz ez a TM vagy H polarizációs irány; y a tangenciális, azaz érintő komponens iránya: $y = t$, TE vagy E polarizációs irány):

$$Z_{xy} = E_x / H_y \quad (\text{TM mód}), \quad (17)$$

illetve

$$Z_{yx} = E_y / H_x \quad (\text{TE mód}). \quad (18)$$

A határfelületre merőleges komponens esetében az elektromos térerősség a dielektromos permittivitás változásával ellentétesen fog viselkedni, azaz ha az ε értéke nő, akkor az E csökken, azaz a (7) egyenlet alapján:

$$E_{x_2} = E_{x_1} (\varepsilon_1 / \varepsilon_2). \quad (19)$$

A határfelületre merőleges komponens esetében a mágneses térerősség a mágneses permeabilitás változással ellentétesen fog viselkedni, azaz ha a μ értéke nő, akkor a H csökken, azaz a (10) egyenlet alapján:

$$H_{x_2} = H_{x_1} (\mu_1 / \mu_2). \quad (20)$$

A mágneses térerősség érintő irányú komponense folytonos a (15) egyenlet alapján:

$$H_{y_2} = H_{y_1}. \quad (21)$$

Az elektromos térerősség érintő irányú komponense folytonos a (11) egyenlet alapján:

$$E_{y_2} = E_{y_1}. \quad (22)$$

A (17)–(22) egyenletek következményeképpen:

$$Z_{xy} = (E_x (\varepsilon_1 / \varepsilon_2)) / H_y \quad (\text{TM mód}), \quad (23)$$

illetve

$$Z_{yx} = E_y / (H_x (\mu_1 / \mu_2)) \quad (\text{TE mód}). \quad (24)$$

Az impedancia értéke ennek megfelelően a különböző polarizációs irányokban eltérő. Az eltérést okozhatja a közeg dielektromos permittivitásának (TM mód), illetve mágneses permeabilitásának (TE mód) megváltozása. A hatások a normális elektromos és mágneses térkomponensek esetében jelennek meg, az érintő irányú komponensek változatlanok.

2. Impedancia y irányra merőleges határfelület esetén:

(x az érintő komponens iránya: $x = t$, azaz ez a TE vagy E polarizációs irány; y a normális komponens iránya: $y = n$, TM vagy H polarizációs irány):

Az y határfelületre merőleges komponens esetében a mágneses térerő a permeabilitás változással ellentétesen fog viselkedni, azaz ha a μ értéke nő, akkor a H csökken, a (8) képlet alapján:

$$H_{y_2} = H_{y_1} (\mu_1 / \mu_2). \quad (25)$$

Az y határfelületre merőleges komponens esetében az elektromos térerő a permittivitás változásával ellentétesen

fog viselkedni, azaz ha az ε értéke nő, akkor az E csökken, a (7) képlet alapján:

$$E_{y_2} = E_{y_1} (\varepsilon_1 / \varepsilon_2). \quad (26)$$

A mágneses térerősség érintő (tangenciális) komponense a határfelületen folytonos:

$$H_{x_2} = H_{x_1}. \quad (27)$$

Az elektromos térerősség érintő irányú komponense a határfelületen folytonos:

$$E_{x_2} = E_{x_1}. \quad (28)$$

Következménye:

$$Z_{xy} = E_x / (H_y (\mu_1 / \mu_2)) \quad (\text{TE mód}), \quad (29)$$

illetve

$$Z_{yx} = (E_y (\varepsilon_1 / \varepsilon_2)) / H_x \quad (\text{TM mód}). \quad (30)$$

Látszik, hogy a szerkezet irányának megváltozása esetén a helyzet nem változik, azaz E polarizációban a mágneses permeabilitás, H polarizációban a dielektromos permittivitás változása lesz hatással a mérésekre, és ebből fog származni a két polarizáció közötti különbség, ez lesz az oka az irányanizotrópiának.

H polarizáció esetén:

$$Z_{yx} = (E_y (\varepsilon_1 / \varepsilon_2)) / H_x = (E_y / H_x) (\varepsilon_1 / \varepsilon_2) = Z_0 (\varepsilon_1 / \varepsilon_2),$$

ahol Z_0 – az első közeg határfelületi hatás nélküli impedanciája.

A második közeg dielektromos permittitásának megnövekedése impedanciacsökkenést, csökkenése impedancianövekedést okoz.

E polarizáció esetén:

$$Z_{xy} = E_x / (H_y (\mu_1 / \mu_2)) = (E_x / H_y) (\mu_2 / \mu_1) = Z_0 (\mu_2 / \mu_1),$$

ahol Z_0 – az első közeg határfelületi hatás nélküli impedanciája.

A második közeg mágneses permeabilitásának növekedése impedancianövekedést, csökkenése impedanciacsökkenést okoz (mágneses ható peremén csökkent impedanciájú zóna alakulhat ki).

A határátmenetek esetén a dielektromos permittitásnak és a mágneses permeitásnak kettős hatása van (a határfelület két oldalán lévő közeg fizikai paramétereitől függően), ami bonyolult fajlagos ellenállás szelvényeket fog eredményezni!

A fizikai paraméterek hatása

A dielektromos permittitás értéke:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r, \quad (31)$$

ahol

ε_0 – a vákuum permittivitása ($8,854187817 \times 10^{-12}$ As/Vm),
 ε_r – relatív permittivitás ($\varepsilon_r(\text{vákuum}) = 1$).

$$\varepsilon_1 / \varepsilon_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_{r_1} / \varepsilon_0 \varepsilon_{r_2} = \varepsilon_{r_1} / \varepsilon_{r_2}. \quad (32)$$

Ezek alapján a *permittivitások aránya egyenlő a relatív permittivitások arányával*.

A relatív dielektromos állandó értéke magas a víznél és a félvezetők (oxidok, szulfidok, arzenidok és szelenidok) esetében, tehát azon határfelületek esetén, ahol az egyik oldalon nincs vagy nagyon kicsi a relatív permittivitás, a másik oldalon pedig, megjelenik a víz vagy a félvezetők nagy relatív permittivitás értékekkel, ahol számítani kell a dielektromos permittivitás okozta hatásokra.

A kéregmozgások megnövelve a közeg porozitását, jelentős mértékben meg tudják változtatni a dielektromos permittivitás értékét. Ez egy időben, és térben változó, a külső körülményektől függő állandóan módosuló fizikai paramétert eredményez.

A cikk végén (1. Függelék) megadjuk néhány anyag dielektromos állandójának értékét, ami alapján a lehetséges permittivitás-arányok megbecsülhetőek.

A *mágneses permeabilitás* értéke:

$$\mu = \mu_0 \mu_r, \quad (33)$$

ahol

μ_0 – a vákuum permeabilitása ($4\pi 10^{-7}$ Vs/Am),
 μ_r – relatív mágneses permeabilitás ($\mu_{r(\text{vákuum})} = 1$)

$$\mu_1/\mu_2 = \mu_0\mu_{r1}/\mu_0\mu_{r2} = \mu_{r1}/\mu_{r2}. \quad (34)$$

Ezek alapján a *mágneses permeabilitások aránya egyenlő a relatív permeabilitások arányával*.

A kőzetek mérhető mágneses szuszceptibilitása (κ_i) normál körülmények között olyan nagyságrendű, hogy a mágneses permeabilitás egységnyinek vehető ($\mu_r = 1 + \kappa_i$ és $\mu_r \approx 1$).

A mágneses terek azonban nemcsak indukált mágnesezettségtől, hanem remanens mágnesezettségtől is származhat, hiszen alapvetően az elektromágneses teret egy külső (indukált és/vagy remanens) mágneses tér módosítja. A Königsberger-arányok alapján, a remanens mágnesezettség nagysága esetenként az indukált mágnesezettség többszöröse is lehet. Ez a jelenség főleg a fiatal, gyors kihűléssel jellemezhető kiömlési magmás kőzetekre igaz.

A remanens mágnesezettség (J_{rem}) nagyságának ismeretében, az indukált mágnesezettség analógiája alapján ($J_{\text{ind}} = \kappa_i H$, ahol κ_i [SI] és H [A/m]) a virtuális remanens mágneses szuszceptibilitás (κ_r) kiszámítható.

Ha a Königsberger-arány nagysága 10–100 (vagy esetenként akár több 100-szoros) nagyságrendű (Clark 1983, 1997), akkor a virtuális remanens mágneses szuszceptibilitás értéke már egy-két nagyságrenddel nagyobb lesz, mint a kőzeteken mért ismert mágneses szuszceptibilitás! Ez a hatás felszínközeli mágneses testek esetén már érzékelhető változást eredményezhet a magnetotellurikus mérésekben, arról nem is beszélve, hogy a mágneses hatók a háromdimenziós geometriájuk miatt is meg fognak jelenni a H polarizációs és E polarizációs megoldások eltéréseiben, egyfajta anizotrópia formájában. Mivel a mágneses anomáliatér irányított erőter, így valószínűleg az eredő mágnesezettség (a normál és remanens mágnesezettség eredőjének) irányának is hatása lesz az elektromágneses térre.

A közeg mágneses permeabilitása is változhat idővel, de ez sokkal nagyobb időléptékben történik meg. A remanens mágnesezettség külső hatások miatt megszűnhet, a ferromágneses ásványok fázisátalakuláson eshetnek át, elveszítve mágnesezettségüket.

A cikk végén (2. Függelék) megadjuk néhány anyag mágneses szuszceptibilitás értékét, ami alapján a lehetséges permeabilitás arányok megbecsülhetőek.

MT anizotrópiavizsgálatok, módszertani kutatás: TM és TE összevetése alapján történő szerkezetkimutatás

A magnetotellurikus mérések során két kitüntetett irányt különböztetünk meg: az egyik a szerkezetre merőleges (TM irány vagy H polarizáció) és a szerkezettel azonos irány (TE irány vagy E polarizáció). Az elektromágneses hullámterjedés szempontjából jelentős eltérés van a kétféle polarizáció között. Az eltérést a közeg által okozott irányanizotrópiának szoktuk hívni, amelynek forrása lehet tektonikai vagy a litológiai határfelületek mentén jelentkező kőzettani (esetünkben fizikai paraméterbeli) változás.

Ezt az irányanizotrópiát leginkább a maximális eltérés (anizotrópiamaximum, röviden „AniMax”) alapján lehet vizsgálni. Az eltérés egyik oka a szerkezettel párhuzamos és arra merőleges irányok közötti vezetőképesség-különbség, a másik ok a cikk elején bemutatott, határfelületek mentén megjelenő eltérés a fizikai paraméterben, mint például a dielektromos permittivitásban vagy a mágneses permeabilitásban.

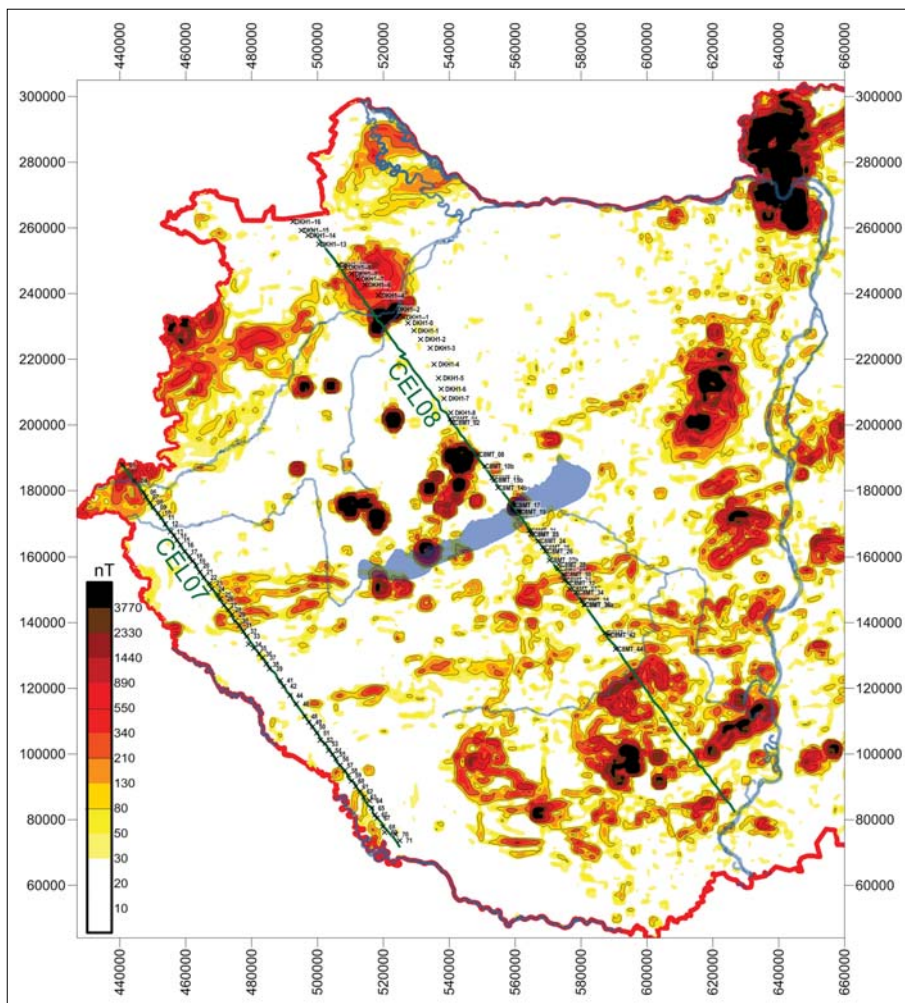
A két irány közötti probléma régóta foglalkoztatja a szakembereket. A hazai magnetotellurikus kutatások kezdete óta törekedtek arra, hogy lehetőség szerint olyan helyeken végezzenek magnetotellurikus szondázásokat a prekainozoos medencealjzat kutatására, ahol a tellurikus anizotrópiaellipszis minél közelebb van a körhöz, azaz a földtani modell közelítőleg 1D (ugyanígy jártak el a tellurikus mérések bázisállomásainak kiválasztásakor is), mert ott az inverzió egyértelmű eredményt adott (mindkét irányban ugyanazt, mert nem volt anizotrópiát okozó földtani szerkezet).

Két gyakorlati példán fogjuk megvizsgálni ezeket az anizotrópia jelenségeket, a CEL07 és a CEL08 litoszférakutató szeizmikus szelvények (1. ábra) nyomvonalán mért magnetotellurikus adatok segítségével.

CEL07 szelvény

Példaként a 2003-ban litoszférakutató CEL07 szeizmikus szelvény mentén mért magnetotellurikus mérések 2004. évi feldolgozási eredményeit fogjuk elemezni. A szelvény mentén komplex geofizikai vizsgálatok is történtek (Kiss 2005, Kiss 2009a), jelen feldolgozásaink ezeket egészítik ki.

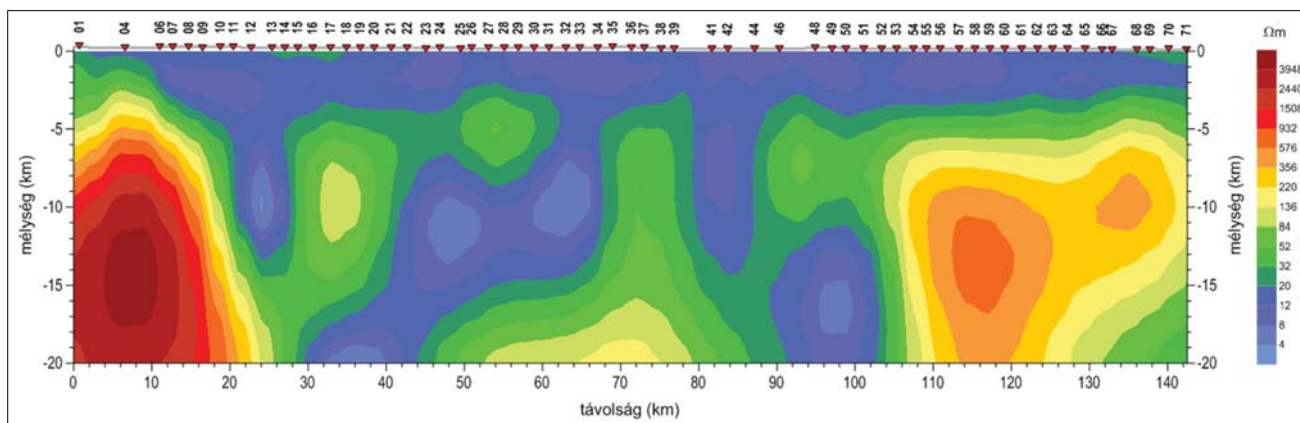
Ideális esetben, egydimenziós homogén féltér- vagy rétegzett modell esetén a kétféle polarizáció ugyanazt mutat



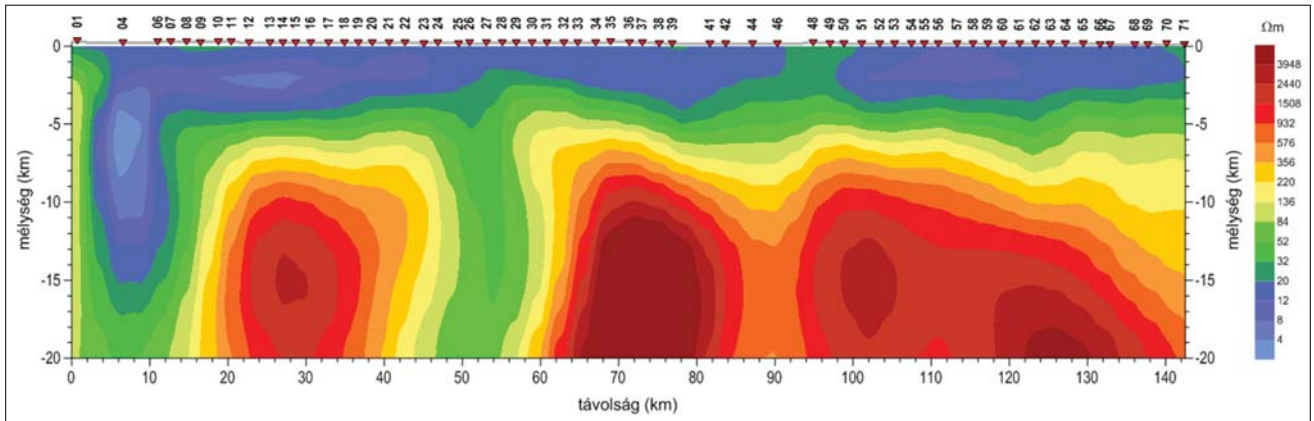
1. ábra | A CEL07 és CEL08 litoszférakutató szelvény nyomvonala és a szelvények mentén lemért magnetotellurikus szondázások a mágneses anomáliatér változékonysági⁵⁾ térképén
Figure 1 | Location of deep seismic lithospheric profiles CEL07, CEL08 and magnetotelluric soundings along them plotted on the map of magnetic field's variability parameter

na. Elég szembeűnő, hogy a TE (2. ábra) és TM (3. ábra) módú inverzió eredménye jelentős eltérést mutat a fajlagosellenállás-értékekben. *E* polarizációban a határfelület

két oldalán lévő közeg mágneses permeabilitásának arányában torzulhat a mágneses térerősség, *H* polarizációban a dielektromos permittivitások arányában torzulhat az



2. ábra | A CEL07^{MT} fajlagosellenállás-szelvény – *E* polarizációs inverziós eredmény (2004)
Figure 2 | Resistivity section of profile CEL07^{MT} – inversion of *E* polarization curves (2004)

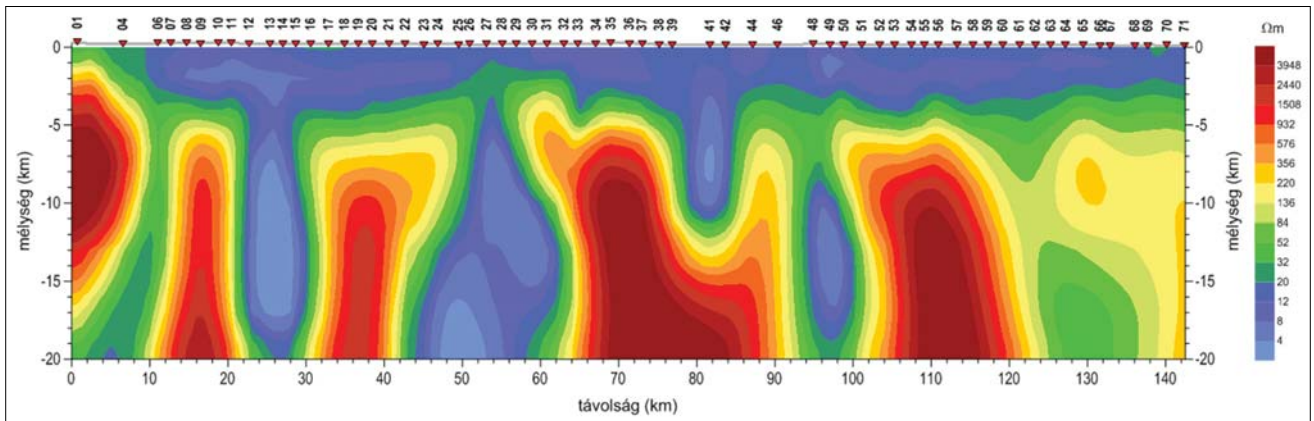


3. ábra | A CEL07^{MT} fajlagosellenállás-szelvény – *H* polarizációs inverziós eredmény (2004)
 Figure 3 | Resistivity section of profile CEL07^{MT} – inversion of *H* polarization curves (2004)

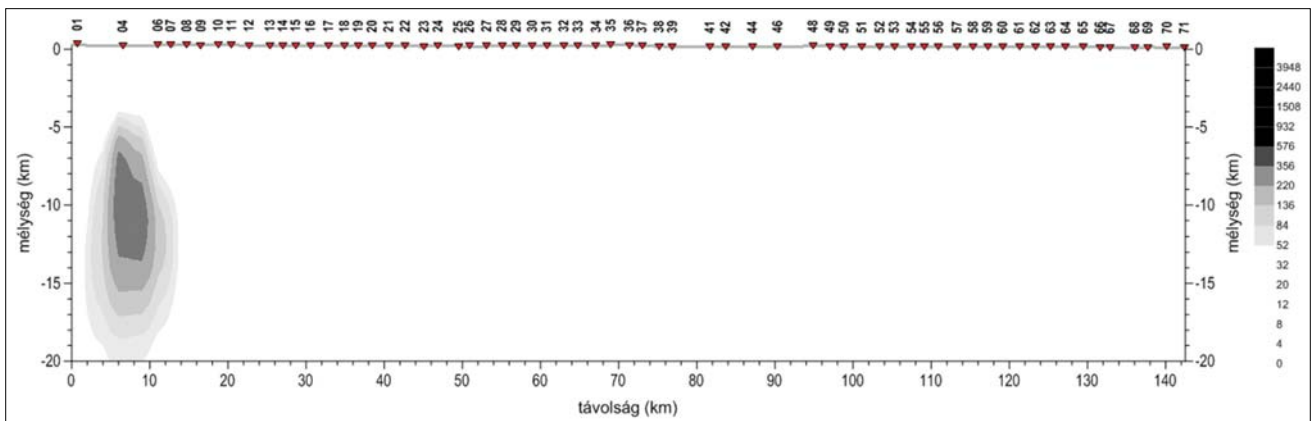
elektromos térerősség. Tehát az irányanizotrópia valamilyen formában mindkét polarizációban megjelenhet, de mindkét esetben csak az egyik térkomponenst módosítja.

A CEL07 szelvény magnetotellurikus közös inverziója nemhogy egyszerűsítene a helyzetet (4. ábra), hanem inkább tovább bonyolítja. Földtani ismereteink alapján a

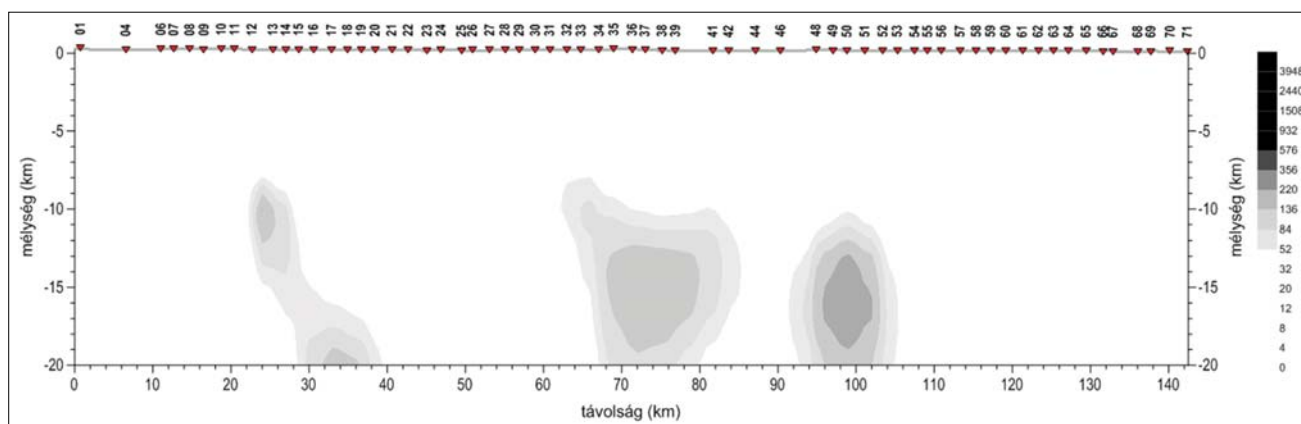
prekainozoos nagy ellenállású medencealjzat lefutása több-kevésbé ismertnek tekinthető, ezt azonban csak szakaszosan és eltérő helyeken azonosíthatjuk a TE, TM és közös inverziós szelvényen, aminek oka a szerkezeti tagoltság, azaz a fizikai paraméterekben meglévő anizotrópia.



4. ábra | A CEL07^{MT} fajlagosellenállás-szelvény – kétdimenziós, közös inverzió (2004)
 Figure 4 | Resistivity section of profile CEL07^{MT} – joint 2D inversion (2004)



5. ábra | A ρ_{TE}/ρ_{TM} mennyiség a CEL07 szelvény mentén
 Figure 5 | Section of ρ_{TE}/ρ_{TM} values along the profile CEL07

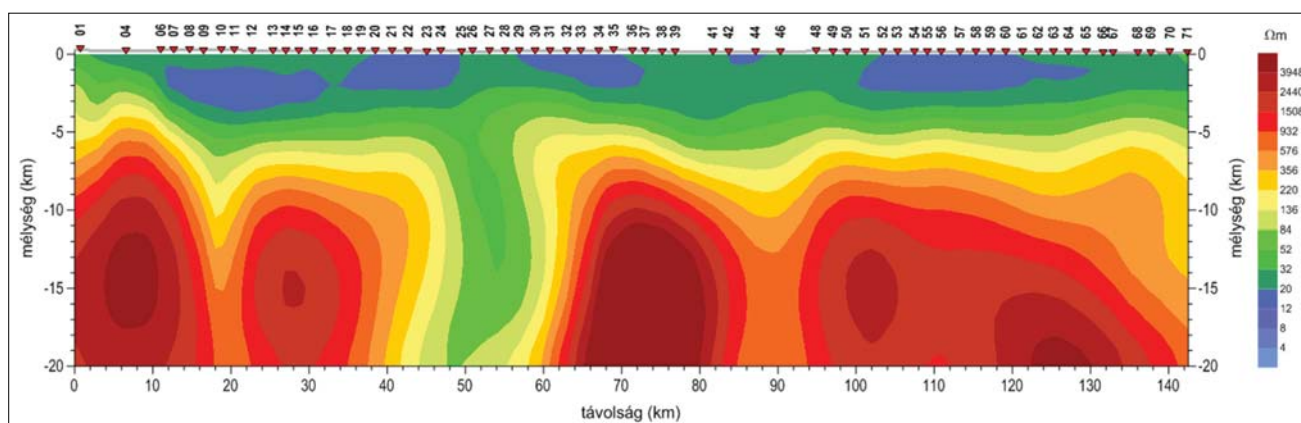


6. ábra | A ρ_{TM}/ρ_{TE} mennyiség a CEL07 szelvény mentén
Figure 6 | Section of ρ_{TM}/ρ_{TE} values along the CEL07 profile

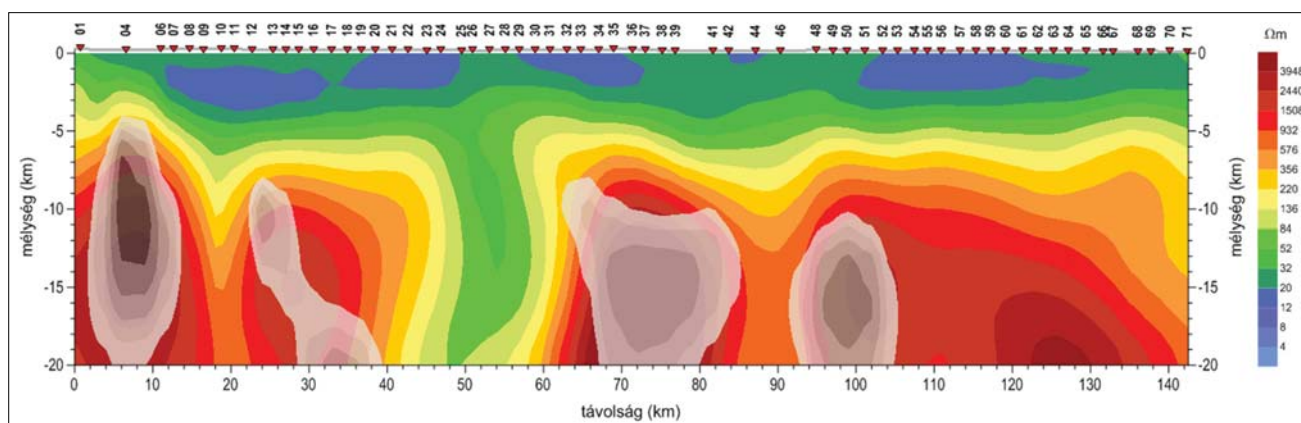
A két polarizáció közötti eltérés iránymutató lehet, felhívhatja a figyelmünket arra, hogy hol jelentkezik a legnagyobb eltérés, azaz az irányanizotrópiából származó határátmeneti hatás. Felhasználva a TE és TM inverzió eredményeként kapott fajlagosellenállás-rácsokat kiszámítjuk a ρ_{TE}/ρ_{TM} (5. ábra) és a ρ_{TM}/ρ_{TE} (6. ábra) arányokat, azaz az anizotrópiából származó eltéréseket.

Ahol a két rács között kicsi az eltérés, ott nincs határátmenetre utaló hatás, ahol ezek a mennyiségek maximumot adnak, ott felmerül annak gyanúja, hogy az eltérés irányanizotrópiából, azaz határátmeneti törvényszerűségekből adódik.

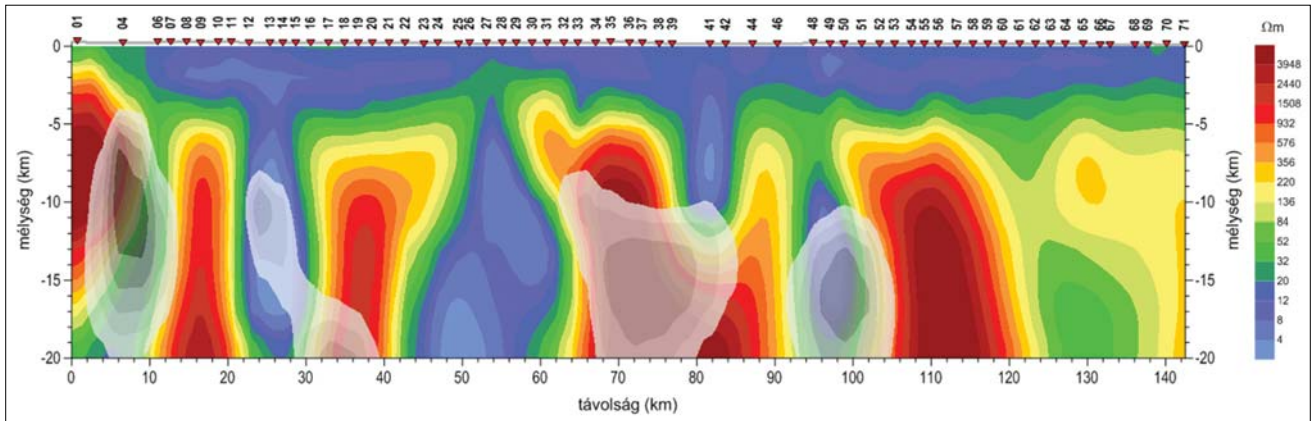
A ρ_{TE}/ρ_{TM} arány maximumot ad a szelvény elején, az Alpokalján. Ez azt jelenti, hogy itt egy szerkezeti vonal



7. ábra | CEL07^{MT} analitikus fajlagosellenállás-szelvény
Figure 7 | CEL07^{MT} analytical resistivity section



8. ábra | CEL07^{MT} analitikus fajlagosellenállás-szelvény az anizotrópiamaximumokkal
Figure 8 | Analytical resistivity section along the profile CEL07^{MT} together with the anisotropy maxima



9. ábra | CEL07, a kétdimenziós közös inverzió fajlagosellenállás-szelvénye az anizotrópiamaximumokkal
 Figure 9 | Joint 2D inversion resistivity section along the profile CEL07 with the anisotropy maxima

mentén a mágneses permeabilitás hirtelen megváltozása növeli meg az impedanciát és ebből adódóan a fajlagos ellenállás értékét 5–20 km mélységben. A CEL07 szelvény mentén a legerősebb mágneses anomália (200 nT) éppen a szelvény elején (1. ábra), az Alpokalja metamorf kristályos kőzeteinek a megjelenéséhez köthető (Kiss 2005).

A ρ_{TM}/ρ_{TE} arány máshol hozza a maximum helyeket. A TM relatív túlsúlya arra utalhat, hogy a közeg dielektromos permittivitásában áll be komoly változás 10 km alatti mélységekben.

A kétféle polarizáció esetében gyakran felmerül, hogy az E polarizációban túlsúlyba kerül a jól vezető hatás (2. ábra), míg a H polarizációban (3. ábra) inkább a szigetelő hatás, amit az „áramkanalizáció” (árambecsatornázás) jelenségével szoktunk magyarázni. Kellene tehát egy olyan egyszerű eljárás, amely ezt a jelenséget valamilyen szinten kezelni tudja. A potenciáltér-elméletekben használjuk az analitikus jel fogalmát, amely a különböző irányderiváltakat használja fel a térgradiens (összváltozékonyság) kiszámítására.

A magnetotellurika esetében a deriváltakhoz hasonló irányfüggőséget figyelhetjük meg az E és H polarizációban. A két hatást akkor tudjuk együttesen figyelembe venni, ha képezzük az analitikus jelet, azaz:

$$\rho_{AS} = \left[\rho_{xy}^2 + \rho_{yx}^2 \right]^{1/2}. \quad (35)$$

A ρ_{AS} szelvényt (7. ábra) nevezzük *analitikus fajlagosellenállás-szelvénynek!*

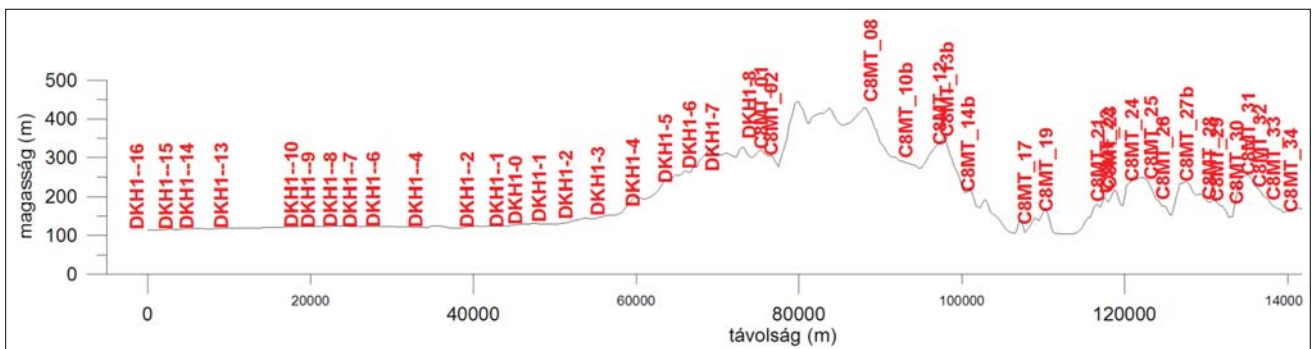
Ha a ρ_{TE}/ρ_{TM} és a ρ_{TM}/ρ_{TE} arányok maximumértékeit elhelyezzük az MT analitikusjel-szelvényen (8. ábra), akkor azt tapasztaljuk, hogy mindegyik jellegzetesség nyoma, maximumként azonosítható. Ahol nincs anizotrópiamaximum, ott mindkét polaritás hasonló jelleget mutat, és a modell egydimenziósnek tekinthető.

A közös 2D inverzió fajlagosellenállás-szelvénye pedig úgy tűnik, hogy a szerkezetekre lesz nagyon érzékeny, de az irányanizotrópiából származó változások okainak azonosítása ezen már sokkal komplikáltabb (9. ábra).

