

MGE

Inverziós anket 2002 — A Szeniorok Bizottságának hírei — MFT–MGE túra 101

SZAKCIKKEK

Segíthetnek-e szeizmikus amplitúdóanomáliák a dunántúli elektromos vezetőképesség-anómália értelmezésében?

Ádám Antal, R. Tátrai Marianna 103

Az anomális elektromágneses térösszetevők inverziós szempontú elemzése

Takács Ernő 112

Egyenáramú null-elrendezések

Szalai Sándor 119

CIKKEK

Geofizikai kutatások Mongóliában V. Nemzetközi Földtani Expedíció 1976–1990. B) A komplex geofizikai csoport 1981–82. évi tevékenysége a déli kutatási területen — Fejes Imre 133

HÍREK, BESZÁMOLÓK

A polgármester kiesett ágyából... — Könyvismertető (Tóth Á.: Földtani ódonságok, Vadász Elemér Emlékkonferencia) — Ifjú Szakemberek Ankétja (felhívás) 142, BIII

IN MEMORIAM

Dr. Jermendy Zoltán 144

43. évfolyam 3. szám



2002

CONTENTS

MGE (Association of Hungarian Geophysicists)

News 101

Geophysical PapersCan help the "bright spot" in the interpretation of a shallow conductivity anomaly?
A. Ádám, M. R. Tátrai 103Analysis of the anomalous electromagnetic field components in view of their inversion
E. Takács 112Direct current null-arrays
S. Szalai 119**Papers**Geophysical investigations in Mongolia V. B) — *I. Fejes* 133**News and Reports** 142, BIII**In Memoriam**

Dr. Zoltán Jermendy 144

A szerkesztőség a szakcikketeket szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsora az évfáradó kötetben jelenik meg.
A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, ill. közölhetőségéért a felelősséget kizárólag a szerzők viselik.

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

Telefon: (1)252-4999

Felelős kiadó: dr. Bodoky Tamás igazgató
Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász PéterElőfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél: 1371 Budapest, Pf. 433, tel.: (1)201-9815,
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer

Index: 26 507

INVERZIÓS ANKÉT 2002

Az ez évi az inverziós ankétot június 3-án rendeztük meg a Miskolci Akadémiai Bizottság székházában (Miskolc, Erzsébet tér 3.).

Az ankétot

*a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke,
az MGE Észak-magyarországi Csoportja,
az MGE Általános Geofizikai Szakosztálya és
az MTA Miskolci Akadémiai Bizottság Geoinformatikai
Munkabizottsága*

szervezte, ahol az alábbi előadások hangzottak el:

SZABÓ Norbert Péter: *Mélyfúrási geofizikai adatok globális inverziója;*

WÉBER Zoltán: *Lokális földrengések hullámformáinak bootstrap inverziója;*

FANCSIK Tamás, KOVÁCS Attila Csaba, HEGEDŰS Endre, SINKA Marianna: *Kéregkutató tomográfiás feldolgozások megbízhatóságának növelése;*

KIS Károly: *A gravitációs és földmágneses anomáliák együttes értelmezhetősége;*

SALÁT Péter: *ISO kompatibilis minőségbiztosított mérési-kiértékelési eljárások a VESZ és MGSZ akkreditálásának megalapozására;*

DRAHOS Dezső: *Mérnökgeofizikai mérések kiértékelése;*

PRÁCSEK Ernő: *Magnetotellurikus mérések inverziója a réteghatárok függvényrel való közelítésével;*

TURAI Endre, DOBRÓKA Mihály: *Az IP adatok TAU-transzformációs feldolgozásának eredményei;*

SZARKA László: *A gravitáció, a mágnesség és az elektromosság közötti geofizikai kapcsolatokról;*

TAKÁCS Ernő: *Elektromágneses térösszetevők információinak inverziós szempontú elemzése;*

STEINER Ferenc: *Homeopátiás módszer az inverzió eredményeinek a pontosítására.*

Az ankétot MÁRTON Péter akadémikus, MÁRTONNÉ SZALAY Emőke, a földtudomány doktora és KIS Károly, a műszaki tudomány kandidátusa, az MGE Általános Geofizikai Szakosztály titkára elnökölt.

Az ankét résztvevői az előadások után baráti fogadás és beszélgetés keretében köszöntötték az ankét záró előadását tartó, a 70. születésnapját ünneplő STEINER Ferenc professzor urat.

A fogadáson BÖHM József, a műszaki tudomány kandidátusa, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának dékánja a kar és az egyetem ajándékát, míg





DOBRÓKA Mihály, a műszaki tudomány doktora, a Geofizikai Tanszék vezetője a tanszék ajándékát méltó szavak kíséretében nyújtotta át STEINER professzor úrnak. A résztvevők közül többen rövid köszöntővel csatlakoztak a pezsgős koccintás keretében kinyilvánított

jókívánásokhoz, további alkotóerőben, egészségben eltöltendő éveket kívánva az ünnepeltnek.

*Turai Endre,
az MGE Észak-magyarországi Csoport
titkára*

A SZENIOROK BIZOTTSÁGÁNAK HÍREI

A Magyar Geofizikusok Egyesületének keretében működő Szeniorok Bizottsága 2002. május 23-án baráti találkozót rendezett, amelyen 40 tagtársunk vett részt. Az eddigi évektől eltérően az összejövetelnek a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) adott otthont. Dr. BODOKY Tamás, az ELGI igazgatója és egyben a Magyar Geofizikusok Egyesületének elnöke szívélyes szavakkal üdvözölte a megjelenteket, és rendkívül érdekes, vetített képes előadást tartott az Intézet munkájáról, életéről és terveiről. PÁLYI András, a Magyar Geofizikusok Egyesületének titkára is megtisztelte jelenlétével a baráti találkozót. Dr. SZABADVÁRY László és dr. SÍPOS Zoltán tagtársunk levélben üdvözölte a résztvevőket.

Dr. BARÁTH István igazgatóhelyettes vezetésével meg-

tekinttük az ELGI geofizikai műszergyűjteményét, amely néhány napja nyílt meg az ELGI székházában, és amely bemutatja a magyar geofizikai kutatás eszközeit a kezdektől fogva.

A baráti találkozó sikeréért az említettekén kívül köszönet illeti HEGYBÍRÓ Zsuzsannát, aki volt szíves megjelenni az összejövetelen a Magyar Geofizikusok Egyesülete ügyvezető titkárának, BELLÉR Évának képviselőtében. Köszönjük továbbá a Magyar Geofizikusokért Alapítvány anyagi támogatását, amelynek segítségével a találkozó résztvevőit szerény vendéglátásban részesíthettük.

*Aczél Etelka,
a Szeniorok Bizottságának elnöke*

MFT-MGE TÚRA

A Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Geofizikusok Egyesülete
földtani és kultúrtörténeti túrát szervez a *Felvidékre*
2003. augusztus 22–29. között.

A részleteket a *Magyar Geofizika* következő számában ismertetjük. Mivel a költségek a létszámtól is függenek, kérjük az érdeklődők jelentkezését a Magyarhoni Földtani Társulat titkárságán:

tel.: (1)201-9129, e-mail: mail.mft@mtesz.hu

Földtani túravezető: dr. VITÁLIS György, túraszervező: Sz. dr. KILÉNYI Éva

Segíthetnek-e a szeizmikus amplitúdóanomáliák a dunántúli elektromos vezetőképesség-anomália értelmezésében?¹

ÁDÁM ANTAL², R. TÁTRAI MARIANNA³

A Dunántúli Vezetőképesség-anomália (DVA) tengelyében egy 15–20 km széles jólvezető test emelkedik ki ÉK–DNY irányban. Ezt jelzik a magnetotellurikus (MT) szondázások, és az indukciós vektorok sajátos viselkedése is. Jó közelítéssel ebben a sávban nagy amplitúdójú szeizmikus reflexiókat, angolul „bright spot”-okat is kaptak a vezetőképesség-anomáliával megegyező mélységtartományban (kb. 4 km). Mivel a DVA területén ilyen mélységű fúróluk nincs, a DVA anyaga vita tárgya: grafit vagy/és folyadék, ahogy arra a Gail-völgyben (a Periadriai vonal mentén), vagy a német nagymélységű fúrásban, a KTB-ben és a körülötte mért vezetőképesség-anomáliából következtettünk. Feltételezhetjük, hogy a DVA anomáliát is „remobilizált hidrotermális” grafit okozza összefüggő jólvezető fázist létrehozva, amint arról WANNAMAKER [2000] vélekedett az új-zélandi Déli-Alpokban észlelt anomáliával kapcsolatban. További szeizmikus paraméterek — pl. Poisson-tényező, sebességeloszlás stb. — szükségesek ahhoz, hogy jobban megközelíthessük a vezetőképesség-növekedés valódi okát. Figyelemre méltó analógiákat írtak le az alsó kéregből is.

A jelenséget az ELGI MK3 alapszelvénye mentén mért MT és szeizmikus adatokkal szemléltetjük részletesebben.

A. ÁDÁM, M. R. TÁTRAI: Can help the “bright spot” in the interpretation of a shallow conductivity anomaly?

In the axis of the Transdanubian crustal conductivity anomaly (TCA) a 15–20 km wide part of the conductor is elevated in NE–SW direction. It is indicated by both magnetotelluric soundings and by the special behaviour of the induction arrows. In about the same stripe bright spots i.e. amplitude increase of the seismic reflexions are observed at the same depth range (at about 4 km). As in the area of the TCA no borehole has been deepened, the material of the TCA is a topic of discussion: graphite or/and fluid as concluded from the similar Palaeozoic CA found in the Gail valley (Periadriatic line) or around the German KTB. It is supposed that in the formation of this anomaly the “remobilised” hydrothermal graphite played a role establishing the interconnected phase [WANNAMAKER 2000] as it is suspected e.g. in the case of the Southern Alps in New Zealand. Further seismic parameters are needed, e.g. Poisson ratio, velocity distributions, etc. to better approximate the real cause of the conductivity increase. An analogy is found in the lower crustal conductor and the connected high energy reflexion.

The best example for the conductivity anomaly and the bright spot is illustrated by a NW profile in the eastern side of the anomaly (MK3 profile).

Bevezetés

Néhány évtized óta ismert már a Dunántúli Vezetőképesség-anomália (DVA) [ÁDÁM, VERŐ 1964, TAKÁCS 1968]. Részletes tanulmányozását az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetnek (ELGI) a „Földtani alapszelvények” [RÁNER et al. 1972], illetve a „Kisalföld kutatása” [PÁPA et al. 1990] keretében végzett mérései döntően elősegítették. Különböző direkt modellezésekkel és 1-D, 2-D inverziókkal megismertük az anomália átlagos mélységét (~4–5 km) és horizontális vezetőképességét (conductance), amely több ezer Siemens is lehet [ÁDÁM, VARGA 1990]. Tanulmányoztuk az általa okozott különböző EM tértorzulásokat és kerestük az anomália analógiáját részben saját, más területen végzett méréseinkben (Gail-völgy, Keleti-Alpok), részben a nemzetközi irodalomban (KTB). Bár vannak az anomáliának jól meghatározott, viszonylag homogénnek tekinthető részei, a mai fúrástechnikával könnyen elérhető mélységben (~3–4 km) fúrás a mai napig nem mélyült és így a jólvezető anyagának mibenlétére vonatkozóan csak

elképzeléseink vannak. Ezek más módszerek eredményeivel történő egybevetését célozza a szerzők jelent tanulmánya is.

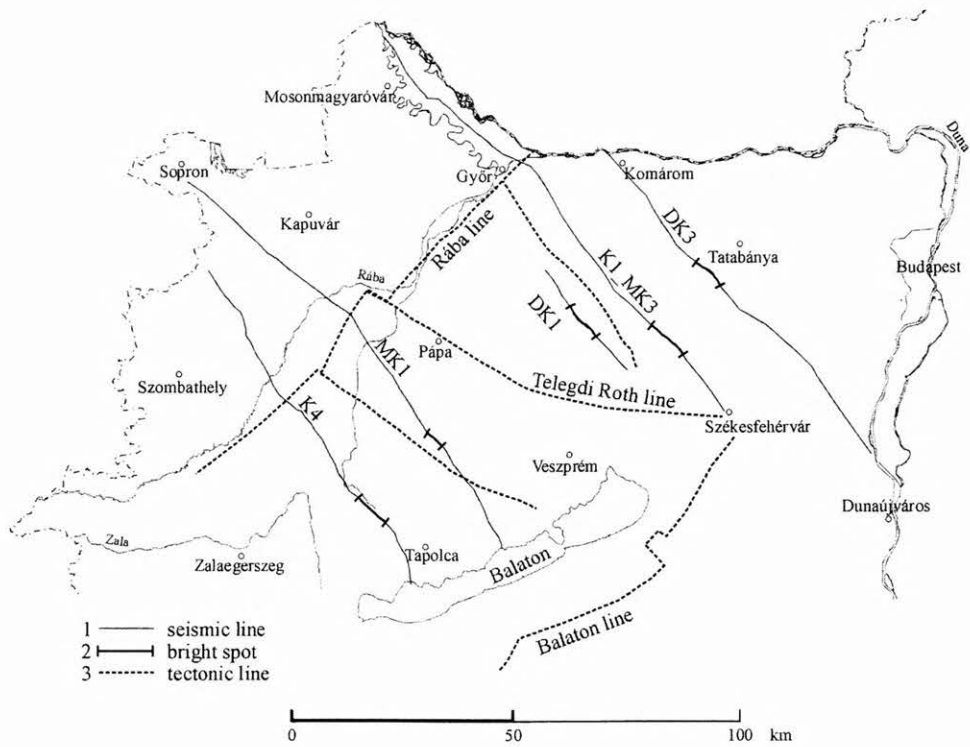
1. Szeizmikus amplitúdóanomáliák és jólvezető testek (dike-ok) a DVA tengelyében

A Dunántúli-középhegységben a mezozoós-paleozoós korú összletből az első nagyenergiájú reflexiókat a „Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli-középhegységben” téma keretében Kisbér–Mór térségében a Súr szelvényeken észlelték [RÁNER et al. 1977]. Az amplitúdó- és a vezetőképesség-anomália együttes előfordulását először ismertető jelentés [RÁNER et al. 1983], korábbi vizsgálatokra hivatkozva [ÁDÁM 1971, VARGA 1975] grafitos, antracitos paleozoós üledékkel azonosítja a jelenséget. A későbbiekben a közös anomáliát az ópaleozoós képződmények felszínközeli hatásával értelmezik [R. TÁTRAI et al. 1993]. Tekintettel arra, hogy a reflexióerősség- és a vezetőképesség-anomáliák egy olyan sávba esnek (1. és 2. ábra), amelyeknek térbeli elhelyezkedése követi a terület felépítését meghatározó törések által kialakított szerkezetet, feltételezik, hogy a jelenség felerősödése (vezetőképesség növekedése) a fenti földtani összletet ért tektonikai hatáshoz kapcsolható [R. TÁTRAI, VARGA 2001].

¹ Beérkezett: 2002. augusztus 26-án

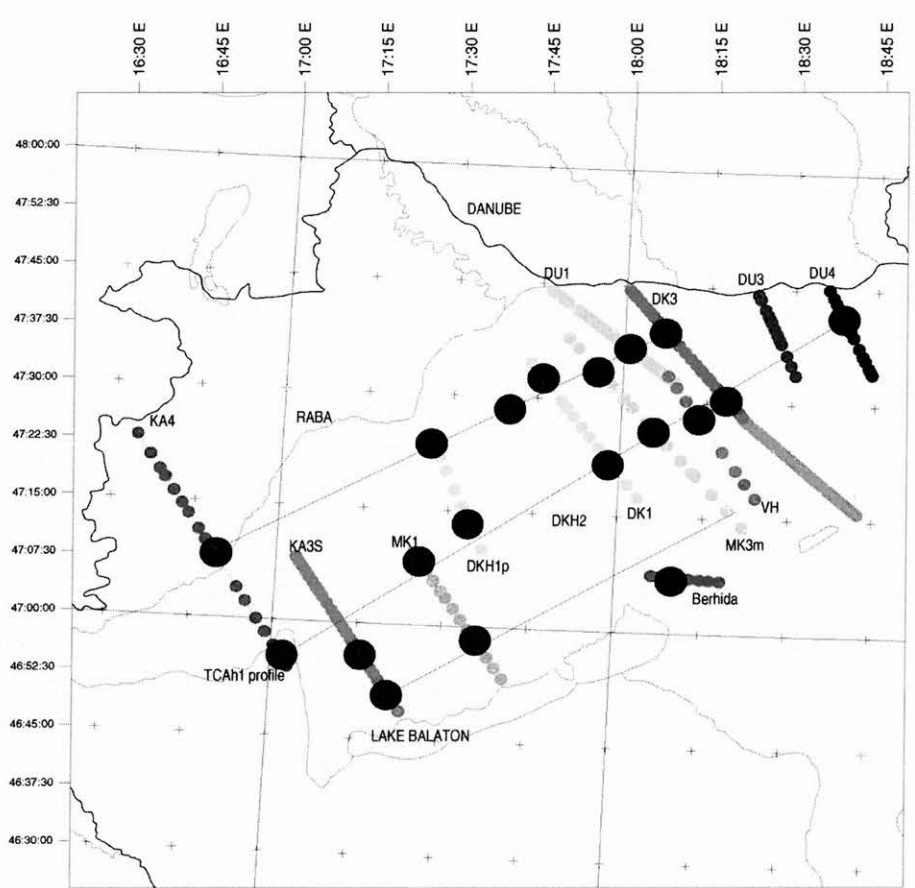
² MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet,
H-9400 Sopron, Csatkai E. u. 6-8.

³ Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet,
H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.



1. ábra. Szeizmikus amplitúdóanomáliák a Dunántúli-középhegységben [R. TÁTRAI, VARGA 2001]. 1 — szeizmikus vonal, 2 — szeizmikus amplitúdóanómália, 3 — tektonikai vonal

Fig. 1. Bright spots in the Transdanubian Central Range [R. TÁTRAI, VARGA 2001]. 1 — seismic line, 2 — bright spot, 3 — tectonic line



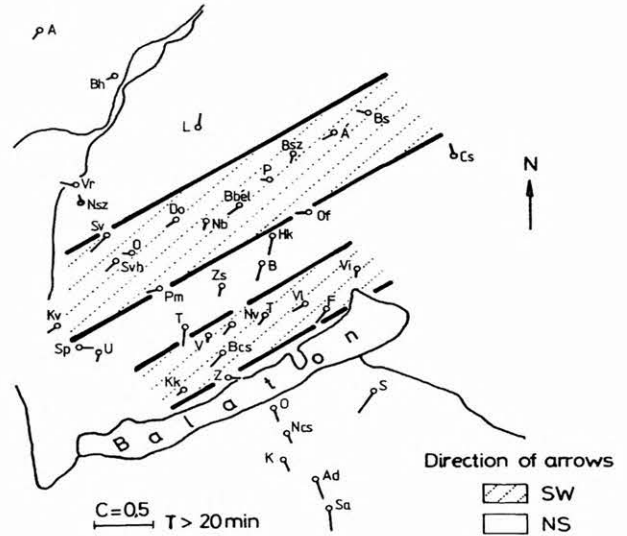
2. ábra. Jólvezető testek az ELGI alapszelvényei mentén nagy pontokkal megjelölve [ÁDÁM 2001]

Fig. 2. A map on the conducting dikes marked by big dots on the ELGI's basic profiles [ÁDÁM 2001]

ÁDÁM [2001] a törésrendszerhez kapcsolódó vezetőképesség-anomáliákat (2. ábra) 2-D inverzióval határozta meg úgy, hogy az ÉNY–DK-i magnetotellurikus szelvények (az ELGI mérései) mentén mért impedanciaértékeknek vette a regionális csapásirányba eső (E polarizáció) és arra merőleges (B polarizáció) értékeit és azokat invertálta. Az ennek eredményeként kapott különböző szélességű jólvezető anomáliák közepét egy ponttal jelölte meg. Felvetődik a kérdés, hogy a 2. ábrán látható másik két anomálishan nagy vezetőképességű törésrendszerrel miért nem észleltek hasonló szeizmikus amplitúdó-növekedést. A válaszhoz támpontot a törések kis szélessége adhat [ÁDÁM 2001].

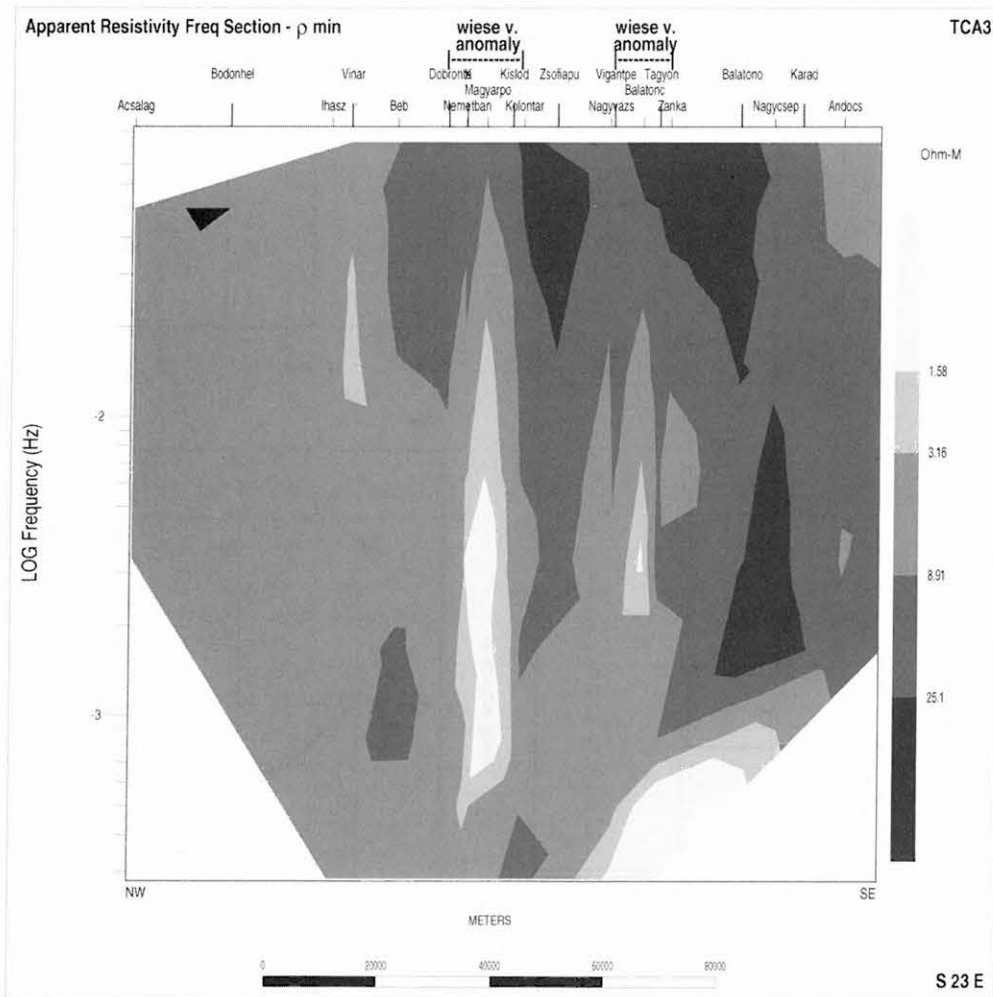
A 3. ábrán az indukciós vektorokat mutatjuk be a DVA területén. A $T > 20$ min-nál meghatározott Wiese-féle indukciós nyilak két jellegzetes sávban általában 0,1 körüli értéket vesznek fel és a Pannon-medencére jellemző É–D-i irányitottságtól eltérően a Dunántúli-középhegység hosszanti töréseinek irányába (ÉK–DNY) állnak be. A két, fentiekben jellemzett sáv között az indukciós vektorok délre fordulnak, mintegy jelezve, hogy a déli sávban a jólvezető képződmény vagy kisebb horizontális vezetőképességű, vagy mélyebben helyezkedik el. A nevezett sávokra merőlegesen felvett szelvényben (illetve annak környezetében) mért magnetotellurikus szondázási görbék pszeudoszelvénye (4. ábra) is jól mutatja a Wiese-féle nyilak által jelzett vezetőképesség-anomáliákat (inhomogenitásokat). Az északi sáv megegyezik a szeizmikus

amplitúdóanomália sávjával, illetve a 2. ábrán jelzett középső vezetőképesség-anomália-rendszerrel.



3. ábra. Hosszú periódusú ($T > 20$ min) Wiese-féle indukciós vektorok a DVA területén [WALLNER 1977]

Fig. 3. Long period ($T > 20$ min) Wiese-induction vectors in the area of the DVA [WALLNER 1977]



4. ábra. Látszólagos fajlagos ellenállás pszeudoszelvény a Wiese-vektorok által jelzett jólvezető zónákra (3. ábra) merőlegesen [ÁDÁM 2001]

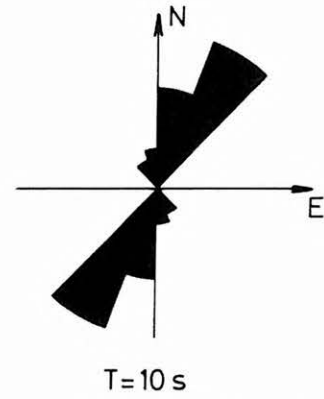
Fig. 4. Apparent resistivity pseudosection perpendicular to the conductive zones indicated by the Wiese vectors (Fig. 3) [ÁDÁM 2001]

2. Szeizmikus amplitúdó- és vezetőképesség-anomáliák az MK3 szelvény mentén

A jelenség bemutatása végett kiválasztottuk az egyik jól meghatározott szeizmikus amplitúdóanomáliát, illetve azzal jól egyeztethető vezetőképesség-anomáliát és azokat az alábbiakban részletesen leírjuk.

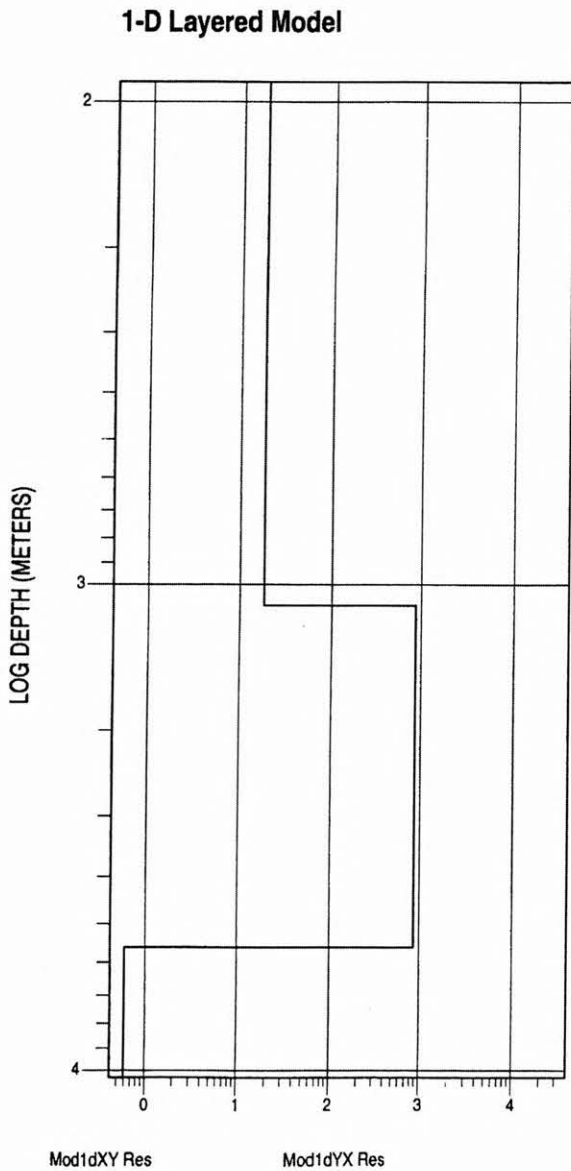
2a. A jólvezető anomália (VA) jellemzése

Az MK3 és a közvetlen mellette lévő VH és a nyugatabbra fekvő MK1 szelvény MT szondázási adataival Groom–Bailey (GB) dekompozíciót végeztünk [GROOM, BAILEY 1989] és ennek eredményeként a GB csapásirányokról rózsadiagramot szerkesztettünk (5. ábra). A dekompozíció megerősítette azt a korábbi megállapításunkat — összhangban a fázistérképekkel [ÁDÁM 2001], hogy a VA regionális csapásiránya jórészt követi a hosszanti törések (ÉK–DNY) irányát és az anomáliák (dike-ok) felett ebben az irányban van a szondázási görbék Rhomin értéke.

