A magyarországi geoelektromos kutatás rövid története

Csaknem 20 év telt el EÖTVÖS Loránd torziós ingájának kőolajkutatási célú gyakorlati alkalmazása után, amikor az első magyarországi geoelektromos mérések elkezdődtek. Az első ilyen jellegű tevékenység a Magyar Királyi Báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet munkája volt 1938-ban: a „Magyar Királyi Állami Vas Acél és Gépgyár, Diósgyőr" megbízásából, vasérckutatási célból, Martonyi térségében. A mintegy 2,5 km^2-nyi területen 80–100 m-es kutatási mélységű vertikális elektromos szondázást végeztek az Intézet munkatársai.

A néhány értékes, úttörő jellegű munkát a II. világháború kényszerű szünete törte meg és csak jó tíz évvel később folytatódott a tevékenység, amely 1948 után több intézményben is rohamos fejlődésnek indult. A magyar geofizikusok az elsők között ismerték fel azt, hogy a Föld ásványainak, kőzeteinek fajlagos ellenállása közel 10 nagyságrendet fog át. Ezért a geoelektromos módszer a földköpeny mélységétől az agrogeofizika által kutatott felső néhány deciméterig — a kőolaj, a kőszén, a bauxit, a szulfidos ércek kutatásától a víz és az építőipari nyersanyagok kutatásán át a talaj környezetvédelmi kutatásáig, az árvízvédelmi gátak vizsgálatáig — szinte minden földtani vizsgálatnál eredményesen alkalmazható. Ma intézményeink közel 20-féle elektromos, elektromágneses módszerrel és eljárással dolgoznak, amelyek többségéhez műszereket és feldolgozási rendszereket is kifejlesztettek. Ezek közül is talán a legkiemelkedőbb az a gyakorlati és hatalmas elméleti munka, amely a tellurikus-magnetotellurikus módszerek világméretű fejlődéséhez is hozzájárult.

A geoelektromos módszerek sokszínűségének természetes következménye, hogy a kis Magyarországon is viszonylag sok intézmény alkalmazza ezen eljárásokat és ma már jóval több, mint 1000 db jelentést tartanak nyilván a nagyobb intézetek adattárai, amelyek sajnos nem tartalmazzák az utóbbi évtizedben alakult kisebb vállalkozások tevékenységét. Kutatási történetünkben ez utóbbiakkal ezért nem is foglalkozunk, csak a nagyobb intézmények, vállalatok kutatási tevékenységét ismertetjük.

A Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének (MTA GGKI) geoelektromos tevékenysége

A magyarországi geoelektromos mérések bölcsője az a soproni intézet (mai nevén MTA GGKI), amelynek eredete a középkorba nyúlik vissza. A XIII. században az európai hírű és rangú magyar ércbányászat Európa aranytermelésének 80 %-át adta, a XVI. században pedig a világ legnagyobb réztermelője volt. Ennek a bányászatnak szüksége volt a kutatás tudományos megalapozására, ezért 1735-ben Selmecen (ma: Banska Stiavnica) III. Károly császár bányatisztképző iskolát nyitott (amely később főiskola lett). Az I. világháború után ez az intézmény költözött át Sopronba, ahol egyetem lett, amely már a két háború között is jelentős kutatóközpont volt. A II. világháború után, 1947-ben a bányakutató mérnök szakon már geofizika képzés is volt. 1949-ben a Fizika Tanszék professzora a Magyar—Amerikai Olajipari Rt. főgeofizikusa, KÁNTÁS Károly lett, aki 1951-ben önálló Geofizikai Tanszéket szervezett. Itt azonnal jelentős eredményeket értek el a geoelektromos kutatási módszerek, főleg a tellurika-magnetotellurika fejlesztésében, amelyet a Schlumberger cég nagy teoretikusával, a magyar származású KUNETZ Gézával való együttműködés segített. A Tanszéknek úttörő szerepe volt általában a geoelektromos módszerek gyakorlati alkalmazásában, különösen a víz- és bauxitkutatásban. Az egyetemi tanszékek oktatóiból és tudományos munkatársaiból alakult meg a Geodéziai és Geofizikai Munkaközösség, majd ebből 1955-ben a Geodéziai és Geofizikai Kutató Laboratórium, amelyben kifejlesztették az első magyar tellurikus műszereket. A közelgő Nemzetközi Geofizikai Évre való tekintettel a Sopron közelében lévő Nagycenken obszervatóriumot hoztak létre, amely azóta is működik és amely a Földünket körülvevő elektromágneses tér tulajdonságainak kutatásában jelentős szerepet töltött és tölt be. 1956 után a Soproni Egyetem Geofizikai Tanszékét Miskolcra helyezték át, de a Geodéziai és Geofizikai Kutató Laboratórium továbbra is Sopronban, függetlenül működött.

A Geodéziai és Geofizikai Kutató Laboratórium, később a GGKI tevékenységében kiemelkedő jelentőségű az obszervatóriumban megvalósított pulzáció regisztrálás, a légköri elektromos tér mérése, a csúcskisülési áramok mérése és az ezen megfigyelésekből kiinduló széleskörű tudományos, elméleti kutatás, amely világszerte az egyik jelentős megalapozója a tellurikus-magnetotellurikus módszereknek. Az elméleti eredményeket és obszervatóriumi megfigyeléseket igyekeztek a gyakorlatban is alkalmazni országos terepi mérések során. A tellurika-magnetotellurika (gyakorlatban alkalmazott) műszerei évtizedeken át itt készültek Közép-Európában, de más intézményekkel közösen ellenállásmérő műszereket is kifejlesztettek.