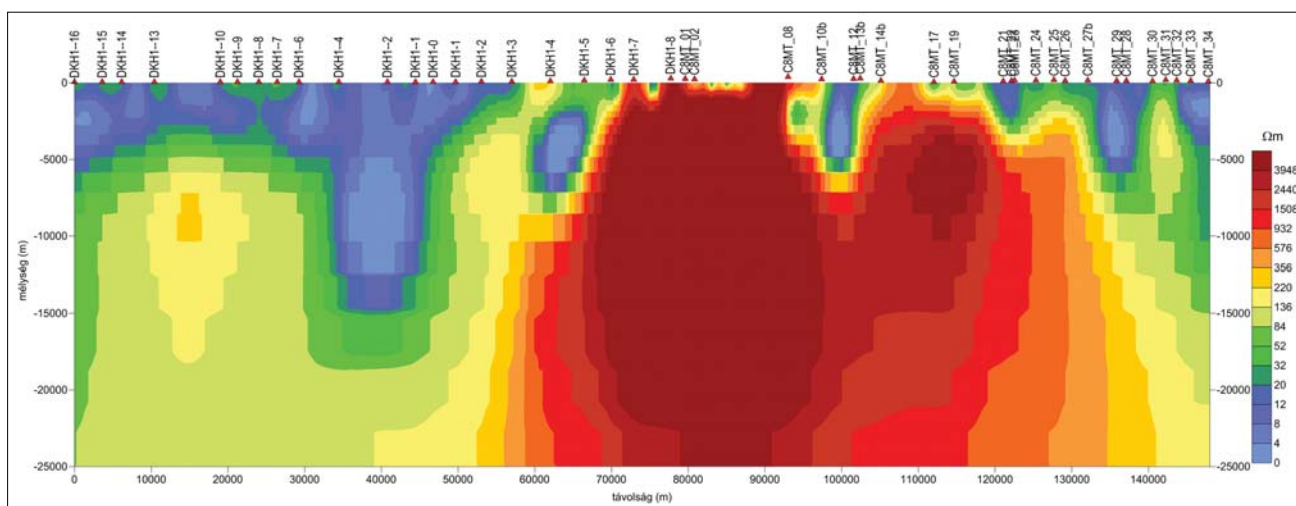
Az MT analitikus fajlagosellenállás-szelvényen a kristályos medencealjzat felszíne sokkal jobban azonosíthatóvá válik, mint a TE, TM, vagy közös 2D inverzióval elkészített fajlagosellenállás-szelvényeken.

CELO8 szelvény

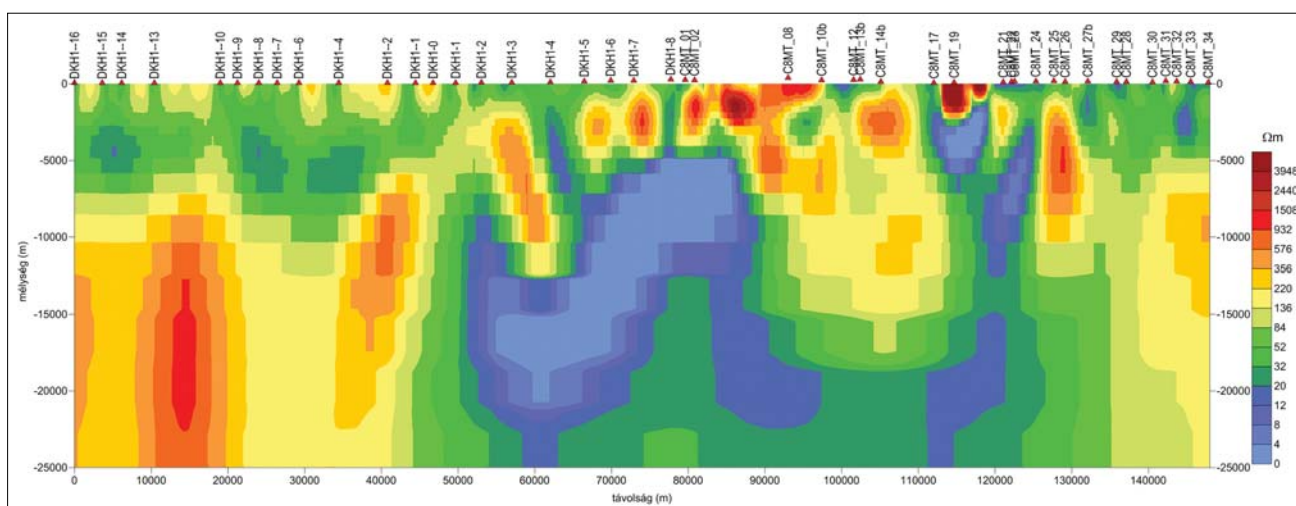
A másik litoszférakutató szeizmikus szelvény, a CEL08-as szelvény mentén (1. ábra) is végeztünk MT méréseket. Még nem értünk a mérésekkel a szelvény végére, de az előzetes eredmények vizsgálata a mi szempontunkból már így is érdekes eredményeket hozott. A szelvény eleje még a kisl földi, 1983-ban mért Dkh-1 szelvény pontjait tartalmazza, amelyek kisebb eltéréssel a CEL08 nyomvonalának



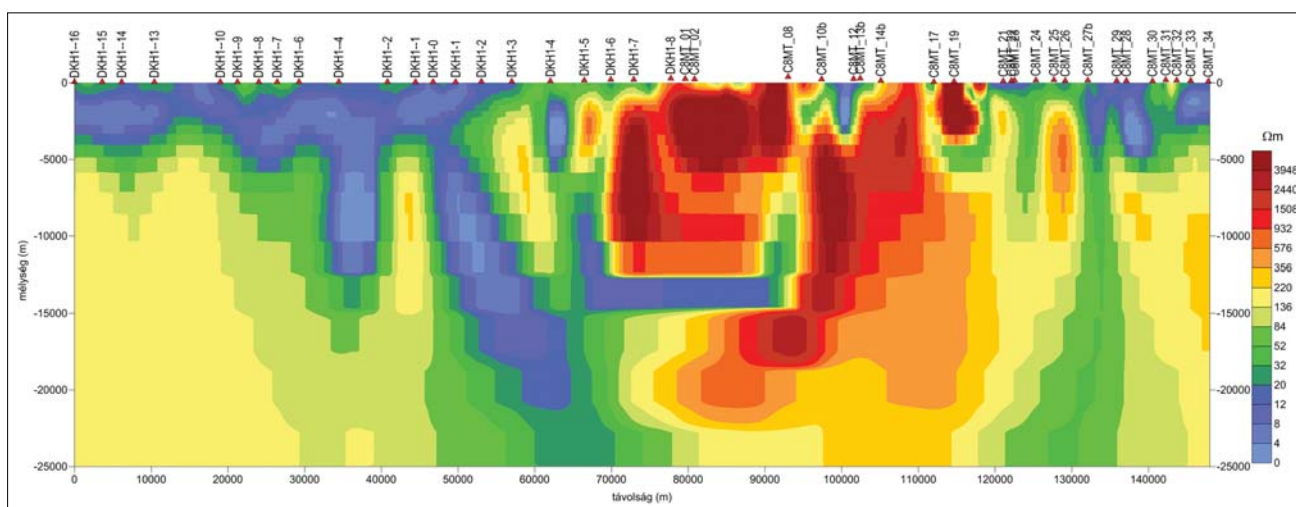
10. ábra | Magnetotellurikus szondázási pontok elhelyezkedése a domborzaton, CEL08 vonal
 Figure 10 | Location of magnetotelluric soundings along the profile CEL08 plotted on the surface relief map



11. ábra A CEL08_{MT} fajlagos ellenállás szelvény – *E* polarizációs inverziós eredmény
 Figure 11 Resistivity section of profile CEL08_{MT} – inversion of *E* polarization curves



12. ábra A CEL08_{MT} fajlagosellenállás-szelvény – *H* polarizációs inverziós eredmény
 Figure 12 Resistivity section of profile CEL08_{MT} – inversion of *H* polarization curves



13. ábra A CEL08_{MT} fajlagosellenállás-szelvény – kétdimenziós, közös inverzió
 Figure 13 Resistivity section of profile CEL08_{MT} – joint 2D inversion

megfelelnek. Ezeket folytattuk a Dunántúli-középhegység területén, valamint a Balatontól D-re, így a teljes szelvény (~222 km) kétharmad része (~150 km) van lefedve magnetotellurikus szondázásokkal.

A pontok földrajzi elhelyezkedését az 1. ábra mutatja, illetve a 10. ábra jelzi a pontok helyzetét a domborzaton. Jól azonosítható a kisl földi síkvidék, a középhegységi szakasz, a balatoni süllyedék, benne a tihanyi tanúhegygel, majd a somogyi dombság hullámzó domborzatával, meredek északi és lankás déli lejtőkkel.

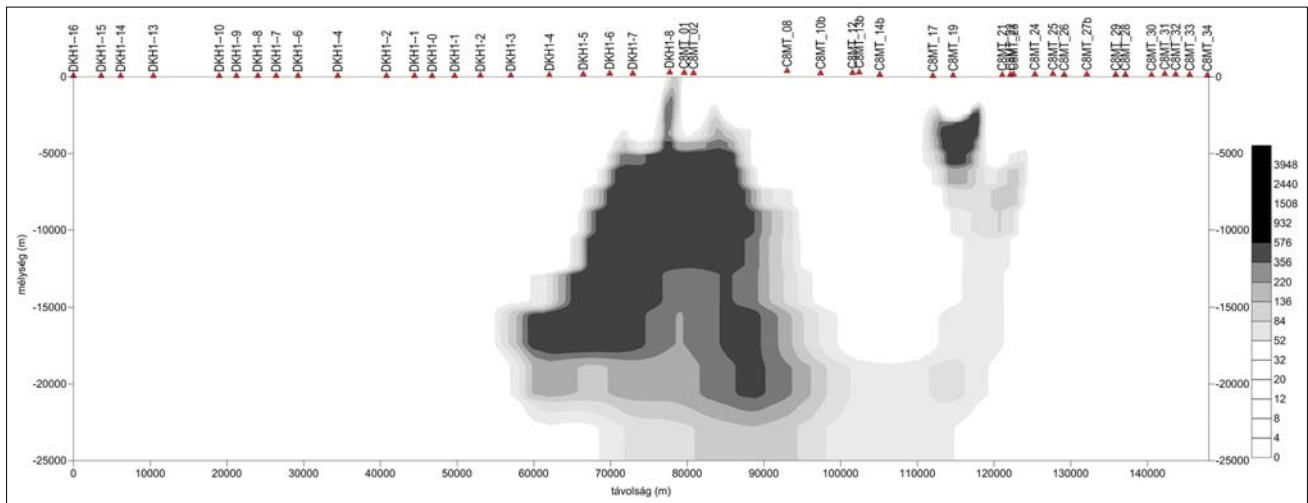
A szelvény középső részén, a középhegységi vonulat kezdeténél (10. ábra) jelentkeznek a legnagyobb eltérések a TE (11. ábra) és TM módú (12. ábra) invertált fajlagosellenállás-szelvények között. A eltérés a felszín közelében (2–3 km mélységben) csak foltokban jelentkezik, alatta viszont az E polarizáció szigetelő ($\rho \approx \infty$) közeget, a H polarizáció viszont „szupravezetőt” ($\rho \approx 0$) mutat.

A 2D közös inverzióból kapott kép (13. ábra) meglehetősen bonyolult fajlagosellenállás-eloszlást eredményez.

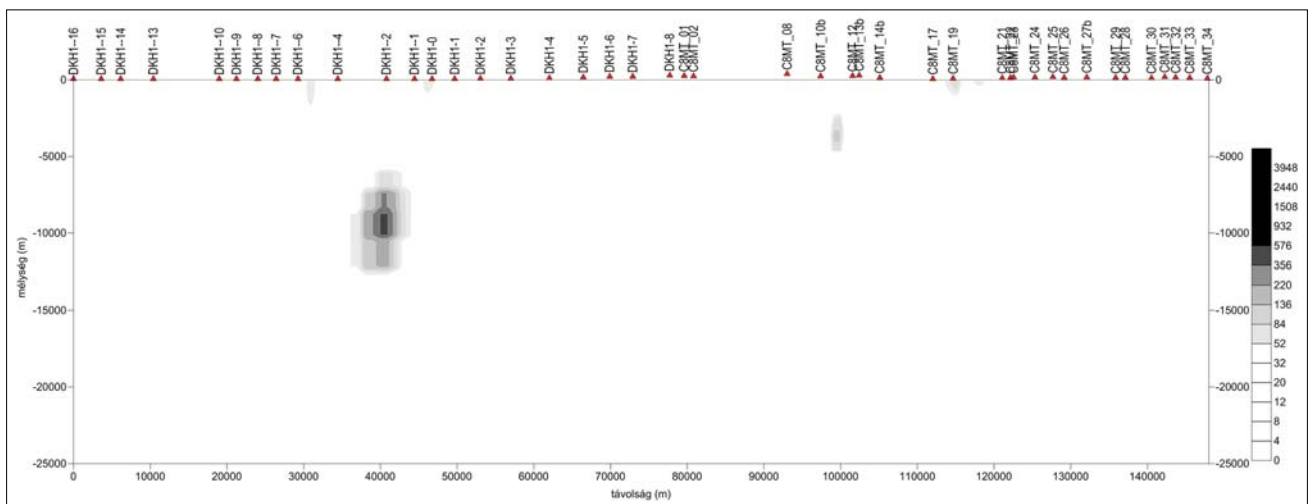
Az eltérést a ρ_{TE}/ρ_{TM} arány (14. ábra) is szépen mutatja. Abból, hogy a ρ_{TE}/ρ_{TM} arány képzésekor jelenik meg, arra következtethetünk, hogy a mágneses permeabilitás megváltozása okozza az anizotrópiát. Ennek forrása pedig, a balatonfelvidéki bazalt-bazanit vulkanizmus lehet (pl. a Kab-hegy). Erre utal a 13. ábra másik maximuma, amely 115 km-nél jelenik meg, a 17 és a 19-es pontoknál, azaz Tihany alatt.

A ρ_{TM}/ρ_{TE} arány (15. ábra) szintén ad egy maximumot, amely viszont a DKH1–2 pont, azaz a kemenesháti bazaltok alatt jelentkezik. Érdekes módon ez is kapcsolódik a bazaltokhoz, s így a mágneses szuszceptibilitáshoz, pedig a ρ_{TM}/ρ_{TE} arány inkább a dielektromos permittivitás megváltozására utalhat.

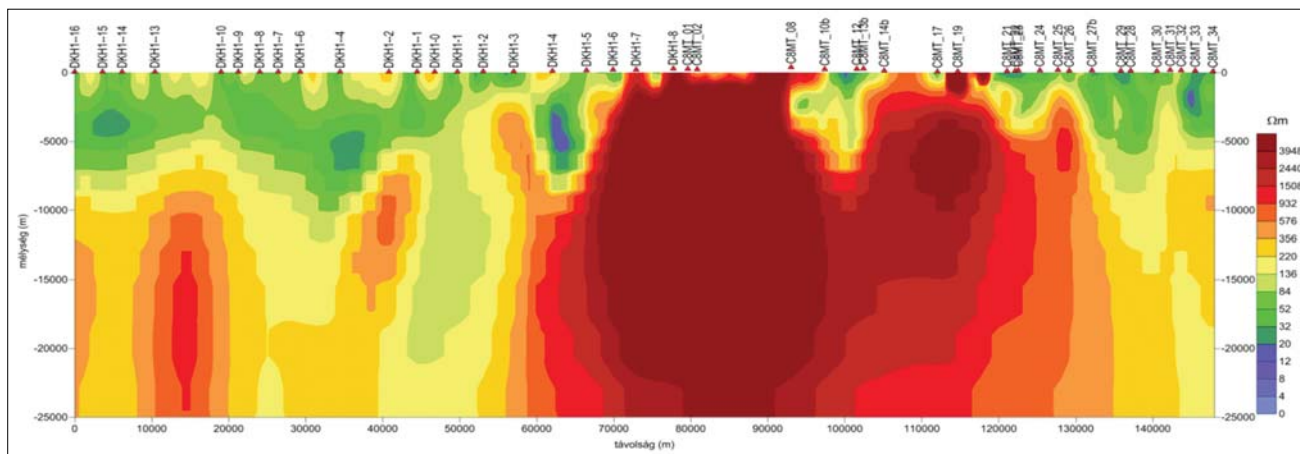
A két polarizációból képzett analitikus fajlagosellenállás-szelvény (16. ábra) a nagyobb értékeket erősíti fel, de ez megítélésünk szerint közelebb van a földtani valósághoz, mint a kétdimenziós közös inverzióból kapott bonyolult kép (13. ábra). A magnetotellurikus mérésekről csak akkor kaphatunk teljes képet, ha a TM módú, TE



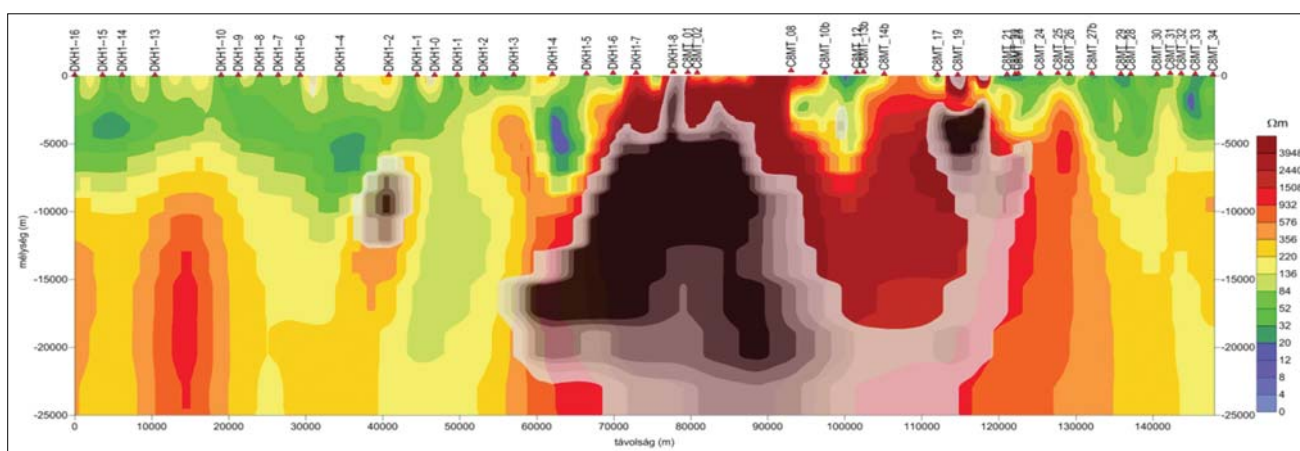
14. ábra | A ρ_{TE}/ρ_{TM} mennyiség a CEL08 szelvény mentén
 Figure 14 | Section of ρ_{TE}/ρ_{TM} values along the CEL08 profile



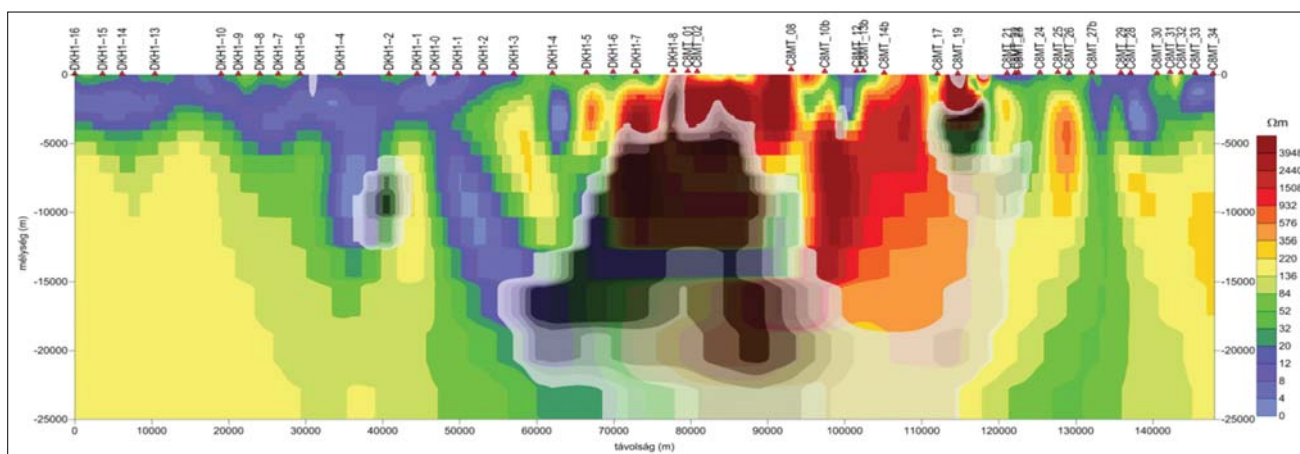
15. ábra | A ρ_{TM}/ρ_{TE} mennyiség a CEL08 szelvény mentén
 Figure 15 | Section of ρ_{TM}/ρ_{TE} values along the CEL08 profile



16. ábra | CEL08^{MT} analitikus fajlagosellenállás-szelvény
Figure 16 | CEL08^{MT} analytical resistivity section



17. ábra | CEL08^{MT} analitikus fajlagosellenállás-szelvény az anizotrópiamaximumokkal
Figure 17 | Analytical resistivity section along the profile CEL08^{MT} together with the anisotropy maxima



18. ábra | CEL08, a kétdimenziós közös inverzió fajlagosellenállás-szelvénye az anizotrópiamaximumokkal
Figure 18 | Joint 2D inversion resistivity section along the profile CEL08 with the anisotropy maxima

módú és közös kétdimenziós inverzió eredménye mellett figyelembe vesszük a maximális anizotrópiát is, amelyet a kettő arányaiból tudunk képezn.

A határfelületek miatt kialakult anizotrópiamaximumok (röviden „AniMax”) magyarázatot adnak a különböző irányú mérések eltéréseire és részben a mélybeli változások okaira is.

A CEL08 szelvény esetében képzett analitikus fajlagosellenállás-szelvény (16. ábra) egy „egyszerűbb” ellenállás-eloszlási képet eredményezett. A szelvényen feltüntetett anizotrópiamaximum-helyek (17. ábra) beazonosítása könnyebb, mint a 2D inverziós szelvény alapján (18. ábra).

Összefoglalás

A cikkben néhány új magnetotellurikus feldolgozási lépést mutattunk be, amelyek közelebb vihetnek minket a mért adatok földtani értelmezéséhez.

Az egyik az „AniMax” (anizotrópiamaximum) eljárás, azaz az anizotrópiából származó eltérések kimutatása. Ezt dióhéjban a következőképpen lehetne összefoglalni:

2D szerkezet felett MT mérést végezve két, egymástól eltérő szondázási görbét kapunk az irányanizotrópia, az elektromágneses térben fellépő határfelületi jelenségek miatt. A két görbe közti eltérést lehetne megfelelő mélységlépték megválasztásával ábrázolni, már ez is fontos információt adhatna a feltételezett szerkezetről. Elsőre egyszerűbb nem magukat a görbéket, hanem az inverzió után kapott ellenállás-eloszlásokat vizsgáljuk. Mivel az inverzió a határfelületi jelenségeket nem tudja kezelni – mivel feltételeztük, hogy a relatív dielektromos állandó és a relatív mágneses permeabilitás konstans –, így a görbék közti eltérés az inverzió eredményében is megjelenik. Az eltérések az ellenállás-eloszlási rácsokon végzett egyszerű műveletekkel könnyen kiemelhetők, megjeleníthetők.

Lépésenként:

- magnetotellurikus terepi mérések;
- a szelvény mentén végzett MT szondázások E és H polarizációs görbéinek elkészítése;
- a mérési adatok E és H polarizációs valamint együttes inverziója;
- E és H polarizációs inverziós eredményekből a $\rho_{TE/TM}$ és a $\rho_{TM/TE}$ arányok képzése;
- az aránytérképek megjelenítése az anizotrópiamaximumok kiemelésével;
- E és H polarizációs inverziós eredményekből az analitikus fajlagosellenállás-szelvény képzése.

Amint a listából is látszik, a másik újszerű feldolgozási lépés az analitikus jel képzése, amelyet tulajdonképpen csak átveszünk egy másik geofizikai módszertől. Ennek lényege a következő. A kétdimenziós közös inverzió olyan helyeken, ahol nagy eltérés van az E és H polarizációs görbék között nagyon változékonny, szinte értelmezhetetlen fajlagosellenállás-szelvényt eredményez. Az anizotrópiamaximumok sokszor a nagy változékonyságú helyeken jelentkeznek, ami részben igazolja a határatmeneti jelenségeket, ugyanakkor nem könnyíti meg az MT szelvények klasszikus földtani értelmezését. Ha a különböző polarizációjú inverziós eredményeket derivált jellegű szelvényeknek (térképnek) tekintjük, akkor a mágneses feldolgozási eszköztárból ismert „analytical signal” eljárást, azaz a derivált szelvények (térképek) vektoros összeadását – $\rho_{AS} = [\rho_E^2 + \rho_H^2]^{1/2}$ – itt is alkalmazhatjuk. Az így kapott fajlagosellenállás-szelvény az anizotrópiamaximumokkal összhangban mutatja a szelvénymenti változásokat.

Az analitikus fajlagos ellenállás alkalmazása viszont, bizonyos szinten a klasszikus értelmezési eljárásokat is felülírják (a maximumhelyek nemcsak fajlagosellenállás-maximumok lesznek, hanem a mágneses permeabilitás

vagy az dielektromos permittivitás megváltozási helyei is)!

A határatmeneti jelenségek vizsgálata alapján tehát a következő mondható el:

- Két közeg határfelületén E polarizációban (TE mód) a közeg mágneses permeabilitásának, H polarizációban (TM mód) a közeg dielektromos permittivitásának megváltozásával fordítottan arányos változásokkal kell számolni. A közös 2D inverzió során a két polarizáció határatmeneti eltérése valamilyen szinten kiejtődik, de érdemes a különböző E és H polarizációbeli eltérésekkel jelzett paraméterbeli változások földtani okaival is foglalkozni.
- Két közeg határfelületén H polarizációban (TM módban) a relatív dielektromos permittivitás növekedése csökkenti az impedanciát, csökkenése értelemszerűen növeli az impedanciát.
- Két közeg határfelületén E polarizációban (TE módban) a relatív mágneses permeabilitás növekedése növeli az impedanciát, csökkenése értelemszerűen csökkenti az impedanciát.
- Ahol nagy az eltérés a H polarizációs és az E polarizációs mérési eredmények között (jelentős anizotrópia feltételezhető), ott eltérő fizikai paraméterekkel rendelkező földtani határfelület van.
- Eredményeink alapján az eltérő fizikai paraméterekkel rendelkező határfelületek esetén az MT szondázási pontok helyzete kiemelt szerephez jut (határfelület előtt, rajta és utána). Attól függően, hogy hol helyezkedik el a mérőeszköz, a mért hatás teljesen eltérő lehet! Nem zárható ki olyan szituáció sem, amikor tektonika miatti közettani változások (fizikai paraméterváltozások) sűrűbben találhatóak, mint a mérési pontjaink! Ezt tovább bonyolíthatja a mágneses anomális tér irányítottága, ami hatással van a kialakuló elektromágneses térre is!
- A mágnesesadat-feldolgozásokban alkalmazott analitikus jel alkalmazása (ami térgradiens képzésnek felel meg – az X , Y , Z irányderiváltak vektorösszege) a magnetotellurikában is alkalmazható, általa a különböző irányú mérésekből adódó eltéréseket (anizotrópiát) tudjuk értelemesen kezelni, együttesen megjeleníteni.

Feltételezhető még néhány érdekesség:

- A feldolgozásaink alapján nem zárható ki, hogy az elfogadott Curie-hőmérsékleti mélységnél nagyobb mélységben is lesznek anizotrópiamaximumok. Ebben az esetben kérdés, hogy csak geometriai ellenállás anizotrópiáról van-e szó, vagy pedig a Curie-mélység nem köthető a magnetithez ($T_c = 578$ °C), hanem nagyobb mélységeknek is vannak mágneses ásványok. Ilyenek lehetnek például: a hematit ($T_c = 675$ °C) vagy esetleg az elemi Fe ($T_c = 770$ °C) illetve az elemi Co ($T_c = 1136$ °C) vagy annak olyan ismeretlen, vagy a felszínen nem mágneses ásványváltozatai, amelyek a mélyben mágneses hatóként megjelennek.
- A remanens mágnesezettséget a klasszikus MT feldolgozásokban eddig nem vettük figyelembe, pedig annak mág-

neses tere ugyanolyan hatással lehet, mint az indukáló mágneses tér. A remanens mágnesezettség helyenként sokkal erősebb hatása a mágnesezettségi kontraszt miatt már a felszínközeli képződmények esetén is megjelenhet a mérésekben. A virtuális remanens mágneses szuszceptibilitás bevezetésével ez is kezelhető. Clark (1983, 1997) publikációi jelzik, hogy a fiktív mágneses permeabilitások paraméterével is számolni kell!

- Amíg a közeg mágnesezettsége konzervatív paraméternek (anyagi állandónak) tekinthető, addig a közeg elektromos vezetőképesség- és a dielektromos permittivitástulajdonosságait a későbbi tektonikai mozgások a hézagszerkezet változásával (továbbá a víztartalom növekedésével) jelentősen befolyásolhatták.
- A „ferromágneses” jelenségek mellett a „ferroelektromos” jelenségek is jelen lehetnek a Föld mélyében, és azok a dielektromos permittivitas jelentős megváltozását okozhatják (1. Függelék). A határátmeneti törvényszerűségek vizsgálata rámutatott arra, hogy a relatív permittivitas megváltozása is fajlagosellenállás-anomáliákat okozhat.

S végül régi kedves kollégámnak, s e cikk lektorának, Verő Lászlónak sorait idézném befejezésékképpen:

„Ha olyan valakinek kellene megmagyarázni, hogy miről is szól a cikk, aki még csak nem is hallott a magnetotellurikáról, azt mondanám: újabb bizonyíték arra, hogy a természet jobban tudja a fizikát, mint mi, emberek.

Ha pedig olyan valakinek, aki életében már látott magnetotellurikus szondázási görbéket, azt mondanám: ígéretes próbálkozás arra, hogy ne csak csodálkozzunk azon, mennyire eltérő görbéket, következésképp az inverzió után mennyire eltérő eredményeket kapunk ugyanazon a helyen az E polarizációs és H polarizációs görbéből, hanem közelebb jussunk az eltérések fizikai okainak megismeréséhez, kvantitatív leírását adjuk az eltéréseknek.

És ha egy földtanban járatos ember kérdezné meg ugyanezt, annak – a számára bonyolultnak tűnő inverziós szelvények helyett – az anizotrópiamaximumokat mutatnám meg.”

Összegezve, a magnetotellurikus szelvényeken a fajlagos ellenállás növekedésének oka:

- Az elektromos vezetőképesség csökkenése (TE , TM)
- A dielektromos permittivitas csökkenése (TM)
- A mágneses permeabilitás növekedése (TE)

Figyelembe kell venni azt, hogy ismeretlen földtani felépítésű területen a TE és a TM irány sem ismert, másrészt egy szelvény nyomvonala mentén vízszintesen és függőlegesen is megváltozhat a szerkezeti s ennek következtében a polarizációs irány is!

A tanulmány szerzői

Kiss János, Zilahi-Sebess László, Rádi Károly

Jegyzetek

- ¹⁾ TE mód (vagy E polarizáció): az elektromos tér iránya, azaz a fő áramirány;
 TM mód (vagy H polarizáció): a mágneses tér iránya, azaz a fő áramirányra merőleges irány.
- ²⁾ A cikk végén a függelékben megadtuk néhány ásvány és kőzet dielektromos állandóját.
- ³⁾ A cikk végén, a függelékben megadtuk néhány ásvány és kőzet mágneses szuszceptibilitását és permeabilitását.
- ⁴⁾ Az EDI magnetotellurikus szterderd formátum alapján.
- ⁵⁾ A változékonyságot az adatok statisztikai vizsgálata alapján a „szórás” paraméterrel jellemezhetjük. Ennek megfelelően a szórás egy adott terület- vagy szelvényegységre vonatkozó statisztikai paraméter, amelyet egy mozgóablakos szűrési eljárással lehet meghatározni. Az ablak nagysága az adatrendszer sűrűségétől, a vizsgálat céljától és a feldolgozást végző szakembertől függ. Ahol a mágneses tér legnagyobb változásai vannak, ott a szórás maximális értéket vesz fel. A mágneses hatók ezen a helyeken a legvalószínűbbek.

Hivatkozások

- Borradaile G. J., Jackson M. (2004): Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS): magnetic petrofabrics of deformed rocks. In: Martin-Hernandez F., Lüneburg C. M., Aubourg C., Jackson M. (eds) 2004. Magnetic Fabric: Methods and Applications. Geological Society, London, Special Publications, 238, 299–360.
- Carmichael R. S. (1982): CRC Handbook of physical properties of rocks, CRC Press, Vol. 2, Boca Raton, Fla.
- Clark D. A. (1983): Magnetic properties of pyrrhotite – applications to geology and geophysics. M.Sc. Thesis, University of Sydney, p. 256.
- Clark D. A. (1997): Magnetic petrophysics and magnetic petrology: aids to geological interpretation of magnetic surveys – AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17/2, 83–103.
- Csókás J. (1977): Geofizika I. Gravitációs és mágneses módszerek. Tankönyvkiadó, Budapest
- Dobrinin B. M., Vendelstein B. J., Kozsevnyikov D. A. (1991): Petrofizika, Nyedra Kiadó, Moszkva [Добрынин Б. М., Вендельштейн Б. Ю., Кожеников Д. А. (1991): Петрофизика, Недра, Москва]
- Egerer F., Kertész P. (1993): Bevezetés a kőzetfizikába, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Feyman R. P., Leighton R. B., Sands M. (1986): Mai Fizika 5., Elektromágnesesség, Elektrosztatika, Dielektrikumok, Magnetosztatika, (3. kiadás), Műszaki Könyvkiadó, p. 216.
- Hunt C. P., Moskowitz B. M., Banerje S. K. (1995): Rock Physics and Phase Relations. A Handbook of Physical Constants. AGU Reference Shelf. Vol. 3; <http://dx.doi.org/10.1029/RF003p0189>
- Kiss J. (2005): A CELEBRATION-7 szelvény komplex geofizikai vizsgálata, és a sebességanomália fogalma. Magyar Geofizika, 46/1, 25–34.
- Kiss J. (2009a): Gravitációs és mágneses feldolgozások és modellezések a földtani környezet megismerése céljából. Doktori (PhD) értekezés, p. 126, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Geokörnyezettudományi Program, Sopron

- Kiss J. (2009b): A CEL08 szelvény geofizikai vizsgálata. Magyar Geofizika, 50/2, 59–74.
- Kiss J. (szerk., 2017): Mélyföldtani kutatások geofizikai módszerekkel. MBFSZ Kézirat, MBFG Adattár, p. 33.
- Kiss J., Prácser E., Szarka L., Ádám A. (2010): Mágneses fázisátalakulás és a magnetotellurika. Magyar Geofizika, 51/2, 73–87.
- Kiss J., Szarka L., Prácser E. (2005): Second order magnetic phase transition in the Earth. Geophysical Research Letters, 32, L24310, DOI: 10.1029/2005GL024199
- Kiss J., Zilahi-Sebess L., Szarka L. (2011): A mágnesség jelensége és a Hopkinson-effektus. Magyar Geofizika, 52/3, 151–169.
- Kiss J., Cserkés-Nagy Á., Zilahi-Sebess L., Rádi K., Vértesy L., Gulyás Á., Bauer M., Gúthy T., Orosz L., Deák Zsuzsa V., Paszera Gy. (2019): Mélyföldtani kutatások, Kézirat, MBFSZ Kézirat, MBFG Adattár, p. 57.
- Koenigsberger J. G. (1938a): Natural residual magnetism of eruptive rocks Part 1 – Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 43/2, 119–130.
- Koenigsberger, J. G. (1938b): Natural residual magnetism of eruptive rocks Part 2 – Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 43/3, 299–320.
- Logacsov A. A., Zaharov V. H. (1979): Mágneses kutatómódszer, Nyedra Kiadó, Moszkva [Логачёв А. А., Захаров В. П. (1979): Магниторазведка, Недра, Москва]
- Michelsen K. J., Ferré E. C., Law R. D., Boyd J. D., Ernst W. G., de Saint-Blanquat M. (2007): Spatial distribution of magnetic susceptibility in the Mt. Barcroft granodiorite, White Mountains, California: implications for arc magmatic processes. Eos Transactions of the American Geophysical Union, 88(52), Fall Meeting Supplement, Abstract T11B-0567
- Szarka L., Ádám A., Kiss J., Madarasi A., Novák A., Prácser E., Varga G. (2004): Magnetotelluric images from SW-Hungary, completed with gravity, magnetic and seismic measurements. 17th EM Induction Workshop, Hyderabad, India
- Szarka L., Kiss J., Prácser E., Ádám A. (2010): The magnetic phase transition and geophysical crustal anomalies. Chinese Journal of Geophysics, 53/3, 612–621, DOI: 10.3969/j.issn.0001-5733.2010.03.015
- Znamenszkij V. V. (1980): Terepi geofizika, Nyedra Kiadó, Moszkva [Знаменский В. В. (1980): Полевая геофизика, Недра, Москва]

1. Függelék

Anyagok, kőzetalkotó ásványok, kőzetek, dielektromos tulajdonságai

A dielektromos állandó (permittivitás) a szigetelő anyagok jellemzője. Az ásványok a vezetőképesség mértéke és jellege, valamint a dielektromos permittivitás alapján három csoportra oszthatók:

1. Termésvémek és grafit – *a vezetők*:
Fajlagos ellenállás $\rho = 10^{-8} - 10^{-5} \Omega\text{m}$, $\epsilon_r \rightarrow 0$.
2. Oxidok, szulfidok, arzenidok és szelenidok nagy része – *a félvezetők* (galenit, pirrotin):
Fajlagos ellenállás $\rho = 10^{-6} - 10^8 \Omega\text{m}$, dielektromos állandó $\epsilon_r > 80$.

3. *A tipikus dielektrikumok* (kvarc, földpátok, kalcit, anhidrit, kősó):
Fajlagos ellenállás $\rho = 5 \times 10^7 - 3 \times 10^{16} \Omega\text{m}$, dielektromos állandó $\epsilon_r = 4-8$.

A három csoport alapján megállapítható, hogy a fajlagos ellenállás (vezetőképesség) és a dielektromos polarizáció más szempontok alapján ugyan, de hasonlóan jellemzik az anyag elektromos tulajdonságait.