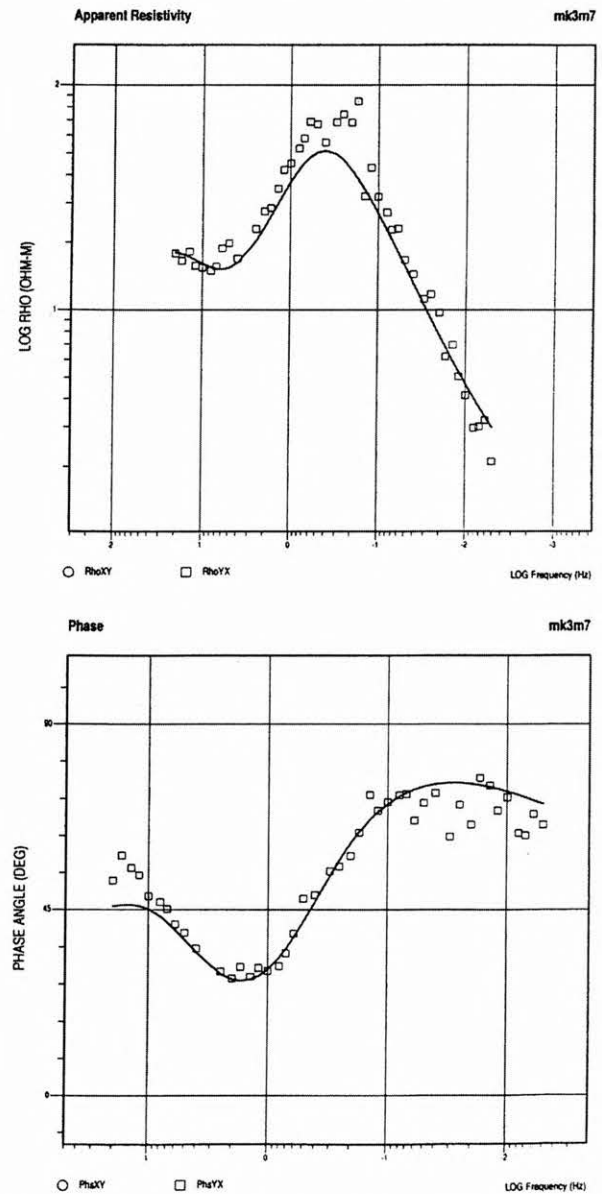


5. ábra. Groom–Bailey dekompozíciós csapásirányok rózsadiagramja $T = 10$ s esetén MK1, MK3 és VH szelvények mentén mért 36 MT pont adataiból számítva

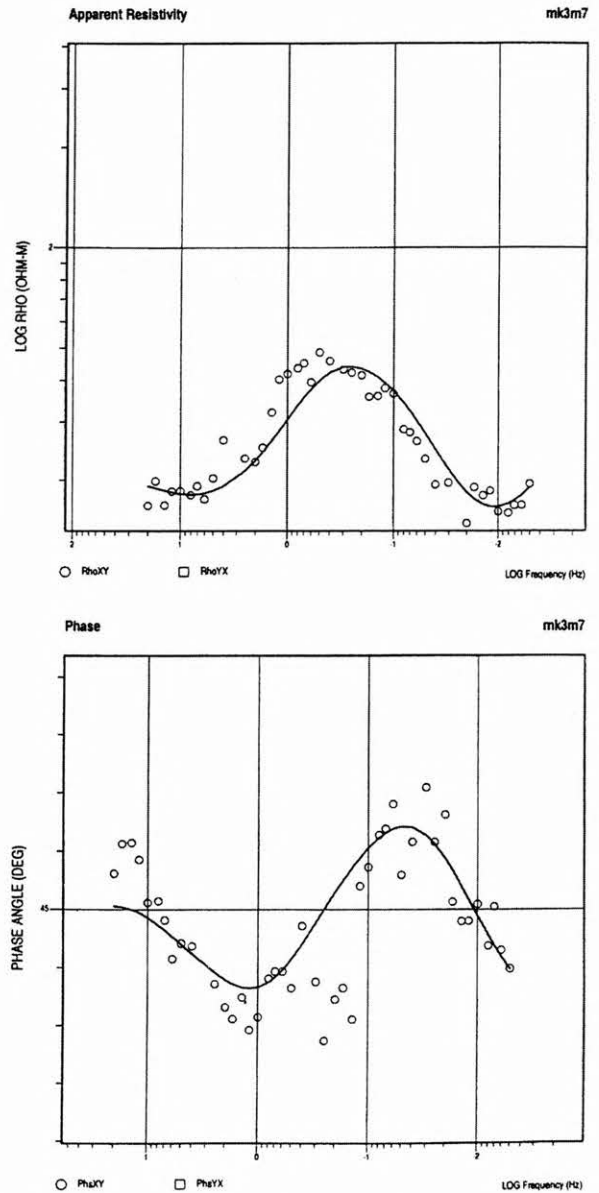
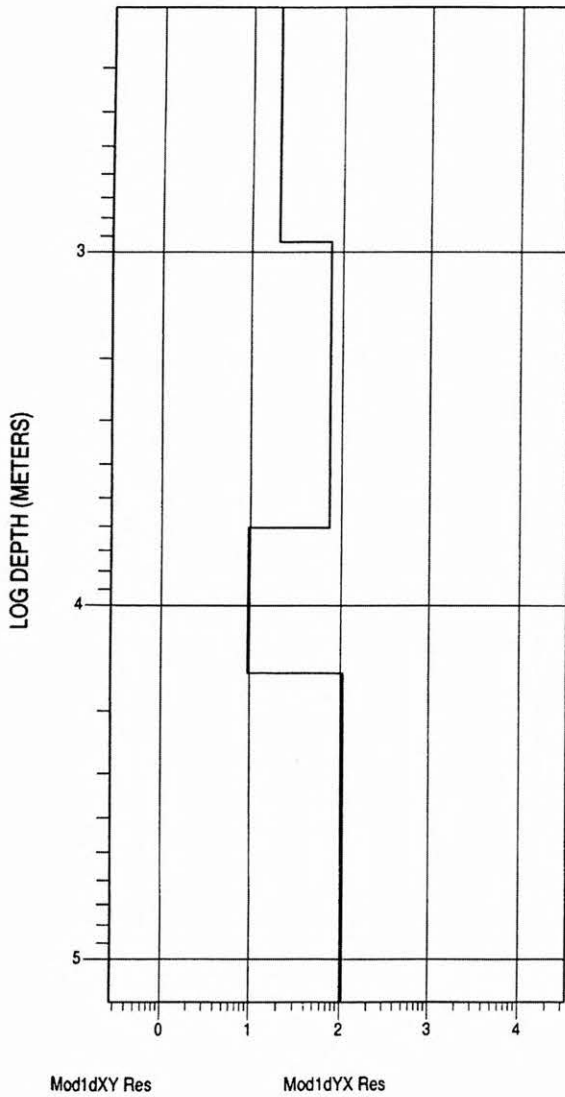
Fig. 5. Rose diagram of the Groom–Bailey strike determined at 10 s from the data of 36 MT sites measured along the profiles MK1, MK3 and VH



6a. ábra. E polarizációs MT szondázási görbe a 7 sz. ponton (MK3 szelvény) a jólvezető dike felett és 1-D rétegszelvények
Fig. 6a. E polarized MT sounding curve measured at MT site No 7 on the MK3 profile above the conductive dike and its 1D geoelectric layer model



1-D Layered Model



6b. ábra. B polarizációs MT szondázási görbe a 7 sz. ponton (MK3 szelvény) a jólvezető dike felett és 1-D rétegszelvények

Fig. 6b. B polarized MT sounding curve measured at MT site No 7 on the MK3 profile above the conductive dike and its 1D geoelectric layer model

Mivel a DVA területén a haránttöréseknek is jelentős szerepük van, a fentiekből természetesen kivételek is vannak. A 6. ábra E és B polarizációs görbéket és 1-D inverziójukat mutatja az anomália feletti 7 számú pont esetében. A B polarizációs görbéből horizontális vezetőképességet is lehetett számítani, amelynek értéke ~1000 Siemens. Ennél az E polarizációs görbéből meghatározott értéke lényegesen nagyobb. Az ÉK–DNY irányú regionális csapás E polarizációs és a rá merőleges B polarizációs görbékkel számított 2-D RRI és Occam inverziók eredményeként (7. és 8. ábra) rajzolódik ki az a vezetőképesség-anomália, amely a szeizmikus képből az amplitúdónövekedést és határozott reflexiós horizontokat eredményezett. A 2-D jólvezető test nem homogén. A vezetőképesség eloszlása arra utal, hogy több, az MT módszerrel az oldalhatások következtében nehezen szétválasztható jólvezető törések kombinációjával áll

össze a kb. 15–20 km széles jólvezető test, tehát egy törésekkel erősen fellazított területről lehet szó. Természetesen a mélységi kiterjedése az S ekvivalencia miatt bizonytalan.

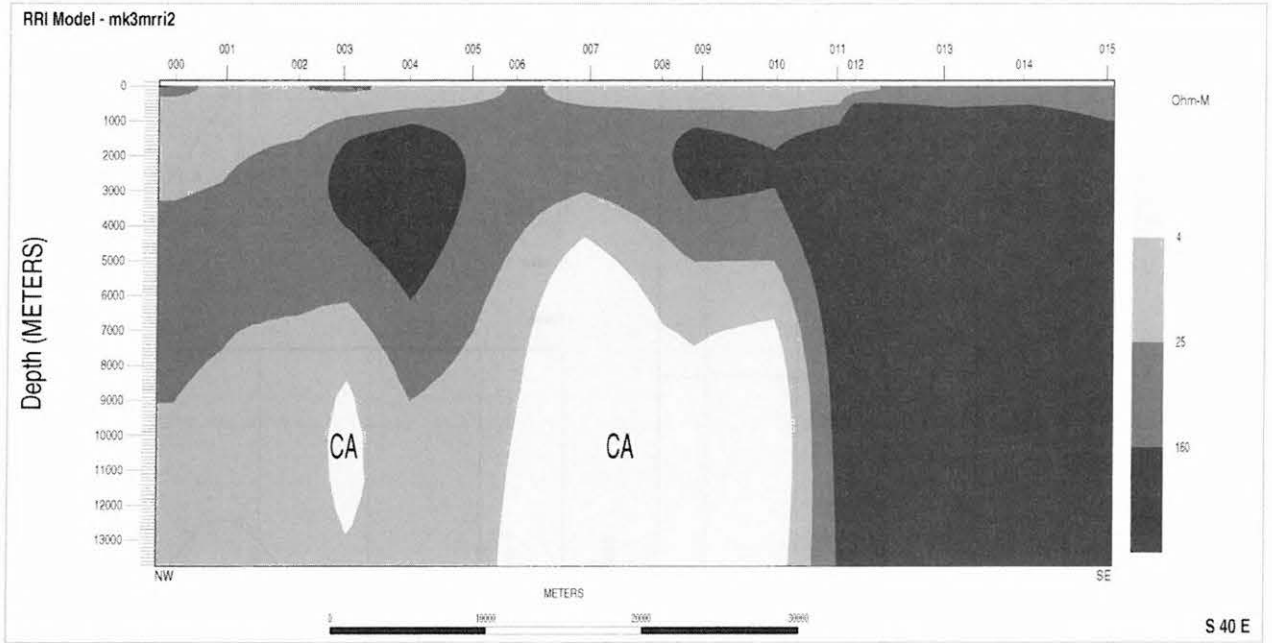
Délről az anomália — a 2-D inverzió szerint — erősen lehatárolódik egy nagyellenállású blokkal. Kétségtelen, hogy a jólvezető testek ilyen sűrű, egy tömbbe beálló halma megszűnik, de a 11 és 12-es pontban közel 90°-os irányváltással és erős csatornázással újabb törésekhez kapcsolódó jólvezető testek jelentkeznek, amelyeket a Rhomin görbékkel szerkesztett 1-D összevont inverziós szelvények (vagy „horribile dictu” ezekkel végzett 2-D inverziók) jól mutatnak.

2b. Szeizmikus amplitúdó anomáliák

Az MK3 tektonikailag értelmezett migrált időszelvényén [R. TÁTRAI, VARGA 2001] BS1 és BS2 jelöli a környezet-

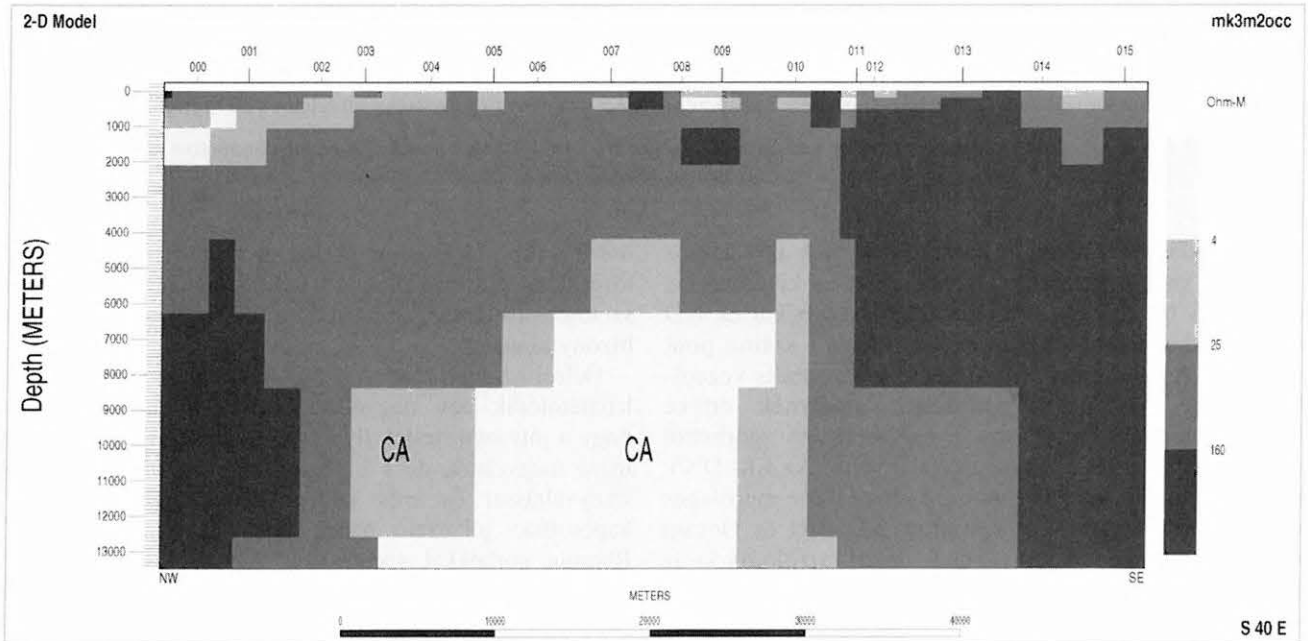
ből kiemelkedő amplitúdójú, közel vízszintes reflexiókötégek felső szintjét (9. ábra). Ezek a felületek a Csatkai és a Móri medence alatt emelt helyzetben vannak. A Dunántúli-középhegység szerkezeti felépítését ábrázoló térképek tanúsága szerint, a mélyszerkezet kialakításában nagy szerepet játszó ÉK–DNY irányú törések szelvénybeli metszete az 1670 és a 0890 mélységpontnál található [R. TÁTRAI, VARGA 2001]. A 10. ábrán látható a kérdéses szakasz ki-

nagyított mélységszelvénye. Ezen a részen a vezetőképesség-anomália 5 és 6 km közötti mélységben jelentkezett. A 11. ábrán az MK-3 szelvény egy nagyobb mélységtartományt átfogó régebbi feldolgozású időszelvénye látszik [PÁPA et al. 1990], amelyen az akkor használt 1-D meghatározás eredményei alapján tüntették fel a vezetőképesség-értékeket is. A nagyobb reflexióerősségű szintek és a jól vezető rétegek egybeesése itt is szembeszökő.



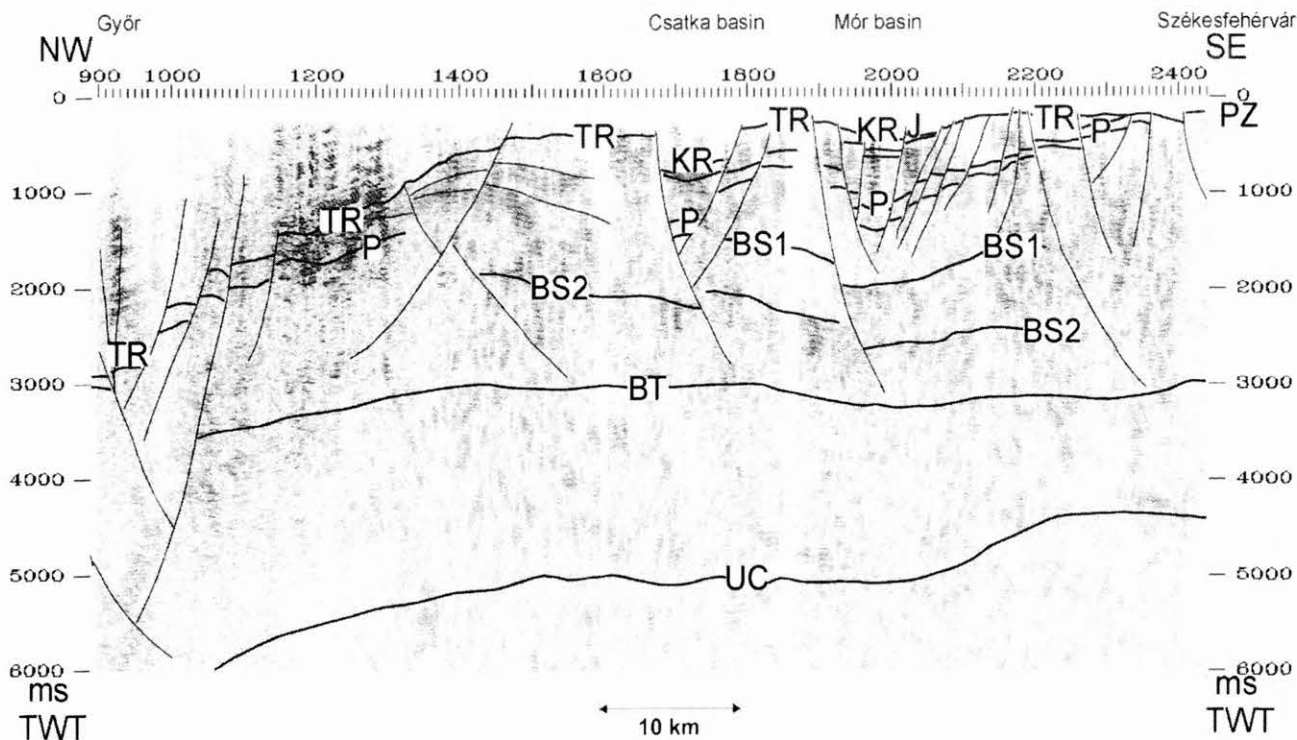
7. ábra. MK3 szelvény 2-D RRI inverziója [ÁDÁM 2001]

Fig. 7. 2D RRI inversion of MK3 profile [ÁDÁM 2001]



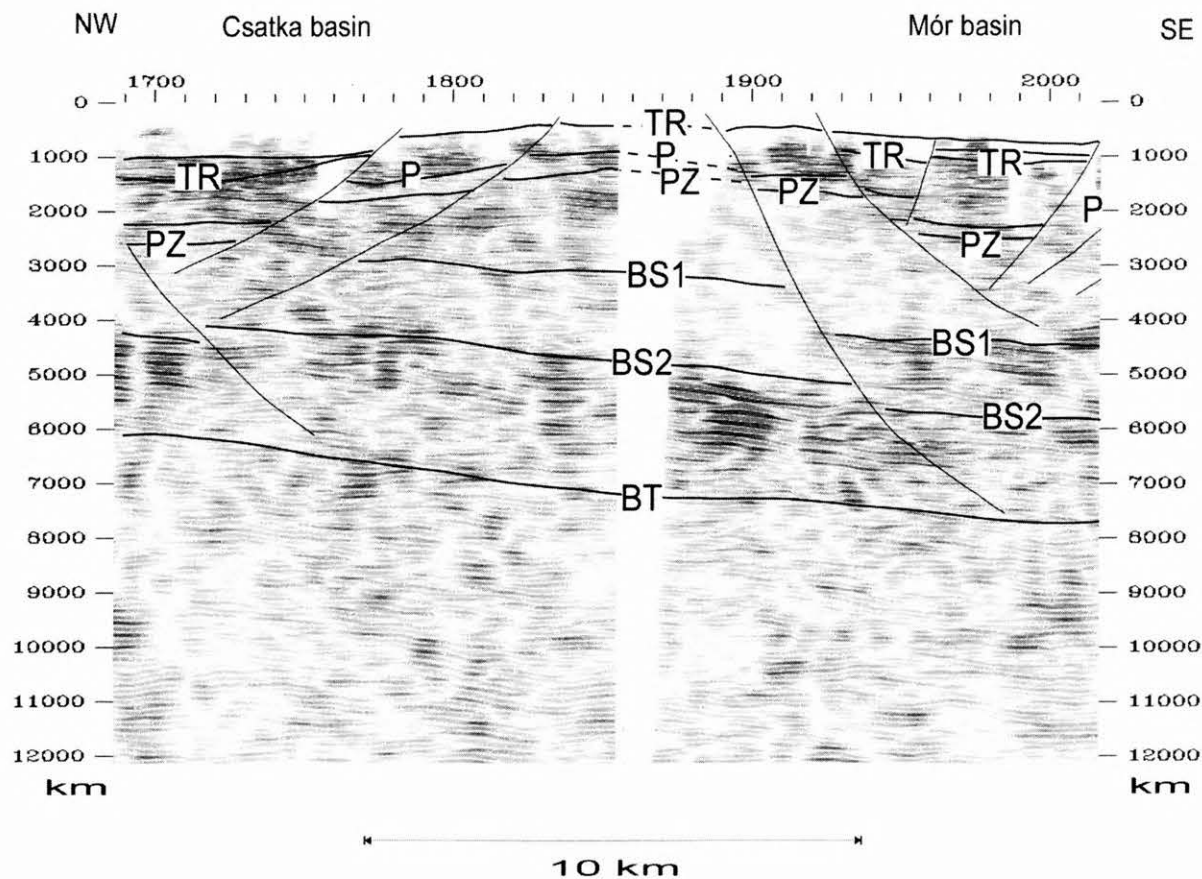
8. ábra. MK3 szelvény 2-D Occam inverziója [ÁDÁM 2001]

Fig. 8. 2D Occam inversion of MK3 profile [ÁDÁM 2001]



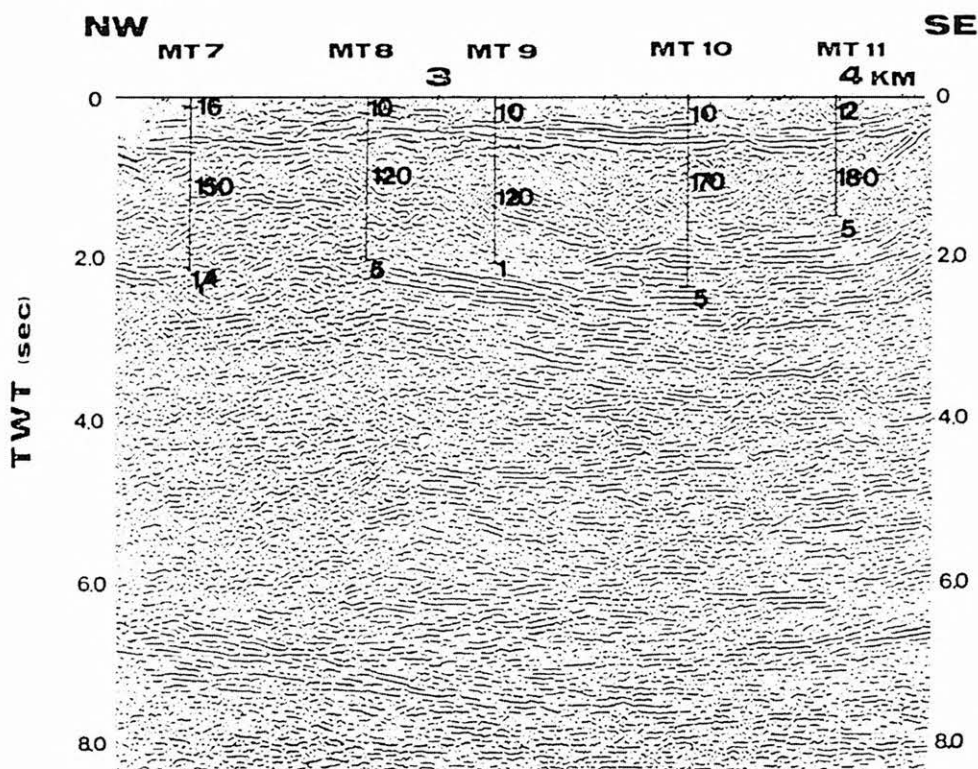
9. ábra. A K1-MK3 migrált időszelvény DK-i része a Dunántúli-középhegységben interpretációval [R. TÁTRAI, VARGA 2001]

Fig. 9. SE part of the K1-MK3 migrated time section with interpretation across Transdanubian Central Range [R. TÁTRAI, VARGA 2001]



10. ábra. K1-MK3 szeizmikus szelvény egy része a tektonikai vonalakkal (törések/vetőők) [R. TÁTRAI, VARGA 2001]

Fig. 10. Part of the K1-MK3 profile: seismic section with tectonic lines (fractures/faults) [R. TÁTRAI, VARGA 2001]



11. ábra. Az MK3/77 szeizmikus szelvény magnetotellurikus fajlagos ellenállás rétegsorozattal [PÁPA et al. 1990]

Fig. 11. Seismic section of MK3/77 profile with MT layer sequences [PÁPA et al. 1990]

3. Értelmezés

A szeizmikus amplitúdóanomáliák létrejöttében általában a gáz és folyadék (sós oldat, olvadt anyag) szerepét méltatja az irodalom. Így a jólvezető anomáliákkal kapcsolatban jelentkező szeizmikus amplitúdóanomáliákat is folyadéknak tulajdonítja JONES [1998] pl. a Garibaldi-övvvel, a tibeti Yangbajja-árokak kapcsolatban. Az alsó kéregben észlelt és dehidratációval magyarázott jólvezető réteg is gyakran párosul nagyenergiájú reflexiókkal, amint azt többek között KLEMPERER [1987] részletesen is vizsgálta. Bár ezzel kapcsolatban egyeseknek kemény petrológiai ellenvetések vannak [YARDLEY, VALLEY 1997], ezek az anomáliát mégis többnyire vizes oldatoknak tulajdonítják [HYNDMAN et al. 1993], eltekintve az idős kristályos pajzsokon észlelt jólvezetőktől [KORJA 1990].