A 60-as évek végétől az űrkutatásba is bekapcsolódtak. Legjelentősebb eredményük talán, hogy a Vertikál-7 nevű geofizikai szondával felküldött fotoelektron analizátorral első ízben sikerült közvetlenül kimutatni a plazmaszférából az ionoszférába irányuló plazmaáramlásokat. Kutatásaik fő iránya és tárgya azonban a magnetotellurika maradt, amelynek fejlesztésében pl. a két- és háromdimenziós modellszámításokban és fizikai modellezésben, az elektromágneses értelmezésekben a világ élvonalában tudtak maradni a rendkívül szerény anyagi viszonyok közepette is. Gyakorlati kutatásaikban az utóbbi években a kéregbeli és az asztenoszférabeli vezetőképességeloszlások vizsgálatában értek el jelentős eredményeket.

Geoelektromos kutatás a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén

A geoelektromos módszerek kutatása a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén is folyt. A Tanszék, mint említettük, Sopronból került Miskolcra, ezért története és tevékenysége (kezdetben különösen) összefonódott az előbb bemutatott MTA GGKI történetével.

A Miskolci Egyetem — korábban Nehézipari Műszaki Egyetem — Geofizikai Tanszékét 1951-ben alapították. Kutató munkájában a geoelektromos módszerek fejlesztése és a külföldi eredmények hazai bevezetése kezdettől fogva kiemelt helyet kapott.

Az alapítást követően azonnal megkezdődött a hagyományos VESZ mérések bevezetése a bauxit-, szén-, és vízkutatásba és korai törekvések voltak a bányabeli alkalmazásra is. A későbbiekben a VESZ módszerrel kapcsolatos fejlesztésük volt a fókuszált áramterű mérés és a laterális inhomogenitások helye megadásának metodikája.

A tanszéki kutatások első jelentősebb eredménye azonban a tellurikus módszer hazai bevezetése — és feltételeinek megteremtése — volt, amit az MTA Geofizikai Munkaközössége kutatóival közösen értek el. Miután az első kísérleti mérések bizonyították a módszer alkalmazhatóságát — ennek műszerezettsége a Tanszéken készült —, kifejlesztették a sorozatgyártásra alkalmas műszert és megkezdődött a módszer bevezetése a CH-kutatásba. 1956—59-ben a Tanszék oktatói alkották a kínai—magyar Geofizikai Expedíció tellurikus csoportját, amely eredményesen dolgozott az Ordosz fennsíkon és a Sung-Liao medencében. A módszerfejlesztésben kiemelhető a feldolgozást automatikussá tevő totális változások módszerének kidolgozása és a mélyfúrásokban mérhető $E(z)$ komponens kapcsolatának tisztázása az aljzat dőlésével.

A Tanszéknek úttörő szerepe volt a magnetotellurikus módszer hazai bevezetésében. Az első regisztráló magnetométerek megépítése után 1960-tól végeztek ilyen méréseket és elkészültek az első regionális szelvények is. Foglalkoztak a földtani felépítés jellegének a $H(z)$ komponenssel és a polárdiagramokkal való összefüggésével. Az utóbbit illetően 1968-ban fizikai modellezést is végeztek, különös tekintettel a Dunántúl vezetőképesség-anomália területén tapasztalt tértorzulásokra. Az MT tér numerikus modellezésére a Tanszéken készült az első hazai 2- és 3-dimenziós program.

Az MT mérés analógiájára kis kutatási mélységű feladatoknál felhasználták a villamos távvezetékek térerősségét. A 10 kHz—2 MHz tartományban dolgozó rádióadók terét mérve pedig rádiófrekvenciaszondázást végeztek.

1968-tól végeznek mesterséges áramterű frekvenciaszondázásokat közepes és sekély mélységű kutatásoknál. Eredményeket értek el a műszerfejlesztésben, az inverzióban, a 2- és 3D-s numerikus modellezésben, a nagyfrekvenciás CSAMT metodika kidolgozásában.

A geoelektromos módszerek speciális fejlesztését jelenti a felszín alatti források alkalmazása a bányageofizikában és más átvilágítási feladatoknál. Erre egyenáramú és váltóáramú módszereket dolgoztak ki: az egyenáramú vágat- és telepszondázást, valamint az elektromos tomográfiát, továbbá a multifrekvenciás átvilágítást.

Az újabb eredményekből kiemelhető a geoelektromos és szeizmikus mérési adatok együttes inverziójának kidolgozása, valamint a GP időtartománybeli lecsengési görbéjéből az amplitúdó spektrum vizsgálatának bevezetése.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) geoelektromos tevékenysége

Ez az intézmény a gyakorlati geofizika, ezen belül a geoelektromos módszerek legszélesebb magyarországi bázisát jelenti. Műszerezettsége, felszerelése és mintegy félszáz kutatója ma a világ egyik legsokoldalúbb geoelektromos profilját vallhatja magáénak.

A már idézett 1938. évi érckutató tevékenysége 1948-tól vett új lendületet. Akkor is elsősorban a szulfidos érceket kutatták svéd Turam és Slingram berendezésekkel és Schlumberger kompenzátorokkal, de hamarosan felvállaltak minden olyan földtani feladatot, ami a kőszén-, bauxit-, vízkutatásban, a mérnöki tervezésben felmerült. A néhány évig (kb. az 50-es évek közepéig) tartó érckutató kampány azonban lecsengett és a kutatóknak más téma után kellett nézni. Így került sor a Sopronban és Miskolcon megalapozott tellurikus mérések bevezetésére és rendszeres alkalmazására a magyar olajipar megbízásából. Az 1960-ban kezdődő kvázihálózatos rutinmérések évente 1500—2000 km^2-nyi területre terjedtek ki. Ekkorra azonban külföldön, elsősorban Franciaországban ismertté váltak a tellurikus módszer korlátai. Erre az ELGI kutatói azonnal reagáltak és kifejlesztették a tellurikus térképek ellenőrzésére és korrekciójára vonatkozó eljárásaikat, amelyeket 1962-től dipól ekvatoriális szondázásokkal, majd a 70-es évek elejétől magnetotellurikus szondázásokkal hajtanak végre. Azóta is mind a nagymélységű egyenáramú szondázások, mind a magnetotellurika műszereit az ELGI maga fejlesztette. E fő profil mellett ebben az időben is igyekeztek minden felmerülő problémát megoldani. Így számos vízkutató és más, nem érces nyersanyagkutatási célú mérés történt.