2. táblázat | Ásványok és kőzetek relatív dielektromos permittivitása (ϵ_r)
Table 2 | Relative dielectric permittivity of minerals and rocks (ϵ_r)

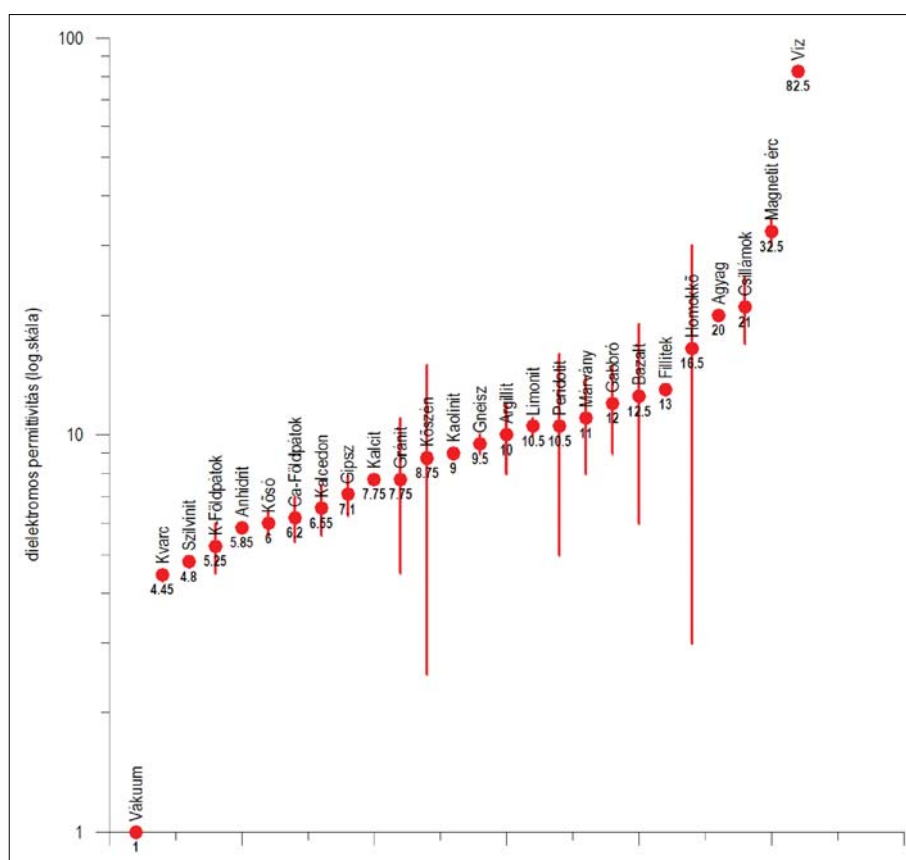
Földtani képződmények	Dielektromos permittivitás		Földtani képződmények	Dielektromos permittivitás	
	értéke	szórása		értéke	szórása
Vákuum	1	–	Homok	3–5	2
Korund (Al ₂ O ₃)	8,5–9,0	1,5	Vizes homok	20–30	10
Kvarc (SiO ₂)	3,5–4,6	1,1	Homokkő	3–30	27,0
Kalcedon	5,6–7,5	1,9	Szerves talaj	12	–
K-Földpátok	4,5–6,0	1,5	Argillit	8–12	4,0
Ca-Földpátok	5,4–7,0	1,6	Fillitek	13	–
Kalcit	7,5–8,0	0,5	Gneisz	9–10	1,0
Anhidrid	5,7–6,0	0,3	Mészkö	4-8	4,0

2. táblázat Ásványok és kőzetek relatív dielektromos permittivitása (ϵ_r) (folyt.)Table 2 Relative dielectric permittivity of minerals and rocks (ϵ_r) (cont'd)

Földtani képződmények	Dielektromos permittivitás		Földtani képződmények	Dielektromos permittivitás	
	értéke	szórása		értéke	szórása
Gipsz	6,3–7,9	1,6	Márvány	8–14	6,0
Kősó	5,6–6,4	0,8	Kőszén	2,5–15	12,5
Szilvinit	4,8	–	Peridotit	5–16	11,0
Limonit (FeO(OH), nH_2O)	10–11	1,0	Gabbró	9–15	6,0
Csillámok	17–25	8,0	Gránit	4,5–11	6,5
Kaolinit	9	–	Bazalt	6–19	13,0
Vulkáni hamu	4–7	3,0	Magnetit érc	30–35	5,0
Agyag	5–40	35	Víz	80–85	5,0
Iszap	5–30	25	Rutil (TiO ₂)	80–100	20,0

A 2. táblázat és a 18. ábra alapján megállapítható, hogy a dielektromos permittivitás szélsőértékei a vákuum ($\epsilon_r = 1$) és a víz ($\epsilon_r = 85$) értékei esetén figyelhetők meg, bár a szakirodalombeli utalások alapján a fémek és a félvezetők dielektromos permittivitása a víznél jóval nagyobb lehet (lásd például a rutilt).

A víztartalom tehát komoly szerepet játszik kőzetek (elsősorban a porózus üledékes kőzetek esetében) a dielektromospermittivás-értékek kialakulásában. Ebből adódik, hogy a dielektromos permittivás értékében a legnagyobb szórás a homokkő és a kőszén esetében figyelhető meg. Szórás szempontjából a következő csoport a



19. ábra Különböző anyagok permittivitása sorrendbe szervezve (minimális, maximális és középértékkel)

Figure 19 Permittivity of different materials organized in order (with minimum, maximum and mean values)

peridotit és a bazalt, amit már nem a pórusterben megjelenő víztartalom, hanem inkább a vezető és félvezető anyagok jelenléte okozhat.

Az anyagok dielektromos permittivitásának aránya csak a táblázat értékei alapján 1–85 között, a vákuum és a víz kizárásával 1–20 között változhat, ami hatással lehet a H polarizációs magnetotellurikus mérési eredményekre. A vezetők és félvezetők nagy dielektromos permittivitását a vezetőképességgel való összevetés alapján lehetne csak pontosan megítélni.

Még egy jelenséget meg kell említeni a „ferroelektromosság” jelenségét, amely nagyon hasonló a ferromágnesesség jelenségére. Feynman és társai (1986) ezt írják:

„Közvetlenül a Curie-hőmérséklet felett az ϵ_r értéke óriási. Hatalmas mértékű felerősítési hatással van dolgunk: a relatív permittivitás elérhet 50 000 és 100 000 közötti értékeket is... A relatív permittivitás nagyon érzékeny a hőmérsékletre.”

Ez viszont azt mutatja, hogy bizonyos mélységben és hőmérséklet mellett a földkéregben a dielektromos permittivitás a Hopkinson-effektushoz hasonló jelenséget produkál, amikor a relatív permittivitás értéke szélsőségesen megváltozhat. Ez viszont a (23) és (30) összefüggés miatt hatással lesz a magnetotellurikus mérésekre is.

2. Függelék

Anyagok, kőzetalkotó ásványok, kőzetek mágneses tulajdonságai

Az anyagok a mágneses szuszceptibilitásuk alapján 3 csoportra oszthatók: ferromágneses, paramágneses és diamágneses anyagok. Ezek közül láthatóan (3. táblázat) csak a ferromágneses anyagoknak van egytől különböző relatív mágneses permeabilitásuk, ami hatással lehet az elektromágneses mérésekre.

A 4. táblázat alapján látszik, hogy a kőzetek ferromágneses (Co, Ni, Fe) ásványtartalma előidézhetheti már az indukált mágnesezettség esetén is, de még inkább a remanens mágnesezettség esetén, hogy a relatív mágneses permeabilitás értéke jóval nagyobb legyen, mint 1 ($\mu_r \gg 1$). Ez viszont azt jelenti, hogy a ferromágneses ásványtartalmú kőzetek esetén a relatív mágneses permeabilitás megnövekedése miatt módosítani fogja az E polarizációs magnetotellurikus mérési eredményeket.

Az 5. táblázat alapján a diabáz, bazalt, amfibolit, szerpentin és peridotit esetében, erős a remanens mágnesezettséget feltételezve, a mágneses permeabilitás értéke már a szokásos $Q = 10$ esetén is érezhető lesz, nem beszélve a $Q = 100$ (esetleg néhányszor 100) értékű Königsberger-arány esetében megjelenő, sokkal erősebb hatásról. Ilyen értékekkel az óceáni kéreg esetében gyakran találkozhatunk.

Clark (1983, 1997) publikációiban találtuk ezeket az összefoglaló táblázatokat, amelyek nagy valószínűséggel általánosíthatók az egész Földre.

A 20. ábra a mágneses ásványok Königsberger-arányait mutatja. Látszik, hogy a TRM, azaz termális és a SIRM, azaz telített izotermikus remanens mágnesezettség esetén a legnagyobbak a Q értékei, akár 10000-es értéket is elér-

3. táblázat | Az anyagok mágneses tulajdonságai (Wikipédia)

Table 3 | Magnetic properties of materials (Wikipedia)

Csoport	Anyag	μ_r
Ferromágneses anyagok	Kobalt	100–400
	Nikkel	200–500
	Vas	300–6000
	Permalloy ötvözetek	5000–300000
Paramágneses anyagok	Platina	1,0000004
	Alumínium	1,0000043
	Mangán	1,0004
Diamágneses anyagok	Arany	0,99997
	Ezüst	0,999975
	Kén	0,99998
	Réz	0,99999
	Víz	0,9999901

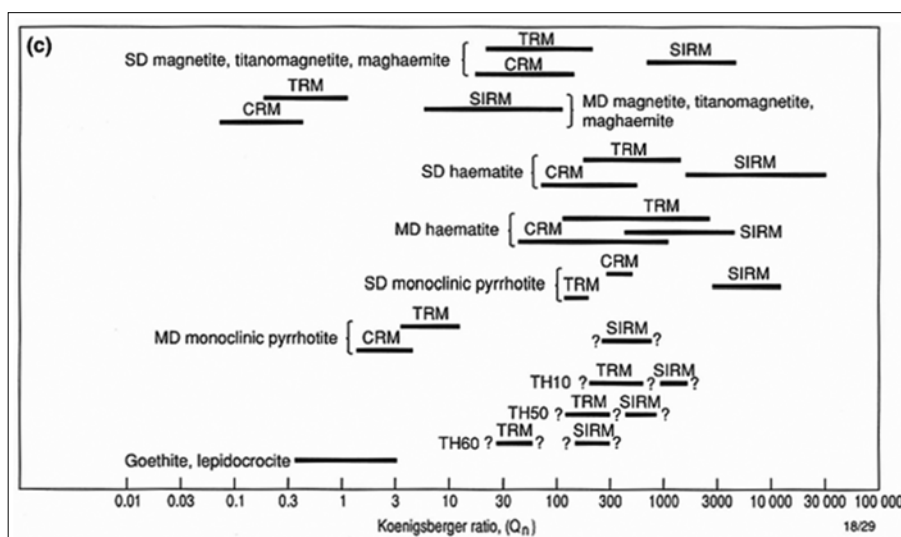
4. táblázat Ferromágneses ásványok mágneses szuszceptibilitása és relatív permeabilitása (A–C oszlop) (Csókás 1977, Logacsov, Zaharov 1979 alapján) valamint a 10-es Königsberger-arányra kiszámolt, remanens mágnesezettségből származó fiktív szuszceptibilitás és relatív mágneses permeabilitás várható értéke
Table 4 Magnetic susceptibility and relative permeability of ferromagnetic minerals (columns A–C) (Csókás 1977, Logacsov, Zaharov 1979) and the expected value of the virtual susceptibility and relative magnetic permeability due to remnant magnetization calculated for the Königsberger ratio of 10

Ferromágneses ásványok	(Indukált) mágneses szuszceptibilitás (SI)	(Indukált) relatív mágneses permeabilitás (SI)	(Remanens/fiktív) mágneses szuszceptibilitás (SI)	(Remanens/fiktív) relatív mágneses permeabilitás (SI)
A	B	C	D	E
Magnetit (Fe ₃ O ₄)	3,75–25	4,75–26	37,5–250	38,5–251
Maghemit (γFe ₂ O ₃)	3,75–25	4,75–26	37,5–250	38,5–251
Pirrhotin (Fe _n S _{n+1})	0,1–1,25	1,1–2,25	1–12,5	2–13,5
Hematit (Fe ₂ O ₃)	(2,5–12,5)×10 ⁻³	1,0025–1,0125	(2,5–12,5)×10 ⁻²	1,025–1,125
Titanomagnetit (Fe _{3-n} Ti _n O ₄)	10 ⁻⁵ –1	1,00001–2,0	10 ⁻⁴ –10	1,0001–11

5. táblázat Kőzetek mágneses szuszceptibilitása (különböző szerzők munkái alapján)

Table 5 Magnetic susceptibility of rocks (based on the work of various authors)

Kőzet	κ _{max} (SI)	κ _{max} (SI)	κ _{max} (SI)	κ _{max} (SI)	κ _{max} (SI)
	Znamenszkij (1980)	Logacsov és Zaharov (1979)	Dobrynin et al. (1991)	Carmichael (1982)	Egerer és Kertész (1993)
Kvarcporfir	–	0,009	0,009	–	–
Gránit	0,072	0,063	0,040	0,050	0,070
Andezit	0,214	0,038	0,040	–	0,070
Diabáz	0,234	0,150	0,150	0,029	0,080
Bazalt	0,327	0,250	0,250	0,180	0,100
Amfibolit	–	–	0,150	–	0,150
Szerpentinit	–	0,628	0,600	0,075	–
Peridotit	0,267	–	0,500	0,157	0,100



20. ábra Königsberger-arány a főbb mágneses ásványok esetén (Clark 1997) (CRM = kémiai remanens mágnesezettség, TRM = termoremanens mágnesezettség, SIRM = telített izotermikus remanens mágnesezettség, SD = egydomén, MD = multidomén)

Figure 20 Permittivity of different materials 20. Königsberger ratio for major magnetic minerals (Clark 1997) (CRM = chemical remnant magnetisation, TRM = thermoremanant magnetisation, SIRM = saturation isothermal remnant magnetisation, SD = single domain, MD = multi domain) in order (with minimum, maximum and mean values)

6. táblázat Főbb ferromágneses ásványok mágneses szuszceptibilitása és Curie-hőmérséklete
Table 6 Magnetic susceptibility and Curie temperature of major ferromagnetic minerals

Ásvány	Képlet	Mágneses szuszceptibilitás (10^{-6} SI)	Curie-hőmérséklet °C
Magnetit	Fe_3O_4	5 700 000 ^{a)}	578
Titanomagnetit	$Fe_{(3-x)}Ti_xO_4$	620 000 ^{b)}	-200 – +580
Titanomaghemit	$Fe_{(3-x)R}Ti_{xR}□_{3(1-R)}O_4$	2 800 000 ^{b)}	-200 – + 600
Ulvöspinel	Fe_2TiO_4	4 800 ^{b)}	-153
Hematit	αFe_2O_3	40 000 ^{a)}	675
Ghoetit	$\alpha FeOOH$	12 000 ^{a)}	120
Sziderit	$FeCO_3$	4 900 ^{b)}	580
Maghemit	γFe_2O_3	2 500 000 ^{a)}	600
Ilmenit	$FeTiO_3$	3 800 000 ^{c)}	-233
Pirrhotin	FeS	3 200 000 ^{a)}	300

^{a)} Borradaile, Jackson 2004

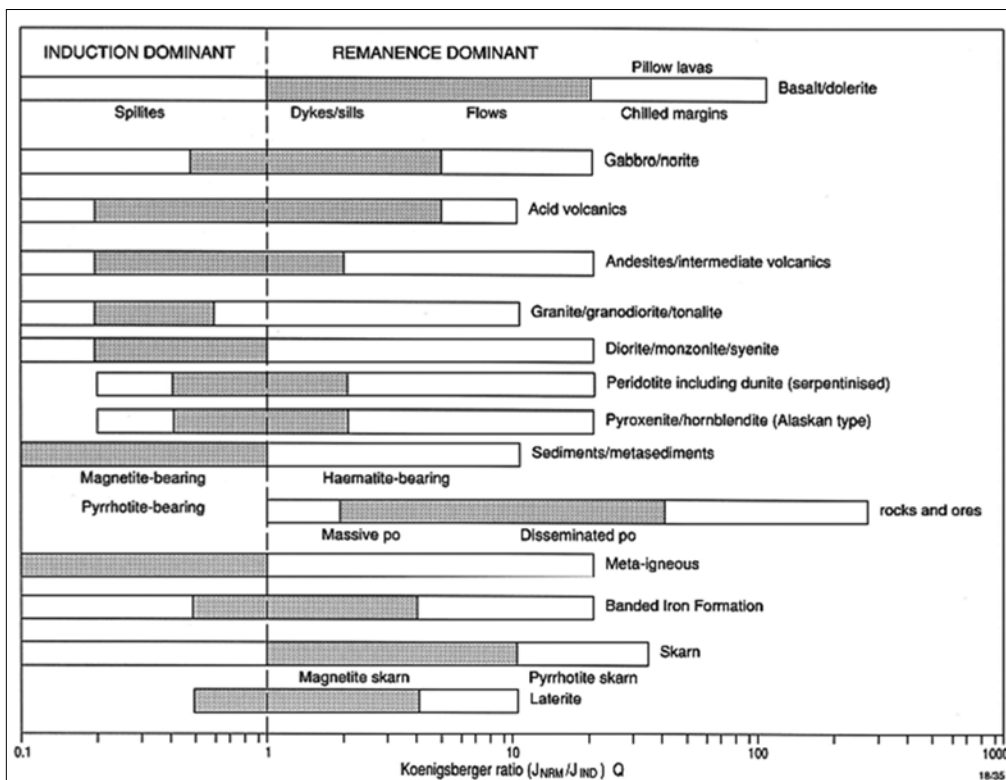
^{b)} Hunt et al. 1995

^{c)} Michelsen et al. 2007

hetnek. Érdekeség továbbá, hogy tulajdonságai alapján a magnetitet tartjuk a leginkább mágneses ásványnak, mégis a remanens mágnesezettség vizsgálatok a pirrhotin és a hematit tűnik a legerősebben mágnesezettnek.

Itt persze felmerül a kérdés, hogy ezeknek az ásványoknak mekkora a mágneses szuszceptibilitása, ha nagyon kicsi, akkor annak az ezerszerese sem lesz túl nagy érték!

A 6. táblázat alapján elmondható, hogy a magnetit, az ilmenit, a maghemit és a pirrhotin mágneses szuszceptibilitása a legnagyobb a ferromágneses ásványok között, így a pirrhotin remanens mágnesezettsége és/vagy magas Königsberger-aránya miatt a virtuális remanens mágnesezettségnek már a felszíni kőzetek esetén is érzékelhető hatása lehet. A hematit viszonylag alacsony szuszceptibilitása



21. ábra Königsberger-arány a főbb mágneses kőzetek esetén (Clark 1997)

Figure 21 Königsberger ratio for major magnetic rocks (Clark 1997)

esetén vizsgálni kell a magas Königsberger-arány hatását, azaz mennyire növeli meg a mágneses permeabilitás értékét a virtuális mágneses szuszceptibilitás!

A 21. ábra a mágneses kőzetek Königsberger-arányait mutatja, itt csak extrém értékek esetében (lávakőzet és ércek) érik el a 100-at. A sötét sávok a középértéket mutatják, a világos sávok a szélsőértékekig terjednek. Érdekes megfigyelni, hogy a középértékek alapján a gránitra, a granodioritra, a diorit, a monzonitra (mélységi magmás kőzetekre), a metavulkanitokra és a magnetittartalmú üledékre az indukált mágnesezettség a jellemző. Ugyanakkor a bazaltra, a doleritre (kiömlési magmás kőzetekre), a pirhotintartalmú és szkarnos kőzetekre, ércekre a remanens mágnesezettség a jellemző.

Az indukált, de főleg a remanens mágnesezettség eredője (relatív mágneses permeabilitás) hatással van a magnetotellurikus mérésekre a (24) és (29) összefüggés alapján.

Megjegyzés

Az egész eddig leírtakat kicsit árnyaltabbá teszik a következő megállapítások:

- A gyakorlatban csak az E és a B mérésére vagyunk alkalmasak, ezért nem is tanítják a D -t és a H -t a középfokú tananyagban. A D -re és a H -ra következtetés útján jöttünk rá, ezek elméleti mennyiségek, amire a következő idézetek utalnak.
- „Hogy a Maxwell-egyenleteket egyszerű alakban lehessen írni, egy újabb D vektort definiáltak oly módon, hogy az lineáris kombinációja legyen E -nek és P -nek: $\mathbf{D} = \epsilon\mathbf{E} + \mathbf{P}$.” (Feynman et al. 1986, 143. oldal).
- A Maxwell-egyenletek elsődlegesen E -re és B -re voltak felírva, csak később egészültek ki a D és a H mennyiségekkel, ahogyan Feynman és társai is jelzik! Analóg módon a mágneses tér esetében is megvan tehát a lineáris kombinációja B -nek és H -nak: $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H} + \mathbf{M}$.

A fenti idézetek viszont ráirányítják a figyelmünket arra, hogy a régóta alkalmazott geofizikai módszereknél, mint a mágneses vagy magnetotellurikus módszer, mágneses tér-erőről (\mathbf{H}) beszélünk, miközben mérés technikailag csak a mágneses indukciót (\mathbf{B}) tudjuk mérni. Ha viszont ez így van, akkor a módszertani, feldolgozási eszköztáraink (alapképleteink) pontosításra szorulnak!

Gerjesztett polarizációs mérések kiértékelése spektrális inverziós módszerrel

FANCSIK T.^{1,2}, TURAI E.¹, SZABÓ N. P.^{1,3}, DOBRÓKA M.^{1,3,@}

¹Geofizikai Tanszék, Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc, Egyetemváros

²Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.

³MTA-ME, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, 3515, Miskolc-Egyetemváros

@E-mail: dobroka@uni-miskolc.hu

Jelen dolgozatban laboratóriumban végzett gerjesztett polarizációs (GP) mérések eredményeit dolgozzuk fel egy új – integrális célfüggvényre alapozott – inverziós eljárás keretében. Bevezetésként rövid áttekintést adunk a gerjesztett polarizációs mérésekről és az egyes polarizációk kialakulásáról, majd részletesen ismertetjük az új adatfeldolgozási algoritmust. Ennek lényege, hogy az érc tartalmú kőzetmintákon mért látszólagos polarizálhatósági adatokat olyan inverziós eljárás keretében dolgozzuk fel, ahol a polarizációs hatásokat tartalmazó időállandó-spektrumot sorfejtéses közelítéssel állítjuk elő. A sorfejtési együtthatók mint ismeretlenek jelentik az inverzió modellparamétereit. Jelen tanulmányban egy recski mintán kapott eredményeinket mutatjuk be. Az előállított időállandó-spektrumon meghatározott időállandóknál jelentkező polarizációs hatásokat különítettünk el.

Fancsik, T., Turai, E., Szabó, N. P., Dobróka, M.: Evaluation of induced polarization measurements by spectral inversion method

In this study, we process induced polarization (IP) data measured in a laboratory in the framework of a new inversion procedure. As an introduction, we give a brief overview of the IP measurements and the formation of each polarization effect, and then describe the new data processing algorithm in detail. The essence of this is that the apparent polarizability data measured on the ore-containing rock samples are processed in an inversion procedure, where the time-constant spectrum containing the polarization effects is obtained by a series expansion approximation. The expansion coefficients as unknowns represent the model parameters of the inversion procedure. We present our results obtained from a Recsk sample. The polarization effects at certain time constants on the estimated time constant spectrum were isolated.

Beérkezett: 2020. november 16.; *elfogadva:* 2020. december 7.

Bevezetés

Az ásványi nyersanyagok iránti igény, a világ népességének és ezzel összefüggésben a lakosság és az ipar szükségleteinek bővülése miatt, egyfolytában növekszik. Az ásványkincsek (energiahordozók, ércek, építőanyagok), az ivóvíz utánpótlása, a földtani veszélyforrások jelentette kockázat csökkentése a felszín alatti tér egyre pontosabb és részletesebb megismerését és leképezését igényli a földtudományi szakemberek részéről. Ennek egyik legalkalmasabb eszközt a geofizikai mérések, ezen belül is a geoelektromos módszerek jelentik. Az egyenáramú vizsgálati metodológiához kapcsolódva, igen hatékony eljárás a gerjesztett po-

larizáció (GP) mérése. Korábban – elsősorban érc kutatáshoz kapcsolódóan – került sor az alkalmazására (Seigel 1959, Wait 1959, Keller, Frischknecht 1966, Tavakoli és szerzőtársai 2016) a fémásványok hatására fellépő fémes polarizáció számottevő hatása miatt. Emellett a környezet-szennyezések vizsgálatánál és jellemzésénél (Viezzoli és szerzőtársai 2006, Turai 1985, 2011), földtani szerkezetek, szén- és grafitkutatásnál, homokos-agyagos kőzetek szétválasztásánál és a régészeti geofizikában (Abu Zeid 2016) kap szerepet.

A GP jelenség a felszín alatti polarizálható kőzetalkotókban vagy humán eredetű hatókban (eltemetett hulladékok) keletkező polarizációs áramok, időben exponenciálisan

lecsengő effektusaként jelenik meg. E matematikai összefüggések alakja a geofizika és a fizika területén sok további jelenség matematikai leírásához is hasonlóak, ezért a GP kiértékelésének inverziós módszerei általánosabb, más területeken történő alkalmazhatóságot is magukban foglalnak.

A gyakorlatban még ki nem használt lehetőséget jelent a GP módszer direkt szénhidrogén-kutatási alkalmazása (Turai, Dobróka 2002). Ennek a lehetőségnek az alapja, hogy az olajfaló baktériumok kénhidrogént szabadítanak fel földtani csapdában található kőolajból vagy földgázból. A szénhidrogéncsapda széléin a kénhidrogén kiszabadul a csapdából, és a tároló mélységétől a felszínig piritesíti a fedőkőzetek vasoxidtartalmát, s így a szénhidrogén-tároló szerkezetek szegélyzónájában ún. piritképzések jönnek létre. Mivel a pirit igen jól polarizálható ércásvány, ezért a produktív (kőolajat és/vagy földgázt tartalmazó) tárolók felett felszíni méréssel gyűrűszerű GP anomáliák mérhetők. Amennyiben egy tároló szerkezet széléin nem mérhető GP anomália, úgy az a szerkezet nem tartalmaz szénhidrogént, csak termálvizet. A direkt szénhidrogén-kutatásnak az előzőekben leírt olcsó módja nagy jelentőségű lehet a jövő új szénhidrogén-tároló szerkezeteinek felkutatásában, s ezzel az egyre növekvő energiaigény kielégítésében.

Ebben a tanulmányban a GP mérések inverziós feldolgozásának egy új, spektrális megközelítését mutatjuk be. Ennek lényege, hogy a jelenséget leíró direkt feladat és a mérési eredmények eltérését mérő metrikát a négyzetesen integrálható függvények terében érvényes távolságfüggvényként definiáljuk. Mivel az inverzió során a modellfüggvény zárt alakban integrálható lesz, ezzel a választással az inverzió numerikus bizonytalanságai csökkenthetők.

Gerjesztett polarizációs mérések

Az egyenáramú mérések során megfigyelt gerjesztett polarizáció jelenségét először Schlumberger (1930), majd ezt követően Dakhnov (1941) és Bleil (1953) írták le, az első matematikai modellt Seigel (1959) adta meg. A GP időtartománybeli mérésének lényege, hogy a gerjesztő áram bekapcsolásakor a polarizálható hatók először elektromosan telítődnek. A gerjesztés alatti feszültség stabilizálódása után a gerjesztő áramot kikapcsolják, és adott mintavételezési időközönként regisztrálják a mérőelektrodák között fellépő, monoton csökkenő feszültséget. A másodlagos (lecsengés alatt mért $-U(t)$) és primer gerjesztés alatti maximális $-U_0$ feszültség hányadosa adja a látszólagos polarizálhatóság (η_a) értékét:

$$\eta_a(t) = [U(t)/U_0] \cdot 100\%. \quad (1)$$

Gyakran alkalmazott mennyiség a látszólagos tölthetőség (m_a) is, mely a lecsengési görbe alatti területtel arányos. Értéke a $t_2 - t_1$ intervallumban megadható, mint

$$m_a = \int_{t_1}^{t_2} U(t) dt / U_0. \quad (2)$$

A kőzetek polarizálhatóságának hátterében a következő hatások azonosíthatók. A membránpolarizáció ionos vezetőképeségű porózus kőzetekben alakul ki, az agyagszemcsék negatív felületi töltése következtében. Az elektródapolarizáció során elektrokémiai kölcsönhatás jön létre a kőzetben található elektronos vezetőképeségű szemcsék és a pórustérben található ionos oldat között. Filtrációs polarizáció jelentkezik üledékes összetételekben a pórusokat kitöltő vezető fluidumokhoz kötődően, a negatív és pozitív ionok eltérő mozgékonyasága miatt fellépő ionkoncentráció-különbség miatt. Redoxpolarizáció lép fel oxidatív vagy redukzív kémiai komponenseket tartalmazó talajok és kőzetek esetén, például vegyi szennyeződés hatására.

A kőzetekben tehát a gerjesztés hatására többféle polarizációs mechanizmus játszódhat le akár egyidejűleg is, amelyeket különböző karakterisztikus idővel jellemezhetünk. Ezek együttes hatása jelenik meg a mérési adatokban, és amelyek, ha elkülöníthetők, alapvető információval szolgálhatnak a vizsgált térrész felépítéséről, litológiájáról, inhomogenitásairól. Egy reális fizikai környezetben az egymástól elkülönülő polarizációs folyamatok megszámlálható számosságúak lehetnek, azonban a jelenséget végtelen sok időállandóval jellemezhető polarizációs rendszerként is felfoghatjuk (Turai 1981). Látni fogjuk, hogy a GP inverziós kiértékelés során a sorfejtéses inverziót fogjuk alkalmazni, az előbbiekből következően azonban ez a közelítés a GP probléma megfelelő leírásának is tekinthető.

Jelen tanulmányban, az időtartományban regisztrált GP lecsengési görbéket egy új, G_LSQ algoritmusnak nevezett, spektrális inverziós módszerrel fogjuk kiértékelni és összevetni a korábban használt tradicionális eljárással (T_LSQ módszer). Célunk egy olyan inverziós metodika bemutatása, amely a sorfejtéses inverziós megoldások pontosságát és megbízhatóságát növeli, amikor a bázisfüggvények zárt alakban integrálhatók.

Adatok kiértékelése sorfejtéses inverziós eljárással

A Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke több évtizede eredményesen foglalkozik geofizikai inverziós módszerek fejlesztésével, amelynek során egyre nagyobb szerepet kapott egy új kutatási irány, a sorfejtéses inverzió. Ennek lényege, hogy bonyolult (laterálisan és vertikálisan inhomogén) földtani szerkezeteken mért adatok feldolgozását, értelmezését sorfejtéses diszkretizációval, a sorfejtési együtthatókra megfogalmazott inverziós eljárásban végezzük el. Az eljárás legnagyobb előnye, hogy viszonylag kevés (néhányszor tíz) sorfejtési együttható bevezetése mellett is megfelelő felbontás érhető el úgy, hogy a megoldandó probléma túlhatározott inverz feladatra vezet. A módszer számos területen nyert alkalmazást: gravitációs (Dobróka, Völgyesi 2008, Dobróka, Völgyesi 2010), DC geoelektro-

mos (Gyulai et al, 2010, Gyulai et al, 2017), magnetotellurikus (Dobróka et al, 2013), mélyfúrású geofizika (Dobróka, Szabó 2010, Dobróka et al, 2016), adatfeldolgozás (Vass, Dobróka 2010, Dobróka et al, 2015), indukált polarizáció (Turai és társai 2010, Turai, Dobróka 2011). Jelen tanulmányban a sorfejtéses inverzió módszerét laboratóriumban, ércartalmú kőzetmagokon végzett gerjesztett polarizációs mérések kiértékelésére, az időállandó-spektrum meghatározására és az egyes polarizációs hatások elkülönítésére alkalmazzuk.

A probléma direkt feladatát Turai (1981) az alábbi integrálegyenlettel fogalmazta meg:

$$\eta_a(t) = \int_0^{\infty} w(\tau) \exp(-t/\tau) d\tau, \quad (3)$$

ahol t a gerjesztő áram kikapcsolása óta eltelt idő, τ az időállandó, $w(\tau)$ az időállandó-spektrum. Célunk az időállandó-spektrum meghatározása, melyre Turai (1981) a TAU-transzformáció műveletét vezette be:

$$w(\tau) = \text{TAU}\{\eta_a(t)\}, \quad (4)$$

mely több módszerrel is elvégezhető, közelítő megoldására Turai (1985) polinomos interpolációs és Fourier-soros megoldásokat dolgozott ki. A következőkben a TAU-transzformációt mint inverz feladatot oldjuk meg.

Mivel a $w(\tau)$ időállandó-spektrum ismeretlen függvény, ezért első lépésben diszkrétizációra van szükség, azaz véges számú paraméterrel jellemezve kell meghatározni a spektrumot. A diszkrétizációt sorfejtés formájában, megfelelően választott Φ_q bázisfüggvényrendszer szerint végezhetjük el:

$$w(\tau) = \sum_{q=1}^Q B_q \Phi_q(\tau), \quad (5)$$

ahol a B_q sorfejtési együtthatók jelentik a feladat meghatározni kívánt ismeretlenjeit, $\Phi_q(\tau)$ pedig az ismert bázisfüggvényeket jelöli, Q a sorfejtési tagok száma. Az időállandó-spektrum (5) egyenletben megfogalmazott sorfejtéses felírását behelyettesítve a direkt feladatot jelentő (3) válasz egyenletbe, az alábbi összefüggésre jutunk:

$$\begin{aligned} \eta_a(t_k) &= \int_0^{\infty} \sum_{q=1}^Q B_q \Phi_q(\tau) \exp(-t_k/\tau) d\tau \\ &= \sum_{q=1}^Q B_q \int_0^{\infty} \Phi_q(\tau) \exp(-t_k/\tau) d\tau, \end{aligned} \quad (6)$$

mely megadja a látszólagos polarizálhatóság (elméleti) értékét a gerjesztő áram kikapcsolása utáni t_k időpillanatban. Vezessük be a G_{kq} jelölést a (6) egyenletben definiált integrálra (Jacobi-mátrix), azaz

$$G_{kq} = \int_0^{\infty} \Phi_q(\tau) \exp(-t_k/\tau) d\tau. \quad (7)$$

Látható, hogy a (7) összefüggés bevezetésével a (3) válasz egyenlet nagyon egyszerű alakot ölt, a látszólagos pola-

rizálhatóság számított értékeit a sorfejtési együtthatók lineáris kifejezéseként kapjuk:

$$\eta_k = \sum_{q=1}^Q B_q G_{kq}.$$

A bázisfüggvények alkalmas megválasztása a feladattól függ, figyelembe véve esetleges előzetes ismereteket (feltevételeket) is. A GP módszer korábbi gyakorlatához illeszkedik a Dirac-féle delta-függvények szerinti sorfejtés, amely az ún. „vonalas” időállandó-spektrum leírására alkalmas. Az (5) egyenlet ekkor így írható:

$$w(\tau) = \sum_{q=1}^Q B_q \delta(\tau - \tau_q),$$

ahol τ_q a q -edik diszkrét polarizációs mechanizmushoz tartozó időállandó. A direkt feladatot megfogalmazó (6) egyenlet

$$\eta(t_k) = \eta_k = \sum_{q=1}^Q B_q \int_0^{\infty} \delta(\tau - \tau_q) \exp(-t_k/\tau) d\tau,$$

amely a Dirac-delta integrációs tulajdonsága miatt így is írható:

$$\eta_k^{\text{számított}} = \sum_{q=1}^Q B_q \exp(-t_k/\tau_q), \quad (8)$$

ahonnan láthatjuk, hogy a sorfejtési együtthatók jelentése az adott τ_q időállandóhoz tartozó spektrális amplitúdó. A Jacobi-mátrix elemeit ekkor a

$$G_{kq} = \left(\frac{\partial \eta^{\text{számított}}}{\partial B_q} \right)_{t=t_k} = \exp(-\lambda_q t_k) \quad (9)$$

alakban állíthatjuk elő, ahol $\lambda_q = \tau_q^{-1}$.

A mért és számított adatok eltérését tartalmazó vektor felírható az

$$\mathbf{e} = \boldsymbol{\eta}^{\text{mért}} - \boldsymbol{\eta}^{\text{számított}}$$

alakban, melynek alkalmasan választott normájaként megfogalmazható az inverz feladat célfüggvénye.

Tradicionális T_{LSQ} algoritmus

Diszkrét adatok inverziójában gyakori a célfüggvény alábbi választása (legkisebb négyzetek módszere):

$$\begin{aligned} E_1 &= \sum_{k=1}^N e_k^2 = \sum_{k=1}^N \left(\eta_k^{\text{mért}} - \eta_k^{\text{számított}} \right)^2 \\ &= \sum_{k=1}^N \left(\eta_k^{\text{mért}} - \sum_{q=1}^Q B_q G_{kq} \right)^2 = \min., \end{aligned} \quad (10)$$

ahol N a mérési adatok száma. A megoldás az ismert normál egyenletrendszerre vezet:

$$\mathbf{G}^T \mathbf{G} \mathbf{B} = \mathbf{G}^T \boldsymbol{\eta}^{\text{mért}}, \quad (11)$$

amelynek megoldása a sorfejtési együtthatókra

$$\mathbf{B} = (\mathbb{G}^T \mathbb{G})^{-1} \mathbb{G}^T \boldsymbol{\eta}^{\text{mért.}}$$

Megoldásként az utolsó iterációs lépésben becsült modellparaméter vektorelemeit fogadjuk el, melyekkel számított elméleti értékek a mért adatokhoz (a Gauss-féle legkisebb négyzetek elve értelmében) legközelebb állnak.

Koordinátás írásmódban az egyenletrendszer mátrixa és a transzformált adatvektor:

$$A_{lq} = \sum_{k=1}^N G_{kl} G_{kq}, \quad r_l = \sum_{k=1}^N G_{kl} \eta_k^{\text{mért}}, \quad (12)$$

melyekkel a normálegyenlet így írható:

$$\sum_{q=1}^Q B_q A_{ql} = r_l. \quad (13)$$

A modellparaméterek vektorának meghatározása után, a sorfejtési együtthatókat az (5) egyenletbe helyettesítve kiszámítható az időállandó-spektrum, melyet az időállandók függvényében ábrázolva elkülöníthetővé válnak az egyes polarizációs hatások.