Ugyanakkor a paleozoós képződményekben a vezetőképesség-anomáliát felszíni kibúvások (Gail-völgy) [ÁDÁM et al. 1990], fúrólukminták (KTB) [ELEKTB Gruppe c/o A. RAUEN 1994, WALTHER, ALTHAUS kézirat] alapján joggal hozzák kapcsolatba a grafittal/grafitpalákkal, amelyek a magnetotellurikus adatokban rendkívül nagy horizontális vezetőképességgel jelentkeznek, amint arra ZHAMALETDINOV [1996] részletes vizsgálatai is utalnak a volt Szovjetunió hatalmas területén.

A folyadék és a grafit egyaránt jelen van a KTB fúrési mintáiban, illetve az LLD-Logs meghatározásaiban. A fenti KTB-vel kapcsolatos részletes tanulmány százalékosan is megadja különböző mélységtartományokban a vezetőképességben szerepet játszó grafit és elektrolit részarányát (pl. 2834 m-en 22% grafit és 2% folyadék).

A két komponens tehát elválaszthatatlan, így az a mechanizmus, amely révén a grafitos anomália keletkezik, összefüggésben van a folyadékkal. Így hivatkozhatunk elsősorban a „fluid-deposited graphite”-ra (folyadék által lerakott grafit) BARTELS, PASTERIS [é. n.] vagy ZIEGELBEIN et al. [1989] tanulmányában, amely folyadékszállítás és grafitképződés a törési zónákban címmel értelmezi a jelenséget. Újabban WANNAMAKER [2000] az új-zélandi VA-val kapcsolatban is ezt az elméletet írja le, megállapítva, hogy „remobilized hydrothermal graphite played a role in establishing an interconnected phase”¹. JONES [1998] a „Fraser fault”-tal kapcsolatban írja: „the mid crustal zone was interpreted as a region of entranced organic carbon or graphite deposited during upwelling in fault zone of deeply penetrating meteoric waters”².

A fentiek alapján a Dunántúli-középhegységben észlelt vezetőképesség- és szeizmikus amplitúdóanomáliák is a törérendszerek mentén kialakult repedéshálózattal hozhatók kapcsolatba. Ebben feltételezhető grafit és folyadék megmagyarázza a nagy vezetőképesség-értékeket. Az MT adatok 2-D feldolgozása a repedéshálózatot mint folyadékvezető csatorna együttesét jelöli ki. A repedéshálózatnak és a benne levő folyadéknak jelentős szerepe lehetett a reflexióerősség megnövekedését elősegítő közet-átalakító hatások létrehozásában.

¹ remobilizált hidrotermális grafit játszott szerepet az összefüggő fázis kialakításában

² a középső kéregben az organikus szénnek, vagy grafitnak egy olyan régióját értelmezték, amely a vetőzónában mélybe lehatoló meteorit vizek felemelkedése rakott le

A törések feltehetően egy olyan paleozoós rétegből emelkednek ki, amely grafitos kőzetet tartalmaz.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a szaklektoroknak értékes tanácsaikért és dr. POSGAY Károly ny. Főosztályvezetőnek különösen azért, hogy a RÁNER Géza és társszerzőinek (L. Hivatkozások) a terület szeizmikus kutatásával kapcsolatos munkásságáról írt sorokkal a tanulmányt kiégecsítette.

HIVATKOZÁSOK

- ÁDÁM A. 1971: A paleozoós grafitos képződmények meghatározása magnetotellurikus módszerrel elektromos árnyékoló rétegek alatt a Magyar medencében és néhány genetikai következtetés. MTA X. Oszt. Közl. **4**, 2-4, 297-308
- ÁDÁM A. 2001: Relation of the graphite and fluid bearing conducting dikes to the tectonics and seismicity (Review on the Transdanubian crustal conductivity anomaly). Earth Planets Space **53**, 903-918
- ÁDÁM A., VARGA G. 1990: Distortions of the electromagnetic field by shallow basins and by resistive outcrops. Phys. Earth Planet. Inter. **60**, 80-88
- ÁDÁM A., VERŐ J. 1964: Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. Acta Technica **47**, 761-773
- ÁDÁM A., DUMA G., HORVÁTH J. 1990: A new approach to the electrical conductivity anomalies in the Drauzug-Bakony geological unit. Phys. Earth Planet. Inter. **60**, 155-162
- BARTELS K. S., PASTERIS J. D.: Preliminary results on the relation between graphite derived from metamorphosed organic matter and fluid deposition in rocks of the KTB-VB and -HB: A Raman spectroscopic study (Kézirat)
- ELEKT B. Gruppe c/o A. RAUEN 1994: Untersuchungen zur elektrischen Leitfähigkeit in der kontinentalen Tiefbohrungen und ihrem Umfeld — was bringen sie uns Neues? Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. **4**, 2-40
- GROOM R. W., BAILEY R. C. 1989: Decomposition of magnetotelluric impedance tensors in the presence of local three dimensional galvanic distortions. J. Geophys. Res. **94**, 1913-1925
- HYNDMAN R. D., VANYAN L. L., MARQUIS G., LAW L. K. 1993: The origin of electrically conductive lower crust: saline water or graphite. Phys. Earth Planet. Inter. **81**, 325-344
- JONES A. G. 1998: Waves of the future: Superior inferences from collocated seismic and electromagnetic experiments. Tectonophysics **286**, 273-298
- KLEMPERER S. L. 1987: A relation between continental heat flow and the seismic reflectivity of the lower crust. J. Geophys. **61**, 1-11
- KORJA T. 1990: Electrical conductivity of the lithosphere. Acta Universitatis Ouluensis, Series A, Scientiae Rerum Naturalium **215**, pp. 93
- PÁPA A., RÁNER G., TÁTRAI M., VARGA G. 1990: Seismic and magnetotelluric investigation on a network of base lines. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. **25**, 309-324
- RÁNER G., KÓNYA A., SZALAY I. 1972: A magyar Középhegység előtereinek szeizmikus (módszertani) kutatása. Az ELGI 1971. évi jelentése, 42-46
- RÁNER G., KÓNYA A., HEGEDŰS E. 1977: Földtani alapszelvények vizsgálata. Az ELGI 1976. évi jelentése, 31-33
- RÁNER G., ÁDÁM O., VARGA G., ALBU I., MAJKUTH T., NEMESI L., REDLERNÉ TÁTRAI M. 1983: Földtani alapszelvények vizsgálata. Az ELGI 1982. évi jelentése, 66-71
- R. TÁTRAI M., RÁNER G., VARGA G. 1993: Geophysical deep structure studies of the Transdanubian Central Range. MAEGS 8. Evolution of Intramontane Basins, Budapest
- R. TÁTRAI M., VARGA G. 2001: Újabb adatok a Kisalföld és a Dunántúli-középhegység mélyszerkezeti felépítéséről. Magyar Geofizika **42**, 22-35
- TAKÁCS E. 1968: Anomalous conductivity of the upper crust in the NW foreground of the Bakony Mountains. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. **3**, 155-160
- VARGA G. 1975: Jelentés az Észak-Magyarországon és a Dunántúli-középhegységben végzett magnetotellurikus és EMT mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Országos Földtani és Geofizikai Adattárának Geofizikai Adattári Részé
- WALLNER Á. 1997: The main features of the induction arrows in the area of the Transdanubian conductivity anomaly. Acta Geod. Geoph. Month. Hung. **12**, 145-150
- WALTHER J., ALTHAUS E.: Graphite deposition in tectonically mobilized fault planes of the KTB-Pilot drill hole (Kézirat)
- WANNAMAKER P. E. 2000: Comment on "the petrologic case for a dry lower crust" by B. D. YARDLEY and J. W. VALLEY. J. Geophys. Res. **105**, 6057-6064
- YARDLEY B. W. D., VALLEY J. W. 1997: The petrologic case for a dry lower crust. J. Geophys. Res. **102**, 12,173-12,185
- ZHAMALETDINOV A. A. 1996: Graphite in the Earth's crust and electrical conductivity anomalies. Izvestiya Physics of the Solid Earth **32** (4), 272-288 (Translated from Fizika Zemli **4**, 12-29)
- ZIEGELBEIN, SKROTZKI, HOEFS, MÜLLER, REUTEL, EMMERMAN 1989: Fluidtransport und Graphitbildung auf Störungszonen. In: R. EMMERMANN und P. GIESE (Eds): KTB Report 89-3, 46-53. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover

Az anomális elektromágneses térösszetevők inverziós szempontú elemzése¹

TAKÁCS ERNŐ²

A laterális földtani változások határvonalának felderítéséhez, az elektromágneses tér anomális komponensei kedvező sajátosságúak. Ez a tény különösen akkor használható ki, ha a tér forrásának primer térerősségében hiányzik valamilyik összetevő és a megfelelő anomális komponens közvetlenül mérhető. Emiatt ezen határvonalak indikálásának lehetőségén túlélve érdemes az anomális összetevők inverziójával foglalkozni, ami forrásuk — a hozzájuk kötődő elektromos töltések, illetve dipólusok — felszín alatti eloszlásának meghatározását jelenti.

A tanulmány egyrészt azt vizsgálja, hogy a töltéseknek és dipólusoknak milyen eltérő sajátosságai vannak az anomális elektromos és mágneses komponensek létrehozásában. Másrészt szimulált adatokon teszteli PATELLÁNAK [1997] eredetileg a természetes potenciál adatok inverziójára kidolgozott eljárását.

E. TAKÁCS: Analysis of the anomalous electromagnetic field components in view of their inversion

The secondary components of the electromagnetic field are highly informative in the mapping of lateral changes of the geological setting. They can be used especially in the case, when some components are absent in the primary field of the source and the anomalous — secondary part — of the field can be measured directly. Consequently it is worth — besides the possibility of the indication — to be concerned in the inversion of the secondary components, which means in the determination of the subsurface charge-, especially dipole-distribution connected to the inhomogeneities.

The paper examines on the one hand the peculiarities the charges and dipoles have in the creation of the secondary components, on the other hand tests by simulated data PATELLA's procedure [1997] elaborated originally to the inversion of SP data.

Bevezetés

A földtani inhomogenitásoktól származó anomális — szekunder — térerősség-komponensek az elektromágneses tér forrásától csak meglehetősen nagy távolságra képesek érzékelhető mértékben módosítani a náluk lényegesen nagyobb értékű primer — az inhomogenitás nélküli esetben mérhető — térerősséget. A nagymélységű kutatásnál emiatt jelentős adó-vevő távolságra van szükség. Más a helyzet akkor, ha az adó primer térerősségének hiányzik valamilyik komponense. Ilyenkor a kis értékű anomális összetevő önmagában mérhető és így az adó közvetlen közelében is képes a nagy mélységben levő inhomogenitások indikálására [TAKÁCS, HURSÁN 2000]. Emiatt érdemes a szekunder komponensek inverziójával foglalkozni.

Tanulmányomban egy — az anomális összetevők szempontjából sajátosságosnak mondható — elektromágneses módszer példáján egy gondolatmenetet szeretnék vázolni. Ebben az anomális összetevők létrejöttét és sajátosságait elemezve vázoló fel az anomális komponensek értelmezésében figyelembe veendő tényeket és inverziójuk egy lehetséges változatát.

A kiválasztott metodika a béléscsővel és körülötte kis távolságra — 10–100 m-re — körkörös földelt elektródákkal végzett geometriai, vagy frekvenciaszondázás. Megalapozása 1990-től a 2383 sz. OTKA téma keretében történt, majd a MOL támogatásával kísérleti mérések is folytak [TAKÁCS et al. 2001, TAKÁCS et al. 1995]. Meg kell azonban jegyezni, hogy a béléscső helyett egy központi

felszíni elektróda is használható, ahogyan azt az említett teljesen azonos alapelvű, körkörös elhelyezett elektromos dipólusokkal végzett tranziensszondázás teszi [MOGILATOV, BALASKOV 1996].

A vizsgálat tárgyául választott módszer azért kedvező az anomális komponensek szempontjából, mert primer térerősségének forrása vertikális elektromos dipólusok — VED — sorozatának vehető. Ebből következően ennek a forrásnak a felszínen csak radiális irányú elektromos —ER — primer térerőssége van. A sugárirányú mérési szelvényre merőleges tangenciális elektromos összetevőt — EFI —, valamint a radiális, tangenciális és vertikális mágneses összetevőt — HR, HFI, HZ — tisztán a felszín alatti inhomogenitások hozzák létre [TAKÁCS 1995]. A primer tér árameloszlása a hagyományos forrásokéhoz képest lényegesen kisebb térfogatban koncentrálódik és így különösen alkalmas a lokális 3-D-s, blokkos szerkezetek kutatására. A béléscső-elektroda felszín alatti árambevezetése miatt adott adó-vevő távolságoknál nagyobb mélységből kaphatunk információt, mint más mesterséges áramterű szondázásnál. A VED jelleggel azonban az is együtt jár, hogy indikációi a megszokottakhoz képest más jellegűek.

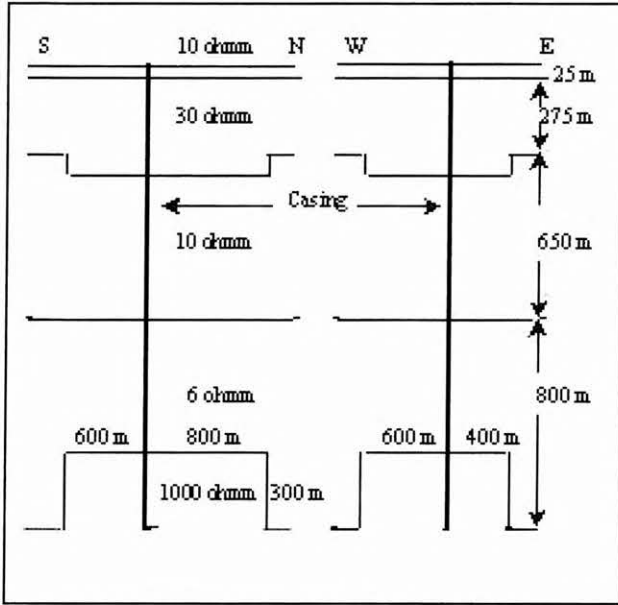
1. Az anomális komponensek létrejötté és sajátosságai

A következőkben többször szerepel majd egy modell, amit vizsgálataimban a direkt feladat megoldásánál használtam (1. ábra). A laterális inhomogenitások É–D irányban megnyúlt téglalaprú. Az alsó a medencealjzat felboltozódása — magassága 300 m, szélessége 1000, hosszúsága 1400 m — és fedőlapja 1450 m mélységben van. A felső — fedésben az alsóval — egy felszínhez közelebbi réteg lefelé

¹ Beérkezett: 2002. augusztus 6-án

² Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

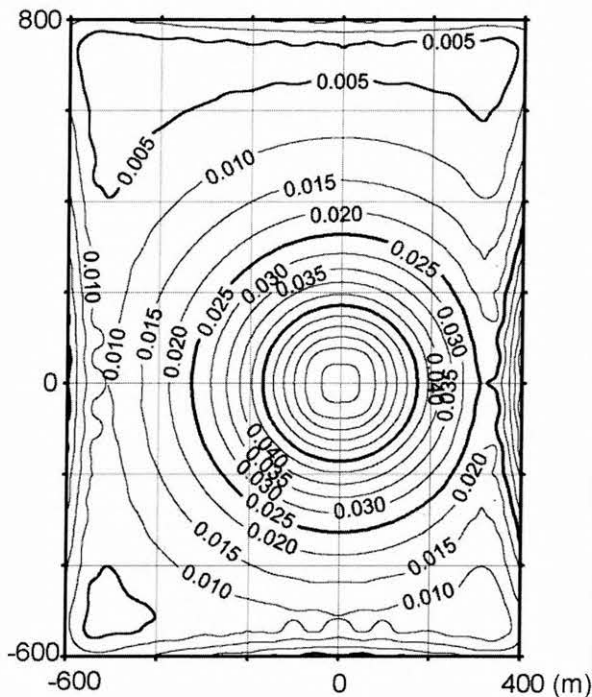
történő kivastagodása a 300–350 m mélységtartományban. A béléscső aszimmetrikusan harántolja mindkettőt.



1. ábra. A béléscsővel harántolt laterális inhomogenitások modelljének oldalnézeti vetületei

Fig. 1. Side view of the 3D inhomogeneity model penetrated by the casing

Nézzük meg először, hogy hogyan alakul ki és milyen az alsó inhomogenitás hatása a felszíni télerősség-komponensekre. A béléscső árama az alsó téglatest felszínén elektromos töltéseket halmoz fel a 2. ábra szerinti eloszlásban.

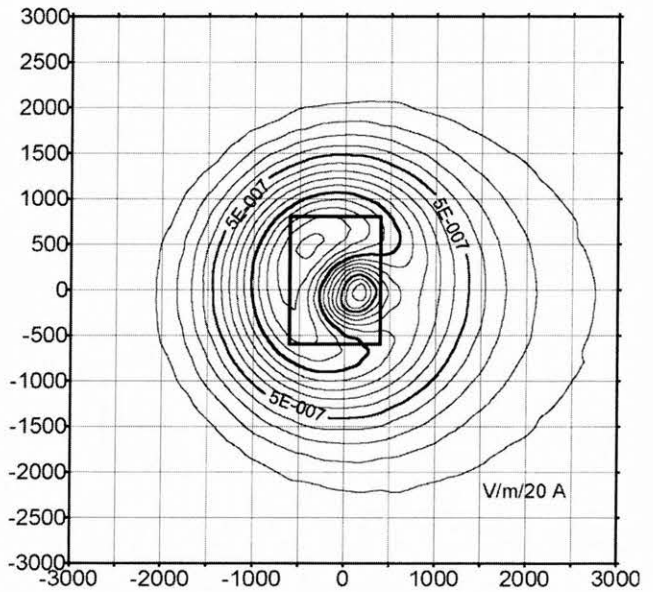


2. ábra. „Áramerősség” eloszlás az 1. ábra alsó inhomogenitásának felső és oldalsó lapjain

Fig. 2. “Current intensity” distribution on the upper and side faces of the lower inhomogeneity in Fig. 1

Az ábrán egy síkba hozva szerepelnek a fedő és az oldalsó lapok töltései. Ezek pontforrások sokaságaként hozták létre a felszínen az anomális — az inhomogenitástól eredő — elektromos télerősség-összetevőket. Az oldallapokon a töltéeloszlás maximuma a csőhöz legközelebbi pontban alakul ki. A felső és alsó lapokon a béléscsőnél nagy a töltés-felhalmozódás. Viszont előjelük alul és felül ellentétes és így egymás ellen hatva — különösen szimmetrikus feltöltődésnél — nagymértékben csökkenthetik a lapok hatását.

Az aljzat felboltozódásából eredő anomális radiális elektromos összetevő — 3. ábra — nagyon kedvező sajátosságú, mert szélső értékeinek kontúrja meglehetősen jól követi az inhomogenitást. Önmagában azonban nem mérhető és csak a mért értékből a feltételezett primer télerősséget levonva származtatható. Az anomális és a primer radiális télerősség összegéből — amit valójában mérünk — levezetett látszólagos fajlagos ellenállás eloszlása viszont már a 4. ábra szerinti lesz. A „forrás” VED jellegéből adódóan a nagy ellenállású aljzat egy bizonyos távolságig csökkenti a látszólagos fajlagos ellenállást. A környezeténél mintegy 3%-kal kisebb értékű sáv már távolabbról kíséri a hatót és a kép nagy területen aszimmetrikussá válik.

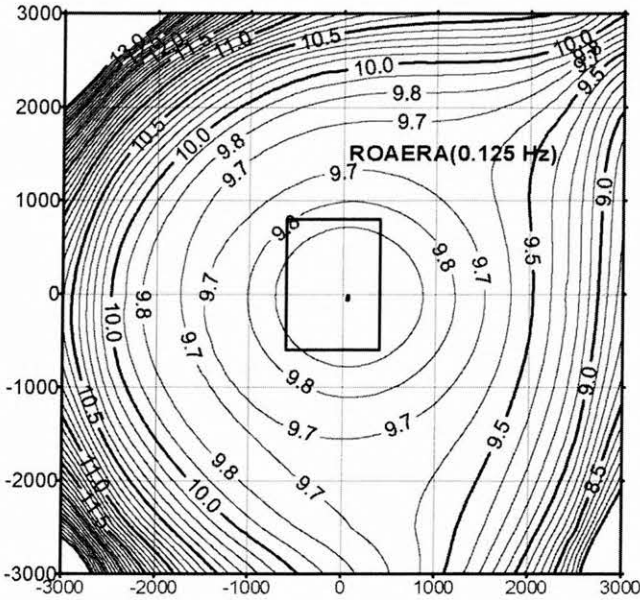


3. ábra. Az alsó inhomogenitástól származó anomális radiális elektromos összetevő felszíni izovonalai

Fig. 3. Contour map of the anomalous radial electric component caused by the lower inhomogeneity

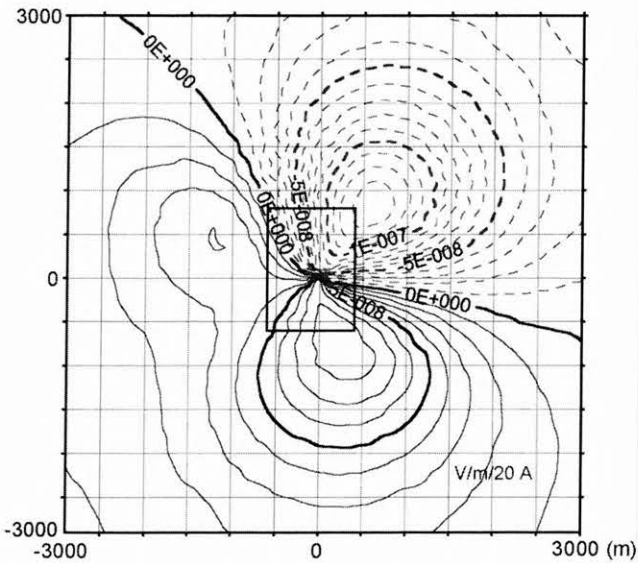
A tangenciális — a szelvényre merőleges — elektromos összetevő a töltéeloszlásnak a mérési pont radiusvektorára vonatkozó aszimmetriájával arányos (5. ábra). Területi eloszlásának olyan a képe, mintha görbült tengelyű, nullaértékű sávban elhelyezkedő bipólusok alakítanák ki. K-en ez a tengely majdnem merőleges az oldallapra. A szélső értékek helye is erre toldott el, mintegy kijelölve a K-i oldallapot. Az inhomogenitás fedő- és alaplappjai töltéeloszlásuk elterésétől függően kisebb mértékben járulnak hozzá a tangenciális elektromos összetevő kialakításához. Az éles minimumzóna — ahonnan nézve a töltéeloszlásban nincs aszimmetria — markáns indikátora a béléscsőhöz

közeli lineamentumoknak. Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ez az összetevő laterális inhomogenitás nélkül nem létezne. Forrása ugyanis kizárólag maga a mélybeli inhomogenitás. Emiatt, ha a mélybeli szinteken megfelelő áramsűrűség biztosítható, az adó-vevő távolságtól függetlenül — még a béléscső közvetlen közelében is — nagy mélységből detektálható.



4. ábra. Az alsó inhomogenitás hatása a radiális elektromos összetevőből számított látszólagos fajlagos ellenállás izovonalaira

Fig. 4. Effect of the lower inhomogeneity to the apparent resistivity contour map calculated from the radial electric amplitude

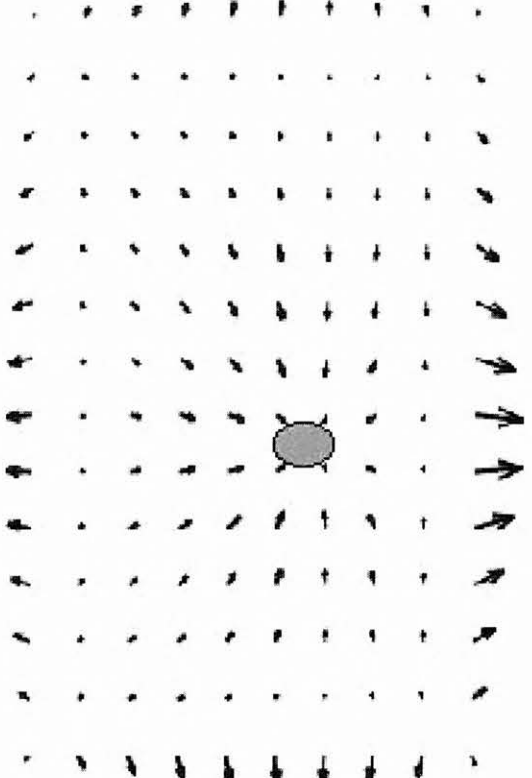


5. ábra. Az alsó inhomogenitástól származó tangenciális elektromos összetevő felszíni izovonalai

Fig. 5. Contour map of the tangential electric amplitude caused by the lower inhomogeneity

Az anomális mágneses összetevőket azok az inhomogenitáson belüli áramok hozzák létre, amelyek a töltések fenntartásához szükségesek. Az alsó és a fedőlap töltéseihez tartozó áramnak aszimmetrikus feltöltődés mellett

vertikális és horizontális összetevője is van. A vertikális áramnak azonban nincs a felszínen mágneses tere. Így a felszíni mágneses térerősségben csak a vízszintes áramoknak — azaz az általuk alkotott, inhomogenitáson belüli horizontális, változó irányú elektromos dipólusoknak — a hatása jelenik meg. Az 6. ábrán ezen vízszintes elektromos dipólusok momentumának eloszlását mutatom be az inhomogenitás belsejében. A nyilak hossza arányos az alsó inhomogenitás 100 m x 100 m alapú hasábjában kialakuló momentummal. A hozzájuk tartozó egyes felszíni mágneses komponensek eredője a komponens egyedi jellege szerint kötődik ahhoz az eredő áramsávhoz, ami a tangenciális elektromos összetevő minimumában kirajzolódott. Jól mutatja ezt példaképpen a vertikális mágneses térerősség területi eloszlása (7. ábra).



stack (N, M)

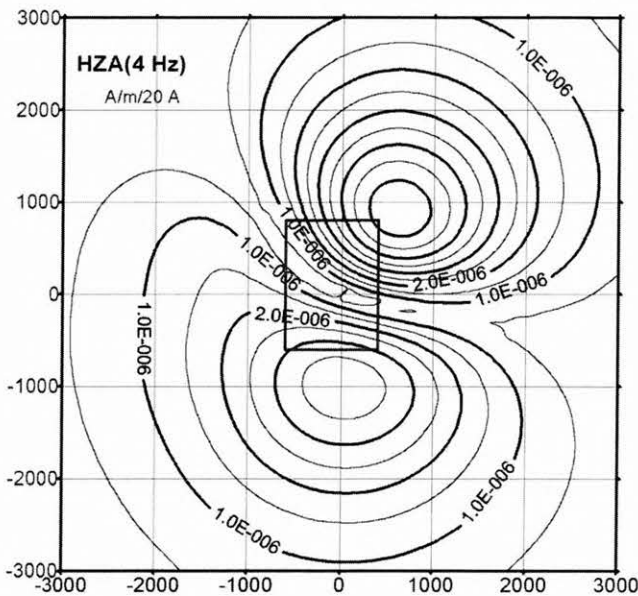
6. ábra. A térfogat-elemenkénti vízszintes elektromos dipólusok momentumainak eloszlása az alsó inhomogenitáson belül

Fig. 6. Momentum distribution of the horizontal electric dipoles inside the volume elements of the lower inhomogeneity

2. A felszín alatti horizontális elektromos dipólus szerepe az anomális térerősségek inverziójában

Az eddigiekből az következik — és nemcsak erre a módszerre vonatkozóan —, hogy az anomális komponensek inverziójával

- az elektromos összetevőnél az inhomogenitás felületén eloszló töltések vagy az inhomogenitáson belüli vízszintes és függőleges elektromos dipólusok helyét,
- a mágneses összetevőknél pedig a hozzájuk kötődő vízszintes elektromos dipólusok helyét kell keresnünk.