1960-tól indult meg az ELGI geoelektromos kutatóinak rendszeres expedíciós tevékenysége a mongóliai vízkutatásokkal, amit számos kisebb munka egészített ki részben a környező országokban, részben Afrikában és a Közel-Keleten.

A 60-as évek utolsó szakasza újabb nagy változást hozott. Az olajipari megrendelések, amelyek az ELGI geoelektromos kutatásainak 70—80 %-át jelentették, egy politikai döntés miatt gyakorlatilag (és szerencsére átmenetileg) egyik napról a másikra megszűntek. Ismét új feladatok után kellett nézni. Így terelődött a kutatók figyelme az akkor felfutó bauxitkutatásra és a jó 10—15 évre újra felelevenedő hidrotermális érckutatásra. Közben a magyar szénbányászat is extenzív növekedésnek indult. Ezek együtt az ELGI elektromos kutatásainak rendkívül nagy mértékű növekedését eredményezték. A kutató gárda a terepi kisegítő személyzettel együtt a 240 főt is elérte.

Ebben az időben az érckutatás megkövetelte a korszerű ellenállásmérő és gerjesztett polarizációs műszerek kifejlesztését. A DIAPIR típusú műszerek olyan jól sikerültek, hogy Kelet-Ázsiától Dél-Amerikáig mintegy 200 darabot el is adtak. Más feladatokhoz a néhányszor 10 m-es és a néhányszor 100 m-es mélységű kőszén-, bauxit- és vízkutatásokhoz kanadai műszereket vásároltak. Mintegy 6–8 féle elektromágneses műszer került bevezetésre a felső métereket vizsgáló EM-16-tól, a VLF műszereken át az 1 Hz-es frekvenciatartományt is megközelítő Maxi-Probe és tranziens műszerekig. Ebben az időszakban jelentek meg a feldolgozásban, de később az adatgyűjtésben és a műszervezérlésben a számítógépek is. Közben nagy erők dolgoztak Mongóliában és a 80-as évektől Kubában is, főleg érckutató munkákon.

A 70-es évek közepén jelentek meg rendszeresen a geofizikával szembeni igények a mérnöki tervező munkákban: így a vízépítés, árvízi gátak, alagútépítési feladatokban, majd a 80-as években indult és rohamosan növekedett a környezetvédelmi tevékenység a hulladéklerakók, talajszennyezések, havériák olajszennyezéseinek vizsgálatára. E feladatok megoldására előnyösen használhatták széles skálájú műszerezettségüket és új, speciális, kombinált eszközök (mérnökgeofizikai szondázó berendezések, agrogeofizikai szondázó berendezés) kifejlesztését kezdték meg. Ezekkel egyedülálló sikereket értek el pl. az elhagyott szovjet katonai objektumok környezetszennyezési feladatainak megoldásában.

A 90-es évek újabb jelentős változást hoztak. A létszám felére, majd később már a 80-as évek csúcsának alig 10%-ára csökkent, mert szinte minden nyersanyag kutatása megszűnt Magyarországon. Ma a környezetvédelem és vízvédelem, a nagyobb mélységű és még szennyezetlen víz kutatása vált időszerűvé. Úgy tűnik, hogy ezeknek a feladatoknak a megoldásában szerepe lesz a néhány éve osztrák kooperációban kezdett légi geofizikai kutatásnak is. Ezek mellett még más feladatok is vannak a kéreg- és köpenyszerkezeti kutatásokban, amelyek eredménye a földrengésveszélyeztetettségi vizsgálatokhoz szükséges egyik alapvető információ és talán szerepük lehet a speciális, az ELGI-ben kifejlesztett CH-telep lehatároló tevékenységüknek is. Az ország rendszeres földtani térképezését geofizikai mérésekkel is támogatják.

A Magyar Olajipari Rt. (MOL Rt.) Geofizikai Kutató Egységének Geoelektromos Osztálya

A magyar olajipar 1952 óta rendelkezik saját felszíni geofizikai bázissal, ami kezdetben csak szeizmikus részlegből állt, de később más módszerek osztályaival is kiegészült. A Geoelektromos Osztály 1963-ban alakult néhány fővel, akik először az ELGI-től átvett gyakorlattal a tellurikus csoportjukat, majd a mélyszondázó csoportjukat hozták létre magyar műszerekkel. Az osztály hamarosan 30–50 fős csoportokból és belső feldolgozó, értelmező részlegekből állt és fő tevékenységként a harmadkori medencealjzat áttekintő jellegű kutatásával foglalkozott.

A 70-es évek elején bevezették a magnetotellurikus módszert és néhány évvel később a mesterséges frekvenciaszondázások nagymélységű, 20 Hz—0,01 Hz tartományú változatát is. Adó generátorukat magyar villamosipari vállalat (GANZ) tervezte és hozta létre. Vevő műszereik kanadai és ELGI műszerek voltak, amelyeket a 80-as évek végére a Phoenix cég számítógép-vezérelt real-time feldolgozó szinkron műszere váltott fel a magnetotellurikában és a V-4 Phoenix műszer a frekvenciaszondázásban. Feldolgozó rendszerük a Phoenix cég, a saját, valamint a magyar intézmények fejlesztési eredményein, az ELGI-vel közös 2D, 3D programvásárlásain és az USGS-sel való együttműködéseken alapul. Ezzel a korszerű technikával már nemcsak a szeizmikus kutatások előkészítésére, hanem komplex értelmezésre és önálló CH-kutatási feladatokra is vállalkozhatnak.