Általánosított G_LSQ algoritmus

A (8) modellegyenlet egyszerűsége lehetővé teszi általánosabb célfüggvény bevezetését:

$$E_2 = \int_0^{t_{\max}} (\eta^{\text{mért}} - \eta^{\text{számított}})^2 dt = \int_0^{t_{\max}} \left(\eta^{\text{mért}} - \sum_{q=1}^Q B_q \exp(-\lambda_q t) \right)^2 dt = \min., \quad (14)$$

ahol t_{\max} a maximális mérési idő és $\lambda_q = \tau_q^{-1}$. A minimumfeltétel ($\partial E_2 / \partial B_l = 0$) a

$$2 \int_0^{t_{\max}} \left(\eta_k^{\text{mért}} - \sum_{q=1}^Q B_q \exp(-\lambda_q t) \right) \exp(-\lambda_l t) dt = 0$$

egyenletre vezet, ahonnan (a „mért” jelzést elhagyva)

$$\int_0^{t_{\max}} \eta \exp(-\lambda_l t) dt = \sum_{q=1}^Q B_q \int_0^{t_{\max}} \exp[-(\lambda_q + \lambda_l)t] dt. \quad (15)$$

A jobb oldal közvetlenül integrálható:

$$\sum_{q=1}^Q B_q \int_0^{t_{\max}} \exp[-(\lambda_q + \lambda_l)t] dt = \sum_{q=1}^Q B_q \frac{\exp[-(\lambda_q + \lambda_l)t_{\max}] - 1}{-(\lambda_q + \lambda_l)}, \quad (16)$$

a bal oldalt pedig írjuk fel az egyszerű integrálközelítő összeggel

$$\int_0^{t_{\max}} \eta(t) \exp(-\lambda_l t) dt = \sum_{k=0}^{N-1} \eta_k \exp(-\lambda_l t_k) \Delta t, \quad (17)$$

ahol Δt két egymást követő mérés között eltelt idő (egyenközű mintavételt feltételezünk)! Vezessük be az

$$r_l = \sum_{k=0}^{N-1} \eta_k \exp(-\lambda_l t_k) \Delta t \quad (18)$$

és az

$$A_{ql} = \frac{\exp[-(\lambda_q + \lambda_l)t_{\max}] - 1}{-(\lambda_q + \lambda_l)} \quad (19)$$

jelölést! Ekkor a (15) egyenlet (16) és (17) felhasználásával a következő eredményre vezet:

$$\sum_{q=1}^Q B_q A_{ql} = r_l, \quad (20)$$

vagy mátrix alakban:

$$\mathbb{A} \mathbf{B} = \mathbf{r}. \quad (21)$$

Ez az inhomogén lineáris egyenletrendszer a sorfejtési együtthatókra megoldható:

$$\mathbf{B} = \mathbb{A}^{-1} \mathbf{r}$$

és ezzel a spektrális együtthatók meghatározhatók. A TAU-transzformációt mint inverz feladatot a G_LSQ eljárás segítségével általános alakban is megadhatjuk. Vezessük be az

$$u_l = \exp(-\lambda_l t)$$

elemekkel definiált oszlopvektort, ahonnan (19), (20), (21) jelöléseinek felhasználásával a $w(\tau)$ közelítését jelentő sorfejtési együtthatókat – a TAU-transzformáció egy approximációjaként értelmezhető – összefüggés alapján kapjuk:

$$\mathbf{B} = \int_0^{t_{\max}} \eta(t) \mathbf{A}^{-1}(\boldsymbol{\lambda}) \mathbf{u}(\boldsymbol{\lambda}, t) dt.$$

Mint látható, a G_LSQ módszer az egyenletrendszer mátrixát analitikusan állítja elő, ezért a T_LSQ módszerhez képest várhatóan pontosabb inverziós eredményt hoz. A két eljárás kapcsolatának vizsgálata céljából írjuk fel a (12) mátrixot (9) felhasználásával

$$A_{lq} = \sum_{k=1}^N G_{kl} G_{kq} = \exp[-(\lambda_q + \lambda_l)t],$$

ahol egyenközű mintavételt feltételezve $t_k = k \Delta t$. Vezessük be a $q = \exp[-(\lambda_q + \lambda_l)\Delta t]$ jelölést, ekkor a mátrix mint mértani sor összege állítható elő:

$$A_{lq} = \sum_{k=0}^N q^k = \frac{q^N - 1}{q - 1}. \quad (22)$$

Ha a $(\lambda_q + \lambda_l)\Delta t$ mennyiség kicsi, a nevezőt Taylor-sora első tagjával helyettesítve az

$$A_{lq} = \frac{q^N - 1}{q - 1} \approx \frac{\exp[-(\lambda_q + \lambda_l)N\Delta t] - 1}{-(\lambda_q + \lambda_l)\Delta t} = \frac{\exp[-(\lambda_q + \lambda_l)t_{\max}] - 1}{-(\lambda_q + \lambda_l)\Delta t}$$

eredményre jutunk, amely az időt Δt egységekben mérve ($\Delta t = 1$) megegyezik a G_LSQ (19) egyenletben adott mátrixával. Egyenközi mintavétel és a Taylor-sorral közelítés feltételének teljesülése esetén a két módszer azonos eredményt ad.

A G_LSQ eljárás azonban tovább javítható (17) pontosításával, ha az adatokat – két mintavétel között – lineárisan közelítjük:

$$r_l = \int_0^{t_{max}} \eta \exp(-\lambda_l t) dt = \sum_{k=0}^{N-1} \int_{t_k}^{t_{k+1}} [\eta_k + m_k(t - t_k)] \exp(-\lambda_l t) dt, \quad (23)$$

ahol $m_k = (\eta_{k+1} - \eta_k)/(t_{k+1} - t_k)$. Parciális integrálással a (23) egyenlet a következő alakot ölti

$$r_l = \frac{1}{\lambda_l} \sum_{k=0}^{N-1} \{ [\eta_k - m_k(t_k - 1/\lambda_l)] \times [\exp(-\lambda_l t_k) - \exp(-\lambda_l t_{k+1})] + m_k [t_k \exp(-\lambda_l t_k) - t_{k+1} \exp(-\lambda_l t_{k+1})] \}. \quad (24)$$

A javított egyenletrendszer ekkor

$$\sum_{q=1}^Q B_q A_{ql} = r_l.$$

alakú, ahol A_{ql} a (19), r_l pedig a (24) egyenlettel adott, a megoldás mátrix alakban:

$$\mathbf{B} = \mathbb{A}^{-1} \mathbf{r}. \quad (25)$$

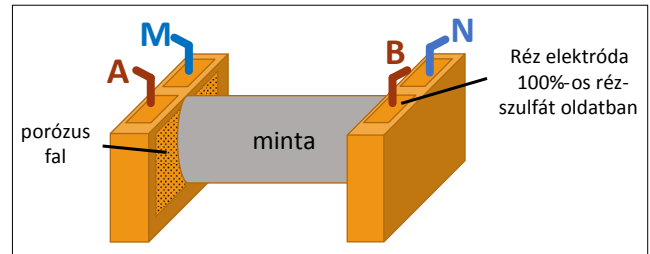
Az így előállított sorfejtési együtthatókkal vonalas $\tau = \lambda^{-1}$ időálló-spektrum megadható.

Gyakorlati alkalmazás

Az 1970-es évek végén, a 80-as évek elején intenzív módszer- és műszerfejlesztés zajlott a Geofizikai Tanszéken a gerjesztett polarizációs laboratóriumi mérések tekintetében dr. Takács Ernő professzor vezetésével. Ennek eredményeképpen egy nagy pontosságú mérőrendszer és a polarizálhatósági görbét részletesen mintavételező adatrendszerek születtek. Ekkor a mért adatokat a logaritmikus derivált látszólagos polarizálhatósági görbe számításának és exponenciális komponensekre bontásának módszerével, illetve spektrálanalízissel dolgozták fel. Jelen tanulmányban ezeket az adatrendszereket felhasználva bemutatjuk, hogy a javasolt sorfejtési inverziós G_LSQ módszerrel a laboratóriumi mérési adatok feldolgozhatók és értelmezhetők, az előállított időálló-spektrumokon több GP-hatás is elkülöníthetővé válik.

A laboratóriumi körülmények között történő gerjesztett polarizációs mérésekhez alkalmas műszer kialakítása kitarató kísérletezést és gondos előkészítést igényelt. Elsőként fontos a minták párhuzamos síklapok mentén történő

vágása a jó elektromos csatolás érdekében. Mérés előtt a kőzetmintákat 24 órára desztillált vízbe helyezték. Emellett kiemelt szerepe van a közetnek kapcsolódó fém elektrodáknál fellépő elektrodapolarizációs jelenség csökkentésének, amely a méréseket zajjal terhelné. Ennek érdekében nem polarizálódó elektrodákat használtak. Azaz, a réz elektrodák saját sójuk telített oldatába (100%-os réz-szulfátoldat, melyet agar-aggarral tettek megfelelően kocsonyássá) merültek, és az oldat porózus lapokon keresztül disszociált ioncserével biztosította az elektromos csatolást a minta felé. Az így felépített mintabefogót az 1. ábra mutatja, melyet egy Faraday-kalitikaként működő fémdobozba helyeztek, hogy a mérés környezetében előforduló elektromos hatásoktól elszigeteljék. Az 1. ábrán jelölt A és B tápelektrodákat egy bipoláris áramgenerátorra kötötték, ezzel három gerjesztettségi állapotot ($I_g = 0$, $I_g < 0$, $I_g > 0$) hozhattak létre (Kutatási jelentés 1979).



1. ábra Laboratóriumi GP mérésekhez használt minta befogó rendszer sematikus ábrája

Figure 1 Schematic picture of the instrument used for laboratory IP measurements

Előzetesen végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a GP mérések elvégzéséhez a $10 \mu A$ erősségű áram alkalmazása célravezető, ami jelen esetekben $1,04 \mu A/cm^2$ áramsűrűségnek felelt meg. A mérés kezdetén meghatározták a természetes potenciál (PS) alapvonalat, azaz megvárták, amíg a mérőkörben stabilizálódott a gerjesztetlen állapotban mérhető feszültség. A látszólagos polarizálhatóság meghatározásához 15 percig tartó gerjesztési idő után az áramforrást kikapcsolták, majd közel 1000 másodpercen keresztül regisztrálták az M és N mérőelektrodák között fellépő potenciál különbséget. A mintavételezés kombinált lin-log idősor alapján történt a

$$t_{k,i} = t_{0,0} a^k (1 + \varepsilon i) \quad (26)$$

algorithmus szerint, ahol $t_{0,0} = 0,125$ sec, $a = 2$, $\varepsilon = 0,1$, $i = 0,1, \dots, 9$, $k = 0,1, \dots, 12$. A referenciaidőket az 1. táblázat tartalmazza.

Az 1984-ben készített kutatási jelentésben 21 kőzetmintán végzett GP mérés adatait foglalták össze. Jelen tanulmányban ezek közül az „1” jelű mintát választottunk ki bemutatásra. A minta Recsk mélyszintről származó szkarnos Fe érc. A polarizálhatósági görbeértékek grafikus ábrázolását a 2. ábra mutatja. Látható, hogy az „1” számú minta vastartalmának köszönhetően jól polarizálódott. Értéke 92,7%-ról 972,8 másodperc alatt 1,6%-ra csökkent.

I. táblázat GP mérésekhez tartozó referenciaidők másodpercben
Table 1 Reference times for the IP measurements in seconds

$k \backslash i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,125	0,138	0,150	0,163	0,175	0,188	0,200	0,213	0,225	0,238
1	0,250	0,275	0,300	0,325	0,350	0,375	0,400	0,425	0,450	0,475
2	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950
3	1,000	1,100	1,200	1,300	1,400	1,500	1,600	1,700	1,800	1,900
4	2,000	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000	3,200	3,400	3,600	3,800
5	4,000	4,400	4,800	5,200	5,600	6,000	6,400	6,800	7,200	7,600
6	8,000	8,800	9,600	10,400	11,200	12,000	12,800	13,600	14,400	15,200
7	16,000	17,600	19,200	20,800	22,400	24,000	25,600	27,200	28,800	30,400
8	32,000	35,200	38,400	41,600	44,800	48,000	51,200	54,400	57,600	60,800
9	64,000	70,400	76,800	83,200	89,600	96,000	102,400	108,800	115,200	121,600
10	128,000	140,800	153,600	166,400	179,200	192,000	204,800	217,600	230,400	243,200
11	256,000	281,600	307,200	332,800	358,400	384,000	409,600	435,200	460,800	486,400
12	512,000	563,200	614,400	665,600	716,800	768,000	819,200	870,400	921,600	972,800

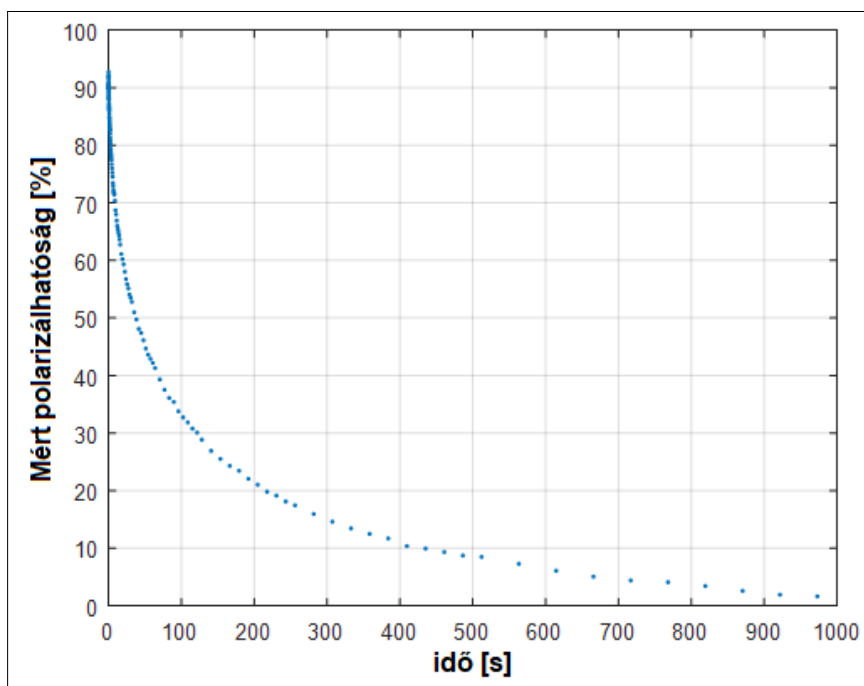
A kiértékelések során az időállandó-tartományt 100 egyenlő részre osztottuk, a B_q spektrális amplitúdót a q -edik intervallum közepével definiált időállandóhoz tartozónak tekintettük. A mérési adatok száma 130, azaz az inverz feladat túlhatározott. Annak érdekében, hogy biztosítsuk a spektrális amplitúdók pozitívitasát, új inverziós változókként a $b_q = \log(B_q)$ paramétereket vezettük be. Az így előálló nemlineáris inverzióban az iterációk számát minden esetben egységesen 40-nek választottuk, mivel a további ismétlések már nem hoztak lényeges változást a becsült modellparaméterek értékében. Az inverziós ered-

ményt relatív adattérbeli távolsággal, a paraméterbecslési hibával és a korrelációs normával jellemeztük. A relatív adattávolságot a

$$D = \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(\frac{\eta_k^{\text{mért}} - \eta_k^{\text{számított}}(t_k)}{\eta_k^{\text{mért}}} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (27)$$

formula adja meg. A paramétertérbeli kovariancia mátrix a $b_q = \log(B_q)$ változókra a

$$\text{cov } \mathbf{b} = \mathbf{G}^{-g} \text{cov } \mathbf{d}^{\text{mért}} (\mathbf{G}^{-g})^T$$



2. ábra Az „1” mintán mért látszólagos polarizálhatóság lecsengési görbéje
Figure 2 Decay curve of apparent polarizabilities measured on sample “1”

képlettel számítható (Menke 1984), ahol

$$\mathbf{G}^{-g} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G})^{-1} \mathbf{G}^T$$

az általánosított inverz, $\text{cov} \mathbf{d}^{\text{mért}}$ az adattérbeli kovarianciamátrix. A logaritmikus változók kovarianciamátrixából a $\text{cov} \mathbf{B}$ sorfejtési együtthatók hibaterjedési törvényével térünk át. A sorfejtési együtthatók korrelációs mátrixát a

$$(\text{corr} \mathbf{B})_{ij} = \frac{(\text{cov} \mathbf{B})_{ij}}{[(\text{cov} \mathbf{B})_{ii} (\text{cov} \mathbf{B})_{jj}]^{1/2}}$$

formula adja, amelyből a korrelációs norma (mean spread) az

$$S = \left[\frac{1}{Q(Q-1)} \sum_{j=1}^Q \sum_{i=1}^Q ((\text{cov} \mathbf{B})_{ij} - \delta_{ij}) \right]^{1/2} \quad (28)$$

képlettel számítható, ahol δ_{ij} a Kronecker-delta.

Inverziós eredmények

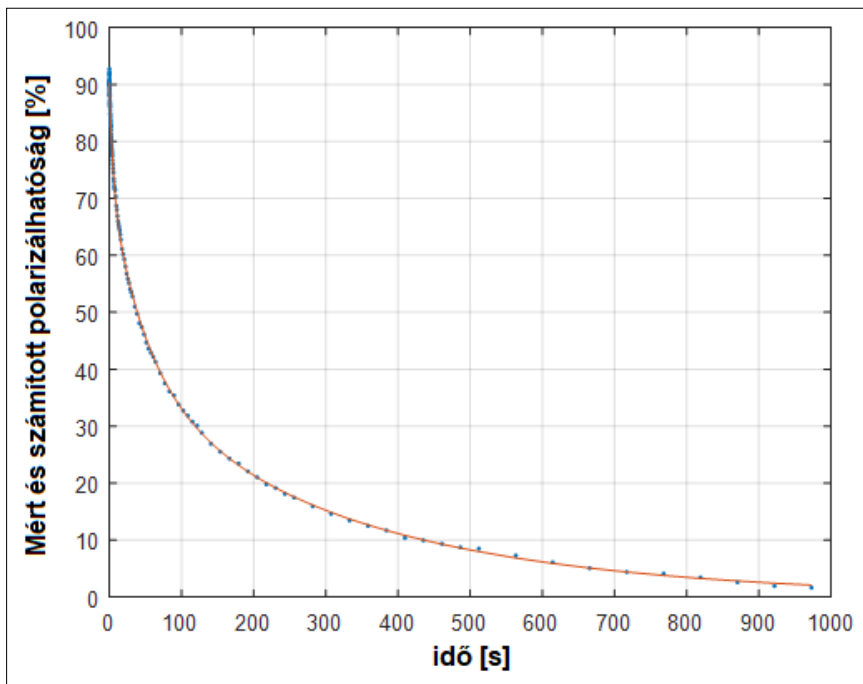
A mért adatok inverzióját elsőként a tradicionális T_LSQ algoritmussal végeztük el. Startmodellként az összes (logaritmikus) inverziós változónak 0,15 értéket adtunk, amivel a számított és mért adatok (27) szerinti távolsága $D = 21,14$, ami igen nagy érték. A 40 iteráció után az eredmény-moddellen számított és a mért adatok távolsága $D = 0,0377$. A jó illeszkedést a 3. ábra is demonstrálja.

Az inverzió eredményeként kapott vonalas spektrumot a 4. ábra mutatja. Tapasztalatunk szerint az 500 sec feletti időállandó tartományban nincs gerjesztési mechanizmus. Mivel $Q = 100$ ismeretlent választottunk, a lehetséges időállandó-intervallumokat egyenközűen 5 sec hosszúságú-

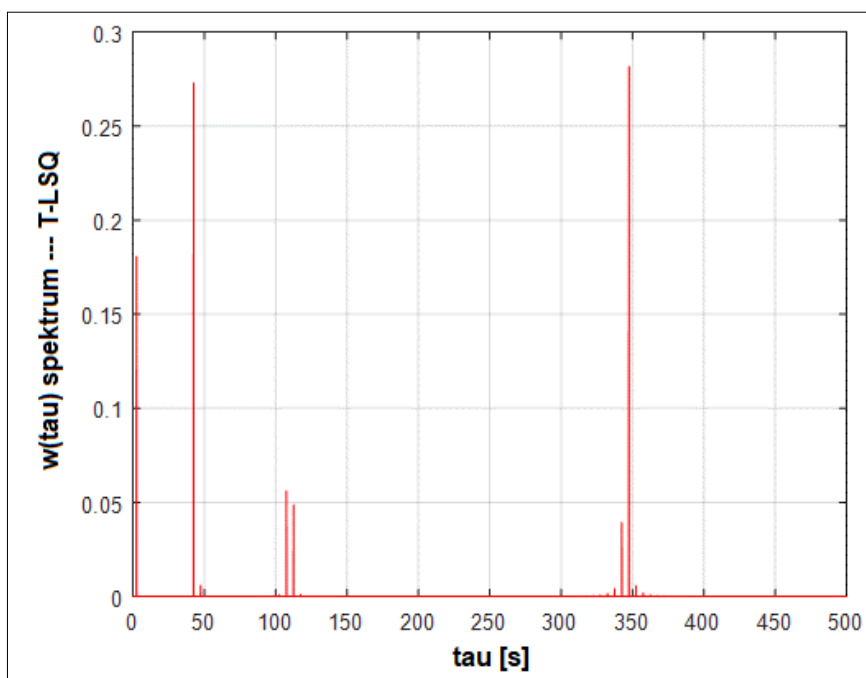
2. táblázat | Markáns ($B > 0,001$) spektrumvonalak értékei a T_LSQ inverzióban
 Table 2 | Numeric values of the dominant ($B > 0,001$) spectral lines in T_LSQ inversion

tau (sec)	B sorfejtési együttható	Becslési hiba (B)	Relatív becslési hiba
5	0,1807	0,008359	0,0463
45	0,2729	0,026758	0,0980
50	0,0058	0,000549	0,0936
110	0,0560	0,021814	0,3892
115	0,0486	0,016289	0,3346
120	0,0010	0,000015	0,0150
335	0,0015	0,000036	0,0231
340	0,0041	0,000172	0,0412
345	0,0393	0,006696	0,1702
350	0,2816	0,015957	0,0566
355	0,0057	0,000183	0,0318
360	0,0018	0,000037	0,0200

nak definiáltuk. Az ábrán látható vonalak ezen intervallumok közepén jelentkeznek. Az egyes (0,001-nél nagyobb értékű) spektrumvonalak esetében az összetartozó (időállandó, spektrális sűrűség, a becslési hiba és a relatív hiba) értékeket a 2. táblázatban mutatjuk be. A minta markáns gerjesztést az 5, 45, 350 sec időállandóknál mutat, kisebb amplitúdó a 110, 115 sec-nál jelentkezik. Az inverziós változók átlagos korreláltságát a korrelációs norma $S = 0,8716$ értéke mutatja, az átlagos relatív becslési hiba 0,1149.



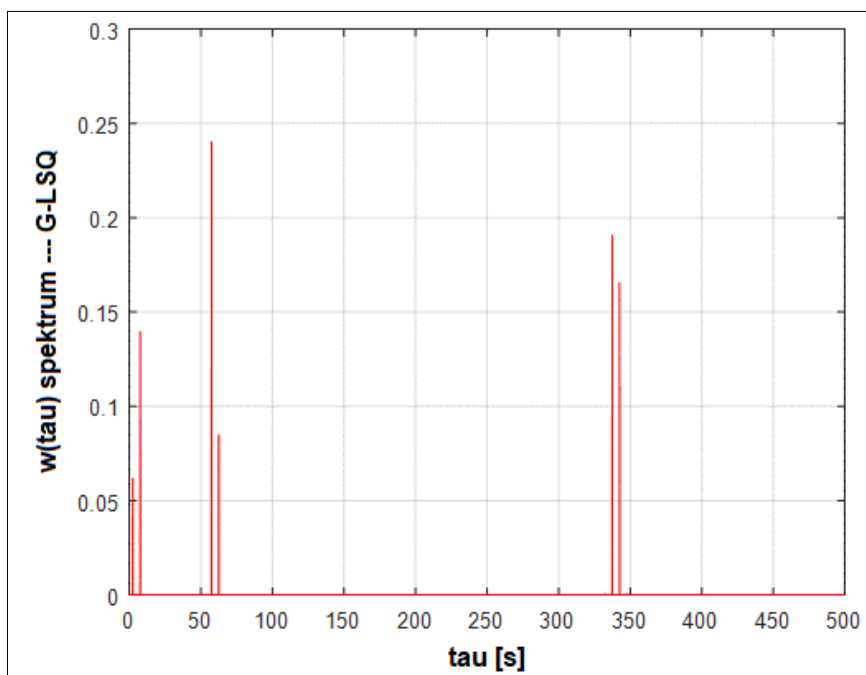
3. ábra | Mért és számított látszólagos polarizálhatóság lecsengési görbéje
 Figure 3 | Decay curve of the measured and calculated apparent polarizabilities



4. ábra Sorfejtéses inverzió alapuló T_LSQ algoritmussal előállított időállandó-spektrum az „1” minta esetén
 Figure 4 Time-constant spectrum of sample “1” determined by series expansion based inversion using T_LSQ algorithm

A mért adatok inverzióját a G_LSQ algoritmussal is elvégeztük. Startmodellként ismét a logaritmusos inverziós változók 0,15 értékét adtuk. A 40 iteráció után az eredménymodellen számított és a mért adatok távolsága $D = 0,000137$, ami jelentős javulás a T_LSQ eljárásához képest. Az inverzió eredményeként kapott vonalas spektrumot az

5. ábra mutatja, ahol az egyes tau-intervallumokat az előzők szerint választottuk. Az egyes (0,001-nél nagyobb értékű) spektrumvonalak esetében az összetartozó (időállandó, spektrális sűrűség és becslési hiba) értékeket a 3. táblázatban mutatjuk be. A minta markáns gerjesztést az 5–10, 60–65, 340–345 sec időállandóknál mutat, az



5. ábra Sorfejtéses inverzió alapuló új G_LSQ algoritmussal előállított időállandó-spektrum az „1” minta esetén
 Figure 5 Time-constant spectrum of sample “1” determined by series expansion based inversion using the newly suggested G_LSQ algorithm

3. táblázat | Markáns ($B > 0,001$) spektrum vonalak értékei a G_LSQ inverzióban
Table 3 | Numeric values of the dominant ($B > 0.001$) spectral lines in G_LSQ inversion

tau (sec)	B sorfejtési együttható	Becslési hiba (B)	Relatív becslési hiba
5	0,0618	0,000184	0,0030
10	0,1397	0,000158	0,0011
60	0,2403	0,000357	0,0015
65	0,0847	0,000342	0,0040
340	0,1906	0,000465	0,0024
345	0,1655	0,000457	0,0028

T_LSQ-nál kapott kisebb amplitúdó 110, 115 sec-nál nem jelentkezik. Az inverziós változók korreláltságát a korrelációs norma $S = 0,7602$ értéke mutatja, az átlagos relatív becslési hiba 0,0122. Az eredmény lényegesen pontosabb inverziót mutat, kisebb korreláltsággal.

Az eredményekből látható, hogy a látszólagos polarizálhatósági adatok sorfejtéses inverziós eljárásban való feldolgozásával az időállandó-spektrum a gyakorlat számára megfelelő felbontással és pontossággal állítható mindkét módszerrel. Ezáltal a polarizációs hatások elkülönítésére a vizsgált eljárások egyaránt alkalmasak. A G_LSQ eljárás lényegesen (az átlagos relatív becslési hiba vonatkozásában egy nagyságrenddel) pontosabb inverziós eredményeket mutat, kisebb korreláltsággal. A pontosabb és stabilabb inverziót a normálegyenlet-rendszer mátrixának analitikus integrálással történt számítása tette lehetővé, így megállapítható, hogy a (14) egyenletben definiált célfüggvény alkalmazása jelentős inverziós előnyökre vezet.

Összefoglalás

Az időtartománybeli gerjesztett polarizációs méréseket gyakran használják érckutatási feladatok megoldására. Számos publikáció született a módszer terepi felhasználására. Jelen tanulmányban laboratóriumi GP látszólagos polarizálhatósági adatokat dolgoztunk fel a korábbi exponenciális komponensekre bontás helyett, a sorfejtéses inverziós eljárás alkalmazásával. A sorfejtési együtthatók inverziós becslése után kiszámítottuk az időállandó-spektrumot, melyet grafikusán ábrázolva több polarizációs hatást különítettünk el. Javaslatot tettünk az inverziós célfüggvény általánosítására, és annak minimalizálásával definiáltuk a G_LSQ algoritmust. A tradicionális T_LSQ és az új G_LSQ algoritmust laboratóriumi mérési adatokon teszteltük. Kimutattuk, hogy az új G_LSQ eljárás lényegesen (az átlagos relatív becslési hiba vonatkozásában egy nagyságrenddel) pontosabb inverziót eredményez, kisebb korreláltsággal.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott eredményekhez kapcsolódó kutatást az Országos Tudományos Kutatási Alap támogatta az OTKA-NKFIH 135323 számú projektek keretében, amit ezúton is megköszönnek a szerzők.

A tanulmány szerzői

Fancsik Tamás, Turai Endre, Szabó Norbert Péter, Dobróka Mihály

Hivatkozások

- Abu Zeid N., Corradini E., Bignardi S., Morandi N., Nizzo V., Santarato G. (2016): Unusual geophysical techniques in archaeology – HVSR and induced polarization. A case history. Near Surface Geoscience 2016 Conference, Barcelona, Paper We 22 A13
- Bleil D. F. (1953): Induced Polarization, a method of geophysical prospecting. Geophysics, 18, 636–661.
- Dakhnov V. N. (1941): Electrical well logging, interpretation of electric logs. Moszkva
- Dobróka M., Szabó N. P. (2010): Sorfejtéses inverzió II. Mélyfúrású geofizikai adatok feldolgozása intervallum inverziós eljárással. Magyar Geofizika, 51/1, 25–42.
- Dobróka M., Völgyesi L. (2010): Sorfejtéses inverzió IV. A nehézségi erőter potenciálfüggvényének inverziós előállítás. Magyar Geofizika, 51/3, 143–149.
- Dobróka M., Prácer E., Kavanda R., Turai E. (2013): Quick imaging of mt data using an approximate inversion algorithm. Acta Geodaetica et Geophysica, 48 /1, 17–25.
- Dobróka M., Szabó N. P., Tóth J., Vass P. (2016): Interval inversion approach for an improved interpretation of well logs. Geophysics, 81/2, D155–D167. <https://doi.org/10.1190/geo2015-0422.1>
- Dobróka M., Szegedi H., Molnár J. S., Szűcs P. (2015): On the reduced noise sensitivity of a new Fourier transformation algorithm. Mathematical Geosciences, 47/6, 679–697. <https://doi.org/10.1007/s11004-014-9570-x>
- Dobróka M., Völgyesi L. (2008): Inversion reconstruction of gravity potential based on gravity gradients. Mathematical Geosciences, 40/3, 299–311.
- Gyulai Á., Ormos T., Dobróka M. (2010): Sorfejtéses inverzió V. Gyors 2D geoelektromos inverziós módszer. Magyar Geofizika, 51/4, 185–195.
- Gyulai Á., Szűcs P., Turai E., Baracza M. K., Fejes J. (2017): Geoelectric characterization of thermal water aquifers using 2,5D inversion of VES measurements. Surveys in Geophysics, 38/2, 503–526.
- Keller G. W., Frischknecht C. (1966): Electrical Methods in Geophysical Prospecting. Pergamon Press, Oxford
- Kutatási jelentés (1979): A gerjesztett polarizáció (GP) dinamikus kőzetfizikai paraméterének meghatározására szolgáló műszer-módszer továbbfejlesztése. Nehézipari Műszaki Egyetem, Geofizikai Tanszék
- Kutatási jelentés (1984): Jelentés a kőzetek és ásványok gerjesztett potenciál kőzetfizikai paraméterének méréséről. Nehézipari Műszaki Egyetem, Geofizikai Tanszék
- Menke W. (1984): Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory. Academic Press

- Schlumberger C. (1930): Etude sur la prospection électrique du sous-sol (rev. ed.). Párizs, Gauthier Villars
- Seigel H. O. (1959): Mathematical formulation of type curves for induced polarization. *Geophysics*, 24/3, 546–565.
- Tavakoli S., Bauer T. E., Rasmussen T. M., Weihed P., Elming S.-A. (2016): Deep massive sulphide exploration using 2D and 3D geoelectrical and induced polarization data in Skellefte mining district, northern Sweden. *Geophysical Prospecting*, 64, 1602–1619.
- Turai E. (1981): GP time-domain görbék Tau-transzformációja. *Magyar Geofizika*, 22/1, 29–36.
- Turai E. (1985): TAU-transformation of time-domain IP curves. *Annales Univ. Sci. Budap. De R. Eötvös Nominatae. Sectio Geophysica et Meteorologica*, Tomus I–II.
- Turai E. (2011): Data processing method developments using TAU-transformation of time-domain IP data: II. interpretation results of field measured data. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 46/4, 391–400.
- Turai E., Dobróka M. (2002): A new tool for surveying waste site, oil reservoir and oil contaminated soil: The generalized TAU transform method. In: Besenyei L., Shammazov A. M. (szerk.), *Intellectual Service for Oil & Gas Industry: Analysis, Solutions, Perspectives*. University of Miskolc, Ufa State Petroleum Technological University, pp. 156–161.
- Turai E., Dobróka M., Herczeg Á. (2010): Sorfejtéses inverzió III. Gerjesztett polarizációs adatok inverziós feldolgozása. *Magyar Geofizika*, 51/2, 88–98.
- Turai E., Dobróka M. (2011): Data processing method developments using TAU-transformation of time-domain IP data: I. theoretical basis. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 46/3, 283–290.
- Vass P., Dobróka M. (2010): Sorfejtéses inverzió I. Fourier-transzformáció mint inverz feladat, *Magyar Geofizika*, 50/4, 141–152.
- Viezzoli A., Cull J. P., Massie D. (2006): Mapping fly-ash water pond leakage with TEM and IP data at Loy Yang coal-mine (Australia). *Near Surface Geophysics*, 4/5, 305–311.
- Wait J. R. (1959): *Overvoltage Research and Geophysical Applications*. Pergamon Press, London

Az ELGI-székház megnyitásának ötvenedik évfordulójára

SZABÓ Z.

Első kísérlet önálló Eötvös-inga-laboratórium létesítésére

125 éve annak, hogy Eötvös Loránd megálmodta a munkája számára ideális laboratóriumot. Az 1890-es évek első felében a gravitációs tér tanulmányozása során szerzett tapasztalatai alapján kiderült, hogy a Trefort-kertben, az 1880-as évek közepén felépített Fizikai Intézet tervezése és felépítése során nem gondoltak – mert még nem is gondolhattak – a torziós ingájára és annak szinte hihetetlen és elképzelhetetlen érzékenységre. Arra sem, hogy ezt a műszert mennyire befolyásolják a környezeti adottságok, kezdve a terület földtani felépítésétől a forgalom okozta mikrozeizmikus rezgésekig.

A megoldásra törekedve Eötvösnek az az ötlet jutott az eszébe, hogy az akkoriban tervezés alatt álló Országház épületének pincesorában lehetne egy, a torziósinga-mérések részére alkalmas laboratóriumot kialakítani. Ötletét hamarosan tett követte, amikor az alább idézett beadvánnyal fordult a házelnökből frissen kinevezett miniszterelnökhöz, báró Bánffy Dezsőhöz.

Nagyméltóságú Miniszterelnök Úr, Kegyelmes Uram!¹

A most épülő országház pincesorának a kupola alatt fekvő része, melyet az ide mellékelt alaprajzon vörös határolás különböztet meg, az alatta elterülő betonréteg nagy vastagságainál, falainak óriási méreteinél, és szimmetrikus alakjánál fogva kiválóan alkalmasnak mutatkozik a legpontosabb és legkényesebb fizikai, geodéziai és meteorológiai kísérletekre és mérésekre.

Külön megtervezve se lehetett volna tudományos vizsgálatokra alkalmasabb helyet teremteni, s minthogy az építészeti vezetőségtől szerzett felvilágosítások szerint a helyiségnek az országház térbeosztásában semmi különös rendeltetése nincsen, továbbá ama csekély toldalékmunkálatok, amelyeket tudományos laboratóriummal átalakítása megkívánna, az építészeti vezetőség szerint semmiféle nehézséget vagy nagyobb költséget nem okoznának, bízva Nagyméltóságodnak a tudományok iránti szeretetében, ama kérelemmel járulok nagyméltóságod elé, kegyeskedjék a szóban forgó helyiségeket a kir. m. tudományegyetem Fizikai Intézete s a kir. József műegyetem geo-

déziai tanszéke céljainak olyképpen átengedni, hogy azok a tudományegyetem Fizikai Intézetéhez kapcsolva, az Intézet vezetőtanárainak igazgatása alatt álljanak.

Ama toldalékmunkálatok, amelyek az új rendeltetésnek megfelelőleg szükségesek volnának, nevezetesen: egyszerű ablakok és ajtók helyett kettős ablakoknak és ajtóknak alkalmazása; a körfolyosó külső falain végig egy körbefutó vízvezető csőnek és gázcsőnek elhelyezése, és a terület közepén lévő, a rajzon vörösre vonalazott falnégyzetben egy, a kényesebb műszerek alapjául szolgáló, a betonrétegig lenyúló négy méter oldalméretű téglapillérnek felépítése oly csekély költségtöbbletet okoznának, hogy tekintve a nemes célt, melyet az új intézmény szolgálni kíván, az átengedés iránti kérelemhez azt a másikat is bátorkodom hozzáfűzni: kegyeskedjék Nagyméltóságod a terület átengedésén kívül még az említett munkálatok foganatosításának elrendelésével is örök hálára kötelezni mindazokat, akik majdan a tudományos szempontból oly kiváló tulajdonságú helyen munkálkodva, igazi lelkesedéssel fogják Nagyméltóságod iránt érzett hálájukat tudományos munkásságukkal leróni.

Fogadjon Nagyméltóságod kiváló tisztelemmel öszinte nyilvánítását.

Budapest, 1895. július hó 5-én.

b. Eötvös Loránd

Beadványát az országház építési végrehajtó-bizottsága 1895. szeptember 18-án tárgyalta. A megbeszélés eredményéről Tisza Lajos, a bizottság elnöke a következőkben értesítette a miniszterelnököt: elvi akadály nem nincsen a javaslatnak, „de bevárandónak határozta a bizottság a művezető építész úrnak a kért helyiségek átalakításával járó költségek iránti előterjesztését, amelynek beállítására nagyméltóságod átiratának vétele után azonnal intézkedtem.”