7. ábra. Az alsó inhomogenitástól származó vertikális mágneses összetevő felszíni izovonalai

Fig. 7. Contour map of the vertical magnetic amplitude caused by the lower inhomogeneity

A 2. és 6. ábrán látható, hogy a hasáb alakú inhomogenitásoknál a töltések és a hozzájuk tartozó vízszintes áramdipólusok eloszlásában az oldalsó lapoknak a bélcsőhöz legközelebbi pontjában kialakuló maximumoknak van döntő szerepük. A megnyúltság növekedésével a közeli oldallapok töltésmaximumai válnak dominánssá és szinte egyetlen vízszintes dipólus térerősségének jellegzetességei fognak megjelenni.

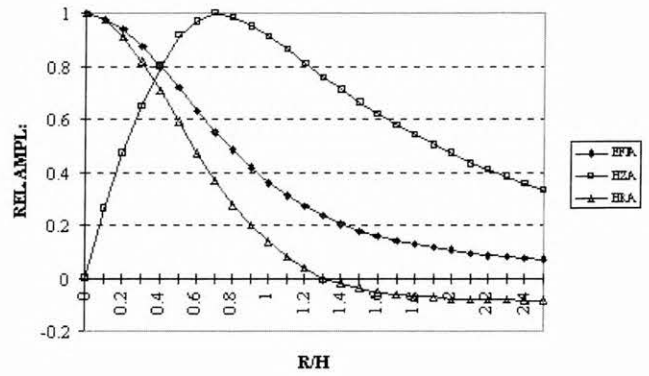
A fentiekből egyben az is következik, hogy az inverzióban az inhomogenitás átlagos mélységének megadása könnyebben megoldható, mint a teljes, zárt kontúrvonal meghatározása.

Tekintve, hogy a felszín alatti vízszintes elektromos dipólus az anomális komponensek kialakításában meghatározó, vizsgáljuk meg a felszíni térerősség összetevőinek sajátosságait.

A felszín alatti, homogén feltérben levő, egyenáramú, horizontális elektromos dipólus térerősség-összetevőinek maximumokra normált görbéit a dipólus irányára merőleges szelvényen a 8. ábra mutatja a dipólus felszíni vetületétől mért távolság és a dipólus mélysége hányadosának függvényében. A jól kijelölhető karakterisztikus pontok — mint például a HZ komponens maximuma, a HR komponens nulla-átmenete, a félértékű helyek, de a görbék teljes menete is — a mágneses módszerhez hasonlóan alkalmas a mélység és a dipólus helyének becslésére. Tapasztalataim szerint az ilyen becslések egészen jó közelítésűek voltak.

Az inverzióban szükség van a föld alatti elektromos dipólus felszíni térerősségei direkt feladatának megoldására.

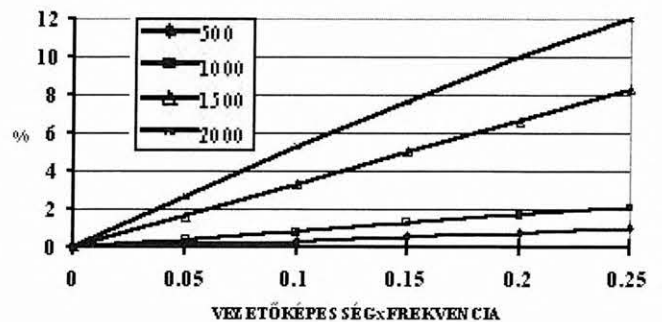
Egyenáramnál az anomális tér forrásainak — a mélyben kialakult töltéseknek és horizontális dipólusoknak — a térerősség-összetevői a homogén feltér felszínére egyszerű képletekkel kaphatók. Az említett normálás után csak a geometriai adatok szerepelnek bennük.



8. ábra. A mélybeli horizontális elektromos dipólus tangenciális elektromos (EFI), radiális és vertikális mágneses (HR, HZ) térerősségének maximumokra normált értékei a felszíni, a dipólus irányára merőleges szelvényen a távolság és mélység hányadosának függvényében

Fig. 8. Normalised to their maximum amplitude curves of the tangential electric (EFI), radial and vertical magnetic (HR, HZ) components due to a buried electric dipole as a function of separation/depth quotient

Rétegzett feltér esetében az elektromos összetevő képlete már bonyolultabbá válik. Viszont a mágneses komponensek a kvázistacionárius tartományban függetlenek a rétegzettségétől. Így a homogén feltérre vonatkozó képletek a kisfrekvenciás tartományban — egy elfogadható felső határig — a rétegzett fedő esetében is alkalmazhatók maradnak. Megvizsgáltam például, hogy a vertikális mágneses komponensnél hogyan változik meg maximumának helye a fedőösszlet effektív vezetőképessége és a frekvencia szorzatának függvényében, aminek eredménye a 9. ábrán szerepel különböző mélységű dipólusokra. Látható például, hogy 1000 m-es dipólusmélységnél 2,5 Hz-en a maximum eltolódása 10%-on belül van. Egyébként elvileg korrekció is alkalmazható. Ugyanis a kis indukciós számok tartományában a fajlagos ellenállásra érzékeny fázisszögéből — például a HZ komponens maximumnál mért fázisából — levezethető a fedő effektív vezetőképessége is [TAKÁCS et al. 2000].



9. ábra. A különböző mélységű, egyenáramú, felszín alatti, vízszintes elektromos dipólus vertikális mágneses térerőssége maximumának eltolódása a frekvencia növekedése miatt a vezetőképesség és a frekvencia szorzatának függvényében

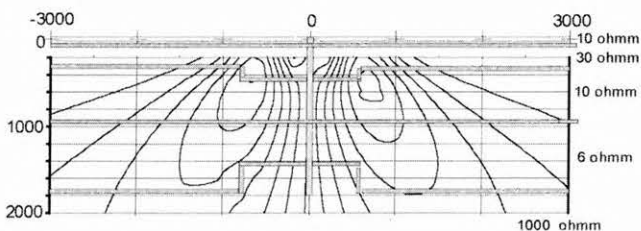
Fig. 9. Frequency-shift of the vertical magnetic amplitude maximum due to a buried, horizontal direct current dipole in different depths as a function of the conductivity x frequency product

3. Inverziós vizsgálatok PATELLA módszerével

Láttuk, hogy az anomális térerősség-összetevők inverziójának feladata a mélybeli elektromos felületi töltések, illetve horizontális dipólusok eloszlásának valamilyen rekonstrukciója. Azonos a feladata a mostanában ismét sűrűbben szereplő természetes potenciál anomáliák inverziójának. Analógia kereshető azonban a gravitációs és mágneses inverziós eljárásokkal is.

Kezdeti vizsgálataimhoz választásom egy, a PATELLA által publikált, a természetes potenciál, majd később az egyenáramú mérések 2-D, és 3-D-s inverziójára kidolgozott eljárására esett [PATELLA 1997, MAURIELLO et al. 1998]. Tapasztalatszerzés céljából először csak a szelvény menti módosulatot próbáltam ki és az ellenőrzés biztosítására a bemutatott modell szimulált adatait használtam. A kiválasztott szelvények az anomális térerősség-komponensek maximumain haladnak át.

PATELLA eljárásának az a lényege, hogy előzetes feltételezések nélkül a felszín alatti térrész változó mélységű síkjainak rácshálózatán egységnyi erősségű pontforrásokat, vagy egységnyi momentumú elektromos dipólusokat helyez el és ezek térerősségének számított adatsorát keresztkorrelálja a mért értékek adatsorával. A szelvény menti inverzió képletében — 10. ábra — x a mérési pont, x_q és z_q a feltételezett forrás helyének koordinátái, E_x a mért térerősség, I_x a forrás fajtájától és a mért térerősség-összetevőtől függően alakuló mintavételi függvény. Ez utóbbi csak a feltételezett forrás koordinátáit tartalmazza. A keresztkorrelációs függvény adatsorából a különböző forrásokhoz és térerősség komponensekhez tartozó, eltérő C normáló tényező figyelembevételével származtatható azután az egyes forráshelyzetekre a töltés, illetve a dipólus $\eta(x_q, z_q)$ előfordulási valószínűsége. Izovonalainak a szelvény menti inverzióanalízis függőleges metszeten, a 3-D-s inverzióanalízis az egyes mélybeli horizontális síkokon kirajzolódó, záródó szélső értékű helyei jelölik ki a töltés- vagy dipólus-felhalmozódás legvalószínűbb helyét.



$$\eta(x_q, h_q) := C \cdot \int_{-\infty}^{\infty} E_x(x) \cdot I_x(x - x_q, h_q) dx$$

$$C := \left[\int_{-\infty}^{\infty} [E_x(x)]^2 dx \cdot \int_{-\infty}^{\infty} [I_x(x - x_q, h_q)]^2 dx \right]^{-0.5}$$

10. ábra. Az anomális radiális elektromos térerősségből számított töltés-előfordulási valószínűség metszete az É-D-i szelvény alatt

Fig. 10. Charge occurrence probability section calculated from anomalous radial electric amplitude along the N-S profile

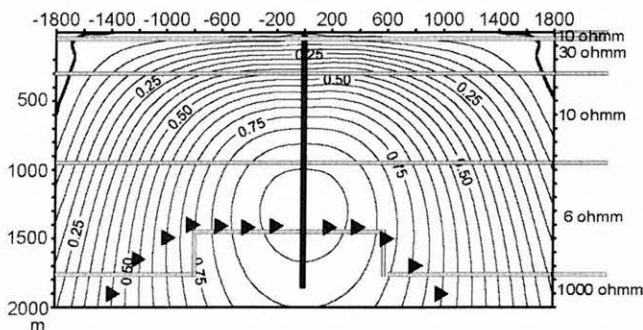
Első próbálkozásként az anomális radiális elektromos összetevőt invertáltam. A felső inhomogenitás oldallapjait a szélső értékek helye eléggé jól adja vissza (10. ábra). Az

alsó inhomogenitás megléte viszont csak az izovonalak megnyúltságából sejtethető. Ezen nem lehet csodálkozni, hiszen az elektromos összetevőben — különösen a kisebb távolságoknál — elenyésző az alsó inhomogenitástól származó jel a felső inhomogenitáshoz képest. Emellett ennél a komponensnél alapvető probléma még a terepi méréseknél a nagy értékű primer rész eltávolítása a mért értékből. Továbbá az is, hogy valójában rétegzett feltételre vonatkozó mintavételi függvényt kellene alkalmazni, amihez a rétegsor esetleg csak a mélyfúrás adataiból vehető fel.

Ezzel szemben a mágneses komponensekben várhatóan kedvezőbb a helyzet, mert

- nincs primer térerősség,
- a kisméretű tartományban az effektív fajlagos ellenállásnak — és így a rétegsornak — nincs szerepe, vagy mivel a fázisszögből levezethető, esetleg figyelembe is vehető,
- nagyobb az esély a mélyebb hatók indikálására, mert a mágneses komponensben kisebb a felszínhez közelebbi inhomogenitások hatása.

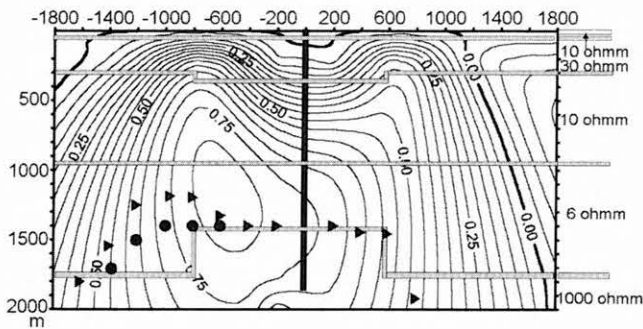
Példaként a vertikális mágneses összetevőt véve benne az aljzat felbontódása a 11. ábrán látható formában jelenik meg. A nagy mélység miatt a kép meglehetősen simított, és a legnagyobb valószínűségű hely felfelé tolódva jelent meg. A háromszögek az egyes állomásokon az előfordulási valószínűség helyi maximumát jelölik.



11. ábra. A vertikális mágneses térerősségből számított dipólus-előfordulási valószínűség metszete az alsó inhomogenitás esetében a maximumon átmenő szelvény alatt

Fig 11. Horizontal electric dipole occurrence probability section calculated from the vertical magnetic amplitude due to the lower inhomogeneity along the profile through the maximum

A két inhomogenitás esetére vonatkozó eredmény — 12. ábra — annyiban biztató, hogy a kvázistacionárius geometriai szondázás eredményében külön-külön megjelent mindkét inhomogenitás indikációja. A felsőnél egy szűrés izolálná a kétoldali lokális szélső értéket. Alul a felfelé tolódás mértéke az előzővel azonosnak mondható, de hangsúlyozottabbá vált a K-i és Ny-i oldal aszimmetriája. Az inhomogenitás nagyobb kiterjedésének oldalán, ahol a térerősségek is nagyobbak — a negatív tengely mentén — a felső inhomogenitás jelentős torzulást okoz a valószínűség maximumainak helyzetében. A szelvény belső szakaszán — -600 és +600 m között, ahol különösen nagy a felső inhomogenitás hatása — kihagyva az értékeket a körökkel jelölt megfelelőbb eredmény adódott.



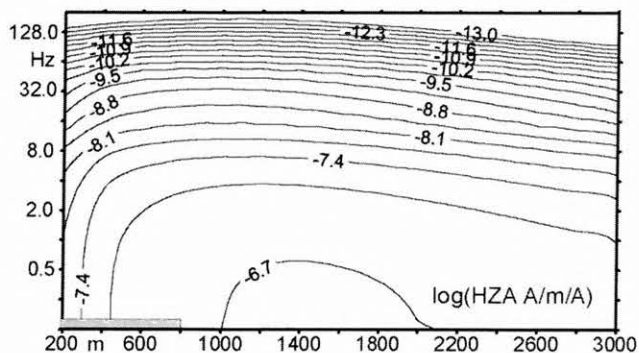
12. ábra. A vertikális mágneses térerősségből számított dipólus-előfordulási valószínűség a felső és alsó inhomogenitás esetére a maximumon átmenő szelvény alatt

Fig. 12. Horizontal electric dipole occurrence probability section calculated from the vertical magnetic component due to the upper and lower inhomogeneities along the profile through the maximum

Feltétlenül említeni kell, hogy a szelvény menti inverzió durva közelítésekkel dolgozik. Így a szelvény mérési pontjai alatt koncentrált, azonos irányítottaságú elemi dipólusokkal helyettesíti a valójában területi és a szelvényre aszimmetrikus eloszlású — ráadásul változó irányú — dipólusok sokaságát. Nem vonja be az inverzióba a szélső értékek és minimumsávok nagyon karakterisztikus területi alakulását. Emiatt mindenképpen indokolt a továbblépés a 3-D-s változat kipróbálása felé és nyilvánvalóan élni lehetne az inverziós kutatások gazdag tárházának más kínálatával is, beleértve a térerősség-komponensek együttes felhasználását.

4. Mérések a frekvenciatartományban

A tapasztalat szerint a Patella-féle és általában a geometriai szondázási adatok inverziójának megbízhatósága és felbontási képessége a kimutatandó inhomogenitások mélységével rohamosan romlik, amit az elkerülhetetlen zajok még fokoznak. Az inhomogenitás mélységének növekedésével annak indikálásához egyre hosszabb szelvény mérésre van szükség. Emiatt vizsgáltam a frekvencia-szondázás teljesítőképességét is.

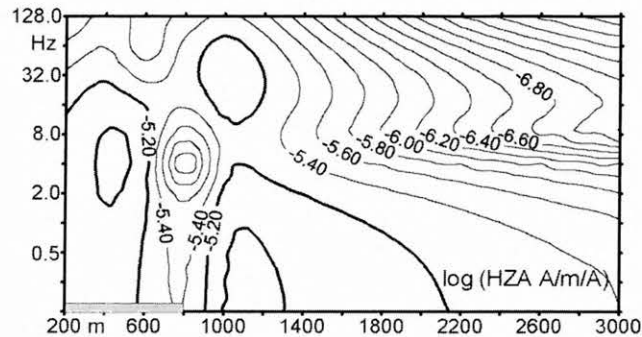


13. ábra. A vertikális mágneses térerősség távolság-frekvencia metszete az alsó inhomogenitás mellett a maximumon átmenő szelvényre

Fig. 13. Separation-frequency section of the vertical magnetic amplitude due to the lower inhomogeneity along the profile through the maximum

A laterális inhomogenitások várhatóan vetők mentén alakulnak ki és emiatt számolni kell azzal, hogy egymás fölött több 2-D-s vagy 3-D-s inhomogenitás fordul elő. Láttuk, hogy geometriai szondázással történő elkülönítésük problematikus.

Összehasonlítás céljából a 13. ábra azt mutatja, hogy a távolság-frekvencia metszeten hogyan rajzolódik ki az aljzat felbontozódása. Egyébként ebben az esetben a karakterisztikus pontok alapján végzett becslés a mélységre és a lehatárolásra is nagyon megfelelő.



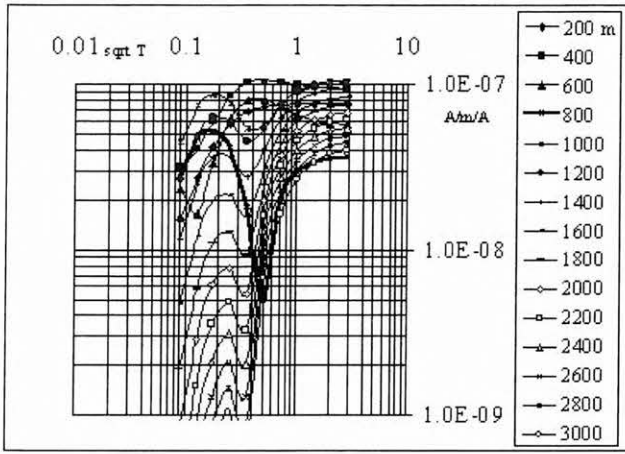
14. ábra. A vertikális mágneses térerősség távolság-frekvencia metszete a felső és alsó inhomogenitás esetére a maximumon átmenő szelvényen

Fig. 14. Separation-frequency section of the vertical magnetic amplitude due to the upper and lower inhomogeneities along the profile through the maximum

Váratlan jelenség lép fel, ha a felső inhomogenitás is jelen van (14. ábra). Az inhomogenitásoktól eredő jelek szuperpozíciója nagy távolságig megmaradó és egyre élesebbé váló minimumsávot hoz létre, aminek alapján a laterális és a mélység szerinti lehatárolás lehetősége is javul. Már az inhomogenitások fölötti állomásokon is határozottan látszik, hogy az anomális térnek két forrása van. A geometria-szondázásnál a térerősséggörbe távolság-függésének trendváltozása ezt csak a szelvény távolabbi részén jelezne. A frekvenciatartomány-beli elkülönülő indikáció végigvonul a szelvényen. Hiba lenne a maximum-sávokat a 600 m-en túli állomásokon réteggként értelmezni. Talán még világosabban utal a frekvenciatartomány-beli mérés szerepére a horizontális és vertikális lehatárolásban a frekvenciaszondázási görbék rajzolata. Példaként a 15. ábrán a 14. ábrával azonos szelvény görbéi láthatók. A blokkok határán 800 m-nél drasztikus alakváltozás van, majd fokozatosan állandósul a görbék alakja.

A fentiekből úgy tűnik, hogy frekvenciaszondázást végezve a laterális lehatároláshoz és a vertikális felbontáshoz rövidebb szelvény mérése is elegendő, mint a kvázistacionárius geometriai szondázásnál. A változókéony, éles helyi indikációk önmagukban is jól alkalmazhatók az értelmezésben. Hozzá kell azonban tenni, hogy célszerű alaposan tanulmányozni ezen indikációk törvényszerűségeit, mert sajátágaik erősen függenek a hatók alakjától és adott alak mellett a szelvény irányától.

Minden eddigi elemzés arra a következtetésre vezet, hogy az anomális elektromágneses térösszetevőknek nagyon karakterisztikus és nagy dinamikájú, az értelmezésben és az inverzióban valószínűleg jól hasznosítható indi-



15. ábra. A vertikális mágneses összetevő frekvencia-szondázási görbéi a maximumon átmenő szelvényen

Fig. 15. Vertical magnetic amplitude frequency sounding curves along the profile through the maximum

kációi vannak a laterális inhomogenitásokról. Ezek azonban csak igen részletes mérésekkel foghatók meg és a nagy mérési adathalmazból teljes egészében csak egy professzionális 3-D-s inverzió tudná ezeket teljes értékűen hasznosítani.

Tanulmányom előadásként hangzott el a 2002. évi inverziós ankéton. Általa kívántam köszönteni öt évtizedet

közelítő barátságunktól és együttműködésunktől indítva dr. STEINER Ferenc egyetemi tanár urat 70. Születésnapján.

HIVATKOZÁSOK

- MAURIELLO P., MONNA D., PATELLA D. 1998: 3D geoelectric tomography and archeological applications. *Geophysical Prospecting* **46**, 543–570
- MOGILATOV V., BALASKOV D. 1996: A new method of geoelectrical prospecting by vertical electric current soundings. *Journal of Applied Geophysics* **36**, 31–44
- PATELLA D. 1997: Introduction to ground surface self-potential tomography. *Geophysical Prospecting* **45**, 653–681
- TAKÁCS E. 1995: The normal surface electric field of an E-field excited steel casing. *Acta Geodaet., Geophys. Hung.* **30**, 331–341
- TAKÁCS E., HURSÁN G. 2000: Háromdimenziós inhomogenitások indikációi a béléscső-elektroda elektromágneses terének szekunder komponenseiben. *Magyar Geofizika* **41**, 3, 108–114
- TAKÁCS E., NAGY Z., FERENCZY L. 2001: Experiences obtained with the first use of the frequency sounding by casing pipe excitation. *Geosciences, Publ. of the Univ. of Miskolc, Ser. A, Mining* **59**, 153–190
- TAKÁCS E., SZARKA L., VARGA M. 1995: Elektromágneses kutatás a mélyfúrások béléscsővének felhasználásával. *Magyar Geofizika* **36**, OTKA különszám, 60–64

Egyenáramú null-elrendezések¹

SZALAI SÁNDOR²

Az egyenáramú null-elrendezések egy új, terepen legegyszerűbben alkalmazható csoportját, a csoportba tartozó elrendezések elméletét és az első, mészköben lévő repedések kimutatására és irányuk meghatározására irányuló terepi vizsgálatokat mutatom be a cikkben. Az elméleti és terepi eredmények alapján megállapítható, hogy ezek a homogén féltér felett elvileg nulla jelet adó, ún. null-elrendezések megfelelő elméleti ismeretek birtokában használható terepi vizsgálatokra, és eredményességben sokszor felül is múlják a hagyományosan alkalmazott elrendezéseket.

S. SZALAI: Direct current null-arrays

In this paper the theory and practical use of some new electrode configurations forming a new group of d.c. null-arrays, which can be applied very easily in the field, are presented. The field results demonstrate that the null-arrays are able to detect fractures and to determine their direction in some cases even better, than the traditionally used arrays. The successful application of these arrays, measure zero signal over a homogeneous half-space requires however the knowledge of their theory.

Bevezetés

Null-elrendezések alatt a szűkebb definíció szerint az elektródák azon konfigurációját értem, amelyben a mérőelektródáknak a tápelektródákhoz viszonyított helyzete olyan, hogy homogén féltér felszínén a mérőelektródák között mért potenciálkülönbség nulla lenne. A tágabb definíció szerint nem a mért, hanem az értelmezéshez felhasznált paraméternek kell elméletileg nullának lennie. Ez általában valamilyen módon több mért értékből képzett mennyiség. Null-elrendezéseket, ha nem is sokszor, de használtak már; azok definiálása, szisztematikus vizsgálata és egy új, az eddigieknél lényegesen egyszerűbben használható null-elrendezés csoport bevezetése viszont SZALAI et al. [2002], valamint SZALAI [2002] munkáihoz köthető. A jelen cikk SZALAI [2002] eredményeit foglalja össze.

Nem lehet eléggé hangsúlyozni az *analóg modellmérések* szerepét a null-elrendezések gondolatának létrejöttében [SZARKA, NAGY 1992, SZARKA 1994]. Az ilyen típusú null-elrendezések használhatóságára vonatkozó első sejtés is az ott folyó munka terméke [SZARKA et al. 1995], amely először tűzte ki célul egy új módszercsalád megalapozását.

Annak ellenére, hogy az ebben a cikkben bemutatásra kerülő null-elrendezés csoport tagjainak terepi használata lényegesen egyszerűbb, mint az eddig ismert egyéb null-elrendezéseké, ezek gyakorlatilag ismeretlenek a nemzetközi szakirodalom számára, azaz sikeres méréseket ezekkel az elrendezésekkel mindeddig valószínűleg nem végeztek. A jelen cikk végső soron ennek az okait keresi.

Megjegyzem, hogy tanulmányomban az ugyancsak perspektivikusnak tűnő felszín alatti null-elrendezés jellegű konfigurációkkal [TAKÁCS, HURSÁN 2000] nem foglalkozom.

Az 1. fejezetben rendszerezem a szakirodalomban feltehető és az általam bevezetett null-elrendezéseket és ismertetem az összes null-elrendezés működését. A 2. feje-

zetben az újonnan bevezetett null-elrendezés csoport elméleti alapjait tisztázom, amelyek elengedhetetlenül szükségesek a 3. fejezetben bemutatott terepi mérések eredményes végrehajtásához. A terepi mérések során a null-elrendezéseket mészköben lévő repedések lokalizálására és irányuk kimutatására használtuk sikeresen.

1. A null-elrendezések osztályozása és leírása

A szakirodalomban található és az újonnan bevezetett null-elrendezések az 1. ábrán láthatók. Szembetűnő, hogy ez utóbbiak („A mért érték nulla” oszlopban) teljesen külön csoportot alkotnak, amelybe az eddig valaha is használt elrendezések közül egyedül a négyzet- γ elrendezés tartozik bele. Ez az elrendezés is azonban inkább a második csoportba tartozó formában használatos, azaz nem pusztán a mért potenciálkülönbséget, hanem annak valamely származtatott paraméterét használják az értelmezésnél. A korábbiakban használt null-elrendezések tehát gyakorlatilag kivétel nélkül vagy valamilyen módon származtatott paramétereket alkalmaznak, vagy pedig fókuszált áramterű elrendezések.