A Mecseki Ércbányászati Vállalat (MÉV) geoelektromos tevékenysége

Az olajipar után a legnagyobb geofizikai részlege a magyar urániparnak volt. Széles skálájú kutatási módszereik között szerephez jutottak a geoelektromos módszerek is. A különböző (főleg egyenáramú) szelvényező és szondázási eljárásokkal végigmérték Magyarország középhegységi területeinek jelentős részét, ahol potenciális lehetősége volt a hasadóanyagok előfordulásának. Legrészletesebben a D-magyarországi Mecsek hegységet mérték fel. Tevékenységük az 50-es évek második felében kezdődött szovjet műszerekkel. É-Magyarországon a 60-as évek közepétől a 70-es évek elejéig az uránkutatáson kívül más kutatási céllal is mértek. Ekkor mintegy 60 jelentésük látott napvilágot. A Mecsek hegységben végzett rendszeres munkájuk azonban ma is jórészt ismeretlen maradt, csak kutatási eredményeik épültek be a nyomtatásban is megjelent áttekintő jellegű geológiai térképekbe. 1990—92-re a magyarországi rendszerváltás, a Szovjetuniótól való függetlenség, a fegyverkezési verseny befejezése az uránipar leépüléséhez, a kutató részlegeknek (így a geoelektromos tevékenységnek is) a teljes megszűnéséhez vezetett.

Egyéb szervezeteknél folyó geoelektromos tevékenység

Az eddig felsorolt jelentősebb és nagyobb geofizikai intézményeken és részlegeken kívül több intézménynek, szervezetnek volt és van néhány fős geofizikai részlege, akik geoelektromos méréseket, főként egyenáramú szondázásokat és szelvényezéseket csinálnak. Így jelentős volt a geoelektromos tevékenysége a Központi Bányászati Fejlesztési Intézetnek, főként a bányászati létesítmények mérnökgeofizikai célú kutatásában. De voltak geoelektromos szondázásai a Vízügyi Tudományos Kutató Intézetnek, az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalatnak, az Észak - magyarországi Vízügyi Igazgatóságnak és még több bányavállalatnak.

Az utóbbi évtizedben, de főként a nagy geofizikai intézmények, részlegek leépülésével párhuzamosan számos, néhány fős korlátolt felelősségű társaság jött létre. Ezek főként az egyszerűbb, egyenáramú geoelektromos műszerekkel és személyi számítógépekkel tudták magukat felszerelni és megkísérlik a helyi víz és környezetvédelmi, mérnökgeofizikai és építőipari nyersanyagkutatási igényeket kielégíteni.

Összeállította: Nemesi László; Takács Ernő és Verő József tanulmányainak felhasználásával

SZEMELVÉNYEK az ELGI kutatóinak geoelektromos témájú cikkeiből

SEBESTYÉN K. 1952: Mérési tapasztalatok alacsonyfrekvenciás váltóáramú földellenállás-mérő alkalmazhatóságára. Geofizikai Közlemények **I**, 9

SEBESTYÉN K. 1953: Természetes potenciál mérésére szolgáló kompenzátor. Geofizikai Közlemények **II**, 10

ERKEL A. 1954: A földi mágneses tér gyors változásai és a tellurikus áramok közötti összefüggések. Bányászati Lapok **87**, 10

SEBESTYÉN K. 1956: Tellurikus áramregisztráló berendezés. Geofizikai Közlemények **V**, 1

ÁDÁM A., ERKEL A., SZABADVÁRY L. 1962: Neue ungarische geoelektrische Instrumente. Geofisica pura e applicata 52, (II.) 127-138

ERKEL A., KIRÁLY E., SZABADVÁRY L. 1964: A GE típusjelű geoelektromos ellenállásmérő műszercsalád. Geofizikai Közlemények XIII, 1

SZABADVÁRY L. 1965: Ellenállás (ρ_σ) korrekció alkalmazása a tellurikus mérések értelmezésénél. Magyar Geofizika VI, 2, 23-34

ERKEL A. 1965: A vezérszint meghatározása tellurikus méréseknél. Magyar Geofizika VI, 2, 35-49

SZABADVÁRY L. 1967: Közép- és Kelet-Mongólia vízföldtani viszonyai a geoelektromos kutatás tükrében. Geofizikai Közlemények XVI, 3

KAKAS K., VERŐ L. 1969: Újabb GE típusjelű berendezések. Geofizikai Közlemények XVIII, 1-2, 57-67

VERŐ L., KIRÁLY E., NEMESI L. 1970: Geoelektrische Messungen im südlichen Teil der grossen Ungarischen Tiefebene. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **5**, 1-2, 51-60

HOBOT J. 1971: Vízföldtani problémák megoldása komplex geofizikai módszerekkel a fejlődő országokban. Magyar Geofizika **XII**, 4

HOBOT J. 1972: Mongóliai komplex vízkutató expedíciók munkája 1967—70 között. Földtani Kutatás **XV**, 1-2

BALLA Z., ERKEL A., KIRÁLY E., VERŐ L. 1978: Determination of localization conditions of hydrothermal sulfidic ore deposits using induced potential measurements. 23. Internat. Geophys. Symp. Varna, 1978. I. 473-482

ERKEL A., SIMON P., VERŐ L. 1979: Measurement and interpretation of the dynamic characteristics of induced polarization decay curves. Geofizikai Közlemények **25**, 62-72

CSÖRGEI J., ERKEL A., VERŐ L. 1981: Time domain IP equipment and method for source discrimination. EAEG 43rd Meeting, Venice, May 26-29, 1981, 42, Oxford

DRASKOVITS P., NEMESI L. 1981: Líbiai vízkutató mérések. ELGI 1980. Évi Jelentése, 134

NEMESI L., HOBOT J., VARGA G., DRASKOVITS P., CSÖRGEI J. 1981: A Tiszavidék és a Tiszántúl mélyszerkezetének geoelektromos kutatása. Geofizikai Közlemények **27**, 1-100

NEMESI L., BOGNÁR E., LAVDANSUREN, HOVDHAN, MAJKUTH T., TÓTH CS. 1982: Complex geophysical exploration in the Gobi desert (in Russian). Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **17**, 2, 291-306

MADARASI A., SCHÖNVISZKY L., VERŐ L. 1982: Geofizikai Kutatás Észak-Magyarországon. Érc előkutatás a Közép- és Nyugat-Mátrában. ELGI 1981. Évi Jelentése, 29-31