Miután múlik az idő és látszólag nem történik semmi, Tisza Lajos 1895. december 13-án sürgetőleg fordul a miniszterelnökhöz: „Ha azt akarjuk, hogy Eötvös báró azon óhajta, miszerint a millenáris kiállítás alkalmából a helyiségeket és felszerelését külföldi szakembereknek bemutatthassa, teljesíthető legyen – mielőbb dönteni kellene erről.” Tisza Lajos egyúttal közölte azt is, hogy az átalakítási munkálatokra 2650 forint kell, de az új országház költségvetésében erre fedezetet nem talált – a fűtés, világítási

¹ Országos Levéltár

és vízvezetéki felszerelés külön költséget igényel, de ez a fő költségvetésben már elő van irányozva.

Miután a miniszterelnök kikérte mindkét ház elnökének véleményét, Szlávy Gyula, a főrendiház elnöke 1895. december 22-én a miniszterelnökhöz írt válaszában a következőképp vélekedett Eötvös javaslatáról: „Teljesen osztom Excellenciádnak nézetét, nem volna helyes már előre, mielőtt az épület a törvényhozói testületnek átadatott, annak rendelkezési jogát lekötöni és korlátozni. A helyiségek feletti rendelkezési jog kizárólag az országgyűlés két házát illeti meg.”

Tisza Lajos 1896. január 9-én ismét sürgette a két ház beleegyezését a miniszterelnöknél. A döntés azonban egyre késett. A képviselőház elnöke is arra az álláspontra helyezkedett, mint a főrendiház elnöke, miként ez az 1895. december 31-én a miniszterelnökhöz küldött leveléből megállapítható: „Az épület átvétele előtt határozni korai, és az akkor mutatkozó szükségletek ismerete nélkül ma még nem lehet dönteni.”

Tisza Lajos még aznap baráti hangvétellű levélben, értesíti Eötvöst, hogy minden igyekezete ellenére nem sikerült kedvező döntést kieszközölnie.

Tisztelt barátom!²

Az állandó országgház néhány helyiségének tudományos célokra a tudományos egyetem és a műegyetem részére leendő átengedése iránt hoztam intézett leveledre ekkoráig azért nem válaszoltam, mert az ez irányban megindított eljárásom eredményéről kívántalak egyúttal értesíteni, a minnek lehetősége csak most következett be.

A Miniszterelnök Úr ugyanis múlt évi december 6-án 432 itteni szám alatt e tárgyban tett előterjesztésemre folyó évi január 4-én 65/M.E. szám alatt válaszolt és arról értesített, hogy a kért helyiségeknek a szóban levő s a parlament működésével kapcsolatban nem álló célra való átengedését – a törvényhozás mindkét házának elnökeivel egyetértve – csak a házak beleegyezésével véli eszközölhetőnek, s így azt annak idejében kikérni szándékozik.

A szükséges építő – illetőleg átalakító – munkák végrehajtását ennél fogva mindaddig míg a házak beleegyezése, illetve ezek alapján a miniszterelnök engedélye meg nem adatik, el nem rendelhetem, habár részemről és az építési Végrehajtó Bizottság részéről semminemű elvi kifogás nem forog fenn a szóban forgó helyiségek átengedése ellen.

Ezek után most már tartok tőle, hogy az illető helyiségek alig lesznek oly időben elkészíthetők és berendezhetők, hogy kíséreltetet már a milleniumi congressusok alkalmával e helyen végezhesd, amit részemről nagyon sajnálok.

Fogadd kitűnő tisztelem őszinte kifejezését

Budapest 1896 évi január hó 9-én

Tisza Lajos

Tisza Lajos 1896. április 9-én értesítette Wlassics Gyula vallás- és közoktatásügyi minisztert, hogy „a kérelemnek a két ház elé teendő terjesztése csak akkor lesz helyén, ha az épület a törvényhozásnak már átadatott.”³ Wlassics további egy hónap várakozás után értesítette Eötvöst a negatív eredményről.

Vallás és Közoktatásügyi⁴
Magyar Kir. Minister
1358. eln. szám.

Nagyméltóságú

Báró E ö t v ö s L o r á n d

A Magyar Tudományos Akadémia elnöke, orsz. gy. képviselő úrnak

Budapesten

N a g y m é l t ó s á g ú E l n ö k Ú r .

Az épülő országgház néhány pinczehelyiségének tudományos célokra való átengedése tárgyában 1895. évi július hó 5-én kelt kérvényére van szerencsém Nagyméltóságodat tisztelettel értesíteni, hogy ezen ügyben a miniszterelnök úrhoz intézett átiratomra a következő választ nyertem.

Az országgház építési végrehajtó bizottsága jelentése szerint a terv keresztülvitele ellen gyakorlati kivihetőség szempontjából akadály nem forog fenn.

Minthogy azonban Nagyméltóságod kérelme a körül forog, hogy az új országgház néhány helyisége olyan célra vétessék igénybe, mely az új országgház rendeltetésével semminemű kapcsolatban sincs a miniszterelnök úr nem érezte magát hivatva a döntés jogával élni, s szükségesnek látta határozathozatal előtt az országgyűlés két háza elnökeinek ezen kérdésre vonatkozó nézetét kikérni.

A főrendiház és képviselőház elnökei válaszaikban azon álláspontra helyezkedtek, hogy nem volna helyes a törvényhozói testületnek az új országgház épülettel szemben fennálló rendelkezési jogát már előre lekötöni, egyúttal azon nézetüknek adván kifejezést, hogy minden olyan rendelkezéshez mely az új országgház valamely helyiségét a parlament működésével kapcsolatban nem álló célra kívánja felhasználni, az országgyűlés mindkét házának beleegyezése kikérendő.

A beleegyezés kikérése pedig a miniszterelnök úr véleménye szerint, csak akkor lesz helyén, ha az épület a törvényhozásnak már átadatott, miután nem lehet már most, előre egy későbbi országgyűlés intézkedési jogának elébe vágni, annyival kevésbé, mert az épület átvétele előtt és az akkor mutatkozó szükségletek ismerete nélkül ma még nem lehet megállapítani, vajjon lesznek-e egyáltalában az új országgházban nélkülözhetetlen helyiségek.

Mindezek alapján a miniszterelnök úr arról értesít, hogy Nagyméltóságod kérelmét sajnálatára egyelőre teljesíthetőnek nem tartja.

Fogadja Nagyméltóságod kiváló tisztelem őszinte nyilvánítását.

Budapest, 1896. május hó 5.

Wlassics

² Országos Levéltár

³ Környei Elek gyűjtése az Országos Levéltár anyagából

⁴ Országos Levéltár

Mint a fentiekben idézett iratokból kitűnik, Eötvös Loránd ötlete meglepte a hivatalosságokat és azok akadémikuskodása és felelősségvárása következtében az Országház pincéjében elhelyezendő laboratórium ötlete hamvába holt. Megint igaza lett a népi bölcsességnek: nem akarásnak nyögés a vége.

Geofizikai Intézet alapítása

Jó 10 esztendő múlva, az Internationale Erdmessung XV., Budapesten tartott konferenciáján Eötvös beszámolt a gravitációs és földmágnesség terén folyó vizsgálatairól. A konferencia résztvevői a hallottak és látottak hatására beadvánnyal fordultak a magyar kormányhoz, melyben felhívták annak figyelmét az Eötvös által végzett vizsgálatok fontosságára.

Beadványuk hatására – meglepő gyorsasággal – érkezett gróf Apponyi Albert vallás- és közoktatásügyi miniszter tájékoztatás kérés levele.

Nagyméltóságú Bárá Úr!

A nemzetközi Földmérési Szövetség f. év. szept. havában Budapesten lefolyt XV. általános értekezletének tárgyalásaiból, jelesen a szept. 28-iki ülésben hozott határozati javaslatból értesülök arról, hogy a Szövetség kívánatosnak tartja a magyar kormány hathatós támogatását azoknak a vizsgálatoknak nagyobb mérvű kiterjesztésére, melyek a Nagyméltóságod által szerkesztett csavarási inga felhasználásával a földkéreg elhelyezkedésére vonatkozó kérdéseknek, s az ezzel kapcsolatos geológiai kérdéseknek megoldását célozzák, a mely módszert ugyanis a Szövetség e kérdések megoldására kiválóan alkalmasnak találta.

Tekintve azt a tudományos fontosságot, mely a magyar tudományosság ez újabb, a külföld élénk érdeklődésével találkozó termékéhez fűződik, de figyelemmel a gyakorlati fontosságra is, melyet ez ügynek a földkéreg eloszlásának megismerése folytán nemzetgazdasági szempontból tulajdonítanunk kell: készséggel engedek a nemzetközi óhaj nyilvánulásának, s őszinte örömmel teszem magamévá, hogy az ez irányban teendő kezdeményező lépések kormányhatósági megfontolás tárgyává tétessenek.

Tiszteletteljesen kérem Nagyméltóságodat, méltóztassék szíves tájékozódást nyújtani arra nézve, mily szerep várna az államra ennek az actiónak felkarolásában?

Fogadja Nagyméltóságod őszinte tiszteletem nyilvánítását.

Budapest, 1906. október hó 22-én.

Apponyi

Eötvös e miniszteri leiratára válaszolva, november 13-án részletes tájékoztatást nyújtott további kutatási terveiről, a beszerzendő új műszerekről és egyéb szükségletekről, valamint ezek költségeiről.

A kultuszminiszter 1907. május 15-én kelt rendeletében örömmel tudatja velem:

„...A Nagyméltóságod által felhozottak fontosságának tudatában, s figyelemmel a külföld megtisztelő óhaj nyilvánítására is, a minisztertanács készséggel hozzájárult ahhoz, hogy Nagyméltóságod részére, a folyó 1907 évre, említett vizsgálódásai támogatásul 60.000 azaz hatvanezer korona állami segély engedélyeztessék. – A pénzügyminiszter úrral pedig egyetértőleg és közösen gondoskodtam az iránt, hogy a jövő 1908 és 0909 évekre ugyancsak évi 60.000 azaz hatvanezer korona a mondott célra államköltségvetéssel előirányoztassék ...

Végül van szerencsém Nagyméltóságodat tiszteletteljesen felkérni, hogy vállalkozásának tudományos eredményéről majdan nekem is beszámolni, s arra is módot találni méltóztassék, hogy arról a külföld illetékes körei is kellő tájékoztatást nyerjenek. – Óhajtom s remélem, hogy Nagyméltóságod eme munkásságával a magyar tudományosságunk örök dicsőséget arat.”

Ezt a tekintélyes összeget az egyetemi kiadásoktól elkülönítve kellett kezelni és elszámolni. Ezzel a határozattal a kormány *de facto* létrehozott egy geofizikai intézetet, melyet Eötvös Loránd halála után róla neveztek el. Eötvös – jó taktikusként – először intézetének *de jure* megalapítását szerette volna elérni. A következő, a vallás- és közoktatásügyi miniszterhez intézett, 1909-es beadvány, melynek csak fogalmazványtöröredéke került elő, kifejezetten hangsúlyozza, hogy az intézet *de jure* megalapítása nem jelentene többlet költséget a kormánynak, mivel a *de facto* létrehozott geofizikai intézet dolgozói és berendezései jelenleg is az Egyetem Fizikai Intézetének épületében vannak elhelyezve.

Nagyméltóságú

Gróf Zichy János v. b. t. t.

vallás és közoktatásügyi miniszter

Urnak.

Budapest

Nagyméltóságú Miniszter Úr!

Geofizikai vizsgálataim érdekében újra kéréssel fordulok Nagyméltóságodhoz.

Első szavam csak a hála kifejezése lehet azért a nagymérvű támogatásért, melyben azokat a pénzügyminiszter úr Nagyméltóságával együtt most már a harmadik évben részesíteni kezdesz és ezzel lehetővé tette, nem csak nekem terveim megvalósítását, hanem alkalmat nyújtott arra is, hogy a tudományos vizsgálatnak egy új módszere kifejlesztessék.

A feladat nagy és nehéz volt s így azon két év alatt, mely megbízatásom ideje óta letelt, dacára az én és munkatársaim folytonos igyekezetének, megoldása nem juthatott el olyan befejezéshez, hogy arról már most véglegesen beszámolhatnék.

E perczben csak két ezidőközben megjelent itt mellékelt dolgozatomat mutathatom be. Az egyik „Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe

der Drehwage" mely 1907-ben, a másik a „Balaton Nivófelmérése”, mely 1908-ban magyar és német nyelven jelent meg. Mint idetartozó munkásságunk eredményét említhetem még meg, hogy a göttingai egyetem által a tömegvonzás és tehetlenség közötti viszony felderítésére kitűzött pályakérdés első díját (3400 Márka) módszerem alkalmazása alapján dr. Pekár Dezső és Fekete Jenő urakkal együtt ez év március 15-én nyertem.

Időközben e módszer más nemzetek munkásságában is tért hódított. A potsdami geodéziai intézet már harmadik éve kísérletezik vele; a párisi Brillouin a Simplon alagútban végzett ilyenmű méréseket, melynek eredményeit a francia akadémia terjedelmes kiadványban tette közzé. Créma és Venturi Olaszországban foglalkoznak vele s utóbbi a palermói akadémia által kiadott „Teoria della Bilancia di Torsione di Eötvös” című értekezésében méltatja. Japán itt Budapesten Süss Nándor mechanikai műhelyében készítetteti eszközeit; s a zágrábi egyetem jó nevű geológus tanára Gorjanović Kramberger és Gavazzi tanár urat küldte intézetembe, hogy az általa tervezett, módszerem szerinti mérésekben kellő jártasságot szerezzen.

Mindez azonban csak a kezdet kezdete. Földünk alkatára vonatkozó olyan kérdésekről van itt szó, melyekről az inga nagy- és éles látású megfigyelők kezében több mint két század alatt csak nagyon hiányos felvilágosításokat nyújtott, s melyekre kielégítőbb felelettel a vizsgálódásnak ez újabb neme kecsegtet. De ez, mint amaz csak hosszú időn át folytatott rendszeres vizsgálódás útján vezethet eredményhez. Úgy mint a geodéta térképét készítvén, vagy a geológus felvételeinél, vagy az aki a földi mágneses erő viszonyait kutatja, figyelmét nem egyes pontokra, hanem nagy területekre, egész országokra, sőt világrészekre terjeszti ki, úgy kell annak is eljárnia, ki a föld mélyében elrejtett tömegekről keres felvilágosítást. A munkát ezért félbehagyni nem lehet, folytatni kell, hogy igazán eredményes legyen.

Nagyméltóságodhoz, ki a tudomány szeretetétől áthatva a munka megkezdését oly nemeslelkűen lehetővé tette, azzal a kéréssel fordulok most, tegye lehetővé és biztosítsa annak folytatását. Állítson fel a vallás- és közoktatásügyi minisztérium tárczájának keretében egy állami geofizikai intézetet. Ilyen, tisztán tudományos rendelkezésű intézetek sehol sem hiányoznak ott, a hol a tudomány a nemzeti élet talajában mélyebben gyökeret vert. Sajnos nálunk eltekintve a földművelésügy szolgálatában álló ilyenmű intézetektől éppen a vallás- és közoktatásügyi minisztérium fennhatósága alatt nincsen egy sem, hacsak ide nem számítjuk a múzeumokat, melyek inkább a közművelésügy terjesztésére, mint a tudomány művelésére vannak hivatva. Még számottevő csillagdánk sincs. Ezt azért említem, mert ha nem is pillanatnyi, de végleges elhelyezésében ennek társaságában volna egy geofizikai intézetnek is legjobb helye. Mindkettő a főváros zajától távolabbi elhelyezést kíván s mindkettő vidéki város közelében elhelyezve együttesen járulhatna hozzá hazánkban a tudomány szeretetének szélesebb körű elterjedéséhez. (Pozsony)

Ily messzemenő tervek kifejtésébe nem akarok most bocsátkozni, csak könnyebben kivihető sürgősebb megoldásra van most szükség. Sürgőssé teszi azt a kérdésnek személyi oldala is. Isten jóvalta adhat nekem még elég évet a dolgozásra, de nem

eleget a tétlen várakozásra. Mindenesetre kötelességem azonban gondoskodni arról, hogy munkámat folytathassa az, aki legjobban folytatni tudja. 1895 óta előbb mint tanársegéd, azután mint Semsey ösztöndíjas vesz részt minden idevágó munkámban dr. Pekár Dezső, s amióta a szabadban mérések történnek, önállóan vezeti azokat. A tudományos vállalkozás szükségleteinek beszerzéséről, a számítási munkálatok kiosztásáról és vezetéséről ő gondoskodik, szóval igazgatói teendőket végez. Dr. Pekár életét szentelte e munkásságnak, feláldozva annak saját érdekét, mely őt már régen végleges állásba vezetne volna. Nemcsak a méltányosság, hanem tudományos vállalkozásom sikere is megkívánja, hogy végleges alkalmazása eddigi hatáskörében mielőbb biztosítva legyen.

Említést kell még tennem Fekete Jenőről is ki 5 év óta szakadatlanul dolgozik velem, s különösen megbízható mágneses megfigyeléseivel gazdagította észleléseink anyagát. Ő is azokból való, kiket a tudomány szeretet elterelt a mindennapos kenyérkereseti pályáról. Ilyen munkaerők közreműködésének biztosítása azonban, csak egy intézet keretében szervezett megfelelő állásokkal lehetséges.

Az előadottak alapján arra kérem Nagyméltóságodat, biztosítsa az eddig ideiglenes kiadásképpen kutatásaim előmozdítására szánt évi 60,000 koronát 1910-től kezdve, mint az életbe léptetendő geofizikai intézet évi szükségletét. A munka akkor fennakadás nélkül volna folytatható. Magára az intézetre vonatkozólag, vázlatos tervezetemet a következőkben bátorodom Nagyméltóságod elé terjeszteni.

A felállítandó geofizikai intézet rendeltetése

Az intézetnek, hogy nevének megfelelően, módot kellene nyújtania a földön és a földre ható erők legkülönbözőbb nyilvánulásainak vizsgálatára. E mellett azonban úgy mint más már fennálló ilyenmű intézeteknek is, egészen sajátos rendeltetése volna. Valóban helyesebb is, ha a feladatért emelünk intézetet, mintha, mire sok a példa, az intézetnek keresünk feladatát. Mi előttünk oly nagy feladat áll, melynek teljesítése az évek hosszú sorára állapít meg munkatervet. A torziós mérleg, az inga, a függő és a mágnesű segítségével fel kell derítenünk a földkéreg rejtélyeit, mindenekelőtt azon darabjait, melyen hazánk elterül. Segítségét nyújtva ekképpen a geodétának és a geológusnak, mindig arra törekedvén, hogy vizsgálati módszerünkbe másokat is beavatva, az egész földre vonatkozó ismereteink gyarapodjanak. Szoros kapcsolatban áll ezekkel a földi elektromos áramok tanulmányozása és a gravitáció állandójának s ezzel egy a föld forgásának netáni változásától független időegységnek szigorú meghatározása, amikre új sokat ígérő módszerek állanak rendelkezésünkre. Az intézet, melyet közvetlenül a vallás- és közoktatásügyi minisztérium fennhatósága alatt álló állami intézetnek tervezek, mint ilyen nem állana ugyan az iskolászerű tanítás szolgálatában, mégis hivatva volna arra is, hogy tudósokat képezzen. Rendeltetése volna az is, hogy sajátos vizsgálatainak terén útmutatást nyújtson bármely nemzet tudós fiainak, úgy, mint azt a potsdami geodéziai intézet teszi, mely ezzel az egész tudományos világot hálára kötelezte, s melynek mi magunk is nagy köszönettel tartozunk azért, hogy a múlt év folyamán geodéta munkatársamat Oltay Károlyt a maga vizsgálati módszereibe bevezette.

Az intézet ideiglenes elhelyezése.

Az intézetnek, hogy sikeresen működhessen, nagyobb számú, de különböző fajú helyiségekre van szüksége, melyeknek éppen ezért nem kell egy helyen összpontosítva lenniük. Ezek:

1. Iroda, könyvtár, számlolás és rajzolásra szánt helyiségek. Együttvéve 4–5 nagyobb szoba.

2. Gyűjteménytár és raktár az intézet értékes eszközeinek és kevésbé kényes felszerelésének elhelyezésére. 2 nagyobb szoba.

3. Laboratórium az eszközök kipróbálására, állandóinak meghatározására és a munkálatokkal szoros kapcsolatban lévő fizikai vizsgálatokra. 3-4 helyiség.

4. A város zajától és elektromos áramainak hatásától ment helyiségek a tömegvonzás és a mágneses erőre vonatkozó pontosabb mérésekre.

5. Kocsiszín az intézet műszerkocsijainak elhelyezésére. Ma 6 ilyen már meglévő kocsi elhelyezéséről kell gondoskodnunk.

A szoros kapcsolat folytán, mely személyemet a felállítandó intézethez fűzi, lehetségesnek tartom az ideiglenes elhelyezést majdnem költség nélkül létesíthetni.

Azon szerencsés körülmény folytán, hogy dr. Fröhlich Izidor és Klupathy Jenő tanár urak, kik a vezetésem alatt álló egyetemi fizikai intézetet eddig mint annak vendégei vették igénybe, a jövő évtől kezdve saját helyiségeket nyerne, lehetséges lesz a tervezett intézet szükségleteit részben itt kielégíteni. Így az 1. alatt felsorolt iroda stb. helyiségek az intézetnek az Eszterházy utcára nyíló azon földszinti részében helyezhetők el, melyet eddig dr. Fröhlich Izidor tanár úr...”

A beadvány sorsáról nem találtunk dokumentumot, nagy valószínűséggel nem történt semmi. Négy évvel későbből datálódik Eötvös következő beadványa, amelyet már egy új vallás- és közoktatásügyi miniszternek címzett, de hivatkozik 1909-es beadványára.

Nagyméltóságú
Gróf Zichy János v. b. t. t.
vallás és közoktatásügyi miniszter
Úrnak

Budapesten
Nagyméltóságú Miniszter Úr,
Kegyelmes Uram!

Engedje meg, hogy az 1913ik évi költségvetés-előirányzat egybeállításának alkalmából szíves figyelmét felhívjam a folyamatban lévő geofizikai vizsgálataimra és pedig nem csupán azoknak eddig évente törvényhozásilag megszavazott 60.000 koronányi segélyezésére, hanem különösen az általam már 1909-ben javasolt állandó intézet felállítására.

Méltóztassék fontolóra venni az alább elmondandókat, melyek ezen intézet felállításának szükségességét kétségtelenül igazolják. Tekintetbe véve azon körülményt, hogy ezen intézet javaslatom szerint az eddig élvezett évi 60,000 koronás államsegélyből, az államháztartás újabb megterhelése nélkül létesíthető, azon kéréssel járulok Nagyméltóságod színe elé, hogy az 1913-ik évi költségvetésbe az intézet felállítását felvenni méltóztassék.

Elodázhatatlannak látom ezen intézet létesítését; sikeres tovább működésemet csak ez teszi lehetővé, mert csak is így módon biztosíthatom magamnak régi, szakavatott munkatársaim pótolhatatlan munkásságát.

1909 június 10-ikéről keltezve Nagyméltóságod hivatalbeli elődjéhez e tárgyban részletes tervezetet nyújtottam be. Javaslatom lényegében és részleteiben most is az, a mint azt ezen felterjesztésemben kifejtettem. Az intézet felállítása és szervezésére vonatkozólag elegendő e felterjesztésemre hivatkoznom, a miért is annak másolatát ide mellékelem.

Időközben csupán az indokok szaporodtak és öregbedtek, a melyek az intézet mielőbbi felállítását szükségessé teszik.

Javaslatomban kifejtettem azon sokoldalú munkaprogramot, a mely az intézet működési körébe tartozik. Az ott felsorolt vizsgálatok inkább csupán tudományos értékűek voltak. Újabb vizsgálataim, az újabban végzett mérések azonban, ha nem is azonnal, de mintegy betetőzőképpen gyakorlati eredmények elérését is kilátásba helyezik. E mérések az „Internationale Erdmessung” kiadványaiban jelentek meg, a legújabbakat pedig ősszel e bizottság ez ideig, Hamburgban tartandó kongresszusán mutatom be. Sikerült az Alföld alatt végighúzódnó tömegvonulatokat kimutatnunk, a melyek a geológiai tapasztalatok szerint valószínűleg, mint földgáz lelőhelyek értékesíthetők. Kecskemét földrengéses területe alatt sajátos holdkráter szerű alakulatot találtunk, a mely a földrengési térkép görbéivel szembeszökő összefüggéseket mutat. Részletes földmágneses felvételeink e mellett a vas eloszlásáról nyújtanak felvilágosítást. Az idei nyári és őszi expedícióban a Maros völgyét tesszük tanulmány tárgyává, s várható, hogy e mérési eredményekből a medence mélyében elrejtett értékesíthető anyagokról is némi felvilágosítást nyerünk.

Mindezen érdekes és nagyfontosságú kérdések eredményes megoldása azonban évek során kiképzett szakemberek munkásságát igényli, a mi csak egy rendszeresített intézet keretében várható.

A külföld érdeklődése a vizsgálatok iránt egyre fokozódik. Az előző felterjesztésben foglaltak kiegészítésül felemlíthetem, hogy E. Soler a paduai egyetem geodézia professora, a ki előzőleg Messinában működött, Süss Nándor budapesti mechanikusnál gravitációs eszközeim mását készítette el, a mellyel az észak olaszországi síkon, valamint a földrengéses vidékeken óhajt méréseket végezni. A mérések végzésnek módját Nagykőrös vidékén működő expeditio táborunkban gyakorlatilag tanulmányozta. A Gavazzi zágrábi professor ugyancsak Budapesten készült eszközömmel múlt évben már elkezdte méréseit a Szerémségben. Ez év tavaszán pedig hosszabb időt töltött Budapesten, hogy a mérési eredmények feldolgozási módját elsajátítsa. Múlt év nyarán O. Klotz ottawai (Canada) csillagász keresett fel, hogy az ily nemű mérések végzésére vonatkozólag felvilágosításokat szerezzen.

Az új intézet alkalmat nyújtana arra is, hogy a külföld érdeklődő tudósai sajátos vizsgálati módszereinket tanulmányozhassák.

Múlhatatlanul szükségessé teszi ez intézet mielőbbi felállítását az, hogy a személyi ügyek ez úton rendeztessenek.

A mérések ugyanis már meglehetősen széles mederben folynak. Az idei nyári expedícióban már 6 észlelő vesz részt, a kiknek 6 munkás ember, 10 kocsis és 10 pár ló áll rendelkezésükre, a melyek segítségével, 10 jórészt specziálisan készült kocsival műszereiket, sátraikat és teljes felszerelésüket egyik megfigyelési állomásról a másikra szállítják.

Ily nagy arányú mérések végzése, s az eredmények feldolgozása csak is úgy lehetséges, ha a részben ideiglenesen alkalmazottak működése régi, tapasztalt és szakképzett munkaerők vezetése mellett történik. Csupán folyton változó, kezdő fiatal emberekkel e működést sikeresen eszközölni lehetetlen.

Valóban véletlen szerencsének kell tartanom azt, hogy egy két ilyen régi munkatársam van, akik évek hosszú során át a szó szoros értelmében feláldozzák saját érdeküket ezen tudományos célnak. Minden biztos állás nélkül kirtartanak mellettem és lehetővé teszik, hogy vizsgálataimat eredményesen végezhessenem.

Mint azt előző felterjesztésemben részletesen közöltem, Dr. Pekár Dezső 1895 óta, szóval 17 év óta működik oldalamon, vezetvén a szabadban eszközölt méréseket. Fekete Jenő pedig, mint mágneses észlelő 8 év óta dolgozik mellettem.

Nem csak méltányosnak és formális erkölcsi kötelességnek tartom, hogy e két régi munkatársam megfelelő, jól megérdemelt végleges állásba jusson, hanem ezt, a mint azt már kifejtettem tudományos vállalkozásom sikere is megkívánja. Csakis így kívánhatom meg, és csakis így fogadhatom el nyugodt lelkiismerettel e régi munkaerőim szakavatott munkásságát.

Az intézet ideiglenes elhelyezésének módját, mely úgyszólván költség nélkül eszközölhető, előző javaslatomban részletesen kifejtettem. Kiegészítésül megjegyzem, hogy azóta Dr. Fröhlich Izidor és Dr. Klupathy Jenő egyetemi tanár urak a vezetésem alatt álló egyetemi fizikai intézetből tényleg kiköltöztek s így a helyiségek rendelkezésre állanak, illetve már most is az ott javasolt módon ideiglenesen használatba vétettek.

Ugyancsak itt vannak jó részben elhelyezve a felállítandó intézet leltári tárgyai, a melyek értéke már a százezer koronát közelíti meg.

Az intézet személyzete és a költségelőirányzat tekintetében ismét előző felterjesztésemre utalok.

Hangsúlyozom azt, hogy a költségelőirányzatot akként állítottam egybe, hogy az a most élvezett 60.000 koronás évi államsegélyből fedezhető. Az intézet felállítása tehát az államháztartást újabb kiadással nem terhelné meg. Csupán arról volna szó, hogy a részemre geofizikai vizsgálatok végzésére nyújtott évi államsegélyt ezentúl a felállítandó geofizikai intézet évi szükségleteinek fedezésére fordítsassák.

Szóval az intézet felállításának pénzügyi oldala oda redukálódik, hogy egy, a költségvetésben már eddig is szereplő tétel megfelelő más helyre utaltassék át.

Bizalomteljesen fordulok Nagyméltóságodhoz, hogy az itt elmondottakat fontolóra véve, az állami geofizikai intézetet az 1913. évi költségvetés keretén belül felállítani kegyeskedjék.

Öszinte köszönettel és hálával tartozom Nagyméltóságodnak és hivatalbeli elődjének azon kegyes támogatásért, hogy engem oly évi államsegélyben részesítettek, a mely lehetővé tette, hogy vizsgálataimat szélesebb mederben végezhessenem.

E munka sikeres voltának biztosítékát az új intézet felállítása adja meg.

Kérem Nagyméltóságodat, hogy azon nemes intenciókat követve, a melyek nekem az államsegélyt juttatták, tegye nekem lehetővé ez úton, hogy munkálataimat tovább folytathassam.

Az új intézet sok külön oldalú munka programja olyan munkákat ölel fel, a melyek sikeres megoldása esetén bizton remélem, hogy az úgy a hazai, valamint a külföldi tudományos világ elismerését kiérdemelné és gyakorlati jellegű kérdéseivel hazánk javát szolgálná!

Fogadja Nagyméltóságod őszinte tiszteletem nyilvánítását

Eötvös Loránd

Székházépítési kezdeményezés a két világháború között

A történelem közbeszólt, az I. Világháború, majd a forradalmak idején senki se foglalkozott az alapító okirat nélküli Geofizikai Intézet megfelelő elhelyezésével. Eötvös 1919-ben április 8-án bekövetkezett halálával lezárult a magyar geofizikai kutatások hősora. Halála alapvetően megváltoztatta az 1907 óta önállóan gazdálkodó terepi kutatások helyzetét. Pekár Dezső, a kutatások vezetője, felismerte a helyzet komolyságát, miszerint Eötvös vitathatatlan tudományos tekintélyének hiányában bizonytalanná vált a terepi geofizikai kutatások helyzete az egyetem keretei között. A kutatásokat kezdetektől vezető Pekár Dezső jobbnak látta, ha már 1919-ben kezdeményezi a kutatások leválását a Tudományegyetemről, illetve annak főhatóságától, a kultuszminisztériumról. Törekvéseit támogatta Böckh Hugó, a pénzügyminisztérium bányakutatási osztályának vezetője, aki már közel egy évtizede próbálta növelni a nyersanyagkutatási célok fokozottabb érvényesülését a geofizikai kutatásokban. Eötvös ellenállt ezeknek a törekvéseknek, mivel őt elsősorban a kutatások tudományos oldala érdekelte, míg Pekár sokkal pragmatikusabb nézetet képviselt. A Böckh Hugóval kötött szövetséget siker koronázta, az „Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások” átkerültek a pénzügyminisztérium hatáskörébe. Ez a szervezeti átalakulás egyben azt is jelentette, hogy a további méréseket elsősorban a nyersanyag-, ezen belül is a szénhidrogénkutatás igényei vezérelték.

A pénzügyminisztérium már minden formáság mellőzésével, önálló intézményként kezeli a Pekár Dezső „igazgató” vezetése alatt álló, saját maga által elnevezett Magyar Királyi báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézetet. Bizonyos formaságokat azért meg kellett tartani még a legzavarosabb történelmi időkben is, ezért kérelemmel fordulnak a valóság- és közoktatásügyi miniszterhez, hogy a geofizikai kutatások céljait szolgáló eszközöket a pénzügyminisztérium vagyonkezelésébe átengedjék, de az egyetem azért továbbra is biztosítsa az intézmény által eddig elfoglalt helyiségeket. A beleegyező válasz-átirat szavai szerint: „Folyó év augusztus 23.-án 26.973 sz. alatt kelt nagybecsű átíratára van szerencsém tisztelettel értesíteni Nagyméltóságodat, hogy a nagyemlékű báró Eötvös Loránd

által felfedezett és megindított geofizikai kutatásoknak tárcám vagyongazdálkodásához tartozó és különállóan leltározott tárgyait és műszereit a pénzügyi tárca hatáskörébe átengedem.” Ugyanez az átirat azonban a tudományos kutatások folytatása érdekében a következőket is tartalmazza: „Teljes tudatában e világhírű felfedezés tudományos és gyakorlati jelentőségének, biztosítékot kérek azonban az iránt, hogy a geofizikai állomás⁵ a jövőben nem csupán csak gyakorlati célokat fog szolgálni, hanem a geofizikai tudományos kutatást továbbra is folytatni fogja és alkalmas lesz a magyar tudós világnak is az e téren való kutató, kísérletező munkára.”

Gondoljuk el, 1919. augusztus 23-án, mindössze 22 nappal azután, hogy megbukott a Tanácsköztársaság, Budapest pedig román megszállás alatt állt, a Geofizikai Intézet jogi státusáról és elhelyezéséről levelezett két minisztérium! Emögött minden bizonnyal Böckh Hugó állt, aki szakmai presztízsét növelhetni vélte a geofizikai mérések szénhidrogén-kutatási bevezetésével. A szövetségesek jó üzletet kötöttek, Pekárnak sikerült elérnie a függetlenséget, Böckh Hugó pedig megszerezte az „Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások” feletti felügyeleti jogot.

A Geofizikai Intézet elhelyezésének problémája t. k. ekkor kezdődött, és hamarosan egy önálló székház igényeként fogalmazódott meg. De 1921-ben közvetlen veszély fenyegette még az egyetemi Fizikai Intézetben működő néhány laboratóriumot is, mint a következő levél bizonyítja.

Magyar Királyi Pénzügyministerium
5635./1921. szám
XV./a.

Nagyméltóságú
dr. Vass József
vallás- és közoktatásügyi m. kir. miniszter úrnak
Budapest

Nagyméltóságú Minister Ur!

A tárcám keretébe tartozó báró E ö t v ö s L o r á n d féle geofizikai kutatások részére Nagyméltóságod hivatali előde 1919. november 18-án kelt 176.608./1919. B. XVI. számú nb. átiratával a budapesti m. kir. tudományegyetem I. számú fizikai intézetében biztosított megfelelő helyiségeket.

Dr. P e k á r D e z ő miniszteri tanácsos a geofizikai kutatások vezetője folyó évi április hó 14-én kelt 24. számú jelentésében arról értesít, hogy a bölcsészettudományi kar hozzá intézett hivatalos átirata szerint Nagyméltóságod az egyetemhez leiratot intézett, amely szerint a fizikai tanszéket megszüntetni és az egész épületet teljes felszerelésével együtt a közgazdasági egyetemnek átengedni szándékozik. Ezek szerint kérdéses tehát, hogy a geofizikai kutatások részére biztosított helyiségek az eddigi rendeltetésüknek megfelelő használatban megmaradhatnak-e.

⁵ Kiemelés a szerzőtől, felhívva a figyelmet, hogy a kultuszminisztériumban tartózkodtak az intézet kifejezéstől.

Nem mulaszthatom el, hogy ebből az alkalomból kifolyólag rámutassak arra a rendkívül fontos közgazdasági és tudományos érdekekre, amelyek a geofizikai kutatások zavartalan működéséhez fűződnek.

A D'Arcy Exploration Company Ltd. londoni cég vezetése alatt álló szindikátussal múlt év október hó 20-án kötött Egyezmény szerint ezen intézmény végzi azon geofizikai vizsgálatokat, amelyek a Nagy-Magyar Alföldön feltárandó földgázterületek felkutatását célozzák.

E külső munkálatoknál is nélkülözhetetlenek a megfelelő laboratóriumok, amelyekben az eszközök justírozhatók és ellenőriztetnek, valamint a szükséges tudományos fizikai berendezések elkészítetnek.

A földgázkutatásra vonatkozó ezen munkálatok részletesen kidolgozott munkaprogramját teljesen felborítaná, ha a hivatalos helyiségek kérdése miatt a geofizikai munkálatok menetében zavarok állnának elő.

Nem kevésbé fontos a báró Eötvös Loránd féle geofizikai kutatások tudományos oldala is, amelyre vonatkozólag Nagyméltóságod hivatalbeli előde fent idézett átiratában a következőket mondja: „Teljes tudatában e világhírű felfedezés tudományos és gyakorlati jelentőségének, biztosítékot kérek azonban az iránt, hogy e geofizikai állomás a jövőben nemcsak gyakorlati célokat fog szolgálni, hanem a geofizikai tudományos kutatást továbbra is folytatni fogja és alkalmas lesz a magyar tudós világnak is az e téren való kutató kísérletező munkára.”

A geofizikai állomás nemcsak teljes mértékben megfelel ezen feladatnak, de állandó tudományos kapcsolatot is tart fenn a nyugati államokkal, így legújabbban Angliával, Franciaországgal, Spanyolországgal, Németországgal és Ausztriával.

./.

Nem mulaszthatom el még annak a megemlékését, hogy a geofizikai állomás sok tekintetben harmonikusan egymást tudományosan kiegészítve működik együtt az egyetemi fizikai intézettel, s így a geofizikai kutatások szempontjából kívánatos volna magának a fizikai intézetnek a fenntartása is.

A közgazdasági egyetem működése különben is a geofizikai kutatások nyugodt menetét rendkívül hátrányosan befolyásolná.