Előbbiek esetében (pl. Lee-elrendezés [JAKOSKY 1960]) valamely két mért érték különbsége, vagy valamely még bonyolultabb képzett mennyiség (a négyzetes elrendezéseknél pl. az ún. AIR paraméter [HABBERJAM, WATKINS 1967]) elméleti értéke lesz nulla homogén féltér felett mérve. A fókuszált áramterű elrendezések ezzel szemben a null-elrendezések szűkebb definíciójába is beleférnek. Felhasználásuk azonban szinte kizárólag a mélyfúrású geofizikára korlátozódik, felszíni mérések céljára — vélhetően elsősorban viszonylagos bonyolult kivitelezhetőségük miatt — nem nagyon terjedtek el.

1.1. A származtatott paramétert használó elrendezések

— A Lee-elrendezés [JAKOSKY 1960] az áramelektródák középpontjában elhelyezett O és attól mindkét irányban egyenlő távolságra lévő másik két M és N potenciálektróda közötti potenciálkülönbségeket méri egymás után, majd a potenciálkülönbségek különbségét képezi.

¹ Beérkezett: 2002. július 8-án

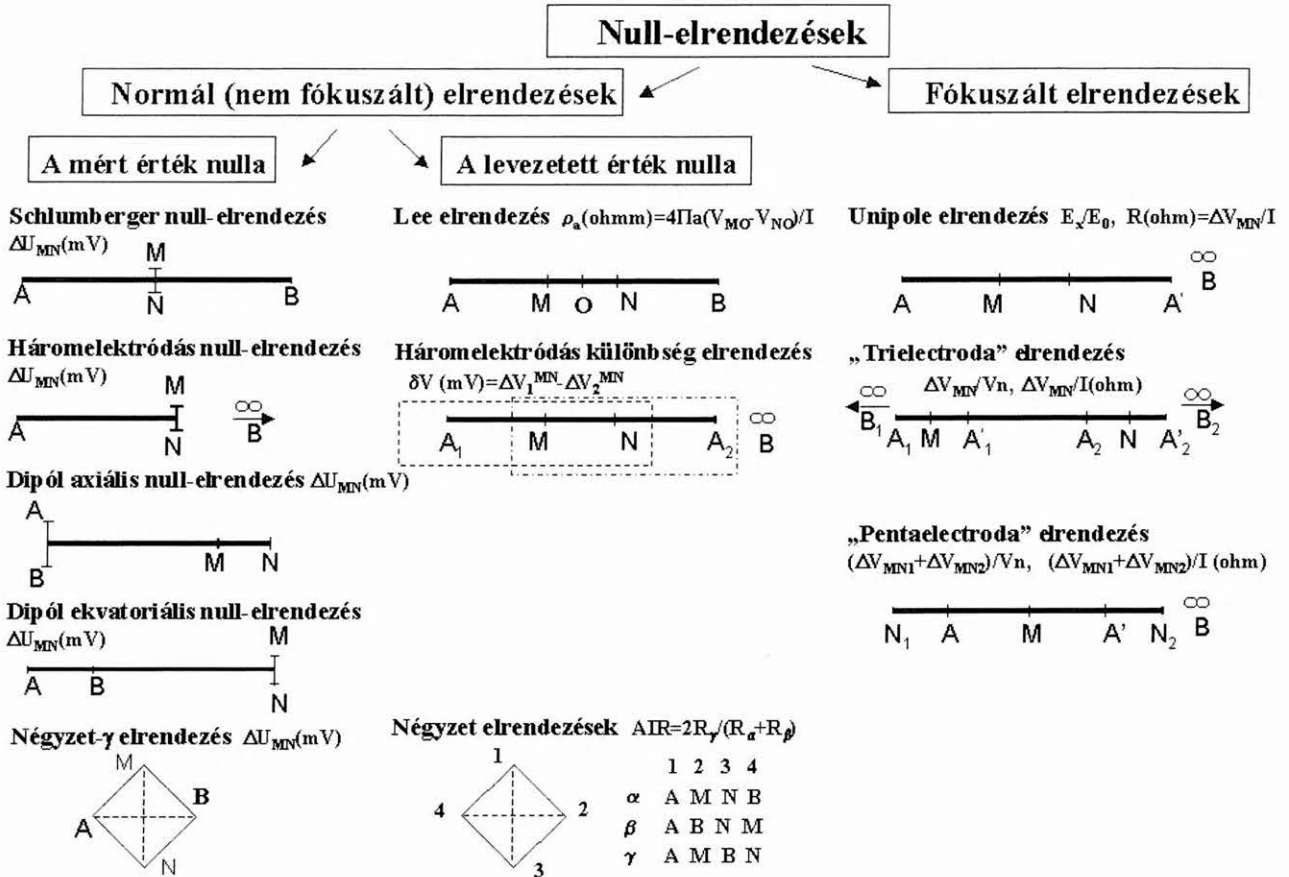
² MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet,
9400 Sopron, Csatkai E. u. 6–8.

Az értelmezendő paraméter tehát egy $(V_{M0}-V_{N0})/I$ értékkel arányos mennyiség. Homogén féltér felett ez az érték nyilvánvalóan nulla.

— A háromelektrodás különbség elrendezés [MILITZER et al. 1979] esetében tulajdonképpen két háromelektrodás elrendezéssel (A_1MN és A_2MN) egymás után, a hagyományos módon végrehajtott mérésről van szó. Ezt követően a kapott potenciálkülönbségek különbségét képe-

zik. Nem kétséges, hogy az eredmény homogén féltér felett ebben az esetben is nulla lesz.

— A négyzetes elrendezéseknél használt ún. AIR (Azimuthal Inhomogeneity Ratio) [HABBERJAM, WATKINS 1967] mennyiség hasonlítható leginkább az általunk használt elrendezések mért paramétereire, hiszen az eltérés azokhoz képest csak annyi, hogy ebben az esetben a homogén féltér felett kapható elméletileg nulla értéket (R_γ) még normálják valamilyen mennyiséggel.



1. ábra. A null-elrendezések csoportosítása

Fig. 1. Classification of the null-arrays

1.2. A fókuszált áramterű elrendezések

— Az unipólus-elrendezés [GUPTA, BHATTACHARYA 1963] a Schlumberger-elrendezéshez hasonló, azzal a különbséggel, hogy ennél az elrendezésnél mindkét áram-elektroda azonos előjelű forrásként funkcionál.

— A „trielektroda”-elrendezés (nem tévesztendő össze a háromelektrodás elrendezéssel!) [BRIZZOLARI, BERNABINI 1979] esetében két elektródarendszer (A_1MA_1' , valamint A_2NA_2') potenciálelektrodái között mérik a potenciálkülönbséget. Ezen elektródarendszerek mindegyike két-két hasonló pólusú áramelektrodából és ezek középpontjában elhelyezkedő potenciálelektrodából áll. A mérés folyamán az áramelektrodák egyike helyben marad, míg a másik a potenciálelektrodáival együtt távolodik tőle.

— A „pentaelectroda”-elrendezés [BRIZZOLARI, BERNABINI 1979] esetében az M és N_1 , illetve az M és N_2 elektródák közötti potenciálkülönbség algebrai ösz-

szegéből képzett, majd normált paraméter kerül ábrázolásra.

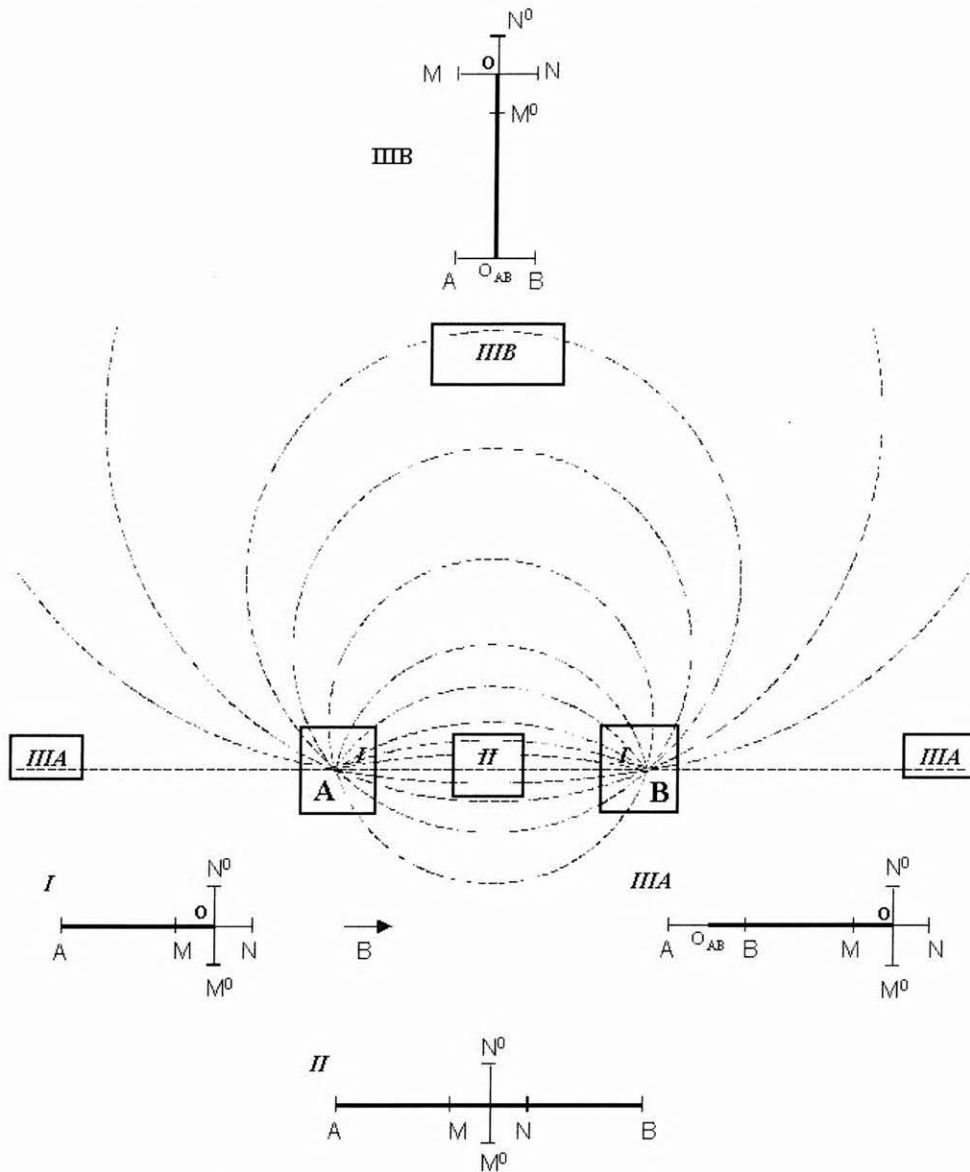
Ahogy a hivatkozott irodalomból kiderül, az előbbieken ismertetett elrendezések mindegyikével hajtottak végre sikeres terepi kísérleteket. Így aztán semmi okát nem látom annak, hogy az általunk bevezetni kívánt null-elrendezésekkel ne lehessen hasznos információt nyerni a Föld belsejéből.

1.3. Az újonnan bevezetett null-elrendezések

Az általam bevezetett null-elrendezések egyszerűen az elektródák pozíciója miatt adnak homogén féltér felett nulla jelet. Könnyen belátható, hogy az elektródákat a féltér felszínén elhelyezve végtelen számú null-elrendezés kreálható, ezek mindegyikének megismerése tehát nem lehetett a célom. Ezért kiválasztottam néhány null-elrendezést, amelyek viszonylag jó képet adnak a felszíni null-elrendezések teljes spektrumáról, azaz azok a teljes áramteret jól reprezentálják.

Így került sor a háromelektrodás null-elrendezés, a Schlumberger null-elrendezés, valamint a dipól axiális és a dipól ekvatoriális null-elrendezések kiválasztására (2. ábra). Ez utóbbi két elrendezés persze csak látszólag különböző, hiszen a reciprocitási elv következményeként az ezekkel kapott eredményeknek elvileg meg kell egyezniük egymással. A fenti null-elrendezések neve visszatükrözi

azt, hogy ezek mindegyike a nevét adó hagyományos elrendezésből nyerhető, mégpedig oly módon, hogy a változatlan pozíciójú áramelektrodák mellett a potenciálelektrodákat úgy kell áthelyeznünk, hogy az őket összekötő szakasz az őket eredetileg összekötő szakaszhoz képest 90° -os szöveget zárjon be, az eredeti és az új szakasz metszéspontja pedig egyben a szakasz felezőpontja legyen.



2. ábra. Három karakterisztikus hagyományos elrendezés és a nekik megfelelő null-elrendezések. A potenciálelektrodák a következőképpen helyezkednek el: I) valamelyik áramelektrodához közel, ahol az áramvonalak közel sugárirányúak; II) két áramelektroda között, ahol az áramvonalak közel párhuzamosak; III) mindkét áramelektrodától távol, ahol az áramtér már dipóltérnek tekinthető

Fig. 2. Three characteristic traditional arrays and their corresponding null-methods. The potential electrodes may be placed: I) close to one of the current electrodes, where the current lines are nearly radial; II) between the current electrodes, where the current lines are nearly parallel; III) far from the current electrodes, where the current source may be considered as a dipole

A terepi mérések során ez nagyon előnyös, amennyiben egyszerre szeretnénk mérni egy hagyományos elrendezéssel és a neki megfelelő null-elrendezéssel egy adott szelvényen. Ily módon ráadásul a null-elrendezésekkel kapott eredményeinket közvetlenül összevethetjük a hagyományos elrendezésekkel mért értékekkel. Vegyük még észre, hogy

pontosan ezekkel a hagyományos elrendezésekkel hajtják végre a legtöbb egyenáramú mérést a gyakorlatban.

Lássuk tehát az alkalmazott elrendezéseket és azok viszonyát az áramtérhez (2. ábra):

(I) A háromelektrodás null-elrendezés (illetve a három-elektrodás elrendezés) esetében a potenciálelektrodák az

egyik áramelektrodához sokkal közelebb vannak, mint a másikhoz. Ekkor az áramvonalak megközelítően sugárirányúak.

(II) A Schlumberger null-elrendezés (illetve a Schlumberger-elrendezés) esetében a potenciálelektrodák a két áramelektroda között találhatók, ahol az áramvonalak közel párhuzamosak egymással.

(III) A dipól axiális és a dipól ekvatoriális null-elrendezés esetében (illetve a nekik megfelelő dipól axiális és dipól ekvatoriális elrendezéseknél) mindkét áramelektrodától távol vagyunk, így az áramtér a potenciálelektrodák szemszögéből dipóltérként jelenik meg.

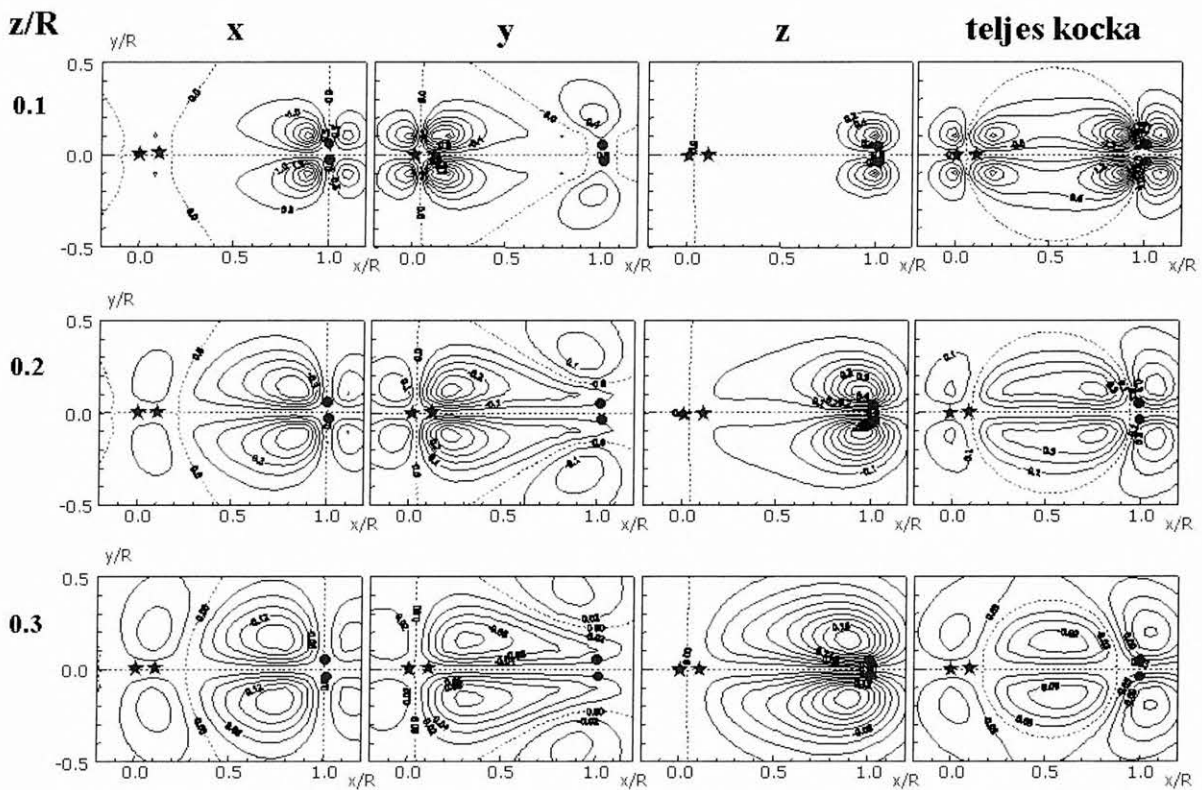
A nemzetközi szakirodalomban semmi jelét nem találtam annak, hogy ezeket a teljesen új csoportot alkotó elrendezéseket terepi mérésekre valaha is használták volna. Ezen null-elrendezések elméleti és terepi vizsgálatairól szól a cikk további része.

2. A null-elrendezések elmélete

A null-elrendezések elméletére vonatkozó eddigi tudásunk döntően a paraméterérzékenység-térképekre támaszkodik [BARKER 1979, HURSÁN 1996, SZALAI 1997, SPITZER 1998]. Különböző mélységekre vonatkozó *para-*

méterérzékenység-térképeken olyan térképeket értünk, amelyek azt mutatják meg, hogy az adott mélységben, különböző koordinátájú pontokban elhelyezkedő, környezetűl eltérő fajlagos ellenállású kisméretű terfogatok mekkora hatással lennének a mért jelre.

Az összes vizsgált null-elrendezés *paraméterérzékenység-térképe*, szemben a hagyományos elrendezések általában szimmetrikus térképeivel, antiszimmetrikus az adó-vevő vonalra. Példaként a *dipól axiális null-elrendezésnek* a kocka különböző irányokra merőleges lappárjaira és a teljes kockára vonatkozó paraméterérzékenység-térképeit mutatom be a dipólok távolságának 0,1-, 0,2- és 0,3-szeresének megfelelő mélységeken (3. ábra). (A 3., valamint a 4. és 5. ábrán ábrázolt mennyiségek az adott elrendezésnek megfelelő hagyományos elrendezések homogén féltér felett mért értékeivel normáltak, így dimenziótlanak.) Látható, hogy az *antiszimmetria* nemcsak az összegzett hatásra, de egyenként az összes komponensre, mélységtől függetlenül, érvényes. A jelenség az elrendezésnek az adó-vevő vonalra mutatott antiszimmetriájából adódik, azaz abból, hogy a vonal egyik oldalán az áram forrása, a másikon pedig az adó-vevő vonaltól ugyanolyan távolságra a nyelője található. (A 3. ábrán az áramelektrodákat csillaggal, a potenciálelektrodákat körökkel jelöltem.)

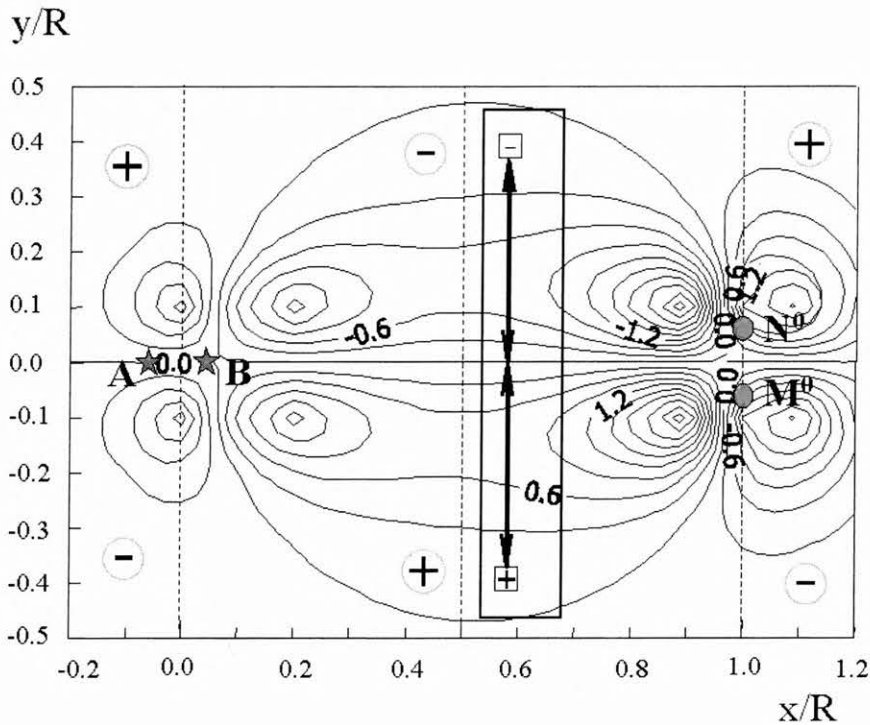


3. ábra. A dipól axiális null-elrendezés paraméterérzékenység-térképei az x , y és z komponensekre, valamint a teljes kockára három különböző mélységben

Fig. 3. Parameter sensitivity maps of the dipole axial null-array for the x , y and z components and for the total cube, respectively

Az antiszimmetrikus paraméterérzékenység-térképekkel jellemezhető elrendezések esetében (és ilyen az összes, a cikkben vizsgált null-elrendezés) bármely, az antiszimmetria vonalára szimmetrikus szerkezet felett, csakúgy, mint homogén féltér felett, nulla jelet kell mérnünk. Ebben

az esetben ugyanis a testnek a vonal két oldalán, attól egyenlő távolságra elhelyezkedő kis darabjai (+ és - jelekkel jelölve a 4. ábrán) ugyanakkora abszolút értékű, de ellentétes előjelű hatást okozva éppen kompenzálják egymás hatását.



4. ábra. A dipól axiális null-elrendezés paraméterérzékenység-térképe. Az $y/R=0$ vonalon átmenő merőleges síkra szimmetrikus testek nem produkálnak választ null-elrendezésnél, mivel az ettől a vonaltól egyenlő távolságra, a vonal két oldalán található kis testszegmensek hatásai éppen kinullázzák egymást

Fig. 4. Parameter sensitivity map of the dipole axial null-array. In case of null-arrays the structures symmetrical to the $y/R=0$ plane do not give any signal. The effects of the small portions of these structures being at equal distance, but on different sides of this plane namely annulate each other

Ez a helyzet 1-D, vagy 2-D testek esetében, ha a dőlés-irány egybeesik az $y/R=0$ vonallal, illetve még 3-D testek esetében is, ha azok szimmetriatengelye esik egybe ezzel a vonallal. Ebből az állításból következik emellett az is, hogy a vizsgált null-elrendezések — ahogy ezt a később bemutatásra kerülő terepi mérések is igazolják — nagyon érzékenyek a féltér szimmetrikustól való eltéréseire, valamint hogy ezekkel a null-elrendezésekkel csak azok karakterisztikus vonalára (dipól-elrendezéseknél a dipólok középpontjait, egyéb elrendezéseknél az áramelektrodákat összekötő egyenes) nem szimmetrikus 3-D szerkezetek felett végezhetünk értelmes méréseket.

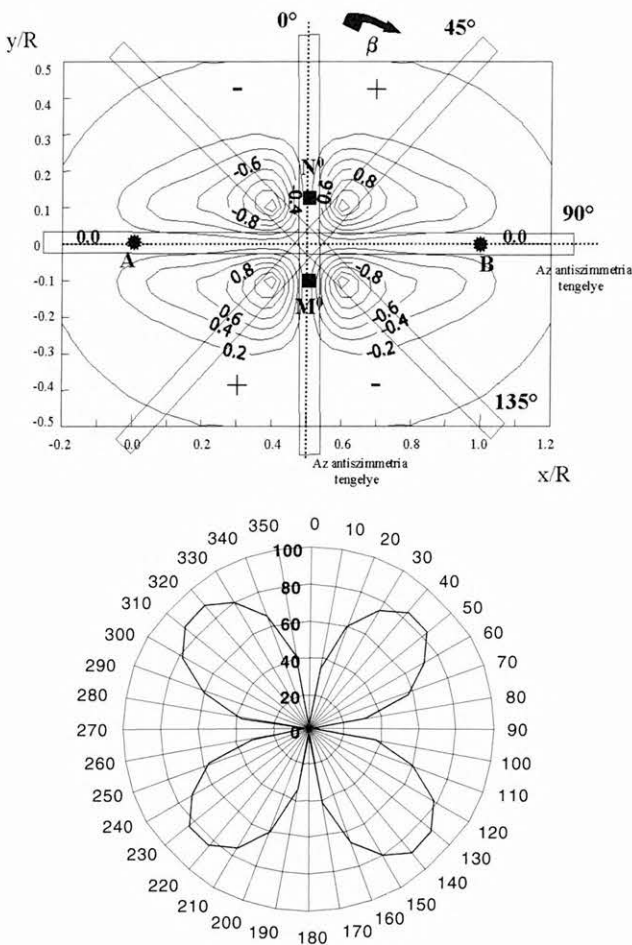
Ennek ellenére a null-elrendezések lehetséges alkalmazási területe nem szűk, mivel a gyakorlatban éppen a nem-3-D eset nagyon ritka. 2-D szerkezetből pedig a szelvény irányának megváltoztatásával egyszerűen 3-D helyzethez juthatunk, így a null-elrendezések elvileg ilyen esetekben is alkalmazhatók.

Az előbb elmondottak következménye a null-elrendezések függőleges lemez alakú hatók feletti *elforgatásos mérések* esetén mutatott viselkedése is. Amint azt az 5. ábra illusztrálja, az áramelektrodák vonalában, vagy arra merőlegesen elhelyezkedő függőleges lemez az előbbieknél nulla hozzájárulást ad a mért jelhez. A lemez bármely más pozíciójában a jelhez való hozzájárulása nullától eltérő, így a jelek abszolút értékét véve virágszirom alakú sugárdiagramot kapunk. Hasonló a helyzet akkor is, ha a forgatás során az elrendezés középpontja nem a lemez felett, hanem attól tetszőleges távolságban található, ami óriási előny a hagyományosan törésirány meghatározásra

használt Schlumberger-elrendezéssel szemben, hiszen annak jelalakja változik a töréstől mért távolság függvényében.