DRASKOVITS P., HOBOT J. 1984: A gerjesztett polarizációs módszer alkalmazása negyedkori homokos-agyagos víztároló összletek kutatásában. Magyar Geofizika **XXV**, 2-3, 81-90

NEMESI L., HOBOT J., VARGA G. 1985: Telluric and magnetotelluric information about the geological structure of Transdanubia. Acta Geod., Geophys. et Mont. Acad. Sci Hung. **20**, 1, 135-150

REZESSY G., SZALAY I., VÉRTESY L. 1986: MFS mérések a marquesadoi vasérclelőhely (Spanyolország) környékén. ELGI 1985. Évi Jelentése, 163-167; 229-331; 312-313

SIMON P., VERŐ L., VINCZE L. 1986: Terepi adattároló és előfeldolgozó egységek geofizikai műszerekhez. ELGI 1985. Évi Jelentése, 100-107; 206-208; 280-285

SZABADVÁRY L., SZIGETI G., CSATHÓ B. 1986: Study of the investigation domain of frequency sounding. Proc. of the 48th Meeting of the European Association of Exploration Geophysicists; 3-6. June 1986, Ostende, Belgium, p. 60

CSÖRGEI J., LÁDA F., VERŐ L. 1986: Magnetotelluric measurements for exploration of nonstructural hydrocarbon deposits. Proc. of the 48th Meeting of the European Association of Exploration Geophysicists; 3-6 June 1986, Ostende, Belgium, 81

NEMESI L. 1986: Mélységtérkép szerkesztése nem S intervallumban végzett tellurikus mérések felhasználásával. Magyar Geofizika **27**, 2, 53-60

PATTANTYÚS-Á. M., SIMON A. 1986: Prospecting of prehistoric flint quarries by geoelectric method. International conference on prehistoric flint mining and lithic raw material identification in the Carpathian Basin. Budapest—Sümeg, 20-22 May 1986, 123-129

PATTANTYÚS-Á. M. 1986: Methods and interpretation of archaeogeophysical prospecting in Hungary. Proc. of the International Symposium on Archaeometry; 19-23 May 1986, Athens, 145

GYÖRGY L., NEMESI L., SCHÖNVISZKY L., SZALAY I., ZALAI P. 1987: On the methodology of ore-geophysics in volcanic environment. Proc. of the 32nd Internat. Geophys. Symposium; 2-5 Nov. 1987, Dresden, GDR, II, p. 230

CSATHÓ B., BALOG GY., PRÁCSER E., SŐRÉS L. 1988: Time domain EM scale modelling with a transient instrument. 50th EAEG Meeting, Hague,

6-10 June 1988, Technical Programme and Abstracts of Papers and Posters, 155

CSATHÓ B., PATTANTYÚS-Á. M. 1988: EM-31 prospecting on archaeological sites. Symposium on archaeometry, Ontario, Canada, 16-20 May 1988, University of Toronto. Abstracts of Symposium on Archaeometry, Toronto, 21

ERDÉLYI B., PATTANTYÚS-Á. M. 1988: Prospecting of a Roman castrum in Sarmatia from discovery to excavation. Symposium on archaeometry, Ontario, Canada, 16-20 May 1988, University of Toronto. Abstracts of Symposium on Archaeometry, Toronto, 36

CSÖRGEI J., LÁDA F. 1988: Examination of the confidence of magnetotelluric polar diagrams and use of these diagrams in exploration of non-structural hydrocarbon deposits. *In:* Inverse modeling in exploration geophysics. Eds.: A. VOGEL, R. GORENFLO, B. KUMMER, Ch. O. OFOEGBU. Friedr. Vieweg and Sohn, Braunschweig/Wiesbaden. Proceedings of the 6th International Mathematical Geophysics Seminar, Free Univ. of Berlin, 3-6 Feb, 1988, 237-245

GYIMESI M., KIRÁLY E., SHAFARENKO V. A., SIMON A. 1988: Primenenije metoda elektricheskoj korreljacii dlja ocenki sploshnosti ugolnyh plastov i proslezhivanija zon orudenenij. 33 Mezhdunarodnyj Geofizicheskij Simposzium. Trudy, Praga

ÁDÁM A., NAGY Z., VARGA G. 1989: Magnetotelluric (MT) research and exploration in Hungary. Geophysics **54**, 6, 795-797

DRASKOVITS P., KIRÁLY E., SHAFARENKO V., SIMON A. 1989: Electrical cross-hole methods for research and mining purposes (D-28). EAEG 51st Meeting and Technical Exhibition. International Congress Centre Berlin, 29 May-2 June 1989. Technical Programme and Abstracts of Papers. 158-159

KIRÁLY E., Yi YONG-SEN, ZHOU H-m., SIMON A. 1989: Rádióhullám átvilágító mérések a bauxitkutatásban. ELGI 1987. Évi Jelentése, 105-109; 192-194; 259-261

BÁRDOS B. M., ERDÉLYI T., MÉRAI K., SIMON A. 1989: Kompleksirovanie geoelektricheskogo profilirovanija sahtnogo varianta i burenija dlja opredelenija podosvy boksitovoj zalezhi. 34 Mezhdunarodnyj Geofizicheskij Simpozium. Abstrakty i doklady tehnicheskoj programmy. I. Budapest

CSATHÓ B., BALOGH GY., PRÁCSER E., VINCZE L. 1989: Kismélységű geoelektromos kutatás elektromágneses vezetőképesség méréssel. ELGI 1987. Évi Jelentése, 109-117; 194-198; 261-266

NEMESI L., LÁDA F., SÜLE S., VARGA G. 1990: Áttekintő geoelektromos mérések néhány eredménye a Jászságban és a Zagyva-árokban. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 51-58; 243-255; 323-337

TÓTH CS., CSATHÓ B. 1990: Légi geofizikai mérések a Bakonyban (1989). ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 97; 243-255; 323-337

SŐRÉS L. 1990: Tranziens szondázások direkt inverziójának alkalmazása egy vízkutatási feladat megoldásában. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 162-166; 276-278; 360-363