Dr. Pekár miniszteri tanácsos jelentése szerint a közgazdasági egyetem ezen kifejezetten fizikai vizsgálatok végzésére készült épületet tulajdonképpen nem mint fizikai intézetet akarja továbbra használni, hanem egyszerűen csupán a helyiségekre, a szobákra van szüksége, a jelen körülmények között pedig teljesen lehetetlen gondoskodnom arról, hogy a geofizikai kutatások laboratóriumát, műszereit és felszerelési tárgyait más e célra alkalmas épületben helyezzem el, mert ez csak megfelelő építkezések és átalakítások útján volna lehetséges.

E röviden érintett fontos közgazdasági és tudományos okokra hivatkozva, arra kérem Nagyméltóságodat, hogy az Eötvös féle fizikai intézetet továbbra is fenntartani, illetve az irányban intézkedni szíveskedjék, hogy a régebbi határozat értelmében ez az intézet épületében a báró Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások helyiségei minden körülmények között továbbra is változatlanul rendelkezésünkre álljanak.

Fogadja Nagyméltóságod kiváló tisztelem őszinte nyilvánítását.

Budapest, 1921. évi április hó 22-én.

A miniszter helyett:

V é r t e s y s.k.
államtitkár

Nyilvánvalóan az egyetem Bölcsész tudományi Kara – ahová TTK még nem lévén, a természettudományok is tartoztak – ugyancsak megmozgatott minden követ, hogy elhárítsák a D épület elvételének veszélyét. Ennek eredményeképp a Geofizikai Intézet is maradhatott, de a rendelkezésre álló helyiségek a legszükségesebb munkálatok elvégzésére is alig voltak elegendők. Az intézet felszerelésének egy részét, a nehézségi erő abszolút értékeinek meghatározására szolgáló relatív ingákat és tartozékaikat, ideiglenes jelleggel a műegyetemen Oltay Károly Geodéziai Intézetében helyezték el, a mérőexpedíciók kocsi-parkját pedig a Hungária körüti Pálffy laktanyában.

Az 1926. január 3–8. között tartott Természet-, Orvos-, Műszaki és Mezőgazdaság-tudományi Országos Kongresszus nagy megértéssel tárgyalta az Eötvös-intézet ügyét. Megnyitó beszédében maga a kultuszminiszter, Klebelsberg Kuno gróf karolta fel az építendő új Eötvös-intézet ügyét. Szerinte:

„Amint a svábhgyei csillagvizsgáló és a tihanyi élettani állomás építésére most lekötött hitelek fokozatosan felszabadulnak, hozzáláthatunk egy geofizikai intézet építéséhez, amelynek az lenne elsősorban hivatása, hogy Eötvös Loránd torziós ingájával a kísérleteket folytassa. Mint-hogy Eötvös elmulasztotta műszerének szabadalmaztatását, annak gyártását külföldi cégek ragadták magukhoz, s ha mi magyarok még tudományos munkáját sem folytatjuk, akkor az egész korszakos felfedezés lassanként elvész a magyar tudományosság számára s a külföld sajátítja azt ki.

Ez intézettel kapcsolatban oldhatnók meg az Eötvös-mauzóleum kérdését is olyanszerűen, amint azt Pasteurrel a franciák tették, aki a párizsi Pasteur-intézet egy kápolnaszerűleg kiképzett termében nyugszik.

A geofizikai intézetet Budapesten kell majd felépíteni s ugyanitt belátható időn belül gondoskodni a bölcsészeti kar természettudományi intézeteinek megfelelő elhelyezéséről is. A Múzeum-körúton ugyanis a kocsik és főleg a villamosok rázása folytán olyanok a helyi viszonyok, hogy precíziós mérésekre alig lehet gondolni és az épületek egyébként sem alkalmasak e célra.

Már most gondoskodnunk kell tehát olyan telekről, ahol az orvosi kar elméleti és a bölcsészeti kar természettudományi laboratóriumai és az olyan kutatóintézet, mint a geofizikai, egyesíthetők lennének. A Berlin-dahlemi koncepció lebeg itt szemem előtt, természetesen a mi szűkösebb viszonyainknak megfelelően szerényebb keretekben. E célra tekintetbe jöhetnek a műegyetem melletti lágymányosi telkek, az Új Szent János-kórház mögötti hatalmas temetőtelek, esetleg a Nádor-kert. E részben még a fővárossal kell tárgyalnom, tervszerű terjeszkedéshez nagy tel-

ket biztosítanunk kell még oly időben, mielőtt a nagyobb építkezések megint megindulnak.”

A kongresszus főtitkára, Gorka Sándor egyetemi tanár többek között az alábbiakkal indokolta az intézet létrehozásának szükségességét: „Legyen egy külön intézete a gravitációs vizsgálatoknak, annak a tudományágnak, amely magyar lángelméből fakadt, s amely Eötvös nevével lett nagygyá és járta be az egész világot, mindenütt dicsőséget szerezve a magyarságnak.”

Pekár Dezső a következőkben számolt be az eseményekről:

„Klebelsberg Kuno gróf kultuszminiszter legnagyobb szeretettel karolta fel az építendő új Eötvös-intézet ügyét. Mint a Műegyetem mellett létesítendő tudományos telep, a magyar Dahlem első épületét óhajította ez intézetet felépíttetni, sőt az 1926-27 évi állami beruházásokból a kultuszminisztérium részére eső összegből az építésre már 500.000 aranykoronát biztosított, amit a törvényhozás is jóváhagyott. Az ő nemes és kegyeletes terve, hogy „ez intézettel kapcsolatban oldhatnók meg az Eötvös-mauzóleum kérdését is olyanszerűen, amint azt Pasteurrel a franciák tették, aki a párizsi Pasteur-intézetnek egy kápolnaszerűen kiképzett termében nyugszik. A tervezések sürgősen megindultak, e célból a miniszter már 1926. július elején Wälder Gyula építész tanárral együtt kirendelt Pesthidegkúton lévő villájába, hogy a terv főbb részleteit és a tendőket megbeszéljük. Majd a július 22-én tartott minisztertanács felhatalmazása alapján kiküldött bennünket Göttingenbe és Berlin-Dahlembe, „hogy az ottani természettudományi intézeteket – különös tekintettel a Budapesten létesítendő geofizikai intézetre – tanulmányozzuk.”

E tanulmányutunkban elsősorban megtekintettük Dahlemben a Kaiser Wilhelm Institut mintaszerű telepét (1. ábra), főleg a kémiai és fizikokémiai intézeteket. Majd Siemens-Stadtban az óriási „Werner Werkében” főleg a gyár területén lévő hatalmas tudományos kísérleti állomást néztük meg, ahol ezen épületrésznek a rázkódásoktól való izolálása különösen tanulságos. Továbbá Friedenauban az Eötvös-ingákat gyártó „Askania Werkét” látogattuk meg. Göttingenben (2. ábra) a fizikai intézeteken kívül, E. Wiechert geofizikai intézetét kerestük fel, ahol főleg szeizmográfiai megfigyelésekkel foglalkoznak a legtekélyesebb műszerekkel. Ezután Jénában a világhírű



1. ábra. A Vilmos császár Fizikokémiai és Elektrokémiai Intézet épülete Berlin-Dahlemben



2. ábra. Göttingen látképe

„Zeiss Werkét” (3. ábra) és az új földrendéstan intézetet tekintettük meg, ahol a szeizmográf helyiségek hőszigetelése mintaszerű. Végül Münchenben a Műegyetem új fizikai intézetét, és a Deutsches Museumban főleg a bányászati osztályt néztük meg, amelynek két emelet mélységű, földalatti pincéhelyiségei kitűnően vannak a nedvesség ellen szigetelve és teljesen szárazak, dacára annak, hogy az épület az Isar szigetén fekszik. A Lágymányoson építendő Geofizikai Intézet mély pincéi ugyanezen feladat megoldását teszik szükségessé. Minthogy pedig az építkezésnek az Eötvös-intézet munkaköre és feladatai szerint kell igazodnia, ezt külön részleteztem. Az alábbiakban csupán felemlíttem a legfontosabb teendőket.

- 1) A torziós-inga mérések folytatása hazánkban
- 2) Torziós-inga mérések külföldön
- 3) Mérések a nehézségi erő abszolút értékének meghatározására
- 4) Földmágnességi mérések végzése
- 5) Az Eötvös-féle torziós-ingák tökéletesítése
- 6) Folytatólagos tudományos kutatások a laboratóriumban
- 7) Külföldi tudósok és szakemberek oktatása
- 8) A méréseken teljesen jártas magyar emberek nevelése
- 9) Szakemberek tudományos munkálkodása
- 10) Berendezkedés az újabb geofizikai kutató eljárásokra
- 11) Történelmi múzeum felállítása
- 12) Állandó földmágneses obszervatórium felállítása

Sajnos e szép tervek és remények mind szertefoszlottak a lágymányosi tó feltöltésének kérdésén, amit a kultuszminiszter a fővárossal kívánt elvégeztetni. Viszont az, a bár tíz évre eloszló, de összesen kb. kilencmilliót kitevő költséget nem vállalta. Hiába cikkezett Klebelsberg a napilapokban is, mondván, hogy az új tudományos intézeteket vidékre viszi, a főváros megmaradt eredeti álláspontja mellett. Ily módon nem valósíthatta meg nagyszabású tervét, a magyar Dahlemet. Igaz, hogy maga az Eötvös Intézet a már feltöltött részen, a Műegyetem melletti sporttelep helyére került volna, de a tudományos telep ezen első épületének felépítését céltalannak tartotta, ha a többiek részére a telket nem biztosíthatja. Az Eötvös intézet építésére már megszavazott 500.000 aranykoronát a Tihanyi Biológiai Állomás és a Collegium Hungaricumok költségei emésztették fel. Intézetünk pedig továbbra is ott szorong az Egyetemi Fizikai Intézet épületében.”



3. ábra. Carl Zeiss Optikai és Mechanikai művek, Jéna

A székházüggyel párhuzamosan azonban, derült égből villámcsapásként egy új szereplő lép a színre, nevezetesen báró Nopcsa Ferenc, a Magyar Királyi Földtani Intézet igazgatója személyében. Az ugyancsak 1926-ban tartott XIV. Geológiai Kongresszusról Madridból hazatérve az alábbiakban számol be tapasztalatairól hivatali felettesei-nek:

„...jelentem Nagyméltóságodnak, hogy az Eötvös-ingával folyó súlymérések geológiai szempontból napról-napra fontosabbá válnak...

Az Eötvös-inga által ... elért eredmények csak akkor érnek valamit, ha geológus adja meg az interpretációt, mert az inga csak súlykülönbségeket jelez és a geológus feladata marad megmagyarázni, hogy minden speciális esetben milyen közetek idézhetik elő az említett súlykülönbségeket. Ennek folytán az Eötvös-inga által adott számok holt anyag halmazatot képeznek, mindaddig, míg a geológus interpretációja által életet nem visz beléje. Az Eötvös-inga eme precizitása és adati interpretációja adja meg eme készülék közgazdasági jelentőségét, de éppen ez ami az Eötvös-inga legnagyobb diadala egyszeresmind jóformán az Eötvös-inga tudományos átka volt. A fejlődés ti. azt hozta magával, hogy az Eötvös-inga használatát eddig jóformán petróleum- és bányatársaságok monopolizálták. Mindennek dacára a madridi geológiai kongresszus alkalmával a világ összes geológusai az inga teoretikus jelentőségét ismét a bányászokkal ellentétben, előtérbe hozták. A kongresszuson egy külön nemzetközi súlymérő bizottságot alakítottak, melynek határozatai az egész világra kötelezők, a Magyarországon végzendő súlymérésekkel pedig nem a Pénzügyministerium kiküldötteit, hanem a m. kir. Földtani Intézet igazgatóját bízták meg, mert ezzel dokumentálni akarták, hogy a súlymérések monopoliumát ki kell ragadni a pénzt kereső vállalatok kezéből és tudományos bázison is kell folytatni.

A Eötvös-ingáról szóló jelentésemet azzal fejezhetem be, hogy a Magyarországon végzendő súlymérések dolgában egy nemzetközileg elintézett fait accompli előtt állunk, ez pedig abban áll, hogy nemzetközi határozat alapján az ilyen munkák elvégzésére a m. kir. Földtani Intézet bízott meg.

B u d ö nagyméltóságával, valamint a Pénzügyministerium bányászati osztályával (B ö h m ministeri tanácsos úrral) folyta-

tott beszélgetés során is az a vélemény alakult ki, hogy az erők koncentrálása érdekében szükséges, hogy az összes geológiával foglalkozó kutatások, melyekhez, mint a fenti exposé bizonyítja, a geofizikai kutatások is tartoznak, egy helyben follyanak össze, ez a hely pedig nem lehet más, mint a m. kir. Földtani Intézet.”

Miután levelét megírta, találkozót kért Pekártól, aki tájékoztatta a Geofizikai Intézet székházépítési fejleményeiről. Nopcsa a kapott információk birtokában az alábbiak szerint kompromisszumot javasol feletteseinek:

„... a geofizikai intézet felállítása a Kultuszministerium hatáskörébe jóformán elintézett dolog, azt javasolom, állapítsa meg a kormány (ha szükséges törvény alakjában) hogy eme két intézet működésének tudományos tekintetben szoros összefüggésben kell állnia és hogy ezért a geofizikai intézet munkaterve évről-évre a m. kir. Földtani Intézet igazgatójával olyforma megállapodás alapján történjen, hogy a m. kir. Földtani Intézet igazgatója a geofizikai intézet igazgatójának kijelöli, hogy melyik terület átkutatását tartja theoretikus geológiai és bányakutatási szempontból szükségesnek.”

A levélből kiderül, hogy a dolgok akkori állása szerint a Földművelésügyi minisztérium és a Földtani Intézet kénytelen letenni beolvasztási szándékáról, ezért Nopcsa már csak a két intézmény szoros (ha szükséges, törvénnyel biztosított) együttműködését javasolja. Pekár szavaival: „A hivatalos körök beolvasztó törekvéseivel szemben sikerült elérnem, hogy igazgatásom alatt az Intézet, mint különálló intézmény működjék.” Most már minden energiáját a szakmai kérdésekre fordíthatta.

A székházépítés hosszú időre lekerült a napirendről. Pekár 1928. dec 31-i beadványából kiderül, hogy: „Az Eötvös Intézetnek még 1919-ben az igazgatón kívül három állandó alkalmazottja volt: Fekete Jenő főgeofizikus, Szecsődy Miklós geofizikus és Kerékjártó Béla havi munkadíjas. Fekete Jenő Mexikóba való távozása és a létszám-apolás folytán azonban e személyzet jelenleg csupán egyetlen emberből, Szecsődy Miklós geofizikusból áll.” Pekár és Szecsődy pedig kényelmesen elfért az Egyetem D épületében levő laboratóriumaikban. A terepi munkákat ideiglenes alkalmazottakkal oldották meg, akik főleg tanári munkájuk mellett tudták ezt a megoldást választani. Közülük legfontosabb Renner János, a fasori Evangélikus Gimnázium matematika-fizika szakos tanára volt. Az előbb idézet beadvány szerint: „Renner, bár ideiglenesen és megszakításokkal, de már 1911 óta vesz részt az Eötvös Intézet munkálataiban. Az 1921–23 években, amikor a földgáz-kutatást hazánkban az állammal kötött szerződés alapján a D'Arcy Exploration Ltd., illetve a Hungarian Oil Syndicate Ltd. végezte, Renner is tagja volt az Eötvös Intézet e célra kirendelt geofizikus csoportjának.”

Pekár Dezső 1934. december 31-vel nyugdíjba vonult, helyét az 1933-ban Amerikából hazatért Fekete Jenő vette át. Az ő nevéhez fűződik a szeizmikus, majd a geoelektromos módszerek bevezetése az Intézet tevékenységi kö-

rébe, de az állandó létszám növelését ezzel sem tudta elérni. Renner János visszaemlékezése szerint 1936–38-ban is csak két állandó és hat ideiglenes alkalmazott (Ács Ernő, Bassó Imre, Dombai (Tafner) Tibor, Haáz István, Ország János) végezte a megnövekedett munkát. A visszaemlékező és a felsoroltak közül ketten az elkövetkező évtizedek vezetői, ill. igazgatói, időrendi sorrendben: Bassó Imre (1943–47), Renner János (1947–54), Dombai Tibor (1954–63), Ács Ernő igazgatóhelyettesként, majd az akkor alakult Geofizikai Mérőműszerek Gyára igazgatójaként, Haáz István pedig egy ideig megbízott igazgatóként működött. A háború végén egy 1945. április 23-án kelt kimutatás szerint négy kutatója volt az Intézetnek, ráadásul közülük egy, Banai Gyula, hadifogságban volt.

Székházépítési kezdeményezések 1950 után

1945 nagy változást hozott a Geofizikai Intézet életében is: az Egyetem igényt tartott az Intézet által használt laboratóriumokra, így költözködni kényszerültek, de hová? Hosszas huzavona után, miután a pénzügyminisztérium bányakutatási osztálya és ezzel együtt a Geofizikai Intézet is 1935-ben átkerült az akkor újonnan megalakult Ipari Minisztérium szervezetébe, egyetlen megoldásként adódott, hogy az ugyancsak oda tartozó Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) fogadja be őket. Így lett a háború alatt elkezdett, de be nem fejezett, csak „átmenetileg” beköltöztetett Szabó József utcai melléképület a Geofizikai Intézet új otthona 1950-től.

Amikor az 1948-ban uralomra jutott kommunista rendszer meghirdette, hogy Magyarország a vas és acél országa lesz, az ELGI fontossága és létszáma rohamléptekkel növekedni kezdett. A kutatói státuszban levő dolgozók létszáma 1949-ről 1950-re megduplázódott, majd a MAORT felszámolásával és jól képzett geofizikusainak átvételével a létszám tovább növekedett, nem beszélve a szeizmikus módszer velejárójaként megszorodott, nagyméretű műszaki berendezésekről. A Szabó József utcai épület, szinte a beköltözés pillanatától szűknek bizonyult. Az egyes részlegek kitelepülése hamarosan megkezdődött.

Elsőként 1952-ben Renner János igazgató mint az Evangélikus Gimnázium nyugalmazott igazgatója három lakást meg tudott szerezni az evangélikus egyház tulajdonában levő Damjanich u. 28/b alatti bérházban. Ide költözött a Gravitációs és a Földmágneses Osztály, a Meteorológiai Intézettől átkerült Obszervatóriumi Szolgálat és a frissen beolvasztott Földrengésvizsgáló Intézet Földrengésvizsgáló Osztály néven. Ezenkívül sikerült megszerezni az akkori Vorosilov út (ma Stefánia út⁶) 99. alatti önálló villát, ahol az igazgatósággal együtt különböző adminisztratív részlegek kaptak helyet.

Külön problémát okozott az akkor második aranykorát élő Eötvös-inga-fejlesztő laboratórium elhelyezése, mivel az mechanikai zavaroktól mentes környezetet igényel.

⁶ A Vorosilov utat 1956 után átnevezték Népstadion útnak, majd 1990-ban visszakapta eredeti nevét, de a házszám nem változott. Talán ezért, talán másért, de az igazgatósági épületet mindenki csak 99-nek nevezte!

Hosszas keresgélés során – köszönhetően a két intézmény között fennálló jó viszonyoknak – a labort 1956-ban a Meteorológiai Intézet Kitaibel Pál utca 1. alatti épülete földszintjének Petrezselyem utcai szárnyában sikerült elhelyezni.

A szétaprózottságnak – mint utólag kiderült – volt egy jó oldala is: a kis egységekben igazi baráti, szinte családi kapcsolat jött létre a dolgozók között. A további rohamos létszámnövekedés következtében állandósult a helyhiány. Honfi Ferenc igazgatóhelyettes 1963-ban az akkor a MÁFI-val közös igazgató részére írt leveléből kiderül, milyen székházépítési próbálkozások történtek az ötvenes-hatvanas években.

Dr. Fülöp József igazgató elvtársnak
Budapest

...

1960-ig (a Homonna utcai Műszaki Osztály elkészültéig) Budapest területén 15 helyen végeztük a kutatómunkákat társintézmények helyiségeiben, lakóhelyiségekben, légópincében és üzlethelyiségekben. 1960 után a helyzetünk némiképpen javult, mert a Műszaki Osztály területén kutatóink egy része a jóléti helyiségekben nyert elhelyezést. A helyzet ennek ellenére továbbra is súlyosnak tekinthető, mert a különböző geofizikai módszereket alkalmazó kutató-osztályok még további 6 helyen vannak elhelyezve és így a kutatómunkában nélkülözhetetlen együttműködés csak nagy nehézségek árán biztosítható...

Az Intézet végleges elhelyezésének kérdése 1951 óta van napirenden. Az alábbiakban röviden ismertetem a Geofizikai Intézet székháza megvalósítása ügyében tett eddigi intézkedéseket.

Az első alkalommal az OT⁷ 1951-ben 3107 szám alatti határozatában jelölte meg a Geofizikai Intézet beruházási célját, melynek megvalósítására 30 millió forintos keretet állapított meg. A teljes megvalósítás (használatra történő átadás) végső határidejét 1953. szeptember 1-ben jelölte meg.

Az Országos Városrendészet a volt Helykijelölő Bizottság 1951. november 6-i ülésén hozott 00215/1951. sz. határozatában a létesítmény helyül Budapest, XI. Hegyalja út Korompay út és Meredek utca által határolt területet jelölte ki.

A kijelölt területre elkészült a tervfeladat, melyet az OT 001/54/1952. sz. alatt hagyott jóvá. A jóváhagyott tervfeladat az akkori elképzeléseknek megfelelő 1066 főnyi létszámra készült⁸. Az időközben végrehajtott átszervezések folytán ez a létszám, valamint a tervezési alap magasnak bizonyult, ezért az Országos Földtani Főigazgatóság továbbiakban OFF úgy döntött, hogy a székház a várható 450 főnyi létszámra méretezendő. Ezért vált szükségessé a beruházási program módosítása. Az építésügyi költségek előirányzatát 8 millió forintra csökkentette. Ennek az összegnek a nagyságát az OFF 1955. augusztus 31-én tartott értekezletén szabta meg a várható hitelkeret alapul véve. A költségcsökkentés, mint kiegészítő irat került a

tervfeladathoz. A módosított beruházási programot az MT⁹ 3168/III.6./1956. sz. alatt jóváhagyta.

Az Országos Építésügyi Hivatal is felülvizsgálta a csökkentési javaslatot és az OÉH-ban 1956. július 3-án megtartott tárgyaláson hozott határozata szerint a beruházás reális szükségletét 9 millió forintban rögzítette. Az OFF 1956-ban a székház tervezésére, illetve az építés megindítására 500 ezer forintos keretet biztosított. A tervezés a közbejött ellenforradalmi események folytán 1956-ban nem valósulhatott meg, mindössze 19 ezer forint értékű tervrajz került leszállításra.

1957. január 19-én az OT 1.400.H/1957. sz. határozatával a székház építését leállította. Az építés tekintetében további lépések csak 1958-ban törtétek.

Az OFF utasítására 1958. július 18-án felkértük a tervező intézetet tervezői szerződés megkötésére, mely szerint a kivitelezési tervdokumentáció szállításának határideje 1959. január 5-e lett volna. 1958. július 28-án az OFF újabb utasítása értelmében a székház tervezését további intézkedésig leállítottuk.

1958. augusztus 21-én bejelentettük igényünket a Budapest, I. Hess András tér 1. sz. alatt lévő rom épületre székház céljára és kértük a helyreállításához szükséges költségek biztosítását. Igénybejelentésünkről az OFF érdemben nem döntött. A Hess András tér 1. sz. alatti épületnek székház céljára történő kiutalását ismételten kértük 1961. július 8-án, most már a Fővárosi Tanácstól.

A Fővárosi Tanács akkori elnöke, Veres elvtárs, kérésünkre közölte, hogy a szóban forgó épületet a Geofizikai Intézet székházának céljára zárta.

A romépület helyreállítására 1962. március hó 5-én az ÉM¹⁰. Középépítésztervező Vállalattal (KÖZTI) szerződést kötöttünk, a tanulmányterv elkészítésére. A tanulmányterv 1962. július hó 23-án készült el. Ennek alapján az OFF 1962. november 3-án a Fővárosi Tanács VB elnökétől, Veres elvtárstól kérte az épület kiutalását. A végleges kiutalást a Fővárosi Tanács 1963. március 7-én bocsátotta rendelkezésünkre.

A tanulmányterv széles körben történt megvitatása után 1963. február 25-én szerződést kötöttünk a KÖZTI-vel a beruházási program elkészítésére. A program 1963. május 30-án készült el. A programot (14 db-ot) jóváhagyásra, illetve további intézkedések megtételére 1963. május 31-én az OFF-nek átadtuk.

Az ezt követő beruházási program megvitatásakor felmerült hiányosságok pótlására az Intézet a szükséges lépéseket megtette és a pótlólag kért adatokat július 4-én, illetve 19-én a módosított program elkészítéséhez átadta.

Július 27-én a program tárgyalásának megfelelően a KÖZTI-vel a vidéki telepítés alternatívájának elkészítésére is szerződést kötöttünk. A szükséges indoklásokat (raktárhelyzet, létszám, m² megoszlás, elhelyezési terv) az OFF-nek június 26-án adtuk át.

A vidéki telepítéssel kapcsolatban a dolgozók lakáshelyzetét tartalmazó kimutatást pedig június 29-én adtuk át.

A budapesti elhelyezés indokolását szolgáló műszer- és módszerfejlesztési KGST javaslatnak megfelelő kooperációs

⁷ Országos Tervhivatal

⁸ 1951-ben a tényleges létszám 180 fő volt (ebből 81 kutató)

⁹ Minisztertanács

¹⁰ Építésügyi Minisztérium

programunkat a különböző társintézményekkel 1963. július 26-án terjesztettük fel az OFF-nek.

A módosított beruházási programot 1963. július 19-én megrendeltük a KÖZTI-nél. A szerződés szerint a program elkészítésének határideje 1963. szeptember 4-e, mely időpontot a távfűtés kérdésének tisztázásától függően a KÖZTI hozzájárulásunkkal módosíthatja.

Az OÉGH¹¹ a távfűtés kérdésének tisztázását augusztus hó végére, de legkésőbb szeptember elejére ígérte.

Budapest, 1963. augusztus 9.

Honfi Ferenc
Igazgató h.

Az összeállítás nem említi, miért hiúsult meg az 1951-től 1958-ig húzódó Sas-hegyre tervezett építkezés. Nemcsak a forradalom utáni gazdasági helyzet okozta pénzhiány, de az illetékesek – úgy látszik – végre rájöttek, hogy az 1951-hez képest megduplázódott létszám és nehézgépkocsi-park nem való a természetvédelmi terület közvetlen szomszédságába. E terület helyett kapta meg az Intézet a Sas-hegy tövében levő Homonna utcai telket, ahol 1960-ra felépült a Műszaki Osztály telephelye. Így, amikor 1958 augusztusában felvetődik a Várbeli volt Pénzügyminisztérium romos épületének igénye, a műszaki részleg elhelyezése már megoldottnak látszott.

A Hess András téri romépület manapság mint Hilton szálló ismert, de története visszanyúlik Buda alapításáig, amikor felépült a Szt. Miklósnak szentelt domonkosrendi templom és kolostor. 1254-ben már európai nagykáptalan gyűlést tartottak a kolostorban. 1304-től rendtartományi főiskola, fénykorát Mátyás uralkodása alatt élte. A török idők ostromait, a templom dzsámivá, a kolostor fegyverraktárrá alakítását még túlélte, de az 1686-os ostrom során a szomszédos papneveldével együtt elpusztult. A romos épületek helyére Bécs 1696-ban a fennmaradt templomtoronytól északra egy pékséget telepített, a toronytól délre pedig élelmiszerraktárt. Ebben a nagy, a Mátyás-templom északi oldalának támaszkodó, négyszintes épületben helyezték el 1849-ben a császári pénzügyigazgatóságot. A kiegészítéstől a magyar pénzügyminisztérium működött az épületben. A Schulek Frigyes által tervezett nagyszabású átalakítási munkák során kiszabadították a Mátyás-templomot a méltatlan szomszédos épületek szorításából, kialakítva a pénzügyminisztérium épületének déli homlokzatát.

Visszatérve az ELGI székházügyeire, 1962-ben komolyra fordult az ügy, villámként terjedt el a dolgozók között a nagyszerű hír, hogy megkaptuk a Várbeli épületet. Felderítő csapatok indultak, ott mászkáltunk a romok között, igyekezve saját részlegünknek lefoglalni a legjobb helyeket. Hogy kik és milyen indokkal döntöttek el, hogy Geofizikai Intézet helyett inkább Hilton szállót építenek a dunai panoráma egyik prominens helyére, nem tudjuk, de döntésüket a jövő igazolta!

A Honfi-féle levélnek van egy figyelmen kívül nem hagyható bekezdése: a vidékre telepítés terve. Itt kénytelenek vagyunk a témához nem szorosan tartozó eseményekkel is foglalkozni. 1962–63 viharos időszak volt az ELGI történetében. Ma már nem teljesen tisztázható körülmények között politikai boszorkányüldözés közepette eltávolították Dombai Tibort az Intézet éléről, és Fülöp József, a MÁFI igazgatója lett „megbízott igazgató”. Dombai ellen a fő vád – nem teljesen alaptalanul – az volt, hogy „deklaszszált elemek gyűjtőhelyévé” tette az Intézetet, vagyis segített elhelyezkedni más helyről politikai okokból eltávolított szakembereknek (pl. Lassovszky Károlynak, akit az ELTE Csillagászati intézetének éléről távolítottak el 1949-ben, vagy Tóth Gézának, aki a Meteorológiai intézet éléről a recski internálótáborba kerülve, csak annak felszámolása során, 1953-ban szabadult. Ők a szakmában a legismertebbek, de volt köztük egykori államtitkártól kezdve még sok más „osztályidegen elem” is pl. horthysta katonatisztek). Az Intézet vezetői kiálltak Dombai mellett, feltehetően ez játszott szerepet a Székesfehérvárra való telepítés fenyegetésében.

Dombai más irányú ténykedését se követte általános helyeslés: az 1963-ban, Moszkvában tartott KGST tanácskozáson a geofizikai műszerfejlesztés és -gyártás lehetőségeit tárgyalva Dombai – talán azt remélve, hogy ezzel elháríthatja a feje fölött már gyülekező viharfelhőket – irreális vállalásokat tett a teljes szovjet geofizikai műszerigény kielégítésére. Hazajöve elkészítette és benyújtotta az Országos Földtani Főigazgatóságnak az Intézet fejlesztési tervét – feltehetően az Országos Tervhivatalnak szánva – 40–50 fős műszerfejlesztő részlegek kialakításával geofizikai módszerenként. Ez már a földtani vonal potentátjainak a nemtetszését is kiváltotta, viszont nagyon jó érvekkel lehetett felhasználni a vidékre telepítés ellen.

A megvalósult álom

A közös igazgató, Fülöp József természetesen a földtani vonal erősítése mellett érvelt. Mint korai elődje, Nopcsa Ferenc, ő is a földtani kutatás kisegítőjeként képzelte el a geofizika szerepét, ezért az addig kizárólagosan geofizikai módszerenkénti szervezetet igyekezett a földtani kutatási célok megvalósításának irányába átcsoportosítani. Feltehetően abban bízott, hogy az ő igazgatása mellett sikerül elérnie az ELGI beolvasztását a MÁFI-ba, így célszerűnek találta, ha az ELGI székháza a MÁFI közelében, Zuglóban valósul meg. Mint a XIV. kerületi Pártbizottság tagja, el is érte célját, két telek közül is választhatott. Az ELGI vezetőségi tagjaival egyetértve a jobb közlekedésű Thököly út – Columbus utca sarki, tenispályaként használt területre esett a választása, figyelmen kívül hagyva a korábban oly fontos szempontot, mint a zavaró hatásoktól mentes környezet. Fülöp József elképzelése végül nem a két intézet összeolvasztásában valósult meg, hanem kinevezésében a Központi Földtani Hivatal élére, az ELGI igazgatójának pedig 1965. január 1-i dátummal Müller Pált, a Szovjetunióban diplomázott és kandidátusi fokozatot szerzett, a

¹¹ Országos Épületgépészeti Hivatal

Mecseki Ércbánya Vállalatnál dolgozó geofizikus mérnököt nevezték ki.

A székház tervezése 1964-ben a Középülettervező Vállalatban megindult, az építkezés 1970-re fejeződött be. E két időpont között az ELGI létszáma megduplázódott. Érthető, hogy komoly harc indult az egyes részlegek között a négyzetméterekért. Ennek egy érdekes dokumentuma Banai Gyula laborvezető alábbi beadványa:

A M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet igazgatóságának
Budapest

Tárgy: Az Eötvös-inga laboratórium elhelyezése az új székházban.

Az Eötvös-inga második aranykorában 1956–1963 években az Eötvös-inga laboratórium a Meteorológiai Intézet épületében kapott megfelelő helyet 248 m² alapterületen az alábbi részletezés szerint.

1) Szerelő labor	46 m ²
2) Melegítő labor.....	24 m ²
3) Drót preparáló labor.....	34 m ²
4) Mérlegsoba.....	25 m ²
5) Tétlenségi nyomaték labor.....	36 m ²
6) Raktár – folyosó.....	22 m ²
7) Sötétkamra.....	12 m ²
8) Raktár pince.....	16 m ²
9) Folyosó.....	33 m ²
	248 m ²

Ebben a laborban jól el tudtuk helyezni azokat a speciális műszereket és berendezéseket, amelyek a torziós mérődrótok készítéséhez és az Eötvös-ingák hitelesítéséhez szükségesek.

Itt fel kell hívnom az illetékesek figyelmét arra a körülményre, hogy a mérődrót készítése és az Eötvös-ingák hitelesítése olyan nagy pontosságú fizikai méréssorozatokat igényel, amelyeket egyrészt napokon, vagy heteken át kell végezni, másrészt pedig a mérés ideje alatt nem szabad a laboratóriumban tartózkodni, sem pedig fűteni.

A laboratóriumban négy kutató dolgozott és évi 20-35 műszer hitelesítését végezte. Az E-54 és az E-60 típusú Eötvös-ingákból 181 db-ot exportáltunk több, mint 50 millió Ft értékben. A Geofizikai Intézet a műszerek hitelesítéséért kb. két és fél millió Ft-ot kapott.

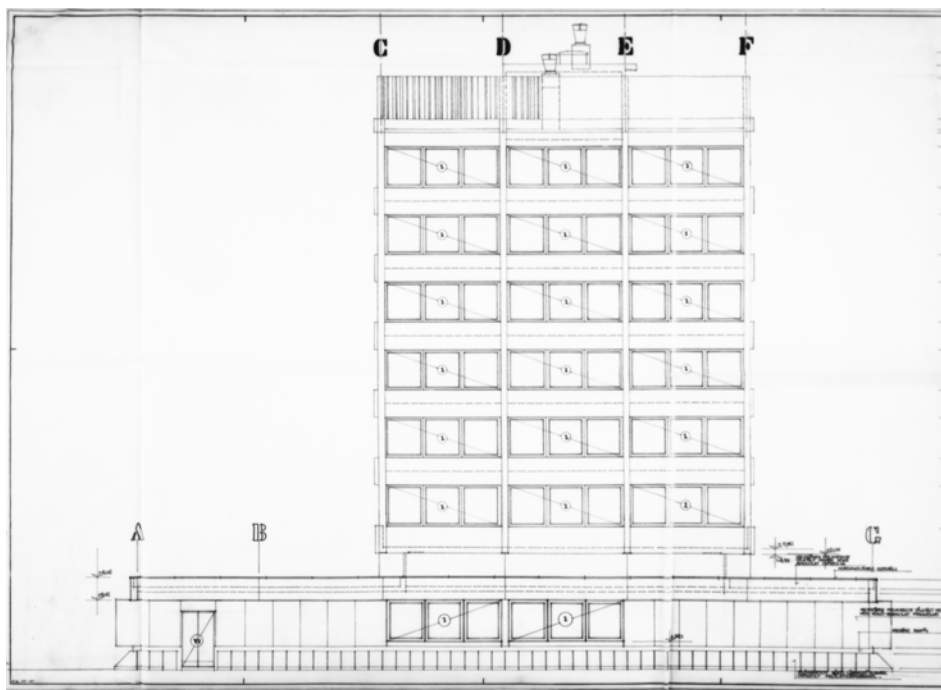
1963-ban Vissza kellett adni a Meteorológiai Intézetnek az 5. és 6. alatti két helyiséget 58 m²-nyi területet, de még így is maradt 190 m² a labor részére.

Az új székházban tervezett, mindössze 54. ill. 67 m² alapterületű labort terveznek az Eötvös-ingák hitelesítése céljára. Ebben az esetben speciális bútoraink legnagyobb részét nem tudjuk elhelyezni, azok tönkremennek. Ilyen elhelyezés mellett a labor munkája a minimálisra redukálódik és nem tudja kielégíteni az export igényeket.

Az új gradiensmérő kísérleti példányában ebben az évben el fog készülni. A külföldi érdeklődés már most olyan nagymértékű, hogy számolni kell évi 20-30 db exportjával.

A különféle geofizikai műszerek között, amelyeket Magyarországból exportálunk az Eötvös-inga foglalja el az első helyet. Az utóbbi 10-15 évben ugyanis szeizmikus, karottázis, vagy tellurikus műszerekből fajtánként mindössze 40-50 db-ot exportáltunk, az Eötvös-ingákból ezalatt az idő alatt 181 db-ot adtunk el.

Az előkelő első helyet csak akkor tudjuk továbbra is megtartani, ha műszereink kifogástalan minőségben kerülnek külföldi kollégáink kezébe. Ezt csak a most meglévő laboratóriumi viszonyok között tudom garantálni.



4. ábra. A Thököly úti homlokzat tervrajza

Kérem az igazgatóságot, hogy az egyéb más vélemények és törekvések ellenére az Eötvös-inga laboratórium helyigényét az elmondottak alapján vegye fontolóra.

Budapest, 1965. február 9.

Jó szerencsét!
Banai Gyula
labor vezető

A probléma megoldódott azáltal, hogy Banai nagyratörő tervei és elképzelései nem valósultak meg: az Eötvös-inga-export lehangyalt, egyrészt mert bár a világszínvonalat képviselő amerikai és nyugatnémet graviméterekre továbbra is érvényben maradt a hidegháborús embargó, a szabadpiacon megjelentek a kanadai gyártmányú, könnyen hordozható Sharpe-graviméterek. Másrészt pedig az általa kifejlesztett gradiensmérők elvesztették a torziós ingától joggal elvárt érzékenységüket. Az elkészült épületben már nem is alakítottak ki Eötvös-inga-labort.