Az 5. ábrán látható elméleti eredményt az MTA GGKI modellező laboratóriumában [ÁDÁM et al. 1981, MÁRZ et al. 1986] végrehajtott *analóg modellkísérletekkel* is igazoltam. A 3x4 m-es modellkádát 14 cm mélységig töltöttem közel 20 Ωm fajlagos ellenállású csapvízzel, a jólvezető repedéseket pedig 0,5x200x12,5 cm geometriai paraméterű, 10^{-5} Ωm fajlagos ellenállású grafitlappal modelleztem. A mérések eredménye a 6. ábrán látható. A repedés iránya Schlumberger null-elrendezéssel mérve pontosan kimutatható, jöllehet a kapott sugárdiagram nem teszi lehetővé annak eldöntését, hogy a grafitlap csapásirányát az egymásra merőleges minimum értékhez tartozó irányok melyike mutatja. Ahhoz, hogy a két egymásra merőleges irány közül a megfelelőt kiválaszthassuk, szükség van a hagyományos elrendezésre is. A két elrendezéssel kapott eredményeket együtt értelmezve azonban már nagyon jól meghatározható a grafitlapok iránya.

Bármely null-elrendezés paraméterérzékenység-térképéből egyértelműen kiderül (ld. pl. 3. ábra), hogy null-elrendezéssel mérve a karakterisztikus hatóra nem szimmetrikus 3-D hatók esetében van nullától eltérő jel. *Értékéről* pedig durva közelítésként elmondhatjuk, hogy olyan 3-D inhomogenitás esetén, amelynek mindhárom irányú kiterjedése közel egyforma, a null-elrendezéssel mért jel a neki megfelelő hagyományos elrendezéssel (azaz amiből némi transzformációval a null-elrendezést nyertük) mérhető jelnél általában közel egy nagyságrenddel kisebb.



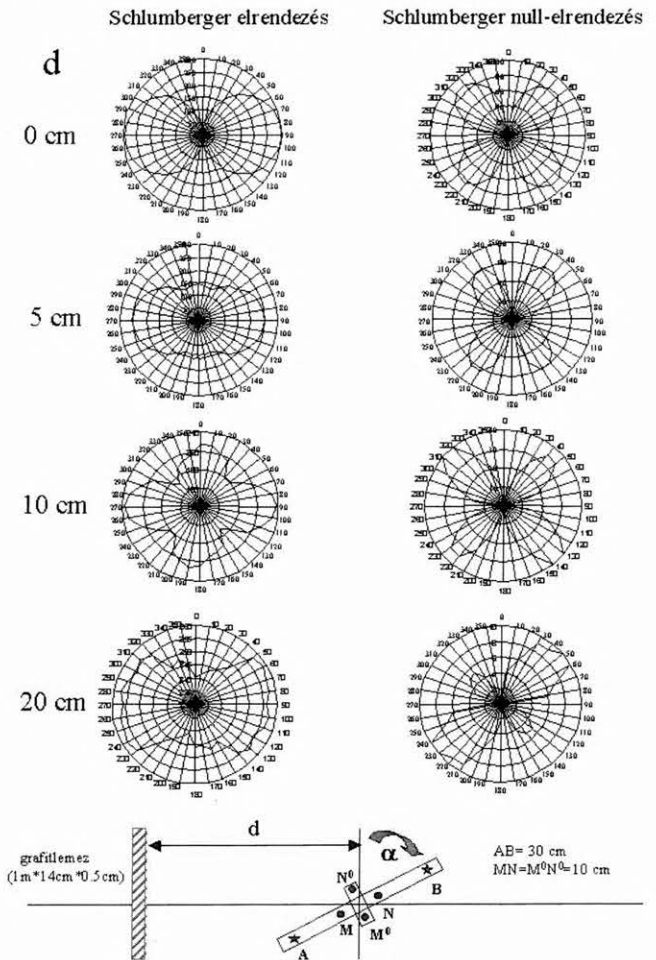
5. ábra. a) A jólvezető lemez felett Schlumberger null-elrendezéssel elforgatásos mérések kapott eredmények magyarázata a paraméterérzékenység-térkép segítségével; b) ugyanezen modell felett analóg modellméréssel kapott rózsadiagram (dimenzió: mV/A)

Fig. 5. a) Interpretation of the results obtained by the Schlumberger null-array rotating above a high conductivity dyke using the parameter sensitivity map; b) the azimuthal diagram obtained above the same model by analogue modeling (dimension: mV/A)

Ahhoz, hogy tudjuk, mire elég ez a látszólag kis jel, több mindent kellene még tisztábban látnunk. Így pl., hogy a null-elrendezésekkel mérhető jel kicsi ugyan, de ez a kis jel nem „ül rá” egy nagy jelre (ami a mérés szempontjából fontos információt nem hordozó homogén féltérrel származik), mint a hagyományos elrendezések esetében, hanem önállóan mérhető. Így, mivel itt elvileg a homogén féltér felett mérhető érték — szemben a hagyományos elrendezésekkel — nulla, mérés technikailag sokkal kedvezőbb helyzetbe kerülünk, de természetesen csak akkor, ha az információt tartalmazó jel nem annyira kicsi, hogy egyáltalán ne is lehessen megmérni.

Fontos különbség a null-elrendezések és a hagyományos elrendezések között, hogy míg a hagyományos elrendezések esetében a maximális jelet adó kockapozíció a kocka mélységétől függetlenül az elrendezés karakterisztikus vonala alatt található (így pl. az összes vonalelrendezés, vagy akár a dipól ekvatoriális elrendezés esetében is), addig null-elrendezéseknél ez a pozíció minden mélységben ettől a vonaltól oldalra (a dipól axiális null-elrendezés

esetében például mintegy 0,1 adó-vevő távolságra, ld. 3. ábra) helyezkedik el. A karakterisztikus vonal alatt elhelyezkedő, arra szimmetrikus hatók pedig — a vizsgált null-elrendezések esetében — egyáltalán nem okoznak jelet. A null-elrendezések meg nem értésének, illetve elhanyagolásának valószínűleg ez a jelenség lehetett az egyik fő oka. Kétségtelen, hogy ez a jelenség megnehezítheti a mérések kiértékelését, de semmiképpen nem elegendő ok arra, hogy emiatt lemondjunk a null-elrendezések további vizsgálatáról.



6. ábra. A klasszikus Schlumberger-elrendezés (bal oldal) és a Schlumberger null-elrendezés (jobb oldal) analóg modellméréssel meghatározott sugárdiagramja jólvezető lemez felett. Az elrendezés középpontjának a lemeztől való távolsága 0 és 20 cm között változik. Az ábra alján a mérőrendszer felülzeti képe látható

Fig. 6. Azimuthal diagrams for the classical Schlumberger array (left column) and the Schlumberger null-array (right column) over a high conductivity dyke, when the distance of the array centre from the dyke varies from 0 to 20 cm. The planview of the measuring system is shown in the bottom

A paraméterérzékenység-térképekből levonható tanulságokat összegezve megállapíthatjuk, hogy amíg a vonalelrendezések paraméterérzékenység-térképei az elektródák vonalára szimmetrikusak, addig az általunk bevezetett null-elrendezéseké erre a vonalra, a fókuszált null-elrendezéseké pedig az elrendezés szimmetriatengelyére antiszimmetrikusak. Ebből következik, hogy mindezen null-elrendezések nemcsak homogén féltér felett, de 1-D szerkezetek felett is zero jelet szolgáltatnak. Amíg az álta-

lunk bevezetett null-elrendezések kétdimenziós szerkezetek felett sem adnak jelet, ha a karakterisztikus vonallal egybeeső mérési irány a szerkezet dőlésirányával esik egybe („inline” helyzet), addig azonban csapásirányba eső karakterisztikus vonal és dőlésirányú haladási irány („broadside” helyzet) esetén nagyon érzékenyen reagálnak. A fókuszált null-elrendezések esetében ezzel pontosan ellentétes a helyzet.

A null-elrendezéseknek még sok, egyéb forrásokból ismert közös sajátosságuk van, amelyeket érdemes összegezni. Null-elrendezések esetében pl.

- nem számítható a mért értékekből a hagyományos módon látszólagos fajlagos ellenállás, mivel az a k geometriai együttartó végtelen volta miatt teljesen értelmetlen lenne;
- a terepen általában viszonylag kis potenciálkülönbségek mérhetők (terepi mérési technikában okozhat eltéréseket a hagyományosan bevett módszerektől);
- az elektródák pontatlan elhelyezéséből eredő hibák is valószínűleg hasonló jellegűek;
- és vélhetően még sok, további kutatásra váró közös tulajdonság létezik.

A null-elrendezések elektródáinak pontatlan terepi pozicionálásából eredő várható hibákkal egyelőre még nem foglalkoztam, terepi tapasztalataim azonban a mérések megismételhetőségét tekintve kedvezőek (lásd később). Szintén nem vizsgáltam még pl. a null-elrendezések 3-D szerkezetekre vonatkozó kimutatási mélységének, illetve felbontóképességének kérdését sem. Ezekre a látszólag egyszerű kérdésekre ugyanis csak a lehetséges zajok vizsgálatával kaphatunk érdemleges eredményeket. Ennek ellenére az eddigi eredményekkel felvértezve úgy gondoltam, hogy kísérletet tehetek a terepi mérések végrehajtására. Ezeknek a terepi méréseknek a bemutatására kerül sor a továbbiakban.

3. Terepi mérések null-elrendezésekkel

3.1. Törések pozicionálása

A kiválasztott háromelektrodás, Schlumberger, dipól axiális és dipól ekvatoriális null-elrendezésekkel terepi mérések segítségével kapott eredményeket mutatom itt be, összevetve azokat a nekik megfelelő hagyományos elrendezésekkel (azaz azokkal, amelyekből az adott null-elrendezéseket egy transzformációval kaptuk) kapott eredményekkel és a valósággal is. Ez utóbbi úgy lehetséges, hogy a mészkőben lévő repedések kimutatására irányuló méréseket egy külfejtés falával párhuzamosan végeztük, amelyen a törések jól láthatók és azok iránya is meghatározható.

Az első méréseket a svájci Jurában, a Svájc ÉNy-i részén fekvő Les Breleux falu közelében végeztük. Ebben a régióban a mintegy 0,2–1,5 m vastag negyedidőszaki üledék fekszik több száz méter vastag Kimmeridge mészkő. A mészkő erősen karsztosodott és intenzív tektonikai folyamatokon, úgymint töréseken és áttolódásokon ment keresztül. Ezek a folyamatok gazdag törérendszerrel hoztak létre, amely törések zöme teszterületünkön közel merőleges a bánya falára. Méréseinket ezzel a fallal párhuzamosan, a faltól 8 m-re lévő szelvényen végeztük. A falhoz közelebb a topográfiai viszonyok, illetve a fal veszélyes közelsége miatt nem mérhettünk, távolabb pedig már túl messze let-

tünk volna a faltól ahhoz, hogy eredményeinket az ott látható repedések pozícióival összevethessük. Mérési vonalunk ahhoz elegendően nagy távolságban volt a faltól, hogy a fal hatása ne befolyásolja a mérési eredményeket, a méréseket biztonságosan végre tudjuk hajtani, és hogy a falhoz közeli drasztikus topográfiai változások ne befolyásolhassák különösebben a mérési eredményeket.

A terepen alkalmazott elrendezések geometriai paramétereit az 1. táblázatban láthatók.

Elrendezés	Karakterisztikus távolság	MN hosszúság
I	$AO = 2$ m	1 m
II	$AB = 4$ m	1 m
IIIA and IIIB	$AO = 4$ m	1 m

1. táblázat

Table 1. Geometrical parameters of the arrays used in the field

Az elektródák pontos pozicionálása érdekében egy speciális eszközt (7. ábra) készítettünk, ami a geometriai hibák jelentős (1 cm alá) csökkentését tette lehetővé. Az áramelektrodák pozícióját egy műanyag cső, míg a potenciálelektrodák helyzetét a null-elrendezések esetében egy erre erősített lécvégpontjai jelölték ki. Az egész szerkezet össztömege nem haladta meg a 4 kg-ot és mivel a hosszabb kábelek a cső belsejében futottak, maga a mérés 2 személlyel, szükség esetén pedig akár egy személlyel is kivitelezhető volt.



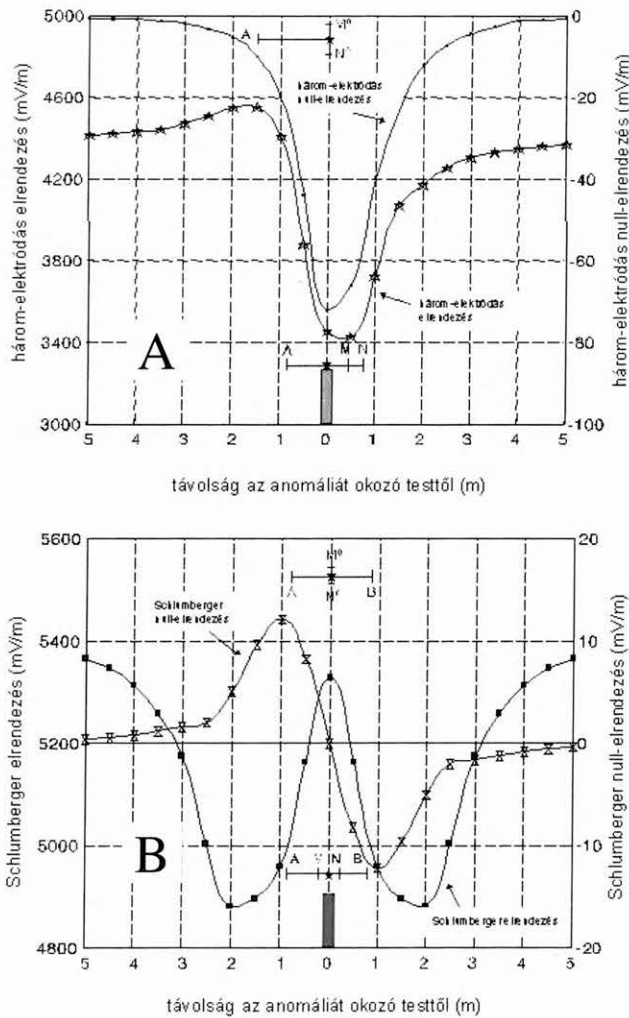
7. ábra. Terepi mérés geoelektromos null-elrendezéssel (Schlumberger-elrendezés). A műanyag cső és a lécvégpontjai szolgálja a geometriai pontosságának növelését szolgálja. A cső két végén az áramelektrodák, míg a lécvégpontjainál a potenciál-elektrodák találhatók

Fig. 7. Geoelectric null-array measurement (Schlumberger array) in the field. The plastic tube and the lattice on it serves to reduce geometrical errors. At both ends of the tube the current electrodes, at the ends of the lattice the potential electrodes can be found

Mindenekelőtt adódott a kérdés, hogy a null-elrendezések felhasználásával nyerhetünk-e egyáltalán hasznos információt a felszín alatti szerkezetekről, ezért a terepi mérések megismételhetőségének kérdését vizsgáltuk meg legelőször. A két különböző időpontban, ugyanazon a szelvényen mért eredmények koherens eredményt adtak, ami

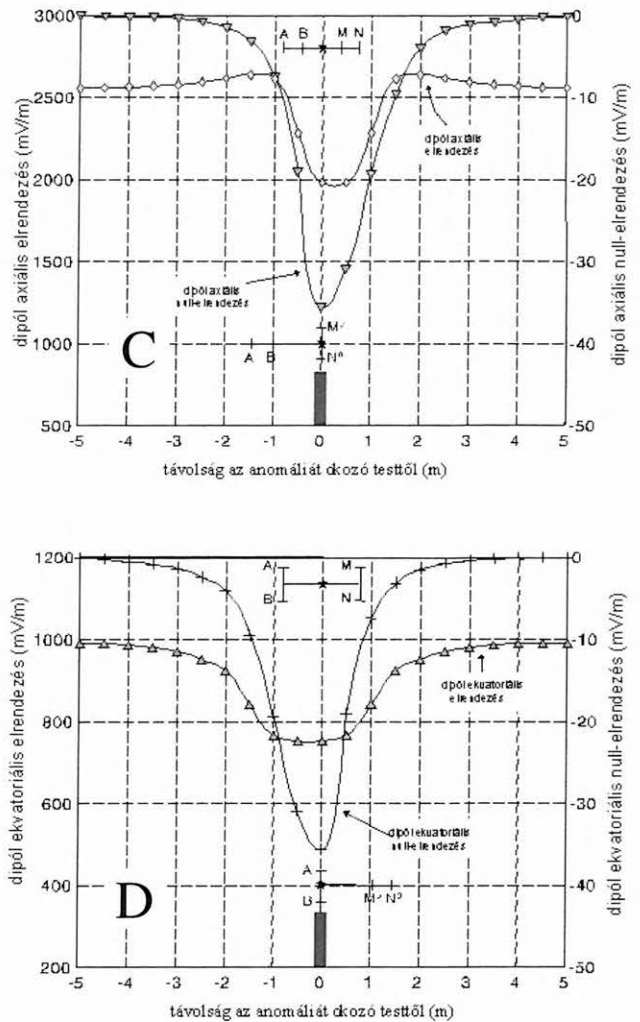
felbátorított bennünket a további mérések végrehajtására.

A repedések hatásának vizsgálatára először PRÁCSER Ernő segítségével *numerikus modellezést* végeztünk PRÁCSER [1999], DEY, MORRISON [1979] alapján készített 3-D numerikus kódjával. Ha a függőleges törés vízszintes kiterjedése az elrendezésünk méretéhez képest hosszú, felszíne pedig a földfelszínnel párhuzamos lenne, akkor — ahogy azt korábban bemutattam — nem mérhetnénk nullától eltérő jelet a törés felett. Esetünkben azonban a mészkő — és így a törés — felszíne nem volt párhuzamos a földfelszínnel. Ennek köszönhető, hogy a töréseket ki tudtuk mutatni. Ezt a szituációt numerikusan egy 0,2 m széles, 10 m hosszú, lépcsős felszínű, kisellenállású (10 Ωm) testtel modelleztük. A jólvezető törések helyét a vonatkoztatási pont megfelelő megválasztása esetén az I, IIIA és IIIB null-elrendezéseknél a minimumok helyei jelölik ki (8., 9. ábra).



8. ábra. Numerikus modellezési eredmények a hagyományos és null-elrendezésekkel. Az MN és az M^0N^0 potenciálkülönbségeket a modelltől mért távolság függvényében ábrázoltam. A vonatkoztatási pontokat csillaggal jelöltem. A) háromelektrodás, és háromelektrodás null-elrendezések; B) Schlumberger- és Schlumberger null-elrendezések

Fig. 8. Numerical modeling results, for classical array and their corresponding null-arrays. The MN and M^0N^0 potential differences are plotted as a function of the distance from the anomalous body. The reference points are indicated by stars. A) three-electrode and three-electrode null-array; B) Schlumberger and Schlumberger null-array



9. ábra. Numerikus modellezési eredmények a hagyományos és null-elrendezésekkel. Az MN és az M^0N^0 potenciálkülönbségeket a modelltől mért távolság függvényében ábrázoltam. A vonatkoztatási pontokat csillaggal jelöltem. C) dipól axiális és dipól axiális null-elrendezések; D) dipól ekvatoriális és dipól ekvatoriális null-elrendezések

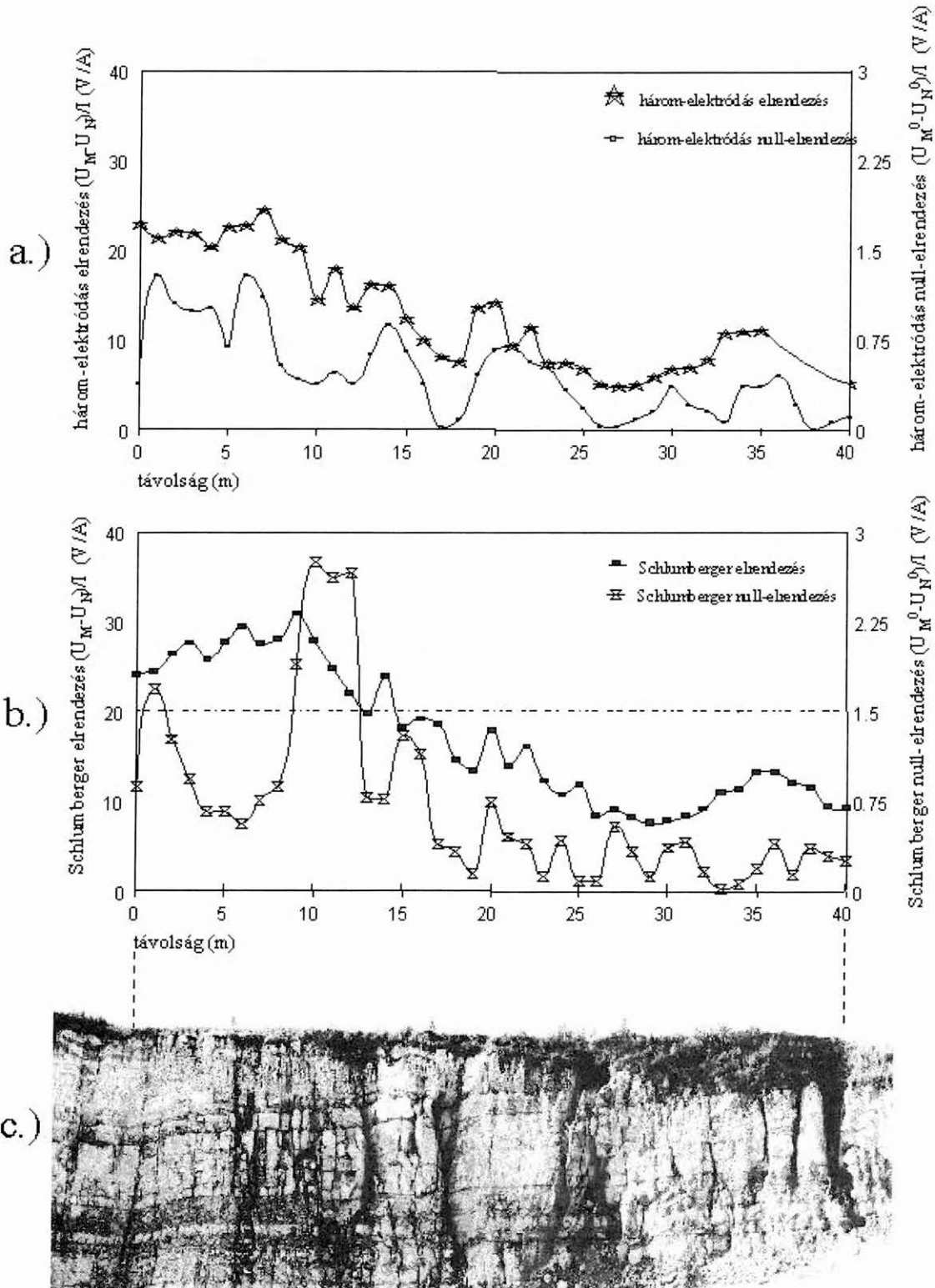
Fig. 9. Numerical modeling results, for classical array and their corresponding null-arrays. The MN and M^0N^0 potential differences are plotted as a function of the distance from the anomalous body. The reference points are indicated by stars. C) dipole axial and dipole axial null-array; D) dipole equatorial and dipole equatorial null-array

A terepi szelvényen a háromelektrodás és a Schlumberger-elrendezéssel mért adatok a 10. ábrán, míg a két dipólelrendezés-párral mért adatok a 11. ábrán láthatók. A bányá falának képe mindkét esetben az ábra alján látható. Jóllehet a 10. és 11. ábra ábrázolási módja lehetővé teszi a vizuális összevetést mért eredményeink és a fal fényképe között, a direkt összehasonlítást nehezítő több tényezővel is számolnunk kell:

- (1) Bár a fal meglehetősen sík, de nem tökéletesen, így a törések helyében némi eltérés könnyen elképzelhető szelvényünk pozícióihoz képest;
- (2) A törések iránya még ezen a 8 m-es távolságon belül sem feltétlenül marad állandó;
- (3) Kisebb törések ezen a távolságon belül akár el is tűnhetnek, vagy meg is jelenhetnek.

A különböző bizonytalansági tényezők ellenére is biztosan állítható viszont, hogy legalább a 18, 26–27 és 38 m-nél látható legjelentősebb törésekről pl. a háromelektrodás null-elrendezéssel nagyon jó képet kaphatunk (10. ábra). Úgy tűnik, mintha a Schlumberger null-elrendezés

(11. ábra) is minimummal, nem pedig inflexiós ponttal jelölné a törések helyét. Esetünkben azonban az inflexiós pont minimumhelyzettől mért távolsága csak mintegy 1 m lehet, ez pedig a fent leírt egyéb bizonytalansági kritériumok miatt nem okozhat túl nagy bonyodalmat.

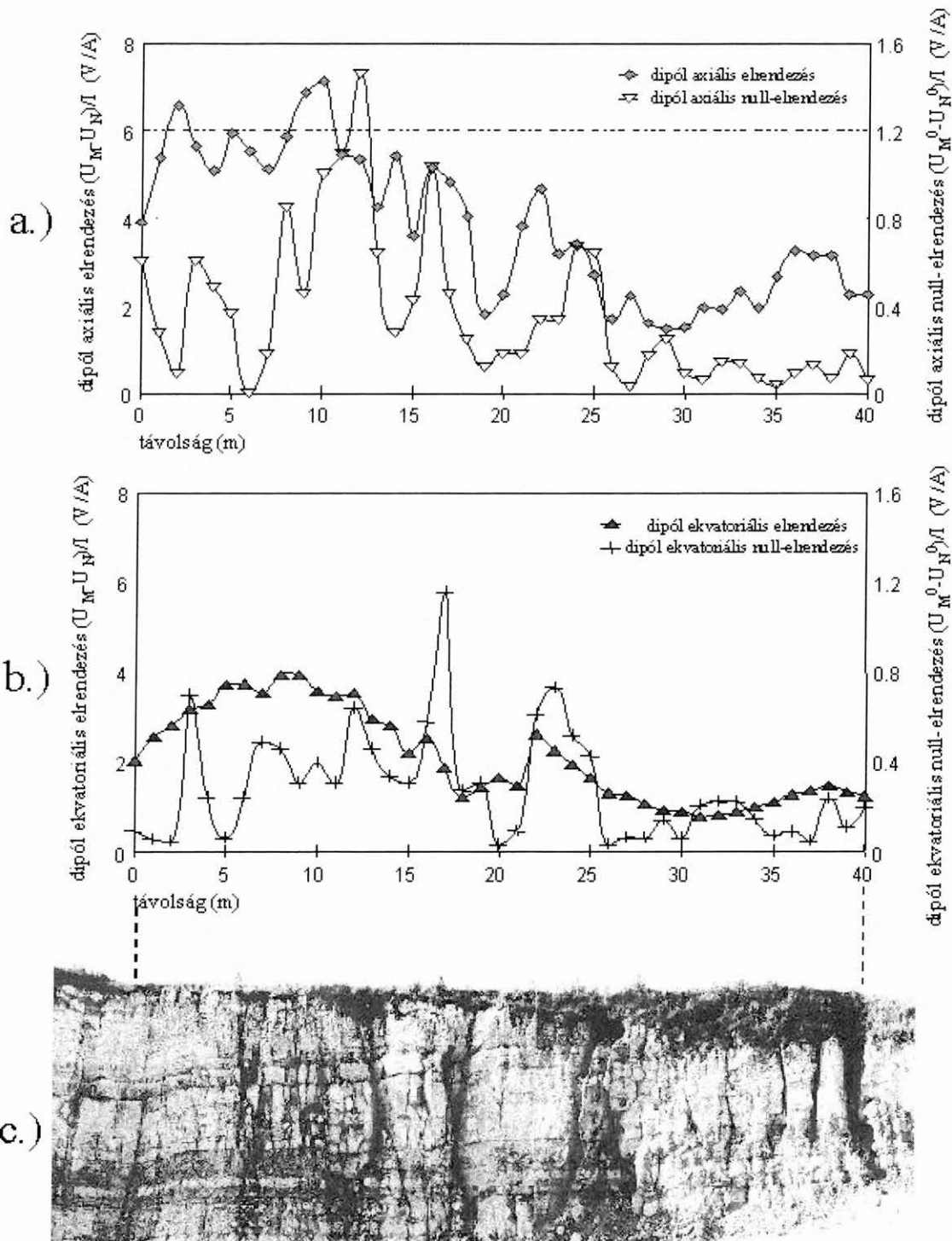


10. ábra. A null-elrendezésekkel és a hagyományos elrendezésekkel kapott anomáliák összehasonlítása egy terepi példán. a) háromelektrodás, és háromelektrodás null-elrendezés; b) Schlumberger- és Schlumberger null-elrendezés; c) a bányafala

Fig. 10. Comparison of the null- and classical array responses in a field example. a) three-electrode and three-electrode null-array; b) Schlumberger and Schlumberger null-array; c) wall of the quarry

A null-elrendezéseknek a hagyományos elrendezésekkel szemben mutatott nagyobb térbeli változékonysága a fizikai valóságot tükrözi, ahogy az kiderül az időben megismételt mérések stabilitásából, vagy pl. abból is, hogy a minimumok túlnyomó részét nem egyetlen pont alkotja. Ezen minimumok többsége tehát valószínűleg ténylegesen létező, bár esetleg kevésbé jelentős, kisebb töréseket jelez. A

nagy változékonyság azonban az aljzat lefutásának felismerését teszi nehezebbé. Mivel erre az utóbbi célra a hagyományos elrendezések nagyon jól megfelelnek, a felszín alatti tartomány mind teljesebb megismerésére a hagyományos és a null-elrendezések együttes használata tűnik optimális megoldásnak.