VARGA G., GALAMBOS S., GYIMESI M., KERTÉSZ G. 1990: Magnetotellurikus műszerfejlesztés. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 180-183; 284-289; 370-375

KIRÁLY E., TATAI J. 1990: A geoelektromos rétegkövetéses módszer (GRK) eredményei a balinkai kőszénkutatás területén. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 73-81; 243-255; 323-337

TÓTH CS. 1990: Felderítő és részletes fázisú bauxitgeofizikai kutatás. Bakonyoszlop—Csetény—Sur térsége. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 96; 243-255; 323-327

FARKAS I. 1990: Magnezitkutatás Törökországban. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 229-231; 315-319; 403-407

HOBOT I. 1990: Multifrekvenciás elektromágneses mérések a Szovjetunióban ércesedett-grafitosodott zónák kimutatására. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 237-239; 315-319; 403-407

HOBOT J., DUDÁS J., FEJES I., MILÁNKOVICH A., PÁPA A., NEMESI L., VARGA G. 1990: A Kisalföld regionális geofizikai kutatása. ELGI 1988—89. Évi Jelentése, 13-19; 243-255; 323-337

REZESSY G., SŐRÉS L. 1990: Application of EM induction method for coal and bauxite prospecting in Hungary. Foreign Geoexploration Technology, Beijing 1990, 2, 23-27

DRASKOVITS P., FEJES I. 1990: Near-surface groundwater research and protection from surface pollution. *In*: Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol.2: Environmental and Groundwater; Investigations in Geophysics, No. 5., Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, 1990

MAGYAR B., SCHÖNVISZKY L., VERŐ L. 1990: Environmental protection in Hungary and the role of geophysics in environmental studies (D-7). EAEG 52nd Meeting and Technical Exhibition, Copenhagen, 1990, Abstracts of Papers, p. 125

ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Electrical conductivity anomalies along the Pannonian Geotraverse and their geothermal relation. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **25**, 3-4, 291-307

ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Crustal conductivity anomalies in the Pannonian Basin. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **25**, 3-4, 279-290

DRASKOVITS P., HOBOT J., SMITH B. D., VERŐ L. 1990: Induced polarization surveys applied to evaluation of ground water resources, Pannonian Basin, Hungary. *In*: Induced polarization: Application and case histories, Investigations in Geophysics, No. 4, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, 1990

DUDÁS J., NIESNER E., VERŐ L. 1991: Resistivity and IP parameters used for hydrogeologic purposes and differentation between nonmetallic minerals Geophysical Transactions **36**, 1-2, 81-92

FARKAS I., KARDEVÁN P., REZESSY G., SCHMID CH., SZABADVÁRY L., WEBER F. 1991: EM sounding in water- and brown-coal prospecting. Case histories. Geophysical Transactions **36**, 1-2, 103-111

KAKAS K. 1991: The TRH procedure for transient soundings — Practical results and some new ideas. 1-11, 53. EAEG conference, Florence, 26-30 May 1991 Ext. abs. *in*: EAEG Technical Programme 482-483

BODROGI M., CSATHÓ B., GULYÁS Á., KISS J., SZILÁGYI I. 1991: New results of airborne measurements for bauxite prospecting in Hungary. Third Mining Symposium, Iran, Isfahan, 20-25 May 1991
CSATHÓ B., SZILÁGYI I., CSILLAG G., KOLOSZÁR L. 1991: Geoelectric methods in geological mapping. (Case histories from the Balaton Highland, Hungary). EAEG 53 Annual Meeting, Italy, Florence, 26-30 May 1991
BODROGI M., CSATHÓ B., GULYÁS Á., KISS J., SZILÁGYI I. 1991:Airborne geophysics and bauxite prospecting in Hungary. 25 years SGA Anniversary Meeting. Nancy, 30 Aug.- 3 Sept. 1991
DRASKOVITS P., AIGNER H. 1991: IP method as a means of improving the siting of water wells. Geophysical Transactions **36**, 1-2, 93-102

SZEMELVÉNYEK
a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke kutatóinak geoelektromos témájú cikkeiből