Érdekes a levél dátuma. Úgy tűnik, egy előzetes elképzelés reakciójaként született, hiszen a KÖZTI Zrt. irattárában mikrofilmen fellelhető eredeti tervek dátuma 1965. december. A tervrajzok között még két dátum fedezhető



5. ábra. A lepény alapozása. A jobb szélén látható egy cölöp



6. ábra. A földszint földémeje a Tallér utca felől nézve

fel: 1968 és 1969, tehát kétszer is módosítani kellett a tervet, feltehetően az egyre növekvő létszám miatt. Eredetileg pl. a Columbus utcai frontra műszerkocsik számára garázsokat terveztek. A Thököly úti homlokzat az eredeti elképzelésnek megfelelően valósult meg (4. ábra).

A tervezésről és az építkezésről fellelt egyetlen dokumentum az épület tervezőjének, Tallós Elemérnek a cikke a *Magyar Építőművészet* c. folyóiratban (1971). Érdekesebb adatok: belsőépítész: M. Hornicsek Klára (KÖZTI), kivitelező: Középületépítő Vállalat, beruházó: Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és a Középületépítő Vállalat. Tervezés: 1965, kivitelezés: 1966–70. Beépített légköbméter: 18000 lm^3 . Bruttó beruházási költség: 32 500 000 Ft, egy lm^3 -re eső költség: 1740 Ft, rendeltetési egységre eső bruttó költség: 72 000 Ft/munkahely.

Az épület helyének kiválasztásáról a következőket írja: „...az intézet vezetősége a tervező bevonásával a Thököly út és a Kolumbusz utca sarkán levő telket választotta ki. A Thököly út ugyan ilyen intézetnek zajos, de az építész kialakítással és a helyiségek oldalutca felé való nyitásával a zaj és a rezgés a minimális megengedett határok alá szorult.” Érdemes idézni a választott műszaki megoldás indoklását is: „A legkülönbözőbb fajta munkahelyekkel és munkakörökkel számoltak a tervezők. Tekintettel arra, hogy az intézet szervezetének és jövőbeni munkakörének rendszere nem határozható meg, a tervezők asztalos szerkezetű, ún. mozgatható válaszfalakat alkalmaztak. A fűtési, elektromos, távközlési stb. vezetékeket az ablakok alatti mellvédben vezették. E rendszer nem gátolja a válaszfalak bármikori áthelyezését.” Erre pedig az elmúlt 50 évben jó párszor sort is kerítettek! „A teljes épület ... UNIVÁZ szerkezetű. Az UNIVÁZ elé előgyártott betonlapokat terveztek, melyeket mosott-kefélt kivitelben készítettek el.” Ez a vázszerkezet látható az építkezést megörökítő fotókon is (5–7. ábra).

Az építkezés során felvetődő problémákat csak visszaemlékezésekből lehet rekonstruálni. A talajmechanikai vizsgálat olyan laza üledékes altalajt mutatott ki, hogy az építészek cölöpös alapozást javasoltak. A vasbeton cölöpöket kiszállították, és a cölöpverő gép megkezdte munkáját. Az első cölöpök sikeres leverése után helyenként akadályok merültek fel. A feltárás kimutatta, hogy néhol építési



7. ábra. Az UNIVÁZ szerkezet a Thököly út felől nézve



8. ábra. A székház megnyitásának ünneplése a még élő Eötvös-tanítványok, Rybár István és Renner János részvételével

törmelékkel van feltöltve a terület. Hogy a kivitelező hogyan oldotta meg az alapozás problémáját, nem tudjuk, egy szemtanú¹² szerint a cölöpöket egyszerűen bedobálták a gödörbe. Mindenesetre az épület azóta is áll, tehát jól oldották meg a problémát. Az időnként felmerülő munkásihiányt az Intézet segédmunkásainak az építkezésre irányításával igyekeztek enyhíteni. Az épület felavatását bensőséges összejövetel keretében ünnepelte meg az Intézet hűség nyugdíjas gárdája is (8. ábra).

Az épület korának megfelelő jellegű és kivitelű volt. A takarékoság a belső burkolatok kiválasztásában nyilvánult meg leginkább: az iroda jellegű helyiségek szőnyegpadlója hamarosan annyira elkopott, hogy cserére szorult, a laboratóriumi helyiségek és közterek PVC padlója úgyszintén. A szigorú funkcionalitás egyhangúságát a belsőépítész színek alkalmazásával kívánta enyhíteni: az ajtókat pirosra, a lépcsősorok oldalfalait kékre festette. Ezt az élénkítést a nyolcvanas évek rövid és dicstelen pályafutású gazdasági

igazgatója eltüntette, és szürkére festtetett mindent. Szerencsére megmaradt a külső megjelenést emelő két képzőművészeti alkotás: a bejáratot díszítő, „szeizmikus hullámok ihlette” kerámia falikép (Majoros Hédy alkotása 9. ábra), és az Intézet alapító atyjára emlékeztető Eötvös-inga-makett (Mester Sándor alkotása) a Thököly út – Columbus utca sarki előkertben (10. ábra).

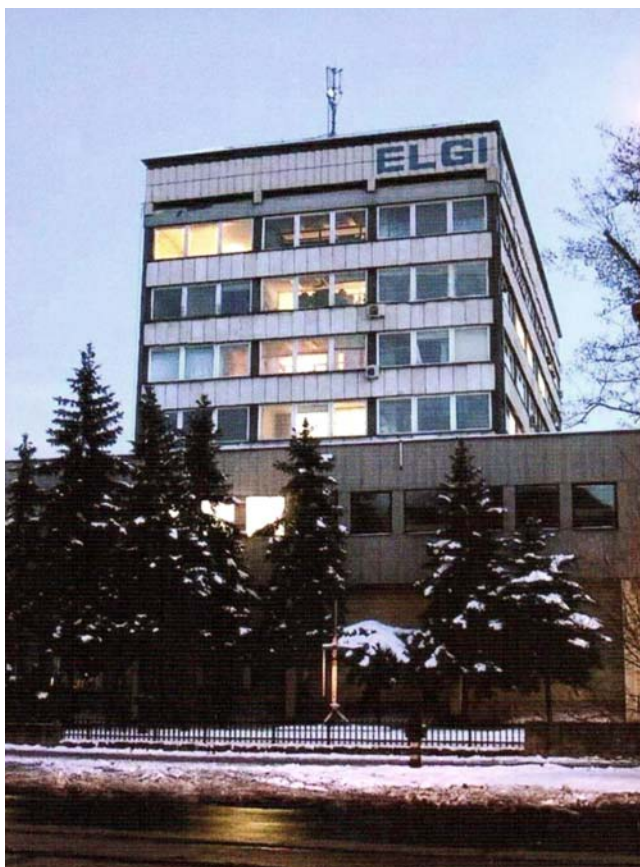
Egy érdekes személyes emlék: 1971-ben hazatérve közel négyéves külföldi munka után, első intézeti látogatásom során, összetalálkozva régi, Damjanich utcai kolleganómmal. Az új székháztól meghatottan kérdeztem: milyen itt dolgozni, ebben a szép, világos, modern környezetben (összevetve a sötét Damjanich utcai hodállyal)? A válasz meglepett: „naphosszat csak a négy szomorú szürke falat nézhetjük” – mondta, utalva Koncz Zsuzsa akkoriban nagyon népszerű dalára. Úgy tűnik, az átszervezések és a két főre tervezett kisméretű szobák hatására eltűnt az „akol melege”.

Mulatságos összevetni néhány adatot: az 1951-es, ill. 52-es Országos Tervhivatali határozat az Intézet székházát 1066 főre, 30 millió forintos kerettel hagyta jóvá. Ezt a létszámot csak 1985-ben érte el az Intézet, és a székház építésének teljes költsége alig haladta meg a 20 évvel korábban tervezettet. Az 1970-től folyamatos, majd a nyolcvanas évek elején ugrásszerű létszámnövekedés következtében szűkösnek bizonyult a székház. A helyszűkére a megoldást a tetőterasz beépítésével létrehozott, iratok raktározására kialakított hetedik emelet és a lepényre felhúzott egy emelet jelentette. Ezzel ugyan megbomlott Tallós Elemér eredeti koncepciója, de ezzel senki sem törődött, a többszáz négyzetméter munkaterület-nyereség előnyei mellett eltörpült az építőművészeti szempont. Az utolsó ábrán már ez a kétszintes lepény látható. Igaz ugyan, hogy például a Damjanich utcában őrzött eötvösi hagyatéknak és az azt követő közel 50 év mérési adatainak továbbra sem jutott hely az új épületben, azokat részben a Homonna utcában,



9. ábra. Majoros Hédy keramikuskészítésű bejárat faliképe

¹² Bodoky Tamás



10. ábra. A székház Thököly úti homlokzata az Eötvös-ingamakettel (Fotó: Götze Krisztina)

részben pedig továbbra is különböző bérelt pincékben kellett elhelyezni.

A cikk szerzője

Szabó Zoltán

Hivatkozások

Bodoky Tamás és Polcz Iván (szerk.): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. 1965–2012. ELGI-kiadás, Budapest, 2016, 726 p.

Bodoky Tamás (főszerkesztő) 50 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1954–2004.

Fröhlich Izidor (szerk.): Bárány Eötvös Loránd Emlékkönyv. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 1930, 319 p.

Környei Elek (szerk.) Eötvös Loránd a tudós és művelődéspolitikus írásaiból. Gondolat Kiadó, Budapest, 1964. 425 p.

Pekár Dezső: Bárány Eötvös Loránd. A torziós inga ötven éves jubileumára. A Kis Akadémia kiadása, Budapest, 1941, 339 p.

Polcz Iván (összeállító): A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I. 1907–1964. ELGI-kiadás, Budapest, 2003, 309 p.

Renner János (1966): A magyar geofizika története Eötvös Loránd halálától a felszabadulásig. Magyar Geofizika, 7/1, 1–16.

Szabó Z. (2004): Szemelvények a magyar geofizika történetéből III. Magyar Geofizika, 48/3, 140–143.

Tallós Elemér (1971): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet központi laboratóriuma és székháza. Magyar Építőművészet, 20/2, 44–47.

Eötvös Loránd-emlékév

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány beszámolója

Eötvös Loránd halálának 100. évfordulójáról közös akkordtal egy nemzetközileg tartandó emlékév formájában kívántak megemlékezni a kiváló tudós munkásságával, valamint széles körű közéleti, kulturális és sport tevékenységével kapcsolatban lévő hazai intézmények, egyesületek, alapítványok, valamint az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága. Az Emlékev gondolatát még 2016 őszén az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és annak akkori elnöke, Patkós András professzor vetette fel. A kezdeményezéshez az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány (ELGA) azonnal és nagy elszánással csatlakozott. Az alábbiakban bemutatjuk az Alapítványnak az Emlékevhez kötődő tevékenységét.

Az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága (UMNB) székházában 2016. november 7-én tartott nyitóértekezlet eredményeként részt vettünk egy előzetes programelkészítés kialakításában, valamint a kormánytámogatás (hivatalos emlékévvé nyilvánítás, pénzügyi támogatás) elnyeréséért és az UNESCO-nál az emlékévvé nyilvánításért indított eljárásban. Ezek az eljárások időben elhúzódtak, majd 2017. november végén kaptuk az értesítést, hogy megszületett az UNESCO hivatalos állásfoglalása, vagyis a 2019. év nemzetközileg tartandó „Eötvös Loránd-emlékev”-vé nyilvánítása.

Ezt követően az Emlékev lebonyolításában részt vevő szervezetek létrehozták a szervezésért felelős kis létszámú, Patkós András professzor vezette Operatív Bizottságot (OB), melynek irányításával 2018 február elején indult el az érdemi munka. Több lépcsőben alakult ki a szervezetek programtervezeteiből a kormányzati pénzügyi támogatást élvező programok szűkebb köre. Az OB-vel történő hatékony és gyors együttműködés érdekében Alapítványunk is létrehozta a maga szűk körű Eötvös Bizottságát (EB). Az OB 2018. november elején Szarka László akadémikus vezetésével Koordinációs Testületté (KT) alakult át. Az EB – melynek tagjai Pályi András elnök, dr. Baráth István és Szabó Zoltán kurátorok – az új irányító szervvel is hatékony és gyümölcsöző együttműködést folytatott. Az EB az Alapítvány kuratóriumával rendszeres vagy rendkívüli ülések keretében megvitattott minden érdemi kérdést, és az ott hozott határozatok szerint, az alapítványi és emlékevi érdekeket szem előtt tartva végezte operatív munkáját.

Alapítványunk a programkészítés kezdeti időszakában nagyszámú – mintegy húsz – feladatot vett fel a saját maga által megvalósítandó programba. Az elképzelésünk akkor is, és azt követően is az volt, és az is maradt, hogy olyan feladatok megvalósításában legyünk részesek, melyek lehetőleg minél szélesebb rétegekhez szólnak, azaz „társadalmasítsuk” az Emlékevvet, vigyük közérthetően közelebb

minél szélesebb közönséghez Eötvös Loránd személyiségét, munkásságát, példaértékű egyéniségét.

Az egyre jobban kialakuló emlékevi program és saját erőnk felmérése eredményeképpen a kezdeti nagyszámú feladatot szűkítettük, egyrészt úgy, hogy azok némelyikét más, az Emlékevben részt vevő szervezetnek adtuk át, másrészt úgy, hogy más szervezetekkel közösen vállaltuk fel. Szép példa az utóbbira Eötvös Loránd sírjának, illetve a Horváth család síremlékének – ahol felesége, Horváth Gizella nyugszik – felújítása a Fiumei úti sírkertben, és síremlékeik ünnepélyes koszorúzási ünnepségének lebonyolítása 2019. április 9-én.

Saját erőből végrehajtott emlékevi programjainkról

Az Alapítvány fő céljai közé tartozik, hogy az Eötvös Loránd Geofizikai Intézettel közösen alapított múzeumi rangú báró Eötvös Loránd Emlékgyűjteményt igyekezzen gazdagítani. Ismeretes, hogy a múlt század közepén Kínában dolgozó magyar kőolajkutató expedícióban az Eötvös-ingával végzett kutatás nagyon jelentős szerepet játszott. Alapítványunk megbízásából dr. Ormos Tamás, a Miskolci Egyetem (ME) egyetemi magántanára CD-re mentette az expedíció egyik tagjának, néhai Sedy Lórántnak az Eötvös-inga-módszer betanításáról 1959-ben készített dokumentumfilmjét, és kiegészítette azt a még élő expedíciós tagok visszaemlékezéseivel. Az Eötvös Loránd-emlékev kapcsán sikerült a Pekingi Nagykövetségünk segítségével az 1956–61. évi kínai expedíciónk néhány dokumentumának másolati példányát megszerezni. A kínai fél úgy informált, hogy más dokumentumokkal már ők sem rendelkeznek, az adattárukat ért időközbeni havária miatt.

Eötvös Loránd kiterjedt németországi kapcsolatai miatt célunk volt, hogy a Német Geofizikai Egyesület 2019. évi Vándorgyűlésén is legyen megemlékezés kiváló tudósunkról. Saját költségünkön kiküldtük dr. Ormos Tamást, aki egyben a Német Geofizikai Egyesület tagja is, hogy tartson előadást Eötvös Lorándról. Braunschweigben a 2020. március 4–7. között lezajlott rendezvényen a Geofizika Történeti Szekcióban tartott előadása felölelte Eötvös életrajzi eseményeit, tudományos eredményeit, hegymászó teljesítményeit, valamint németországi kapcsolatait, és bemutatott szemelvényeket a tudós által készített és jelenleg az Emlékgyűjtemény állományában lévő sztereofényképekből, amelyeket az Emlékevra 3D digitális anaglif anyaggá állítottak össze.

Támogattuk dr. Plank Zsuzsannát, a Wesely János Lelkészépző Főiskola docensét, hogy előadóként részt tud-

jon venni Mexikóban a San Miguel de Allende-ben tartandó 17th International Symposium on Electrokinetic Remediation rendezvényen. A támogatás odaítélésével az is célunk volt, hogy a közép-amerikai térségben is kerüljön sor megemlékezésre Eötvös Lorándról. Plank Zsuzsanna előadását képi anyag rendelkezésére bocsátásával segítették. Kiküldöttünk feladatát szépen teljesítette. Előadása felölelte a tudós tudományos munkásságát, közéleti szerepvállalásait, sport és fényképész hobbiját, valamint a róla elnevezett természeti képződmények bemutatását. Vetített demonstrációja öregbítette Eötvös hírnevét a hallgatóság körében.

Mindkét előadás anyaga megtalálható Alapítványunk irattárában, ahol törekszünk az Eötvös Loránd-emlékévé teljes anyagát az Emlékgyűjtemény számára összegyűjteni.

Az állami támogatást elnyert központi *Emlékév Programban* Alapítványunk három témacsoport feladatainak felelőse volt. Az alábbi pontokban bemutatjuk a sikeresen elévített munkát.

1. Hálaadó szentmise Eötvös Lorándért

A hálaadó szentmisét Alapítványunk javaslatára és szervezésében a Ferencesek Belvárosi Templomában – ahol halálakor a gyászmisét tartották – 2019. április 9-én 18:30 órai kezdettel a templomigazgató Kárpáti Kázmér ferences atya mutatta be. Szentbeszédében, amelyet Mózes IV. könyve 21. fejezetének a 4-től a 9-ig verseire és János Evangéliuma 8. fejezetének a 21-től 30-ig terjedő verseire alapozott, kifejtette, hogy Eötvös Loránd elvonatkoztatni képes elméje és a magasba törő hegymászó szenvedélye segítette őt a mindennapokon való felülemelkedésben, és a kitaruló perspektíva adta gazdag gondolatiság vezette új tudományos eredmények felismerésére. A mise keretében a Schola Gregoriana Budapestiensis kórus előadásában felejthetetlen szépségű gregorián kórusművek hangzottak el. Az eseményről képekkel illusztráltan megemlékezett a *Magyar Geofizika* 2019. évi 1. száma is.

2. A Beneke-kötet kiadása

Alapítványunk kurátorai az Eötvös kézirat UNESCO Világemlékezet listára kerülésével egyidejűen kezdték el érlelni a gondolatot, hogy ezt a korszakos tanulmányt alkalmas időben megjelentetik a hazai és nemzetközi szakmai közélet számára.

Az Eötvös Loránd-emlékévé tette lehetővé, hogy ezt a tervet meg is valósítsuk. A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtára és Információs Központja erkölcsi és anyagi támogatásával, Kilényi Éva szerkesztésében elkészítettük a magyar és angol nyelvű kötetek teljes, nyomdakész anyagát, melyeket könyv alakban a szintén Magyar Tudományos Akadémia (MTA) által támogatott kiadó, a MÁG Kulturális Szolgáltató Bt. állított elő. A könyveket, a Budapesten megrendezett World Science Forum keretében, 2019. november 20-án mutattuk be.

Eötvös Loránd munkássága előtt tisztelegve a hiánypótló és a tudományos élet szempontjából nagy jelentőségű könyvet 500 példányban magyar nyelven, „Az Eötvös kísérlet történelmi keretben” címmel, ill. 1000 angol nyelvű példányban, „The Eötvös Experiment in its Historical Context” címmel adtuk ki.

A Beneke-kötet tartalmáról Kovács Péter tollából részletes ismertetés olvasható a *Magyar Geofizika* 2020. évi (61. évfolyam) 1. számában a Könyvismertetés rovatban.

3. Plósz Katalin tablói

Plósz Katalin, a Boldogasszony Iskolanővérek Rend tagja, fizikatanárként dolgozott. Emellett egész életén át elkötelezett kutatója volt Eötvös Loránd életének és munkásságának. Összeállított az 1990-es évek során a tudós életét és munkásságát felölelő, 25 darabból álló tablósorozatot, melyet több iskolában és intézményben mutatott be nagy érdeklődés közepette.

A tablók tartalmi szempontból most is korszerűek, megjelenítésük és mozgatásuk viszont nehézkes, sajnos nem felel meg a mai kor igényeinek. Alapítványunk, mint Plósz Katalin munkásságát jól ismerő és tevékenységét korábban is támogató szervezet, úgy gondolta, hogy digitalizált formában korszerűsítve – a tablósorozat egésze vagy egyes darabjai külön is – az iskolai oktatás és ismeretterjesztés számára kiválóan felhasználhatóak napjainkban is.

Miután a tanárnő már nem él, így a Rend mint jogtulajdonos engedélyével digitalizálhattuk a tablókat. A digitalizált tablósorozatot a Klebelsberg Központ (KK) útján tesszük ingyenesen hozzáférhetővé az iskolák számára. Ezenkívül a digitalizált anyagból előállítottunk egy teljes sorozatot kiállítási céllal, mely a KK Sárvári Tankerületi Központjában van elhelyezve, és az ország bármely oktatási vagy kulturális intézménye elkérheti időszaki kiállítás vagy bemutatás céljából. A kiállítási célú tablókat, valamint az 5. pontban a Ság hegyen elhelyezett táblákat a GRAVOFORM Kft. készítette el. Szemléltetésként mutatunk be egy tablót a sorozatból az 1. ábrán.

4. Országos természettudományi vetélkedő

Alapítványunk az Eötvös Loránd-emlékévében a társadalmi masítás egyik legfőbb lehetőségének a tanuló ifjúság megszólítását tekintette. A maga részéről az általános iskolai korosztály megszólításával, Eötvös Loránd személyiségét és munkásságát középpontba helyezve, kívánt a felnövekvő generációk elé követésre méltó példaképet állítani.

Celldőmölök városában 1991 óta minden év májusában megrendezésre kerül a Vas megyei iskolák Eötvös Loránd nevével fémjelzett megyei fizikaversenye. Alapítványunk támogatóként 25 éve vesz részt ezen a nagyszerű eseményen. Adott volt tehát számunkra a lehetőség, hogy ennek a nagy múltú és bejáratott versenynek a tapasztalatait felhasználva és annak szervezésében, lebonyolításában gyakorlott helyi partnereink segítségével kérve indítsuk el a tanulmányi verseny szervezését. Sikert a Nemzeti Kultu-

A versenyen az ország különböző részeiből 130 csapat vett részt. A döntőben 11 csapat vetélkedett. A vetélkedés részeként a Kemenes Vulkanpark körüli tágas térszínen a MinGeo Kft. munkatársai – dr. Prónay Zsolt, Hegyemi Csaba és Domján Ádám – sekély szeizmikus, földradar-, valamint multielektrodás geoelektromos szelvényezés eljárásokkal gyakorlati bemutatót tartottak.

Minden csapat minden eljárással dolgozhatott, és a verseny végeredményébe beszámítottak az ide vonatkozó kérdésekre adott válaszok is. A kellemes tavaszi időben a Ság hegy különböző emblemikus pontjain elhelyezett kérdőpontokon adhatták meg a csapatok a válaszaikat az ott helyet foglaló zsűritagoknak. Ezzel a megoldással azt is elértük, hogy a Ság hegy mint eötvösi helyszín is bejárásra került.

A verseny igazán sikeres volt a mind a résztvevők létszámát, mind a felkészültségét illetően. A döntő igen szoros eredményt hozott. Az élen végzett csapatok között mindössze fél-fél pont volt a különbség! A döntőt a Szegedi Fekete István Általános Iskola csapata nyerte. A második helyezést az Egri Dobó István Gimnázium, míg a harmadik helyezést a Celldömölki Városi Általános Iskola csapata lett. Hajnal Gabriella fővédnök asszony adta át a győzteseknek járó díjakat a Kemenes Vulkanparkban tartott díjátadón.

A Ság hegyi program része volt az ott 1971-ben felállított Eötvös-émlékmű megkoszorúzása, a Kovács László docens (ELTE SEK) által készített Eötvös-lufik felbocsátása, valamint a Kemenes Vulkanpark kiállításának a megtekintése és mozitermében két dokumentumfilm megnézése. Az egyik az ELGA által 2016-ban készített Eötvös Loránd életét és munkásságát bemutató film volt. A másikat az emlékévé tiszteletére az ELGA ösztönzésével a Budapesti Fazekas Mihály Gimnázium diákjai készítették Schramek Anikó fizikatanárnő vezetésével. A film az Eötvös-ingát mutatja be a Gimnázium tulajdonában lévő, még a Süss Rt. által, az 1930-as évek elején iskolai demonstrációs célra készült eszköz segítségével. Az 5. pontban bemutatjuk a másik, diákok által készített filmet is. Az M1 stábjában tv-interjút készített a Ság hegy és az Eötvös Loránd-émlékévé témakörében Pályi Andrással, az ELGA elnökével. Az interjú egy héttel később, az M1 „Itthon vagy” műsorsorozatban került vetítésre. A versenyről beszámolt a Vas megyei sajtó is.

Az ELGA a SZTAKI-val és a Kemenes Vulkanparkkal közösen egy Eötvös-séta elnevezésű okostelefonos applikációt fejlesztett ki az Emlékévé tiszteletére a lehető legszélesebb körű felhasználás céljára. A közös együttműködéssel létrejött Eötvös-séta nevű applikáció GPS alapú, magyar nyelvű, okostelefonnal ingyenesen használható, a SZTAKI által fejlesztett, üzemeltetett és publikált „EVENT@HAND Eötvös 100” alkalmazás részeként érhető el. Az applikáció végleges átadása az 5. pontban bemutatott kiállításnyitása során történt meg. A digitalizált Plósz-tablók, a diákok által készített filmek és az itt bemutatott applikáció egyaránt részei az előző 3. pontban bemutatott ELGA – Klebelsberg Központ együttműködésnek.

Megemlíjtjük, és egyben köszönetünket fejezzük ki, hogy a 4., 5., 6. pontban bemutatott rendezvényeken a celldömölki VMSZC Eötvös Loránd Szakgimnázium és Szakközépiskola vendéglátás szakos tanulói színvonalas, de mértéktartó büfészolgáltatást nyújtottak a résztvevők számára.

5. Eötvös-émlékek és -megemlékezések Celldömölkön és a Ság hegyen

Az Eötvös Loránd-émlékévé kihagyhatatlan, emblemikus helyszíne a Ság hegy és Celldömölk városa. A következő, 6. pontban részletesen megismerhető a város erős elkötelezettsége Eötvös Loránd személyéhez és szellemiségéhez. Érthető tehát, hogy közösen és kiemelt módon kezelte Alapítványunk és a város vezetése az itt rendezendő eseményeket. A városban minden év szeptemberében a „Kemenesaljai Ősz” nevű, kétnapos városi ünnepséget rendeznek. A város vezetése azt ajánlotta, hogy ennek keretében szervezzük meg az Eötvös Loránd-émlékévé helyi eseményeit is. Kétnapos programunk első napján, szeptember 12-én a Ság hegyi rendezvényünket, míg 13-án a város Kemenesaljai Művelődési Központ és Könyvtár épületében a konferenciát tartottuk meg, és megnyitottuk a hozzá tartozó kiállítást.

A kétnapos rendezvény első napján a Ság hegy volt a megemlékezés fókuszában. 1891-ben az akkor még bányászati bontatlan, 291 m tengerszint feletti magasságú Ság hegy platóján hajtották végre Eötvös Loránd és munkatársai – Kövesligethy Radó, Tangl Károly és Bodola Lajos – az Eötvös-inga első, laboratóriumi változatával, az ősingával tudománytörténeti jelentőségű mérésüket. Maga Eötvös akkor még ezt a műszerét „lefelé való eszköz”-nek nevezte. Ság hegyi megemlékezésünkkel egyrészt tisztelni kívántunk Eötvös és munkatársai emléke előtt, másrészt erősíteni és ösztönözni akartuk a pozitív értelmű Eötvös-kultusz helyi hagyományait. A résztvevői kör a város diáksága és pedagógusai voltak.

Aki ma a Ság hegyen jár, az nehezen tudja elképzelni, hogy hol is lehettek az ingamérés terepi pontjai. A meglévő eredeti dokumentumok alapján a helyszínen GPS segítségével meghatároztuk a mérési pontok helyét. A terepi bejárás során kiderült, hogy a bányászat eleve ellehetlenítette két mérési pont helyének megjelölését. Tervet készítettünk, hogy az Emlékévé keretében a jelenlegi térszínen az egykori hat mérési pontból négynek a vetületi talppontjait megjelöljük, és magyarázó szöveggel lássuk el a megemlékezés és a területet látogatók ismereteinek bővítésére.

A hegy maga természetvédelmi terület, az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság (ŐNPI) felügyeletében. Miután védett a terület, így az ŐNPI engedélyével és a természetvédelem szempontjainak figyelembevételével lehetett csak ezt a tervünket megvalósítani. Ennek eredményeként csupán két magyarázó táblát telepíthettünk. Az egyik a jelenlegi térszín legmélyebb bányaudvarán, egy helyben lévő bazalttömb (kráterkőnek nevezzük) oldalán jelzi az egyes



3. ábra. Emléktábla-avatás a Ság hegyen a trianoni keresztnél

számú mérési pont talphelyének közelségét. A másik táblát bővebb magyarozó szöveggel a trianoni keresztnél lévő kőtömbön helyeztük el, mivel ez a leglátogatottabb helye a Ság hegynek. Mind a két táblán QR-kód található, melyek segítségével a 4. pontban már bemutatott, okostelefonos applikációhoz lehet csatlakozni. A Ság hegyen elhelyezett táblákat a diákság jelenlétében Fehér László polgármester, dr. Markovics Tibor igazgató (ÖNPI) és az ELGA elnökének a képviselőjében dr. Prónay Zsolt geofizikus avatta fel.

A Ság hegyen az eötvösi mérési pontok lehetőség szerinti megjelölése megtörtént. Az esetleg csak a múzeumot látogatók számára is láthatóvá kívántuk tenni az 1891. évi mérések és a jelenlegi térszín kapcsolatát. A rendelkezésünkre álló bányatérképek segítségével elkészítettük a bányászattal feltárt, jelenben látható Ság hegy makettjét. A makett horizontális és vertikális térszínei méretarányosak. Ezért méretarányos magasságban egy plexiborítással imitáltuk az eredeti platót, megjelölve rajta a hat mérési pontot és a mérések eredményét bemutató ábrát.

Eötvös a nehézségi és mágneses erőkerek vívfelületeinek és azok változásának terén végzett kutatásairól az 1900. évi Párizsban tartott Nemzetközi Fizikai Kongresszuson számolt be a szakmai közösség előtt. Ebben az előadásban ismertette a tudós – többek között – a Ság hegyen végzett kutatást is és annak eredményét. Itt szerepelt az az ábra, amelyet mi a makett plexiborításán és a terepen, a kráterkövön mutatunk be. A felszíni pontok alatt megjelöltük a bányaudvarokon a mérési pontok vetületeit. A makettet figyelmesen szemlélő látogató a Ság hegyet járva, emlékezetébe idézheti, hogy 1891-ben hol is mértek az egykor 50–90 m-rel magasabban elhelyezkedő platón a kutatók.

A makett elhelyezése volt a következő lépés. Természetes volt, hogy a Ság hegyi Múzeum az a hely, ahol el kell helyezni. Az ÖNPI volt ebben a kérdésben is a partnerünk. Ugyanúgy, mint a Ság hegyi táblák elhelyezésében, ebben a kérdésben is segítőkészen, az emlékév céljait támogatóan segítették a sikeres megoldást. A Ság hegyi Múzeumban felszabadítottak egy helyiséget, és az önkormányzattal együttműködve kiállítási célra alakították át

azért, hogy ott Eötvös Loránd és a Ság hegy kapcsolatát bemutató állandó kiállítás jöhessen létre. A kiállítás logikai tervét és a kiállítandó anyagot – beleértve a makettet is – az ELGA és a Kemenes Vulkánpark csapata közösen állította össze. A tervezők úgy döntöttek, hogy bővítik az eredeti elképzelést. Az inga nemzetközi diadalútjának felvilágosítása, valamint a kulturális Világörökség részét képező Beneke-pályázat és kapcsolódó dokumentumait tartalmazó, az Emlékevben kiadott kötet is része lett a kiállításnak. A látványtervet, a kivitelezést és a makett számítástechnikai szerkesztését kipróbált régi partnerünk, a Kemenes Vulkánpark kiállításait – beleértve az ottani Eötvös-kiállítást is – a NARMER Építészeti Stúdió Bt. készítette. A kiállított tárgyak posztamenseit a celldömölki Eötvös Loránd Szakgimnázium és Szakközépiskola faipari tagozatos tanulói készítették tanári vezetéssel. A kiállítás megnyitása csak 2020. szeptember 25-én történt meg, mert a helyiség kialakítása elhúzódott, a múzeum ősztől tavaszig zárva volt, és a COVID-19-helyzet korlátozásai váratlan akadályokat gördítettek a munka elé.

A Ság hegyi rendezvény lényeges része volt a geofizikai mérési módszerekkel történő bemutató mérések végzése a helyszínen. A bemutatott mérésekkel tisztelegni kívántunk az alkalmazott geofizikai kutatások megkezdését jelentő 1891. évi, a világon első terepi műszeres geofizikai mérés előtt. A másik célunk ezzel a bemutatóval a tanulóifjúság körében az eötvösi hagyományok megtartásának ösztönzése, valamint a geofizikai tudományok területére való figyelemfelhívás. A terepi bemutatót a MinGeo Kft. kollektívája végezte. Dr. Prónay Zsolt a multielektrodás geoelektromos eljárást, Nagy Péter a sekély szeizmikus eljárást, Solymos Bence a földradar-szelvényezést és Domján Ádám a földi mágneses erőter mérését mutatta be. Az utóbbi helyszíni bemutatása azért volt fontos, mert Eötvös Loránd minden terepi gravitációs mérése során, így 1891-ben a Ság hegyen is, végzett mágneses méréseket.

A diákfoglalkozások része volt a Kemenes Vulkánpark mozitermében a 4. pontban már bemutatott film az Eötvös-ingáról és egy új, a diákok által készített, alkotás. Ezt a filmet a Budapesti Szent István Gimnázium diákcsapata készítette Bajkó Ildikó fizikatanárnő vezetésével. A film az Eötvös-hatást mutatta be. A filmeket készítő csapatok ta-



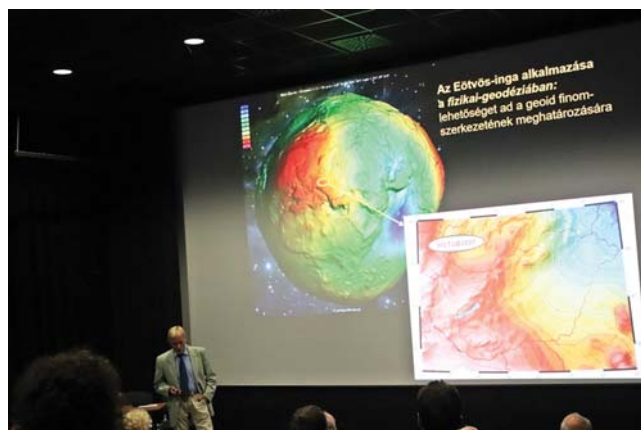
4. ábra. Koszorúzás után az Eötvös-emlékműnél a Ság hegyen

náraik vezetésével részt vettek a nap összes eseményén, és a vetítés után a diákok ismertetőt tartottak a filmek készítéséről a diák hallgatóságoknak.

Az első nap gazdag programjának része volt a Ság hegyi Múzeum falán elhelyezett Eötvös Loránd-emléktábla felavatása. Erről részletesebben a következő pontban olvashatunk. Ugyancsak szerves része volt az ünnepi eseménysornak a Ság hegyi Fogadó előterében 1971 óta álló és az Emlékév tiszteletére az önkormányzat által felújított, Eötvös-emlékmű megkoszorúzása a nagyszámú diák részvételével jelenlétében.

A második napon a Kemenesaljai Művelődési Központ és Könyvtár emeleti mozitermében Eötvös Loránd munkásságára emlékező és tisztelgő konferenciát Fehér László polgármester és Pályi András elnök nyitották meg. Az első előadó, Szabó Zoltán kurátor (ELGA) Eötvöst, a sokoldalú embert mutatta be vonzó emberi tulajdonságainak fellillantásával. A következő előadó Völgyesi Lajos professzor (BME) „Az Eötvös-inga jelenlegi tudományos alkalmazása” c. előadása az Eötvös-kísérlet Emlékévvvel kapcsolatos fejleményeit mutatta be. Harmadik előadóként Németh István rektorhelyettes (ELTE) Eötvösre az oktatásszervezőre emlékezve a jelenkori oktatási problémákat elemezte. Tóth János igazgató (MOIM) az Eötvös-inga szerepét mutatta be a hazai és nemzetközi kőolajkutatásban. Ezt követően Csontos András tudományos szakreferens (MBFSZ) Eötvös mágneses kutatások terén végzett munkáját ismertette. Hatodik előadóként Kovács László docens (ELTE SEK) Eötvös néhány tudományos eredményének népszerű bemutatásáról tartott előadást. A konferencia záróelőadását Ormos Tamás egyetemi magántanár (ME) tartotta. Vetített képes előadásában Eötvös Lorándnak az Emlékgyűjteményben őrzött sztereoképein mutatta meg a hallgatóságoknak a fotográfus, a hegymászó és a várostörténész tudóst. Végezetül levetítette a korábban már említett kínai expedíciós dokumentumfilmet.

A konferencia szünetében megnyitottuk, majd ezt követően három hétig nyitva tartottuk az Eötvös Lorándra és munkásságára emlékező kiállítást, melynek anyagát az ELGA, a Magyar Olajipari Múzeum (MOIM) és dr. Ko-



5. ábra. Völgyesi Lajos az Eötvös-inga jelenlegi tudományos alkalmazásáról beszél

vács László ny. főiskolai docens magángyűjteménye szolgáltatta. A kiállításon Eötvös munkásságának teljességét bemutató tablók, Eötvös-vonatkozású kiadványok, kiállítások, műtárgyak, négy Plósz-tabló, 1891. évi Ság hegyi vonatkozású eredeti dokumentum, az Eötvös-inga hazai szénhidrogén-kutatásra gyakorolt hatását bemutató gazdag dokumentum- és relikviaegyüttes volt látható. Dr. Kovács László ny. főiskolai docens a tulajdonában levő kiállított műtárgyak egyikét, Kiss Sándor szobrászművész által gipszből készült, bronzosított Eötvös-reliefjét, a kiállítás zárásakor a celldömölki Eötvös Loránd Szakgimnázium és Szakközépiskolának ajándékozta. Ezzel a szép gesztussal az országban egyedülálló helyzet alakult ki: Celldömölk lett az a város, ahol az egykor volt és a mai, Eötvös nevét viselő iskolákban azonos Eötvös-reliefet lehet koszorúzni!