11. ábra. A null-elrendezésekkel és a hagyományos elrendezésekkel kapott anomáliák összehasonlítása egy terepi példán. a) dipól axiális és dipól axiális null-elrendezés; b) dipól ekvatoriális és dipól ekvatoriális null-elrendezés; c) a bányás fal

Fig. 11. Comparison of the null- and classical array responses in a field example. a) dipole axial and dipole axial null-array; b) dipole equatorial- and dipole equatorial null-array; c) wall of the quarry

Levonhatjuk tehát a következtetést, hogy a null-elrendezések képesek hasznos információt szolgáltatni a felszín alatti térségről. Sőt ezen elrendezések még a szelvény második felében is — ahol a hagyományos elrendezések már szinte semmit nem érzékelnek a törésekből — képesek kimutatni a töréseket.

3.2. Törések irányának meghatározása

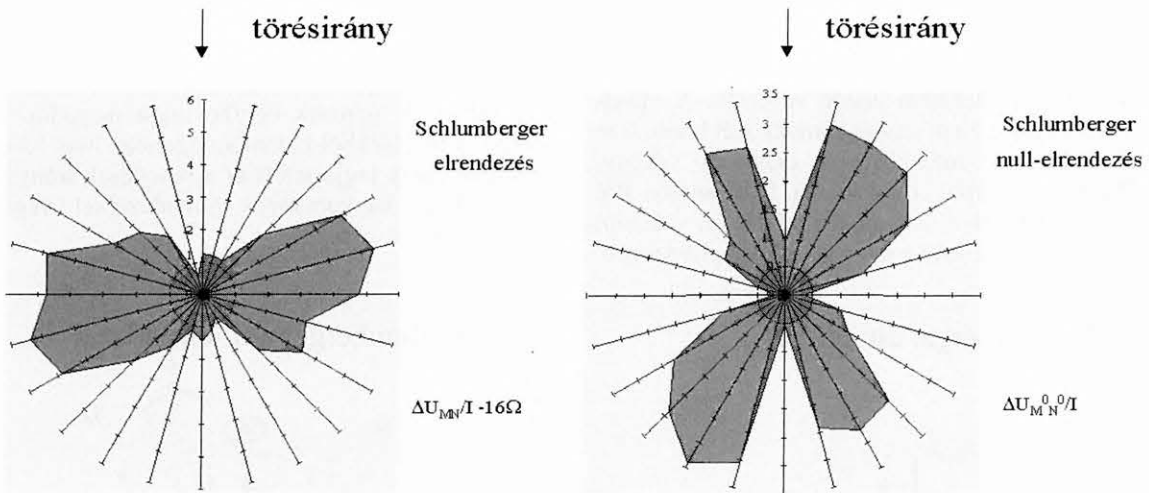
Ahogy az egy törés felett különböző irányokban végrehajtott analóg modellmérésekből kiderült (6. ábra) az elrendezés teljes körbeforgatásával Schlumberger-elrendezéssel mérve a lemez felett kettő, míg a Schlumberger null-elrendezéssel mérve összesen négy minimumot kapunk. Abban a speciális esetben, ha az elrendezés középpontja éppen a lemez felett van, a lemez iránya pontosan meghatározható a Schlumberger-elrendezéssel, az oldaltávolság növekedésével azonban az iránymeghatározás egyre bizonytalanabb lesz. Szintén bizonytalaná teszi az iránymeghatározást, hogy a lemez iránya körüli szögterületben a jel változásának sebessége kicsi.

A Schlumberger null-elrendezés teljesen körbeforgatva négy minimumot ad. Ez egyfelől hátrány, hiszen nem tudjuk, hogy a két lehetséges irány közül melyik a lemez valódi iránya. Másfelől viszont előny, hiszen ha megvannak a mért sugárdiagramon ezek az egymásra merőleges irányok,

akkor szinte biztosak lehetünk a törés létezésében. Nagyon lényeges az is, hogy a minimumhelyek az oldaltávolság („offset”) növekedésével sem változtatják meg pozíciójukat, tehát továbbra is egyértelműen a törés irányát jelölik ki. A legfontosabb azonban az, hogy ezen elrendezésnél a lemez irányának közelébe eső szögterületben a jel nagyon gyorsan változik, így a törés iránya nagyon pontosan kijelölhető.

Az analóg modellkísérletek alapján tehát a legcélszerűbb megoldásnak az tűnik, hogy a null-elrendezés segítségével kijelöljük az iránypárokat, majd az iránypárok két-két tagja közül a hagyományos elrendezés segítségével kiválasztjuk a valóságnak megfelelő irányokat.

A 12. ábra a Svájcban, egy közel párhuzamos repedésekből álló repedésrendszer egyik tagja felett mért (17 m-nél található törés) terepi eredményeket mutatja. Célunk a mészkőben lévő, a felszínre közel merőleges törések irányának meghatározása volt. A Schlumberger-elrendezés esetében ΔU_{MN} helyett $(\Delta U_{MN}/I) - 16\Omega$ értékeket mutattam be, hogy a minimum és maximum értékek jobban láthatók legyenek. Ugyanúgy, mint az analóg modellmérés esetében, a maximum iránya itt is könnyebben meghatározható, mint a minimumé. A maximum irányából 90° -ot kivonva kapjuk a törés irányát. Mivel a maximum iránya 75° -nál található, a törés feltételezett irányára a Schlumberger-elrendezéssel mérve -15° adódik.



12. ábra. Terepen felvett rózsadiagramok törésirány meghatározására. A Schlumberger-elrendezés esetén nem a potenciálkülönbség/áramerősség hányadost, hanem egy annál 16Ω -mal kisebb értéket ábrázoltunk, hogy a törésirány jobban láthatóvá váljék

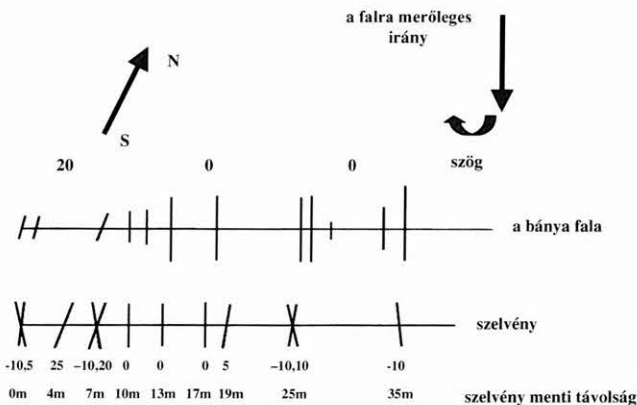
Fig. 12. Azimuthal diagrams for the determination of the strike direction in the field. In case of the classical Schlumberger array a special value $\frac{\Delta U_{MN}}{I} - 16\Omega$ is shown. In this way the recognition of the strike direction is easier

A Schlumberger null-elrendezéssel mérve 0° és 90° irányban (és persze ezek párjának 180° és 270° -os irányban) kapunk minimumokat. A Schlumberger-elrendezéssel kapott eredményt figyelembe véve ezek után a 0° -ot jelölhetjük ki a törés feltételezett irányaként, hiszen ez közel esik a -15° -hoz. Mivel azonban a null-elrendezéstől az előbb elmondottakból kifolyólag nagyobb pontosságot várunk, mint a hagyományos elrendezéstől, a 0° -ot fogadom el a törés irányának. A 17 m-nél lévő törés irányát a falon tájolóval kimérve valóban ezt az irányt kaptuk.

Ily módon meghatároztam a szelvényünkön lokalizált több törés irányát. A kapott eredményeket, valamint a törések a falon tájolóval mért irányait a 13. ábrán láthatjuk. A geoelektromos mérésekből meghatározott és a tájolóval mért irányok között a kapcsolat nagyon jónak mondható. Az ábrán még két zóna (amelyeken belül a törések iránya közel azonos) is elég jól elkülöníthető egymástól, jóllehet azok szögeltérése mindössze 10 – 20° .

A Kairó mellett végrehajtott méréseink során ugyanakkor egy többirányú repedésrendszer repedéseinek irányát

kellett meghatározni. Ez irányú erőfeszítéseimet egyébként az is motiválta, hogy — amint az TAYLOR, FLEMING [1988]-ból is kiderül — az iránymeghatározásra általánosan használt Schlumberger- (illetve Wenner-) elrendezéssel mért eredmények korántsem tükrözik vissza mindig pontosan a valóságot.



13. ábra. A kettes számú szelvényen Schlumberger null-elrendezéssel meghatározott és a bánya falán tájolóval kimért törésirányok összehasonlítása (a vonal hossza a törés vastagságával van összefüggésben)

Fig. 13. Comparison of strike directions of the fracture, as observed directly on the wall and as inferred from the data along profile 2 by using Schlumberger null-array (the length of the lines denote the dignificance of the fracture)

Méréseinket Kairó keleti részén egy nemrégiben beépített területen, az ún. Mokattan platón végeztük. A Maadi formáció hozzávetőleg 50 m vastag homokkővet borító 6 m vastag harmadidőszaki mészkövet itt csak egy vékony, mintegy 0,1–0,5 m vastag homokréteg fedi, amely alól helyenként fel is bukkan a szálaban álló kőzet. Ez, valamint a szakadék közelsége lehetővé tette, hogy a meghatározott

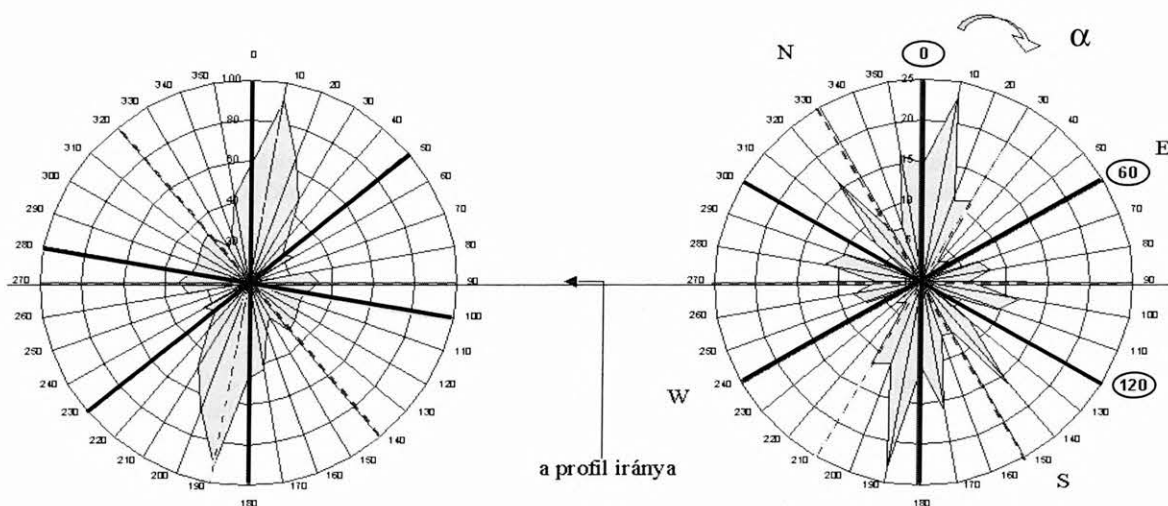
repedésirányokat a falon látható repedésirányokkal összevessük. A repedések viszonylag periodikusan következnek egymás után, így pl. a legmarkánsabban megjelenő, a falon is jól látható Ny–K irányú repedések periódusa hozzávetőleg 3–4 m. Ezen a területen — mint általában Egyiptomban mindenütt — a Szezi-csatorna ÉÉNY–DDK irányú, illetve az Akabai-öböl ÉÉK–DDNY irányú törései jelentősek. Az általunk tanulmányozott területen azonban ezeknél is jelentősebb K–NY irányú törések vannak.

A rendelkezésünkre álló Syscal R2 műszer túlspecializáltsága miatt (csak megadott elektroádelrendezések esetén jelzi ki a látszólagos fajlagos ellenállás értékeit) a feszültségkülönbség és az áram értékeit külön-külön feljegyeztük, majd ezek hányadosát ábráztuk. Ugyanígy jártunk el a hagyományos elrendezések esetében, így a hagyományos és a null-elrendezéssel kapott értékek összevethetők egymással.

A forgatásos mérést az egyes szelvény 12 m-énél, nagyjából az egyik feltételezett törés felett hajtottuk végre. A Schlumberger null-elrendezéssel végrehajtott körmérés eredményeként hét lokális minimumot tartalmazó sugárdiagramot kaptunk (14. ábra jobb oldala; a 180°-nál található minimum nem független a 0°-nál található minimumtól). Mivel az elmélet és a modellmérések szerint mindig egymásra merőleges minimumpárokat kell keresnünk, feltételezhetően ezek egyike nem valódi minimum. A legjelentősebb minimumok már ránézésre is 0°, 60° és 120°-nál találhatóak. Ezek mindegyikének megvan a párja, jóllehet a 120°-hoz tartozó minimum párja nem pontosan 30°-nál, hanem 40°-nál van. A repedések csapásirányát tehát sorrendben a 0°–90°, 30°–120° és a 60°–150° párosok egyike fogja megadni. Pusztán ezekből a mérésekből eldönteni azonban nem lehet, hogy a párosok mely tagja jelöli ki a repedések irányát. Ezért van szükség hagyományos elrendezéssel végrehajtott kiegészítő mérésekre.

Schlumberger elrendezés

Schlumberger null-elrendezés



14. ábra. A klasszikus Schlumberger-elrendezés (bal oldal) és a Schlumberger null-elrendezés (jobb oldal) terepi eredményekből képzett sugárdiagramja és a diagram értelmezése (dimenzió: V/A)

Fig. 14. Azimuthal diagrams for the classical Schlumberger array (left side) and the Schlumberger null-array (right side) obtained from field data, and their interpretation (dimension: V/A)

A Schlumberger-elrendezéssel kapott sugárdiagramon azok könnyebb azonosíthatósága miatt célszerűbb a maximális értékeket keresni. A maximumok értékeire itt 10° , 90° és 140° adódik (14. ábra bal oldala), ha eltekintünk a 60° -nál megjelenő aprócska maximumtól. Ezek az irányok elképzelésünk szerint merőlegesek a repedésirányokra. Így ebből a mérésből növekvő sorrendben elvileg 0° , 50° és 100° -ot kapnánk a repedések irányára. (Megjegyzendő még, hogy a maximumokra közel merőlegesen tényleg megtalálhatók a minimumértékek is, de a repedésirányok kijelölése azok alapján még bizonytalanabb lenne, mint a maximumok alapján.) 20° -os hibán belül a 0° -ot a Schlumberger null-elrendezéssel meghatározott három párban szereplő értékek közül csak a 0° -hoz rendelhetjük hozzá. Az 50° -ot a 30° , vagy a 60° -hoz rendelhetjük, a 100° -ot viszont csak a 120° -hoz, így az 50° -hoz a maradék elvén csak a 60° marad.

Így a repedések csapásirányára a következő értékeket kaptuk: 0° , 60° és 120° . A szögek pontos értékét azok feltételezhető nagyobb pontossága miatt a null-elrendezéssel kapott értékek alapján határoztam meg. Ezekhez képest a Schlumberger-elrendezéssel meghatározott törésirányok eltérése rendre: 0° , 10° és 20° . A repedések szignifikanciájáról csupán ezen mérések alapján semmit nem mondhatunk, hiszen mindenféle, a maximumok, vagy a minimumok alapján számítható érték a repedés és a mérési elrendezésünk középpontja távolságának is függvénye. Azt azonban meg kell jegyeznünk, hogy az ily módon meghatározott ÉÉNY–DDK, NY–K és ÉÉK–DDNY repedésirányok megegyeznek az Egyiptomban uralkodó tektonikai főirányokkal. A falon, illetve részben a felszíni kibúvásokon is látható repedésirányok szintén alátámasztják a kapott eredményeket.

Következtetések

Definiáltam, majd összegeztem a szakirodalomban található null-elrendezéseket. Ennek segítségével bemutattam, hogy a bevezetni kívánt null-elrendezések az eddig használtaktól elkülönülve teljesen más, új csoportba sorolhatók, terepi használatuk pedig a korábban használt null-elrendezéseknél lényegesen egyszerűbb.

Paraméterérzékenység-térképeik segítségével bemutattam a null-elrendezések elméleti hátterét és kimutattam, hogy sajátosságaik javarésze paraméterérzékenység-térképek antiszimmetriájából adódik. Emiatt a vizsgált null-elrendezéseknek nemcsak homogén féltér, hanem 1-D, 2-D, illetve az elrendezések vonalára szimmetrikus 3-D szerkezetek felett is nulla jelet kell adniuk.

Az elméleti eredmények birtokában — jóllehet azok még részben hiányosak — sikeres terepi méréseket végeztem mészkőben lévő repedések lokalizálására és irányának meghatározására. Előbbi feladatra a null-elrendezések jónak, különösen vastag fedőréteg esetén még jobbnak is bizonyultak, mint a hagyományos elrendezések. A repedések irányának kimutatására pedig a hagyományos és a null-elrendezések együttes használatát javasoltam, aminek segítségével többirányú repedésrendszer repedési irányainak meghatározása is lehetséges volt.

A hiányzó vizsgálatok, így a geometriai pontatlanságból eredő mérési pontatlanság vizsgálata, kutatási mélység-, és felbontóképesség vizsgálatok elvégzése után ezek az elren-

dezések perspektivikusak lehetnek pl. gátak szivárgási problémáinak vizsgálatában, üregkutatásban, illetve ún. „broadside” üzemmódban tetszőleges 2-D vizsgálatokban.

Mindemellett a null-elrendezések vizsgálata kikéneszeríti a hagyományos felszíni elektródaelrendezések részleteiből és részben más szemléletű vizsgálatát is, így azok jobb megismerését is elősegíti.

Végül eddigi vizsgálataim alapján a *Függelékben* a teljesség igénye nélkül összegyűjtöttem azokat az okokat, amelyek vélhetőleg a null-elrendezések használatának eddigi mellőzéséhez vezettek, majd ismereteim jelenlegi szintjén megoldási tervet adok ezekre (2. táblázat).

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt köszönöm SZARKA Lászlónak, hogy felhívta figyelmem a null-elrendezések tanulmányozásában rejlő lehetőségekre, majd munkámat végig figyelemmel kísérte és hasznos tanácsokkal segítette. ADÁM Antal és VERŐ József akadémikusoknak, hogy a cikkem alapjául szolgáló disszertáció átolvasására időt és energiát áldoztak, jelentősen hozzájárulva minőségének javulásához. A disszertáció javításában fontos szerepet töltött még be professzor emeritus TAKÁCS Ernő és VERŐ László, akiknek ezúton is szeretném kifejezni hálás köszönetemet. Az analóg modellezési eredmények PONGRÁCZ János, MÁRZ Győző és TURI János munkája nélkül nem jöhettek volna létre, míg a terepi mérések végrehajtásában TURI János és SZARKA László mellett MÜLLER Imre, Frank BOSCH, Pascal TURBERG, Mohamed ABD ALLA és Said AHMED segítettek. A numerikus modellezés eredményei PRÁCSER Ernő munkáját dicsérik. A téma rész támogatást kapott a T037694 és a TS048408 számú OTKA projektekből.

HIVATKOZÁSOK

- ADÁM A., PONGRÁCZ J., SZARKA L., KARDEVÁN P., SZABADVÁRY L., NAGY Z., ZIMÁNYI I., KORMOS I., RÉGENI P. 1981: Analogue model for studying geoelectric methods in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences. *Acta Geod. Mont. Hung.* **16**, 359–380
- BARKER R. D. 1979: Signal contribution sections and their use in resistivity studies. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **39**, 123–129
- BRIZZOLARI E., BERNABINI M. 1979: Comparaison between Schlumberger electrode arrangement and some focused electrode arrangements in resistivity profiles. *Geophysical Prospecting* **27**, 233–244
- DEY A., MORRISON H. F. 1979: Resistivity modelling for arbitrary shaped three-dimensional structures. *Geophysics* **44**, 753–780
- GUPTA R. N., BHATTACHARYA P. K. 1963: Unipole method of electrical profiling. *Geophysics* **28**, 608–616
- HABBERJAM G. M., WATKINS G. E. 1967: The use of a square configuration in resistivity prospecting. *Geophysical Prospecting* **15**, 445–467
- HURSÁN G. 1996: A laterális érzékenységek szerepe a horizontális elektromos szelvényezésben. *Magyar Geofizika* **37**, 106–117
- JAKOSKY J. J. 1960: *Exploration geophysics*. Newport Beach, California
- MÁRZ Gy., PONGRÁCZ J., SZARKA L. 1986: Electromagnetic scale modelling instrument for geophysical prospecting. *Scientific instrumentation*. **1**, 119–133

- MILITZER H., RÖSLER R., LÖSCH W. 1979: Theoretical and experimental investigations for cavity research with geoelectrical resistivity methods. *Geophysical Prospecting* **27**, 640–652
- PRÁCSER E. 1999: Annual report about the activity of the geoelectric laboratory in 1988. 3D d.c. modeling. Internal report, Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest
- SPITZER K. 1998: The three-dimensional DC sensitivity for surface and subsurface sources. *Geophys. J. Int.* **134**, 734–746
- SZALAI S. 1997: 3D parameter-sensitivity of d.c. dipole arrays. 59. EAGE-konferencia, Genf, P136
- SZALAI S., SZARKA L., PRÁCSER E., BOSCH F., MÜLLER I., TURBERG P. 2002: Geoelectric mapping of near-surface karstic fractures by using null-arrays. *Geophysics* (nyomtatásban)
- SZALAI S. 2002: Egyenáramú null-elrendezések. Ph.D. értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola
- SZARKA L., NAGY Z. 1992: A possibility of an electromagnetic technique to locate oil reservoir boundaries on basis of analogue modelling experiments. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **27**, 131–138
- SZARKA L. 1994: Háromdimenziós földtani szerkezetek geofizikai leképezésének lehetőségei elektromágneses kutatómódszerekkel. Akadémiai doktori értekezés. MTA GGKI, Sopron
- SZARKA L., ÁDÁM A., STEINER T., PÁSZTOR P., WESZTERGOM V., PRÁCSER E. 1995: Természetes és mesterséges elektromágneses terek kölcsönhatása. Az 1173. sz. OTKA-témapályázat (1991–1994) rövid beszámolója. *Magyar Geofizika* **36**, különszám, 43–45
- TAKÁCS E., HURSÁN G. 2000: Háromdimenziós inhomogenitások indukciói a béléscső-elektroda elektromágneses terének szeker komponenseiben. *Magyar Geofizika* **41**, 108–114
- TAYLOR R. W., FLEMING A. H. 1988: Characterizing jointed systems by azimuthal resistivity surveys. *Ground Water* **26(4)**, 464–474

Függelék

Miért nem használják a null-elrendezéseket a gyakorlatban?	Hogyan oldhatnánk meg ezeket a problémákat?
A null-elrendezésekkel kapott eredmények <i>értelmezése bonyolultabb</i> , mint a hagyományos elrendezésekkel kapott eredményeké	Meg kell ismerni a null-elrendezések elméletét (előre modellezés, paraméter-érzékenység térképek stb.)
Mert „ódkodnak” a kis jeleket adó elrendezésektől, annak ellenére is, hogy egyre jobb műszerek állnak rendelkezésünkre	Az új műszerekkel a kis jelek is nagyon jól mérhetők (és a zajok jól szűrhetők) és sokszor <i>több hasznos információt</i> tartalmazhatnak, mint a nagy jelek
Mert tartanak attól, hogy az elektródák <i>pozicionálási hibái</i> nagy mérési hibákhoz vezetnek és az esetlegesen szükséges pontos pozicionálás bonyolítja és lelassítja a mérések végrehajtását	— Az <i>elmélet</i> ismerete segít tisztába kerülnünk azzal, hogy a mérési pontatlanságok kiküszöbölésének érdekében a pozicionálás <i>mely faktoraik igazán fontosak</i> (mivel ezek nem mindegyike egyformán fontos). — Néha akkor is érdemes lehet bevetni esetlegesen nagyobb geometriai precizitást igénylő elrendezéseket, ha azok alkalmazása körülményesebb, ugyanakkor viszont várhatóan <i>több információt</i> szolgáltatnak. — Az ebben a dolgozatban bemutatott esetekben a null-elrendezések még különösebben <i>nagy mérési precizitás nélkül is hatékonyabbnak</i> bizonyultak a hagyományos elrendezéseknél
A null-elrendezések <i>kétdimenziós helyzetekben nem használhatók</i>	<i>Kétdimenziós esetből</i> könnyen konstruálható <i>háromdimenziós eset</i> . (pl. ha szelvényünket egy törés felett nem csapásirányban haladva vesszük fel)
Korábban a null-elrendezésekkel kapott <i>eredményeket</i> (ha volt is ilyen) soha nem a valósággal, hanem a hagyományos elrendezésekkel kapott eredményekkel <i>vetették össze</i> . Így mivel a hagyományos elrendezések szolgálták a tulajdonképpeni etalonként, a null-elrendezések ezeknél eleve csak rosszabb eredményeket szolgáltathattak	A null-elrendezésekkel kapott eredményeknek a <i>valósággal való összevetése</i> feltétlenül jobb ismerve valamely elrendezés hatékonyságának, mint a hagyományos elrendezésekkel kapott eredményekkel való összevetés, mivel ezek nem feltétlenül tükrözik vissza mindig pontosan a valóságot

2. táblázat. A null-elrendezések mellőzésének okai és ezek megoldási lehetőségei

Table 2. Reasons of neglecting of the null-arrays and possible solutions of the problems

Geofizikai kutatások Mongóliában

V. NEMZETKÖZI FÖLDTANI EXPEDÍCIÓ 1976–1990

B) A KOMPLEX GEOFIZIKAI CSOPORT 1981–82. ÉVI TEVÉKENYSÉGE A DÉLI KUTATÁSI TERÜLETEN

1. Előzmények

Az 1975-ös moszkvai egyezmény alapján Mongóliában a KGST-országok által finanszírozott Nemzetközi Földtani Expedíció működött. 1976 és 1980 között létrejött az expedíció szervezete, műszaki bázisa és Ulánbátor nyugati szegélyén (Tolgojban) felépült tízszintes lakóépülete. Terepi földtani kutatócsoportot működtettek a bolgárok, a csehszlovákok, a lengyelek, a magyarok és a mongolok. A geofizikai szolgálatot egy önálló komplex geofizikai csoport látta el. Ez döntően magyar szakemberekből, az ELGI kiküldötteiből állt. A német és a szovjet szakembereknek — a többi résztvevő ország delegáltjaival együtt — a közösen működtetett apparátusban volt jelentős szerepük. Románia és Kuba csak néhány munkatársat (általában geofizikust) küldött a kutatókhoz.