KÁNTÁS K. 1952: Hazai geoelektromos kutatások, MTA Műszaki Tud. Osztályának Közleménye **I**, 1-2
KÁNTÁS K. 1954: A hazai tellurikus kutatások eredményei és kilátásai. Bányászati Lapok **87**, 12
EGERSZEGI P., TAKÁCS E. 1954: A tellurikus kutatások gyakorlati kivitele. Bányászati Lapok **87**, 11
TAKÁCS E. 1960: Eljárás tellurikus mérések adatainak gyors feldolgozására (kínai nyelven). Diginuruli Kantan, 5
CSÓKÁS J. 1963: A focused-field geoelectrical method. Acta Techn. Acad. Sci. Hung. **43**, 3-4
TAKÁCS E. 1965: Registrirujushchij magnitometr dlja magnitotellurichеskih izmerenij. Acta Technica Acad. Sci. Hung. **47**, 1-2
CSÓKÁS J., TAKÁCS E. 1965: Magnetotellurische Messungen auf der Grossen Ungarischen Tiefebene. Freiberger Forschungshefte, C 174
STEINER F., TAKÁCS E. 1966: Die Bestimmung der Neigungsverhältnisse des Grundgebirges auf Grund der vertikalen Komponente des tellurisch-elektrischen Feldes. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **1**, 1-2, 49-60
EGERSZEGI P. 1967: A note on the method of the intersection point as a modified form of the tri-potential method. Geoexploration **5**
TAKÁCS E. 1969: The orientation of the magnetotelluric impedance ellipses. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **4**, 3-4, 415-423
TAKÁCS E. 1970: Frekvenciaszondázás periodikus áramimpulzusok spektrumának felhasználásával. Magyar Geofizika **XI**, 4-5
TAKÁCS E. 1971: The role of the vertical pulsations of the magnetic field in magnetotelluric measurements. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **6**, 1-2, 99-110
TAKÁCS E. 1971: Nagy fajlagos ellenállású vezérszint mélységének meghatározása frekvenciaszondázással. Magyar Geofizika **XII**, 6
TAKÁCS E., TEVAN GY. 1973: Numerical method for the computation of magnetotelluric fields in inhomogeneous media. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **8**, 1-2
CSÓKÁS J. 1974: Detection of tectonic disturbances associated with a coal bed by geoelectrical measurements in mine drifts. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **9**, 1-2, 111-119
TAKÁCS E. 1979: Váltóáramú mágneses dipólforrás terének meghatározása kétdimenziós inhomogén modellre a véges különbségek módszerével. Kutatási jelentés az ELGI részére, 1979
TAKÁCS E., EGERSZEGI P. 1982: Einige Experimente mit elektromagnetischen Verfahren bei der Klärung tektonischer Probleme von Braunkohlenlagerstätten. Freiberger Forschungshefte, C 378
TURAI E. 1985: TAV-Transformation of time-domain IP curves. Annales Univ. Scient. Budapestiensis de Rolando Eötvös Nom., Sectio Geophys. et Mat., **I–II**
TAKÁCS E., TURAI E. 1986: Approximative solution of the direct problem of magnetotellurics for two-layered, three-dimensional structures. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **21**, 1-2, 167-176
CSÓKÁS J., DOBRÓKA M., GYULAI Á. 1986: Geoelectric determination of quality changes and tectonic disturbances in coal deposits. Geophysical Prospecting **34**, 7, 1067-1081
PETHŐ G. 1987: Aspects of finite difference modelling of the electromagnetic field of an oscillating electric dipole. Geophysical Transactions **33**, 2, 113-122
TAKÁCS E. 1989: Exploration of coal seams by the measurement of the electric field of a buried vertical a.c. electric dipole. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **24**, 3-4, 453-469
TAKÁCS E. 1991: Széles sávú, rádiófrekvenciás mélyszondázó és térképező módszer kifejlesztése. Kutatási jelentés a KFH részére
DOBRÓKA M., GYULAI Á., ORMOS T., CSÓKÁS J., DRESEN L. 1991: Joint inversion of seismic and geoelectric data recorded in an underground coal mine. Geophysical Prospecting **39**, 5, 643-665

SZEMELVÉNYEK
az MTA GGKI kutatóinak geoelektromos, valamint obszervatóriumi, ionoszféra, magnetoszféra-fizikai témájú cikkeiből

ÁDÁM A. 1956: Ein neues tellurisches Messinstrument. Bányamérnöki és Földmérőmérnöki Karok Közl. **19**, 1-7
ÁDÁM A., VERŐ J. 1958: Das Erdstromobservatorium bei Nagycenk (Ungarn). Geofisica pura e applicata **39**, (I) 126-151
ÁDÁM A., ERKEL A., SZABADVÁRY L. 1962: Neue ungarische geoelektrische Instrumente. Geofisica pura e applicata **52**, (II) 127-138
ÁDÁM A. 1964: Über die Berechnung der magnetotellurischen (MT) Anisotropie. Freiberger Forschungshefte C **168**, 1-48
ÁDÁM A., BENCZE P. 1964: Ein Gerät zur Summierung des absoluten Wertes der Feldänderungen (Totalvariationen) bei tellurischen und magneto-

tellurischen Messungen. Bergakademie **16**, 1, 22-25

ÁDÁM A., VERŐ J. 1964: Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. Acta Technica **47**, 63-77

ÁDÁM A. 1965: Einige Hypothesen über den Aufbau des oberen Erdmantels in Ungarn. Gerlands Beiträge zur Geophysik **74**, 20-40

BENCZE P. 1965: Zur Frage der Entstehung der luftelektrischen Unruhe. Pure and Applied Geophysics **61**, 173-182

ÁDÁM A., MAJOR L. 1967: Stabilized high-sensitivity immersion magnetic variometer for magnetotelluric investigations (Type MTV-2). Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **2**, 1-2, 211-215

ÁDÁM A. 1969: Appearance of the electrical inhomogeneity and anisotropy in the results of the complex electrical exploration of the Carpathian Basin. Acta Geod. Geophys. Mont. Acad. Sci. Hung. **4**, 1-2, 187-197

STEGENA L., HORVÁTH F., ÁDÁM A. 1971: Spreading tectonics investigated by magnetotelluric anisotropy. Nature **231**, 442-443

ÁDÁM A., VERŐ J., VARGA GY. 1972: Computation of anisotropic models for the magnetotelluric sounding curves of the Carpathian Basin. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **7**, 1-2, 125-136

ÁDÁM A., VERŐ J., WALLNER Á. 1972: Regional properties of geomagnetic induction arrows in Europe. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **7**, 3-4, 251-287

HOLLÓ L., TÁTRALLYAY M., VERŐ J. 1972: Experimental results with the characterization of geomagnetic micropulsations. I. The methods of characterization used in investigations. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **7**, 1-2, 155-166

VERŐ J. 1972: On the determination of the magnetotelluric impedance tensor. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **7**, 3-4, 333-351

BENCZE P., SZEMERÉDY P. 1973: Variation of the level of atmospheric radio noise after geomagnetic disturbances. (I.) Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **8**, 1-2, 251-257

BENCZE P., SÁTORI G., SZEMERÉDY P. 1973: Variation of the level of atmospheric radio noise after geomagnetic disturbances. (II.) Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **8**, 3-4, 427-435

TÁTRALLYAY M., JONES F. W. 1974: The Perturbation of Geomagnetic Fields by Cylindrical Structures. I. Numerical methods and symmetrical models. Geophys. Journal of the Royal Astronomical Society **38**, 449-462

TÁTRALLYAY M., JONES F.W. 1974: The Perturbation of Geomagnetic Fields by Cylindrical Sructures. II. Problems of Asymmetry and Sloping Contact Models. Geophys. Journal of the Royal Astronomical Society **38**, 463-477