Pályi András ELGA elnök interjút adott a Vas megyei tv-nek a kiállítás megnyitásakor, amelyet a városi ünnepi eseményekről készített műsorban mutattak be. Az eseményekről beszámoló jelent meg az *Új Kemenesalja* újságban is.

6. Emléktábla-elhelyezések és -avatások

Alapítványunk korai programjának része volt az emléktáblák minél szélesebb körben történő elhelyezése. Míután ez más részt vevő szervezetek programjában hangsúlyosabban szerepelt, így mi ezt a feladatot átadtuk az érdekelt szervezeteknek. A magunk részéről Celldömölk városára koncentráltunk ebben a kérdésben.

Celldömölk az az egyetlen városunk, ahol az Önkormányzat Képviselőtestülete határozatot hozott 2018-ban, hogy a város csatlakozik az Eötvös Loránd-emlékévé méltó lebonyolításához. A közösen kialakított koncepció szerint a város 2019 májusában az általános iskolai csapatversenynek, majd szeptemberben az Eötvös-konferenciának és -kiállításnak adott helyet.

A város hosszú évtizedek óta példaértékűen ápolja az eötvösi hagyományokat és szellemiséget. A város és Eötvös eseményekben gazdag kapcsolatának bemutatásaként



6. ábra. Eötvös Loránd-emléktábla avatása a Ság hegyi Múzeum falánál

néhány lényeges elemet villantunk fel. A városban nagyon régen utcát neveztek el Eötvös Lorándról. A Ság hegy oldalában, az egykori bányáüzem fő épületegyüttesének szintjén 1971 óta áll az 1891. évi méréseknek emléket állító emlékmű, amelyet az Eötvös Loránd-emlékév tiszteletére az önkormányzat felújított. A városban Eötvös nevét viselt vagy most is viselő iskolákban annak az Eötvös-domborműnek a gipszmásolatai vannak elhelyezve, amelynek a Kiss Sándor szobrászművész készítette eredetije Heidelbergben látható. Ezek az emlékhelyek nemcsak léteznek a városban, hanem szerves részei a városi/iskolai ünnepeknek, koszorúzásoknak. A Kemenes Vulkánparkban 2016 óta egy állandó Eötvös-kiállítás és egy dokumentumfilm (ld. 4. pont) bővíti a Múzeum gazdag látványait.

Ami eddig hiányzott, azt az emlékév keretében pótoltuk. A Ság hegyi Múzeum (korábbi Bányászati Múzeum) D-i külső falán helyeztük el és avattuk fel a tudósra emlékeztető emléktáblát, melyet Celldömölk Önkormányzata, az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság és az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány állított. Az avatását 2019. szeptember 12-én tartottuk meg az 5. pontban részletezett program keretében. Az emléktáblát Fehér László polgármester, dr. Markovics Tibor igazgató és Pályi András elnök avatták fel.

A másik emléktáblát az ELGA és a Magyar Geofizikusok Egyesülete közösen állította a VMSZC Eötvös Loránd Szakgimnázium és Szakközépiskola aulájában. Az iskola 2015-ben vette fel a tudós nevét. Az emléktábla avatását 2019. október 2-án, az iskola emléknapiján Soós Andrea igazgató és Magyar Balázs, aki egy személyben az MGE akkori alelnöke és az ELGA kurátora is volt, végezték el a 4. pontban részletezett program keretében. Mindkét emléktábla Fáskesti István kőfaragó műhelyében készült.

Érdekességként említjük meg, hogy a celldömölkiek a Ság hegy szőlőiből készült, 2019. évjáratú borból „Eötvösbor” néven palackozva a termést mutatták ki a tudóshoz fűződő erős kötődésüket.

A harmadik emléktábla, amelynek felállításában Alapítványunk részes, az Selmecebányán került elhelyezésre. Magyar és szlovák részről több szervezet állította ezt az emlékhelyet a Paradicsom hegyen az „Eötvös-út” kiindulásánál. Az eseményen az ELGA képviselőjében Ormos Tamás vett részt. Az eseményről fényképes beszámoló jelent meg a *Magyar Geofizika* 60. évfolyam, 4. számában.

7. Budapest főváros területén közterület elnevezése Eötvös Lorándról

Budapesten Eötvös Loránd nevét viselő, méltó helyen lévő közterület eddig nem létezett. Az Emlékév alkalmat adott arra, hogy ezt a negatív helyzetet megváltoztassuk. Eötvös Loránd Svábhegyen született. A terület a mai XII. kerület része. Adott volt a gondolat, hogy itt valósuljon meg egy közterület elnevezése.

A hegyvidéki Önkormányzat, élén Pokorni Zoltán polgármesterrel, támogatóan fogadta javaslatunkat. Adódott a lehetőség, hogy az egykori Hotel Olimpia lebontása után



7. ábra. Az avatók, Gulyás Gergely és Pokorni Zoltán szerint élmény az Eötvös Loránd-parkban időzni

annak a helyén kialakított parkosított közterület legyen elnevezve Eötvös Lorándról. Az önkormányzat úgy döntött, hogy demokratikus módon, helyi népszavazással dönti el ennek az új, rangos közterületnek a nevét. A népszavazáson a három induló név közül biztos többséggel – legnagyobb örömeinkre és várakozásunknak megfelelően – Eötvös Loránd neve győzött.

Az Eötvös Loránd-park hivatalos megnyitása 2020. május 22-én történt meg Gulyás Gergely Miniszterelnökséget vezető miniszter, a kerület országgyűlési képviselője és Pokorni Zoltán polgármester jelenlétében. Az új park 4400 m² területű, a megmaradt régiék mellett 54 db új fával, mintegy 700 cserjével, több mint 600 évelő virággal, játszótérrel, vízfelülettel ölelt csobogóval, padokkal került kialakításra. A park megnyitásáról a kéthetenként megjelenő *Hegyvidék* c. kerületi lap részletesen beszámolt. A lap beszámolójára hivatkozva, a MGE Titkársága a *Magyar Geofizika* 2020. évi 1. számában a Hírek rovatban tájékoztatta az Egyesület tagságát.

Alapítványunk köszönetét fejezi ki mindazoknak, akik szavazatukkal segítették a számunkra pozitív önkormányzati döntés létrejöttét. Mindannyiunk számára öröm, hogy Budapest egyik rangos közterülete nevével is öregbíti Eötvös Loránd hírnevét, és a jövőben is folyamatosan emlékeztet mindenkit nemzetünk világhírű természettudósára!

8. Eötvös Loránd Gesztenyés-kertben felállított bronzszobra

Az Emlékév gondolatának megszületésével szinte egyidejűen határozta el Alapítványunk, hogy a 2019. évben egész alakos közterületi Eötvös Loránd-szobor felállításával akarunk maradandóan és méltóképpen megemlékezni hazánk nagyszerű fiáról, a nemzetközi hírű tudósról.

Internetes keresésbe kezdtünk, és kiderült, hogy bár mellszobor, dombormű, emléktábla formájában számos és méltó helyen emlékeznek meg a tudósról, egész alakos közterületi szobra valójában még sincs Eötvös Lorándnak.



8. ábra. 2020. november 11-én a szobor illesztése a posztamensre

Egyetlen szobra van Budapesten, az ELTE központi épületének bejárati árkádjában – még egyetemi és nem közterületen – együtt Pázmány Péterrel, mint az Egyetem korábbi és jelenlegi névadói.

Ez a felismerés megerősítette szándékunkat, hogy az Emlékév a szobor felállításával megadja a méltó lehetőséget az évszázados nemzeti mulasztás megszüntetésére. Célul tűztük ki tehát, hogy Budapesten, lehetőleg a mai XII. kerületben, ahol született és ahol a Süss Nándor nevével fémjelzett mechanikai intézményekben készültek tudományos kutató és oktatási célú eszközei, sikerüljön felállítani Eötvös Loránd szobrát.

Célunkat sikerült elérni. Nem kívánjuk jelen cikk keretében részletesen bemutatni azt az időben hosszan tartó és buktatókkal teli utat, amely végül is sikeresen végződött



9. ábra. A szobor megálmodói

2020. november 11-én, amikor felállítottuk a szobrot a Gesztenyés-kertben. A november 17-re tervezett avatási ünnepséget már nem tudtuk megtartani az időközben újra életbe lépő, COVID-19-járvány okozta, korlátozások miatt. Reméljük, hogy a tavasz meghozza a hivatalos szoboravatást is. A szoborral kapcsolatos történésekről külön cikkben számolunk be egy következő lapszámban. Mi, a szobor létrehozásáért oly sokat szorgoskodók és az alkotást létrehozó Rieger Tibor Kossuth-díjas szobrászművész, a munka befejeztével azzal a jóleső érzéssel tekintünk vissza az egész folyamatra, hogy „ez jó mulatság, férfimunka volt”!

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány Eötvös Bizottsága és kurátorai szerényen, de szívükben nagy örömmel nyugtázzák, hogy a szoborral maradandó módon, egyéb programjaikkal pedig eredményesen tudtak hozzájárulni az Eötvös Loránd-émlékév sikeres lebonyolításához. A magunk részéről hálás köszönetünket fejezzük ki mindazon szervezetek és személyek támogatásáért és segítő közreműködéséért, amelyek és akik nélkül nem tudtuk volna véghez vinni terveinket.

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány nevében:

Pályi András elnök,
valamint *dr. Baráth István*,
és *Szabó Zoltán* kurátorok

Új akadémiai doktoraink

Szalai Sándor

A magyar geofizika 2020 második félévében két új akadémiai doktossal gazdagodott. Következtes és elmélyült kutatómunkájuk eredményeként szeptember 23-án Szalai Sándor (Sopron), december 11-én Szabó Norbert (Miskolc) védte meg MTA-doktori értekezését. A járvány miatt mindkét védést csak interneten követhették az érdeklődők.

Szabó Norbert munkásságát Dobróka Mihály méltatja, én Szalai Sándor munkájába szeretnék bepillantást adni.

Szalai Sándor az 1992–1993-as tanévben került életre szóló kapcsolatba a soproni akadémiai intézettel. Diplomamunkája keretében hulladéktárolók szivárgásának geoelektromos kimutathatóságával foglalkozott az intézet elektromágneses modellező laboratóriumában. Addigra a később „nullelrendezésnek” elnevezett elektromos-elektromágneses jelenségek körében már összegyűlt néhány érdekes tapasztalat, de az első tudatos geoelektromos módszerfejlesztési lépések ekkor kezdődtek el. Az újabb és újabb ötletek működőképességét Sanyi először mindig a modellkásban, majd terepi kísérletekkel ellenőrizte. Az út nem volt egyenes. Nemcsak azért, mert a nagycenti homokbányából induló terepi kísérletek a Bakony töbrein, majd svájci Júra karsztos repedésein keresztül vezettek Indiáig, hanem azért is, mert kandidátusi dolgozatát (benne a háromdimenziós geoelektromos hatószámítás töltésalapú analitikus levezetését, annak egyszerűsége miatt) eleinte hitetlenkedve fogadták. Így lett Szalai Sándor a Nyugat-magyarországi Egyetem éppen létrejött Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskolájában a legelső hallgató, aki PhD-fokozatot szerzett (2002). Az addigi elméleti számításokból és kísérletekből csak ezután kezdett összeállni azoknak az ún. „kvázinull geoelektromos elrendezéseknek” a képe, amelyet a bírálóbizottság elismeréssel fogadott.

Az efféle elrendezések lényege az, hogy megszabaduljunk a keresett információt nem tartalmazó fő térorssze tevőtől. (Eötvös Loránd ugyanezzel a különbségképző elvvel tette mérhetővé az addig mérhetetlent.) A gravitációs, mágneses és elektromágneses gradiometria újabbban a legkülönbözőbb területeken mint 21. századi technológia bukkan fel. A Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetben Szalai Sándor előállított egy hungarikumot, a „geoelektromos gradiometriát”. Munkájának tudományos jelentőségét egyre növekvő hivatkozásszámok igazolják. Nem kétséges, hogy módszerének gyakorlati alkalmazása is el fog terjedni a világban.

Szarka László

Szabó Norbert Péter

2020. december 11-én *dr. Szabó Norbert Péter* sikeresen megvédte „Fúróluk-geofizikai adatok értelmezése faktoranalízissel és inverziós eljárásokkal” című MTA doktori értekezését. A bírálóbizottság a doktori mű minden tézisét elfogadta, és 100% szavazati aránnyal javasolta a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Tanácsának az MTA doktora cím odaítélését.

Szabó Norbert Péter 1976-ban született Miskolcon. 1999-ben szerzett kiváló minősítéssel geofizikus-mérnök diplomát a Miskolci Egyetem Bányamérnöki Karán. 1999 és 2002 között a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karán, a Mikoviny Sámuel Doktori Iskola „Alkalmazott geofizikai kutatások” című doktori programjában PhD-képzésben vett részt. PhD-fokozatát „Summa cum laude” minősítéssel 2005-ben szerezte „Mélyfúrás geofizikai adatok értelmezésének modern inverziós módszerei” című értekezéssel. Ezt követően 2016-ban habilitált ugyancsak a Miskolci Egyetemen. 2003-tól egyetemi tanáregéd, 2010-től egyetemi adjunktus, 2012-től egyetemi docens, majd 2019-től egyetemi tanár a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén. Jelenleg a Tanszék vezetője és a Műszaki Földtudományi Kar tudományos dékánhelyettese. Tudományos munkásságának eredményeit 143 közleményben foglalta össze, melyekből 13 Q1 rangsorolású folyóiratban jelent meg. Publikációira 243 független hivatkozást kapott, cikkeinek impaktfaktora 37,149.

Gratulálunk Norbert, az imponáló védéshez és kívánjuk, hogy az MTA doktora cím elnyerése további ösztönzést adjon kreatív és eredményes szakmai/tudományos munkásságodhoz.

Dobróka Mihály

Szabó Norbert Péter a Magyar Geofizika Szerkesztőségének is tagja, ezért a Szerkesztőség külön is gratulál tudományos pályafutásához és köszöni, hogy számos más tennivalója mellett is mindig volt ideje aktívan részt venni a lap szerkesztői munkáiban.

Szerkesztőség

Beszámoló egy sikeres tudományos diákköri konferenciáról, nem csak geofizikusoknak, egy geofizikus szemüvegén keresztül

SZIJARTÓ MÁRK@

Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Budapest
@E-mail: mark.szijarto@ttk.elte.hu

Prológus

Hazánkban a tudományos diákköri (TDK) mozgalom nevezhető a legszélesebb bázisú és leghatékonyabb tehetség-gondozási formának, amely csaknem minden felsőoktatási intézményben jelentős szerepet tölt be. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán (ELTE TTK) több mint félévszázada működnek olyan kifejezetten tanár–diák csoportok, amelyek különböző kutatási témákra (fizika, kémia, biológia, geofizika) összpontosítanak. Általában minden szak, illetve szakirány, így a Geofizikai és Űrtudományi Tanszék is igyekszik munkára szólítani a szorgalmas hallgatókat. Napjainkban eme csoportosulások/kapcsolatok méltán tekinthetők olyan TDK-műhelyeknek,

ahol a hallgatók ösztönző, kutatói légkörben élik át első tudományos élményeiket, illetve szerzik meg sikereiket. Mert igen, minden hallgató, aki a tanulmányai mellett többlet-kutatómunkát végez, már önmagában sikert ér el! És ez a tudományos diákkörök feladata.

Hallgatóink a Kari Tudományos Diákköri Konferencián minden évben bemutathatják önálló (vagy részben önálló) tudományos munkájukat, melyet a két évente megrendezésre kerülő Országos Tudományos Diákköri Konferencián (OTDK) is prezentálhatnak. Sajnos az idei esztendő teljesen új feladatok elé állította a hallgatókat, a téma-vezető tanárokat/kutatókat, továbbá a tudományos diákköri konferenciák szervezőit, aminek eredményeként a Geofizikus TDK Konferencia 2020. december 10-én on-



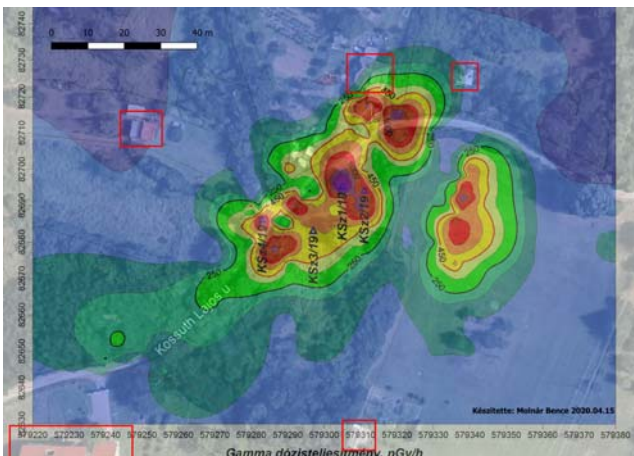
1. ábra. Geofizikus TDK Konferencia 2020, ELTE TTK (A képen látható személyek: dr. Timár Gábor, zsűrielnök (b), Szilágyi-Sándor András, versenyző (j))

line módon került megrendezésre. A konferencia menetét az 1. ábrán látható képernyőkép szemlélteti.

Geofizikus Tudományos Diákköri Konferencia 2020

Összesen tíz alap- és mesterképzéses hallgató, tizenegy kutatási témában nyújtott be TDK-pályamunkát. A prezentációk bemutatására 12 perc állt rendelkezésükre, míg az opponensi vélemények ismertetésére, a kérdések megválaszolására és a diszkusszióra 18 perc maradt. A megmérettetésen mind az elméleti, mind a gyakorlati geofizika oldaláról hallhattunk előadásokat (pl.: szénhidrogén-kutatás, paleomágnesség, régészeti geofizika, műöntomográfia, geoelektromos mérések inverziója stb.).

A versenyzőket (névsorrendben), a kutatási témák és a témavezetők feltüntetésével az 1. táblázatban foglaltam össze. Az absztraktfüzet, az előadások diasorai és a videók a geofiztdk.elte.hu weboldáról tölthetők le. A konferencián bemutatott előadásokat – dr. Timár Gábor zsűrielnök vezetésével – a Geofizikai és Űrtudományi Tanaszék munkatársai és doktoranduszhallgatói értékelték. Összességében elmondható, hogy a hallgatók – kivétel nélkül – mind komoly kutatómunkát végeztek/végeznek.

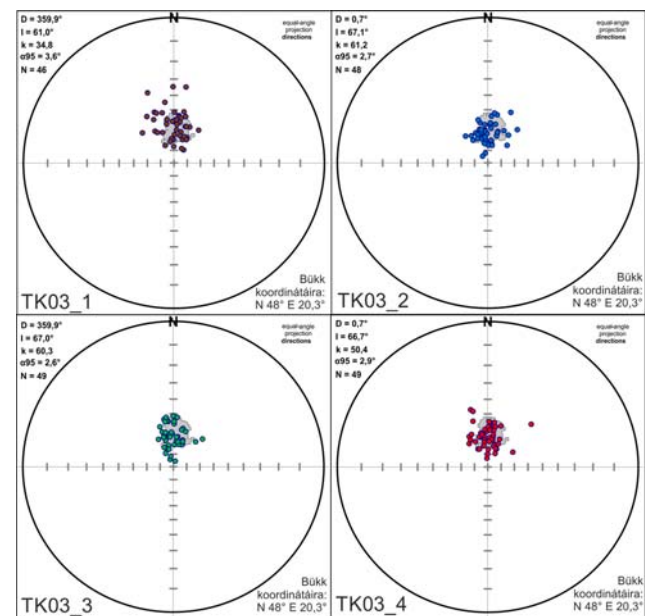


2. ábra. A gamma (anomália) izovonalas térképe a Google Earth térkép kombinálásával (Molnár 2020)

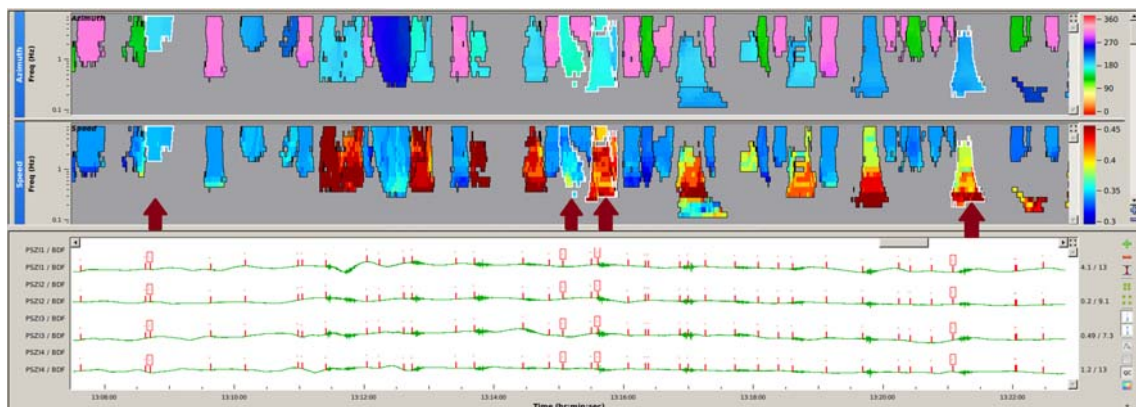
Ám, mint minden Tudományos Diákköri Konferencián, ezen az eseményen is született végeredmény:

- I. helyezés: *Molnár Bence*
A természetes sugárzás anomáliáinak vizsgálata egy kővágószőlősi példán keresztül
- II. helyezés: *Velki Máté*
A mágneses tér évszázados változásai: archeomágneses, paleomágneses és térmodelleken alapuló módszerek összehasonlítása
- III. helyezés: *Pásztor Marcell Sebestyén*
Viharok azonosítása és követése piskés-tetői infrahangadatok felhasználásával

A helyezett versenyzők pályamunkáiból néhány szemelvény lett kiválasztva, melyeket a 2–4. ábra illusztrál. A Bolyai Kollégium díját *Molnár Bence*, míg az Eötvös Student Chapter in SEG (Society of Exploration Geo-



3. ábra. A TK03-modell által számított évszázados változás a Bükkre négy futtatási kísérletből (Velki 2020)



4. ábra. A piskés-tetői infrahangállomás regisztrátuma és a PMCC módszerrel való feldolgozás eredménye 2020. augusztus 30-án 13:07 és 13:23 (UTC) között (Pásztor 2020)

1. táblázat. Versenyzők és pályaműveik, ELTE TTK Geofizikus TDK Konferencia 2020 (Forrás: geofiztdk.elte.hu)

Versenyzők	Pályamunka címe	Témavezető(k)
Borsányi Máté Barnabás	Nem konvencionális szénhidrogén kutatás Battonya térségében	Bereczki László
Egey Bence Attila	Hidraulikusan vezető vetők numerikus vizsgálata EPM megközelítés alapján	Dr. Galsa Attila, Szijártó Márk
Gerlei Martin	Gáztöltésű müográfiai detektorok előkészítése terepi mérésekre	Dr. Hamar Gergő
Molnár Bence	A természetes sugárzás anomáliáinak vizsgálata egy kővágószőlősi példán keresztül	Dr. Várhegyi András
Pásztor Marcell Sebestyén	Viharok azonosítása és követése piszkés-tetői infrahangadatok felhasználásával	Czanik Csenge, Dr. Bondár István
Szebenyi Renáta Mónika	Árvízvédelmi töltéseken végzett multielektrodás mérések korrekciójának vizsgálata 2D modellezés alapján	Lukács Tamás
Szilágyi-Sándor András	Az Uzboi-Ladon-Morava-folyórendszer vizsgálata	Dr. Székely Balázs
Szűcs József Gábor	Szén-oxigén arány mérésekre kifejlesztett, impulzus üzemű neutronforrást használó mélyfúrás-geofizikai szonda mérésének modellezése Monte Carlo-módszerrel	Dr. Balázs László
Velki Máté	A mágneses tér évszázados változásai: archeomágneses, paleomágneses és térmodelleken alapuló módszerek összehasonlítása	Dr. Mártonné Dr. Szalay Emőke
Virók András	Egyenáramú fajlagos elektromos ellenállás szelvényezéses módszer kivitelezése és hibáinak modellezése árvízvédelmi töltések állapotbecslésének céljából	Lukács Tamás
Virók András	A körös-vidéki történelem feltárása geofizikai módszerek alkalmazásával	Lukács Tamás, Klembala Zsombor

physicists) különdíját *Szűcs József Gábor* nyerte el. A napot sikeresen zártuk, a bírálók – kisebb változtatások után – minden pályamunkát javasoltak az országos fordulón való megmérettetésre.

Összegzés

Habár a kialakult pandemikus helyzet többnyire bonyodalmat okozott, akadt néhány pozitívum is. Az első az alkalmazkodás képessége, hiszen mind a kutatók, mind a szervezők sikerrel vették az akadályokat. Az előbbi állítást a csaknem rekordszámú beérkezett pályamunka bizonyítja, amelyekben a versenyzők önálló, minőségi kutatási eredményeiről számoltak be. Az utóbbit pedig a szervezők és az informatikusok munkája támasztja alá, akik a nyáron megrendezett online események tapasztalatira támaszkodva tervezték meg a konferenciák lebonyolítását. A második pozitívum pedig a konferencia iránt mutatott érdeklődés, hiszen az egész napos esemény online csoportjában körülbelül

negyven fő követte folyamatosan az előadásokat. Reméljük, hogy a jövő tanévben a régi – fizikai értelemben is – „élőszereplős” módon és az online módszer együttes alkalmazásával tudjuk majd megszervezni és lebonyolítani a konferenciát.

Az „siker” Tudományos Diákköri Konferencia első sorban a versenyzők érdeme! Ezért az ELTE TTK Geofizikai és Űrtudományi Tanszék munkatársai nevében gratulálók minden versenyzőnek, és további sok sikert kívánok az áprilisi országos fordulón!

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom dr. Timár Gábornak, dr. Székely Balázsnak, dr. Galsa Attilának, Raveloson Andreának, Paróczy Petrának és Mihályka Jánosnak, akik segítségével nélkülözhetetlen volt a sikeres online konferencia lebonyolításában! Továbbá hálával tartozom azoknak a kollégáknak, akik véleményezték a beadott pályamunkákat!

Új ügyvezető igazgató az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület élén

Tájékoztató az OMBKE tagjai számára

Tájékoztatom Egyesületünk tagjait, hogy a 2020. november 18-án tartott, határozatképes OMBKE Választmányi ülésen a választmány tagjai *Zelei Gábor* (53) geofizikus mérnök tagtársunkat, pályázata alapján **egyhangú határozattal választotta meg az OMBKE új ügyvezető igazgatójának.**

Zelei Gábor a munkaköre ellátásához szükséges kötelezettségeinek a mai napon eleget tett, munkáját a holnapi naptól, *2020 november 20-án kezdi meg.*

Zelei Gábor elérhetőségei: igazgato@ombke.hu,
zelei.gabor@ombke.hu, illetve +36 20 340 4964

Zelei Gábornak valamennyiünk nevében sikeres munkát, hozzá jó egészséget kívánok.

Hatala Pál

A Magyar Geofizikusok Egyesülete és a Magyar Geofizika szerkesztősége is sikeres munkát és jó egészséget kíván Zelei Gábor tagtársunknak, jelenlegi egyesületi elnökünknek, új munkakörében.

Szerkesztőség

FÖCIK hírek

A Földtudományi Civil Szervezetek Közössége minden év decemberében választ új elnököt, rotációs rendszerben. Egyesületünket, a Magyar Geofizikusok Egyesületét 2021-ben az Elnökség 2020. december 9-i ülésén hozott határozatának megfelelően

Kovács Attila Csaba alelnök, megválasztott elnök képviseli.

A FÖCIK elnöksége 2021. évre
ismét Zelei Gábort választotta meg elnökévé,
immár az Országos Bányászati és Kohászati Egyesület képviselőjében.

Zelei Gábor

Rendezvénynaptár

Tisztelt Kollégák!

A Kalendárium összeállítását, vagyis a legfontosabb szakmai találkozók egy csokorba gyűjtését, úgy ahogy azt Kakas Kristóf barátunk csinálta, megzavarta ez a jelenleg is zajló járvány. A nagy kongresszusok és konferenciák szinte mindenütt elmaradnak, vagy megrendezésük időpontja teljesen bizonytalan. Helyüket online is megrendezhető szakmai műhelytalálkozók, workshopok, kurzusok vagy egy-egy

nevesebb előadó előadásai vették át. A nagyobb témaköröket összefogó alkalmak helyett sok és sokféle szűk szakmai területtel foglalkozó lehetőség van, amelyek közül nehéz lett volna kiválasztani azokat, az általánosabb érdeklődésre számot tartókat. Ezért úgy határoztunk, hogy elhagyjuk a szokásos táblázatos kalendáriumformát. Helyette inkább felsoroljuk azoknak a fontosabb internetes eseménynaptáraknak a címét, ahol ki-kik szakterületének és érdeklődésének megfelelően válogathat.

Alkalmazott geofizika különös tekintettel a szénhidrogén-kutatásra:

<https://events.eage.org/>

<https://seg.org/Events/Events-Calendar>

Mélyfúrás geofizika:

<https://www.spwla.org/SPWLA/Events>

Földfizika, általános geofizika:

<https://www.egu.eu/meetings/calendar/>

<http://www.iugg.org/calendar.php>

Magyar Geofizikusok Egyesülete:

<http://www.mageof.hu/index.php/hu/esemenynaptar>

Magyarhoni Földtani Társulat:

<https://foldtan.hu/hu#>

Szerkesztőség

Sághy György

gyémántokleveles geofizikus mérnök

1935 – 2020

2020. november 5-én, 85 éves korában elhunyt Sághy György Állami díjas, gyémánt okleveles geofizikus mérnök.

1935. november 13-án született Somorján, Szlovénia tartományban, amely akkor Csehszlovákiához tartozott. 1947-ben, 12 éves korában az áttelepítések során a család Sopronba költözött. Itt folytatta iskoláit. A soproni Berzsényi Dániel Gimnáziumban érettségizett, majd 1954-ben felvételt nyert a Soproni Nehézipari Műszaki Egyetemre, ahol 1959-ben a Földmérő Mérnöki Kar Geofizikus Mérnöki Szakán geofizikus mérnöki diplomát szerzett.

Vonzotta a kőolajkutatáshoz kötődő új szak, bár ahogy visszaemlékezésében írta, keveset tudott róla. Ezt a döntését később sem bánta meg, amikor már jóval többet tudott a szakmáról. Örömmel, nagy hivatástudattal végezte munkáját. Fél évszázaddal később írt önvallomása szerint a soproni diákevek, a légkör, a tanárai nemcsak szakmai ismereteket, hanem az egész életét meghatározó életszemléletet és munkaszeretetet adtak neki.

Az egyetemen, évfolyamtársaként ismerte meg feleségét, aki 62 éven keresztül hűséges, támogató társa volt az utolsó, nagyon nehéz években is. Nélküle, a biztos családi háttér nélkül, nem tudta volna munkáját olyan eredményesen végezni, ahogy tette.

1959-ben az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzemében kezdett dolgozni. 1963-ig terepi csoportnál dolgozott, ezt követően a Gorkij fasori központba került. A nemzetközi tendenciát követve a 60-as évek közepén hazánkban is fejlődésnek indult a szeizmikus mérési anyagok számítógépes feldolgozása, amelynek az irányítása az ő kezébe került. Ezt követően három évtizeden át irányította a magyar kőolajipar szeizmikus adatainak számítógépes feldolgozását. Az általa vezetett szervezeti egység neve az évtizedek alatt többször változott, de a munka tartalma mindig ugyanaz maradt.

A gyors fejlődés új szakmai ismeretek átvételét és alkalmazását tette szükségessé. Ebben vezető szerepet játszott, melyhez igen jó angol nyelvtudására is nagy szükség volt. A fotoregisztrációs mérést 1966-ban felváltotta az analóg mágneses jelrögzítés és az ennek feldolgozását lehetővé tevő CS-621 analóg számítógéppel történő adatfeldolgozás. Jelentős előrelépést jelentett az 1971-

ben üzembe állított, Texas Instruments gyártmányú TIOPS 880/A digitális számítógép és adatfeldolgozó programcsomag. Néhány kollegájával közel fél éves eredményes houstoni betanuláson vett részt. A működés beindítása gyors és sikeres volt. Később a vállalat szakemberei GSP néven saját, a vásároltnál korszerűbb, hatékonyabb feldolgozó programcsomagot fejlesztettek ki.

A nyolcvanas évek további fejlődést indítottak el, nem utolsósorban a felvehető Világbanki hiteleknek köszönhetően. 1980-ban a francia CGG GeoMax feldolgozó rendszere került megvásárlásra, melynek kiválasztásában, a külföldi betanulásban, az új számítógéppont kialakításában, a hazai munkatársak betanításában, az egész projekt lebonyolításában meghatározó szerepe volt.

További fejlődést jelentett az 1986-ban az ugyancsak a CGG-től megvásárolt GeoVecteur szeizmikus feldolgozó

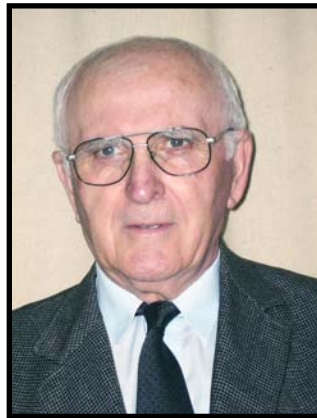
csomag, majd 1995-ben az ennél fejlettebb GeoVecteur-Plus szoftver.

Bár a vállalat árbevételének döntő része a szeizmikus mérésekből származott, természetesen a költségeké is, a megrendelő a feldolgozás eredményével találkozott, azt vette kézbe, az volt a végtermék, amely sok elismerést hozott a vállalatnak. Ebben múlhatatlan érdemei vannak.

Kiváló angol nyelvtudása mellett igen jól beszélt oroszul, ami nagy haszonnal járt a hetvenes években elkezdődött KGST együttműködés során. Jelentős szerepe volt abban, hogy az együttműködés szakmailag gyümölcsözővé váljon, szakembereink fejlődésére jó lehetőséget adjon.

Számos publikációban volt szerző és társszerző hazai és rangos nemzetközi folyóiratokban. Ez növelte a vállalat tekintélyét, ami nagyban hozzájárult az üzleti sikerekhez, eredményekhez.

Személye mindig a felelősséggel elvégzett munka, a minőség garanciája volt. Azon nélkülözhetetlen szürke eminenciások közé tartozott, akik nélkül egy vállalat nem tud fennmaradni. Neve fémjelzett és hitelesített minden tevékenységet, amelyben részt vett. Nem vágyott karrierre. Mindig az ügy, a feladat érdekelt. A kiérdemelt megbecsülés esett jól neki. 1978-ban megosztva Állami díjat kapott, „A szénhidrogén-kutatás geofizikai műszereinek



Sághy György
1935 – 2020

és módszereinek fejlesztésében, a kutatás hatékonyságának növelésében elért eredményeiért.”

Mint mindenkinek, neki is szüksége volt kikapcsolódásra, pihenésre. Ezt találta meg a Ráckevei-Duna holtága melletti szigetcsépi házban, ahol kedvére horgászgatott, kertészkedett és barkácsolt. Itt töltötte nyugdíjas éveit feleségével, Évával békességben. 1996-ban a Geofizikai Számítóközpont vezetőjeként vonult nyugalomba.

Feleségét, gyermekét, unokáit, dédunokáját, barátokat, tisztelőket hagyott itt, akiknek hiányzik.

Emlékezünk rá.
Nyugodjék békében!

Késmárky István, Véges István, Zelei András

Barvitz Anna

gyémántokleveles geofizikus mérnök

1936 – 2020

Barvitz Anna gyémántokleveles geofizikus mérnök 1936. június 25-én született Budapesten. 1959-ben végzett a soproni Nehézipari Műszaki Egyetem geofizikusmérnöki szakán. A diplomaterv megvédése után a Kőolajipari Tröszt budapesti székhelyű Kőolajipari Tröszt Szeizmikus Kutatási Üzemében állt munkába. Öt évet töltött terepi szeizmikus csoportoknál kiértékelőként, Óriszentpétertől Kistelekig... 1964-ben a központ kiértékelési osztályára került, ugyancsak kiértékelő geofizikusként. 1967-től már a számítástechnikai osztályon dolgozik adatfeldolgozó mérnökként. Az Üzem szerepe jelentősen nő, 1979-ben átalakul Geofizikai Kutató Vállalattá, s ekkor egy újjáalakult szeizmikus kiértékelési osztályra kéri át magát, ahol a paleogén medencével foglalkozik, és alkot maradandót. A MOL Rt-nél nagy átszervezések kezdődtek, ami azzal is járt, hogy 1993-tól nyugdíjazták több kollégájával együtt. Emiatt nyugdíjasként dolgozik tovább a békás-

megyeri OGIL telephelyén 1996-ig szerződéssel, majd 1999-ig nyugdíjas vállalkozóként.

Barvitz Anna (baráti körben: Anikó) magas fokú humán műveltséggel rendelkezett és hobbija volt az utazás is. Lelkes tagja volt a Hungária-Európa Alapítványnak, melynek egyik célkitűzése volt a (magyar és a nemzetközi) régészeti kincsek megismerése.

S Anikó szeretett és megbecsült tagja volt annak a magát egykoron hal(l)hatalannak elnevező, 1959-ben végzett soproni évfolyamnak is, amelynek Anikó távoztával már csak két geofizikus mérnök tagja maradt...

Az újbudai Szent Gellért templom urnatemetőjében vettünk Tőle búcsút.

Anikó, egy utolsó Jó szerencsét!
Nyugodj békében!

Nagy Zoltánné Walcz Irén, Vida Zsolt



Barvitz Anna
1936 – 2020

1977

Légi mágneses és radiológiai térképező mérések a Kemenesháton



A helikopteres mágneses és radiológiai térképező mérések szlovák személyzettel, magyar belügyi ellenőrzés mellett történtek

A képen a helikopter és 6 fős személyzete (Bratislava), három geofizikus technikus (Brno), három magyar belügyi (Győr), valamint a szélein a két geofizikus (jobbra a szlovák Ivan Gnojek, balra Tóth Csaba) látható

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