ÁDÁM A. 1976: Results of deep electromagnetic investigations (in Pannonian Basin). *In:* Geoelectric and Geothermal Studies (East-Central Europe, Soviet Asia). KAPG Geophysical Monograph (A. ÁDÁM). Budapest, Akadémiai Kiadó 547-561

ÁDÁM A., VERŐ J. 1976: Magnetotelluric data processing methods. *In*: Geoelectric and Geothermal Studies (East-Central Europe, Soviet Asia). KAPG Geophysical Monograph (A. ÁDÁM). Budapest, Akadémiai Kiadó, 256-264

MÄRCZ F., VERŐ J. 1977: Ionospheric absorption and Pc1-type micropulsations following enhanced geomagnetic activity. Journal of Atmospheric Terrestrial Physics **39**, 3, 295-302

ÁDÁM A. 1978: Geothermal effects in the formation of electrically conducting zones and temperature distribution in the Earth. Physics of the Earth and Planetary Interiors **17**, 2, P21-P28

ÁDÁM A. 1980: Relation of mantle conductivity to physical conditions in the asthenosphere. Geophys. Survey **4**, 43-55

ÁDÁM A. 1980: The Change of Electrical Structure between an Orogenic and an Ancient Tectonic Area (Carpathians and Russian Platform). Journal of Geomagnetism and Geoelectricity **32**, 1, 1-46

ÁDÁM A. 1981: Statistische Zusammenhänge zwischen elektrischer Leitfähigkeitsverteilung und Bruchtektonik in Transdanubien (Westungarn). Acta Geod. Geophys et Mont. Acad. Sci. Hung. **16**, 1, 97-113

BENCZE P., MÄRCZ F. 1981: The geophysical observatory near Nagycenk. II. Atmospheric electric and ionospheric measurements. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **16**, 2-4, 353-357

ÁDÁM A., KAIKKONEN P., HJELT S. E., PAJUNPÄÄ K., SZARKA L., VERŐ J., WALLNER Á. 1982: Magnetotelluric and audiomagnetotelluric measurements in Finland. Tectonophysics **90**, 77-90

ÁDÁM A., SZARKA L., VARGA M. 1983: Physical and mathematical modeling of crustal conductivity anomalies in the Pannonian Basin. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **18**, 4, 467-488

SZARKA L. 1983: Exploration of high resistivity basement using electrical and magnetic fields of quasi-static point sources. Geophysical Prospecting **31**, 829-839

ÁDÁM A. 1984: Fractures as conducting dykes and corresponding 2D models. Geophysical Prospecting **32**, 543-554

HOLLÓ L. 1985: Connection between the interplanetary medium and pulsation of the geomagnetic field with periods 1-600 s. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **20**, 1, 127-134

ÁDÁM A., DUMA G., GUTDEUTSCH R., VERŐ J., WALLNER Á. 1986: Periadriatic lineament in the Alps studied by magnetotellurics. Journal of Geophysics **59**, 2, 103-111

ÁDÁM A., SZARKA L., VERŐ J., WALLNER Á., GUTDEUTSCH R. 1986: Magnetotellurics (MT) in mountains-noise, topographic and crustal inhomogeneity effects. Physics of the Earth and Planetary Interiors **42**, 3, 165-177

MÄRCZ GY., PONGRÁCZ J., SZARKA L. 1986: Electromagnetic scale modelling instrument for geophysical prospecting. Scientific Instrumentation **1**, 119-133

VERŐ J. 1986: Experimental aspects of low-latitude pulsations — A review. Journal of Geophysics **60**, 2, 106-119

ÁDÁM A. 1987: Are there two types of conductivity anomaly (CA) caused by fluid in the crust? Physics of the Earth and Planetary Interiors **45**, 2, 209-215

ÁDÁM A., NAGY Z., VARGA G. 1989: Magnetotelluric (MT) research and exploration in Hungary. Geophysics **54**, 795-797

ÁDÁM A., PANZA G. F. 1989: A critical review of the magnetotelluric information on the upper mantle. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **24**, 3-4, 395-415

SZARKA L., FISCHER G. 1989: Electromagnetic parameters at the surface of a conductive halfspace in terms of the subsurface current distribution. Geophysical Transactions **35**, 157-172

ÁDÁM A., DUMA G., HORVÁTH J. 1990: A new approach to the electrical conductivity anomalies in the Drauzug-Bakony geological unit. Physics of the Earth and Planetary Interiors **60**, 1-3, 155-162

ÁDÁM A.,VARGA G. 1990: Distortions of electromagnetic field in shallow basins and by resistive outcrops. Physics of the Earth and Planetary Interiors **60**, 1-3, 80-88

ÁDÁM A., VERŐ J. 1990: Application of the telluric and magnetotelluric methods in selection of sites for nuclear plants. Proceedings of the Indian Academy of Sciences. Earth and planetary sciences. Bangalore, Indian Academy of Sciences **99**, 4, 567-667

MÄRCZ F. 1990: Atmospheric electricity and the 11-year solar cycle associated with QBO. Annales Geophysicae **8**, 7-8, 525-529

SÁTORI G. 1991: Combined ionospheric effect due to Forbush decreases and magnetospheric high energy particles at midlatitudes. Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics **53**, 325-332

ZIEGER B. 1991: Long-term variation in pulsation activity and their relationship to solar wind velocity, geomagnetic activity and F2 region electron density. Journal of Geophysical Research **96**, A12 21115-21123

ÁDÁM A. 1992: A dunántúli elektromos vezetőképesség-anomália földtani és módszertani jelentősége. Akadémiai székfoglaló. *In*: TOLNAI M. (ed.) értekezések, emlékezések. Akadémiai Kiadó, 1-40

FISCHER G., SZARKA L., ÁDÁM A., WEAVER J. T. 1992: The magnetotelluric phase over 2D structures. Geophysical Journal International 108, 778-786

SZARKA L., NAGY Z. 1992: A possibility of an electromagnetic technique to locate oil reservoir boundaries on basis of analogue modeling experiments. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. **27**, 1, 131-138