Az egyezményben rögzítetteknek megfelelően az expedíciónak mindig mongol vezetője és a Szovjetunió által delegált főgeológusa volt. Míg a főgeológus személye a címben jelzett időtartományban nem változott, az expedícióvezetői poszton történt váltás épp a beszámolási időszakokra esett. BJAMBA, a korábbi vezető, 1981-ben adta át a vezetést GURRAGCSÁNAK. Bár egyéniségük jelentősen különbözött egymástól, a geofizikai csoport munkájában ez semmilyen módon nem mutatkozott. A közvetlen és energikus főgeológussal, V. F. DUHOVNYIKOVVAL igen jó kapcsolat alakult ki, amely jelentős mértékben MAGYAR Balázs főgeofizikusnak volt köszönhető. A Meghatalmazottak Tanácsában hazánkat kezdetben GELEI Gábor, később B. NAGY József képviselte.

1980 szeptemberében a Meghatalmazottak Tanácsának XI. ülése arról döntött, hogy a kutatások súlypontja átmenetileg kerüljön át az ország déli részén elhelyezkedő úgynevezett Góbi Kutatási Övezetbe (a Közép-Góbi, a Kelet-Góbi és a Dél-Góbi tartomány hármas határának térségébe). Ennek értelmében Hentijben csak a bolgár és a mongol csoport, valamint az egyetlen mélyfúrás-geofizikai mérőkocsit működtető karotázsbriád maradt. A csehszlovák, a lengyel és a magyar csoport, valamint a komplex geofizikai csoport délre költözött. (A kétéves kutatási időszakra a komplex geofizikai csoport a 22-es, a lengyel csoport a 26-os, a magyar csoport a 27-es sorszámot kapta, míg a csehszlovák csoport 1981-ben 25-ös, 1982-ben pedig 30-as volt.)

A Góbi-beli kutatások célja továbbra is a földtani térképezés maradt, volt azonban egy — a résztvevők előtt nyilvánvaló — kimondatlan cél is. A térségben ismeretes volt a Cagan-Szurburga-i rézlelőhely, több, kitermelés alatt álló kőszénlelőhely, a NEMESI László által vezetett mongol-magyar komplex csoport (1974–75-ben) pedig nem remélt mértékű vízkészletet tárt fel. Ha a Góbiba költözött csoportok találnak a Cagan-Szurburga-i készletekkel összemérhető rézmennyiséget, akkor gazdaságossá válik a térségben egy

fémkohászati kombinát létrehozása (bár a szovjet-kínai szembenállással jellemezhető politikai helyzet a kínai határ közelsége miatt a 70-es években nem volt kedvező).

2. A déli terület természeti és társadalmi viszonyai

A tervekészítés során kialakult szűkebb, mintegy 20 000 km² kiterjedésű kutatási terület nagyjából fele-fele arányban a Dél-Góbi és a Kelet-Góbi tartományra jutott Manlaj, Mandah és Szajhandulan település területén. Ez volt a csehszlovák, a lengyel és a magyar geológiai csoport kutatási területe. A geofizikai csoport tevékenysége értelemszerűen mindháromra kiterjedt.

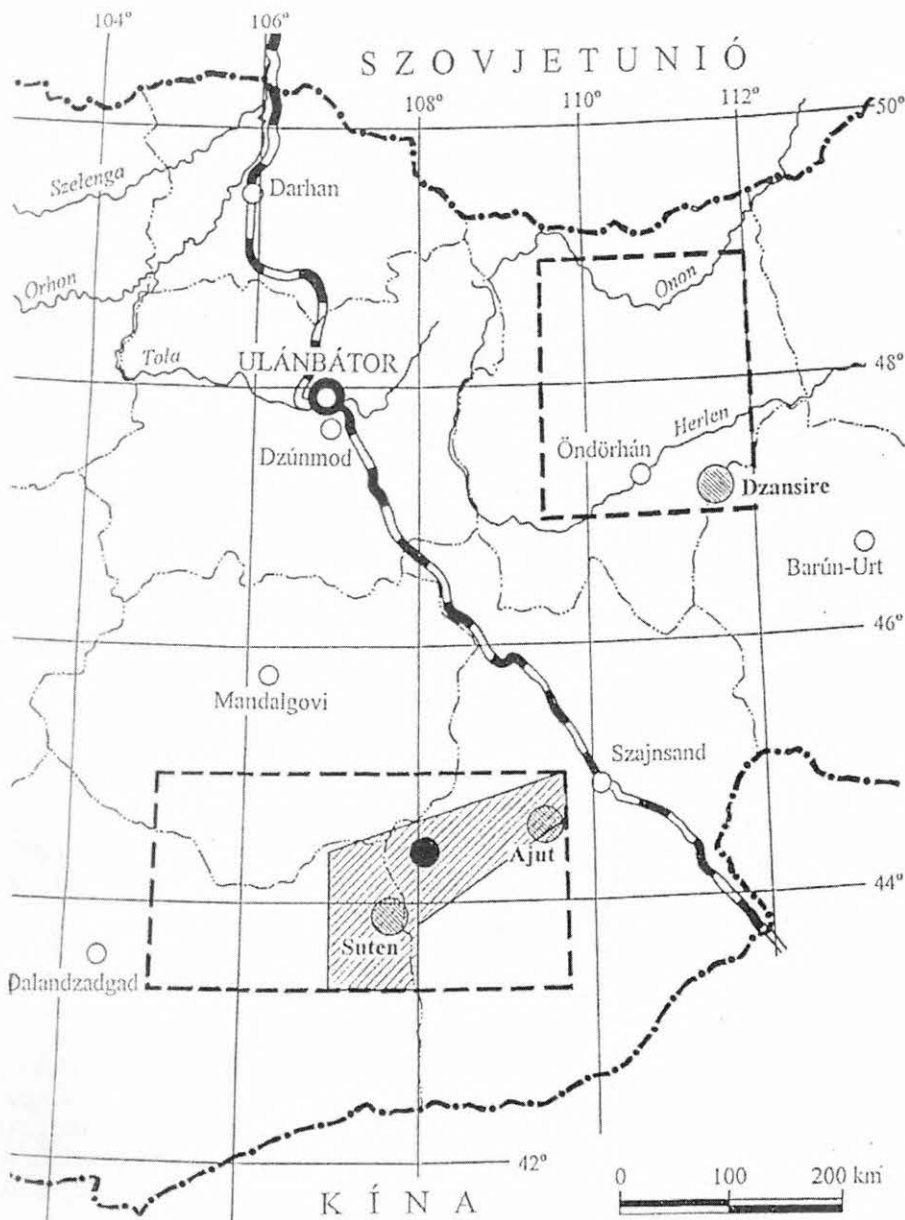
Az átlagos tengerszintfeletti magasság szinte mindenütt nagyobb a magyarországi maximumnál (a Kékes magasságánál), de ritkák a környezetükből számottevően kiemelkedő magaslatok — ezek viszont messziről láthatók, és tájékozódáskor nagy segítséget nyújtanak. Lankás domboldalok, éles sziklagerincek, lekerekedett sziklaalakzatok, meredekszerű, de csak néhány méter mélységű szakadékok, finomszemű homokból álló buckasorok, és asztalsimaságú agyagos tőfenekek teszik változatosabbá az egyébként egyhangú tájat. A magasabban fekvő területrészekről száraz patakmedrek (szajrák) indulnak ki, amelyek sokhelyütt meredek partfallal vágódnak be környezetükbe.

Folyók vagy tavak nincsenek a területen, de a lefolyástalan területrészek megáll a ritkán hulló (évi 150 mm-nél kevesebb) csapadék, ilyenkor rövid időre hatalmas pocsolóra gyorsan rohanó patakka változnak, és hatalmas anyagmennyiséget szállítanak el több kilométer távolságra. Kétféle kút található. „Gyakoriságukra” jellemző, hogy fel vannak tüntetve a 1:100 000-es méretarányú térképeken. A zömében ásott kutak egyik felének a tartalékkészlete, másik felének a vízhozama van megadva — mindkettő igen kevés.




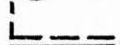



A klíma száraz, a hőmérséklet tekintetében igen szélsőséges. A legkisebb és a legnagyobb hőmérséklet közötti különbség szinte minden évben felülmúlja a 70 °C-ot. Ebből nekünk a terepszegzonban néhány hétig a 40 °C-ot megközelítő meleget kellett elviselnünk. Szinte mindig fúj a szél, amely néha viharos erejű. 1981 tavaszán hófúvással társulva összedöntötte a tábor szakszerűen felépített paneles szerkezetű raktárát.

Nincs összefüggő növénytakaró, erdők egyáltalán nincsenek, fák is csak nagyon ritkán. A karagána- és szaxaulbokrok elég gyakoriak, van hely, ahol szinte bokrosnak tűnik a táj. Az apróbb növények pozsgáslevelűek, tüskések vagy kórószerűek, a rövid nyári életpériódushoz alkalmazkodtak. Némelyiknek nagyon szép színes virága van.

Az állatvilág meglepően gazdag. A nagyobbak közül meg kell említeni a gazellát (dzér), a vadbirkát (argali), a hegyi kecskét (jangír) és a vadszamarat (kulán). Az utóbbi tekintetében különösen szerencsésnek kell tekintenünk magunkat, hisz volt olyan expedíció, amely megfigyelésükre utazott a Góbiba és egyet sem látott, ezzel szemben mi gyakran találkoztunk vele. Kisállat sok és sokféle van. Csak a tábor köze-



JELMAGYARÁZAT

-  Országhatár
-  Tartományi határ
-  Főváros és tartományi székhelyek
-  Az NFE kutatási területei
-  A 22. sz. geofizikai csoport kutatási területe
-  Táborhely
-  Név szerint említett geológiai objektumok

lében hatféle rágcsálót és kétféle gyíkot ismertünk. A barnakányák hulladék után kutatva rendszeresen átvizsgálták táborunkat, de másféle madarat is gyakran láttunk. A veszélyes állatok közül szót érdemel a mérges harapású halliszkígyó és a nappal kövek alatt lapuló, veszélyes csípésű skorpió. Mindkettővel többször találkoztunk, de óvatosságunk miatt nálunk baleset nem történt. (A csehszlovák táborban

skorpiócsípés előfordult, de nem volt tartós következménye.) A nagytermetű (több cm-nyi) rovarpók félelmetes megjelenésével és támadó (annak tűnő) természetével néha nagy riadalmat keltett, de — mint utóbb megtudtuk — nem jelentett veszélyt a számunkra.

A területen a népsűrűség kevesebb 1 fő/km²-nél, a fő foglalkozás az állattenyésztés. Csak két település (szomon) központja esik a területre: Mandah és Szajhandulan. A közigazgatási épületeken kívül mindkettőben van posta, szálloda, bolt, klub, iskola és kórház, ezek az intézmények azonban jelentősen különböznek a megfelelő hazaiaktól. A boltok és ágens-jurták (jurtában berendezett vándor-üzletek) áruválasztéka kicsi, nem felel meg szokásainknak, de a mennyiségi igények kielégítésére sem alkalmasak. A legközelebbi olyan bolt, ahol kenyeret árulnak, a terület központjától mintegy 200 kilométerre, a Kelet-Göbi tartomány székhelyén, Szajnsandban van. Közte és a főváros között az ország egyetlen vasútján napi egy vonatpár közlekedik. (A menetidő 14 óra.) Légi közlekedés nincs, szilárd burkolatú út nincs, de a földutak szinte mindig járhatók. A telefonkapcsolat az ősi időket idézi.

A tájékozódás kezdetben jelentett némi gondot, mert a kisebb-nagyobb dimbek-dombok és hegyek első látásra eléggé egyformák. (Ne felejtsük el, akkor még nem volt GPS.) Jellegetes alakú és messziről látszó hegy csak néhány akad, úgynevezett mütárgy alig. Keréknyomra szinte mindennütt rá lehet találni, de ezek gyakran félrevezetik a tévelygőt. Némi támpontot jelentett az a telefonvonal, amely két tartományi központot (Szajnsandot és Dalandzadgadot) köt össze, közben áthalad Szajhandulan, Mandah és Manlaj szomonon. Ha a póznasorra rátaláltunk, legalább azt tudhattuk, hogy a kutatási terület déli vagy az északi oldalán vagyunk-e.

A keréknyomok tekintetében — akarunktól függetlenül — egy új fogalommal gazdagítottuk a mongol nyelvet, legalábbis a helyiek beszédét. A térségben dolgozó geológusok és geofizikusok ugyanis az intenzív mozgás révén utakat — jól kijárt keréknyomokat — hagytak maguk után. A munka jellegéből fakadóan napokig vagy hetekig jártak egy-egy helyre, de a tevékenység végeztével soha többet. A terepen

közlekedő mongol sofőrök gyakran tévedtek rá ezekre a nyomokra (a „főútvonal” mellettük jelentéktelennek tűnt), de azok egy számukra teljesen értelmetlen helyen véget értek. „Geológus út”-nak nevezték ezeket a csalafinta nyomokat, amelyeknek tehát nem volt szabad bedőlni. (A szónak van némi átvitt értelme is. A tudományos életben is akad számos „geológus út” — világszerte sok pénzt elköltöttek már olyan kutatásokra, amelyek nem vezettek sehová.)



Ősi sziklarajzok — szarvasok és emberek — Ajut közelében. A karbon korú vulkáni kőzet könnyen megmunkálható, és sokáig megőrzi az ábrákat. Ebben a tekintetben a környéken még sok a felfedeznivaló

Számunkra igen fontosak voltak — életünket alapvetően meghatározták — a felszíni viszonyok, de munkánk szerint nem kevésbé fontosaknak kellett lenniük a felszín alatti geológiai viszonyoknak is. Nem lehet feladatunk ennek a kérdésnek részletes taglalása, de két fontos dolgot azért érdemes kiemelni. Hazai viszonyokhoz szokott lelkünknek nehéz volt megszokni, hogy a Mongóliában gyakran előforduló kőzetek már régen „készen voltak”, sőt nagyrészt már le is koptak akkor, amikor a legősibb hazaiak csak elkezdtek keletkezni. Nem kevésbé szokatlan volt az is, hogy gyaloglás közben akár véletlenül is belerúghattunk olyan ásványokba, amelyeket itthon utoljára az egyetemi gyűjteményben láttunk.

A terület földtani felépítésében döntő szerepe egy karbon korú vulkáni sorozatnak van, amelynek kezdeti szakasza tengerben, későbbi részei pedig szárazföldi körülmények között keletkeztek. Ezeket utóbb — elsősorban a perm időszakban — főleg savanyú intrúziók (gránitok és granodioritok) járták át. A tábor melletti legömbölyödött hatalmas sziklákat is kvarctelérekkel átjárt perm

granodioritok alkották. Az alkotó ásványok nagy mérete azt sejteti, hogy a kőzet több kilométer mélységben keletkezett, azaz igen lassan hűlt le, és az irdatlan mennyiségű fedő mára lekoptott.

A két legfontosabb képződmény (képződménycsoport) alapvetően meghatározta a táj képét is. Míg a vulkáni sorozat keményebb kőzetei szögletes, éles, sötétszürke szikláként bukkantak elő a földből, addig az intrúziók granitoidjai mindig legömbölyödött, általában húspiros nagy kavicsokra emlékeztettek.

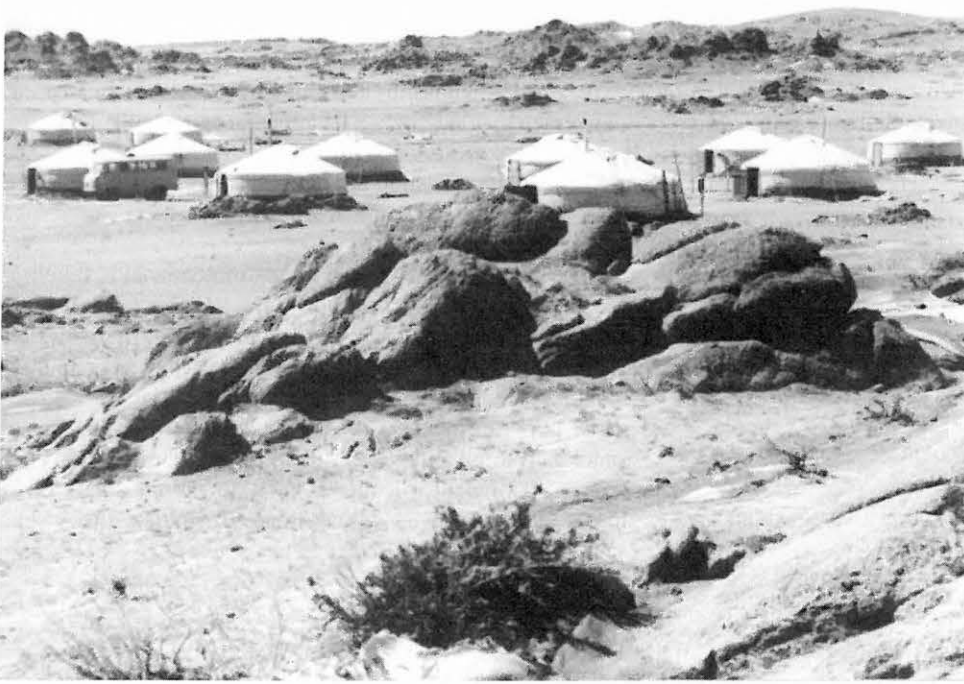
Érdeemes megemlíteni a területen több helyen is fellelt ősi sziklarajzokat. Főleg a karbon korú vulkáni sorozat egyes képződményei alkalmasak az ősi ábrázolatok megőrzésére. Nem nagyon kemények, így karcolással vagy kopogtatással megmunkálhatók, és viszonylag lassan mállanak. Kedvező az is, hogy a terület az utóbbi évtizedekben, esetleg évszázadokban amolyan félreeső helynek számított, és így nem fednek el mindent a legújabb kori „Itt jártam. Pisti” típusú feliratok. A tudomány számára még ismeretlen rajzok sokasága várja errefelé a felfedezőket.

3. Áttelepülés, életkörülmények

Munkatársainknak az új mérési területről nem voltak korábbi tapasztalataik. Az első benyomásokat terepszemlén kellett megszerezni, ezek azonban nem voltak kedvezők. A három geológiai csoport kutatási területének súlypontja közelében kívántunk táborhelyet választani, de ez első próbálkozásra nem sikerült. A legfontosabb akadályozó tényező az volt, hogy mintegy kettőszáz kilométeres körzetben nem volt olyan hely, ahol üzemanyagot kaphattunk volna. A helyi készletek a helyi igények kielégítését szolgálták, azokból csak vész helyzetben részesülhettünk volna, a magunkkal hozott tartalék pedig nagyon kevésnek bizonyult. A terep sem kedvezett. Bár az utak elég jól járhatók, letérve róluk nagyon lelassul a haladás, az éles sziklák eszik a gumikat, a szajrák pedig hatalmas kerülőkre kényszerítenek. A helyiek elmondása szerint előttünk három évig nem volt csapadék, volt viszont szél, olyan erős, hogy utána a táj napokig ködösnek tűnt a lebegő por miatt.

Az áttelepülésre 1980 őszén került sor. A szállítási útvonal mintegy 500 kilométer volt, a szállítandó anyag 34 teherautóra fért fel. Az első szállítmánnyal érkezők feladata volt a táborhely megkeresése. Ami a terepszemle során nem sikerült, azt szinte órákon belül kellett megoldani. A kedvezőtlen előjelek ellenére ez igen jól sikerült. Mivel nem találtunk elegendően nagy sík területet, a választott helyen beterveztük a tábor összképébe a földből kiálló több méter magas sziklákat. Kényszerűségből a lakókörzet megtervezésének legkorszerűbb elveit alkalmaztuk. Ez az építéskor nehézségeket jelentett, de megérte. A hozzánk látogató „kívülállók” egyhangúlag az expedíció valaha volt legszebb táborának nevezték. A gépkocsivezetők hamar megtalálták a legjobb megközelítési útvonalat. Ez olyan jól sikerült, hogy a jól kijárt nyomon később sokan betévedtek táborunkba.

A „vizesblokkot” úgy tudtuk elhelyezni, hogy a kijelölt helyre beálló vízszállító kocsiból a szintkülönbség hatására motoros segítség nélkül jutott a víz a tárolótartályba, onnan pedig konyhavagonba és a fürdővagonba. Az üzemanyag-tartályokat (10 tonnás benzin- és 10 tonnás gázolajtartály), a robbanóanyag-raktárt és a tábor áramellátását biztosító 70 kW-os generátort úgy tudtuk elhelyezni, hogy azok ele-



A geofizikai csoport tábora a mandahi masszívum lekopott szikláinak között

gendően messze voltak, de jó volt a rálátás is. Pincével kiegészített élelmiszerraktárt, játszóteret és WC-t építettünk (ezt mongol munkatársaink azonnal lemásolták, de ülőke helyett „toppantót” ácsoltak bele), szemetesgödört ástunk. Egy közös jurtaban álltak a hűtőszekrények és az elektromos sütő. Ez utóbbi gyakran volt használatban, ugyanis a táborlakók (még a legtöbb férfi is) megtanultak kenyeret sütni. Ebben a tekintetben önellátóak voltunk. Mintegy 90 kilométerre találtunk olyan motoros kutat, amelynek vízminősége is és hozama is megfelelő volt, 6 tonnás tartályautónk általában kétnaponta közlekedett a tábor és a kút között.

Az Egyezmény értelmében családok kiküldötteknek önálló jurta járt. Mivel az összes magyar kiküldöttek ott volt legalább a felesége, több kétyerekes család is akadt, így a tábor magyar térfelén csak családi jurták voltak. A családok között szinte verseny alakult ki a kerek jurtának a helyi lehetőségek felhasználásával történő lakályos berendezésére. Ez jelentősen eltért a mongol hagyományoktól. Igen változatos lakberendezési lehetőségeket teremtett a munka során kiürült „robbantós ládák” másodlagos felhasználása. Ezekben érkezett a szeizmikus robbantásokhoz szükséges ammonit (ammóniumnitrát). A komfortot a jurta melletti mini-konyhakert egészítette ki. A termés mennyisége jelentéktelen volt, mégis sok boldogságot okozott az egyetlen levesre elegendő, de házilag (illetve jurtailag) termesztett zöldborsó, vagy a reggelhez elfogyasztott, mogorónyi méretű retek.

A generátornak előre elhatározott „munkarendje” volt. Csak a főzéshez és az esti „ejtőzéshez” szükséges időben működött. Minden reggel a szerelő indította el, a leállítás feladata pedig a „hetesre” hárult. Szinte ünnepélyes pillanat volt (és ok a mókázásra), amikor vasárnap esténként az új hetes átvette az előzőtől a beosztást szimbolizáló, és a késői időpontban nagyon is szükséges elemlámpát.

Hetenként legalább négyszer befűtöttük a fürdővagon szilárdtüzelésű kazánját, így váltakozva, egyik alkalommal a

mongolok, másik alkalommal a magyarok zuhanyozhattak meleg vízben.

Két (utánfutó jellegű) irodavagonunk volt, amelyekben megfelelő munkakörülményeket tudunk kialakítani. Itt szerveztük a csoport és a tábor életét, itt születtek a fontos és kevésbé fontos döntések, és itt folyt a feldolgozás.

Elődeinktől örököltük az ünnepeket és az ünneplés módját. Nádóm (ez többnapos mongol nemzeti ünnep) idején közös nagy kirándulást tettünk. Augusztus 20-án mi láttuk vendégül mongol kollégáinkat, amelyet ők egy nem sokkal később tartott „pótnádómkor” viszonoztak. Ilyenkor nagy volt az eszem-izsom. Szinte csoda, hogy az ottani körülmények között sikerült

meglehetősen vonzó terítéket létrehozni. Az egyik alkalommal még ökörsütésre is sor került.

Az expedíció orvosának állandó állomáshelye a csehszlovák csoport tábora volt, de nálunk is gyakran vendégeskedett. (A vendégek fogadására külön vendégjurta is volt.) Könnyebb elérhetősége érdekében a négy Góbi-beli tábor vezetője megegyezett egy „műsoron kívüli”, esti telefonkapcsolatban.

A Polosza típusú rádióállomás használatával a táborok napi két alkalommal — reggel és kora délelőtt — léptek kapcsolatba az ulánbátori „bázis”-val, de az egymás közti beszélgetésre is volt lehetőség. Az adott körülmények között nélkülözhetetlen volt ez a kapcsolattartás, de fontossága mellett okozott derűs perceket is. Mint megtudtuk, minden bekapcsolt készülék mellett hatalmas derűtség kísérte oroszul kiválóan beszélő „magyar” rádiósnak keserves és hosszas kínlását, amikor az éteren keresztül megpróbálta az expedíció hivatalos nyelvén — azaz oroszul — megértetni az oroszul szintén kiválóan beszélő „mongol” központossal, hogy az egyik terepjáróhoz hátsó főtengelyszimeringre van szükségünk. Az expedíció vezetői — nehogy a kínaiak lehallgassanak minket — kísérletet tettek a rádióüzenetek rejtjelezésére, ez azonban nem sikerült. A logikus gondolkodáshoz szokott szakemberek gyakran eltévesztették a gépies kódolási előírásokat, így a kódfejtők — ha egyáltalán voltak ilyenek — hamar rájöhetnek a megfejtésre. A próbálkozás során elhangzott üzenetek legszebbike valószínűleg az lehetett, hogy „a kígyó nem ugat, mert nincs színes ceruzája”. Magyarul: nem tudunk szeizmikus méréseket végezni, mert elfogyott a robbanóanyag.

Egészségügyi szempontból elég jól sikerült időszak volt ez a két esztendő, bár akadtak problémák. A „hepatitisz-járvány” mindenkit megijesztett, de kiderült, hogy csak a doktor túlzott óvatosságáról volt szó. Csak egy másik táborbeli kolléga betegedett meg, de ő is viszonylag hamar fel-

gyógyult. Egy homokdűnén való mezítlábaskodásnak csúnya sérülés, majd itthoni lábműtét lett a vége, végül azonban ez a probléma is szerencsésen zárult. Meg kell említeni egy táborközeli balesetben bekövetkezett halálesetet, amelynek egy csoportbeli fiatal mongol gépkocsivezető volt az áldozata. A balesetet ő maga idézte elő azzal, hogy rövid idő alatt (tudunk nélkül) rengeteg tejpálkát ivott és alaposan berúgott.

12 gépkocsink volt, ebből 7 kicsi és 5 nagy. Csak a kisteherautó és a vízszállító tartálykocsi nem volt terepjáró, a többinek minden kereke meghajtható volt. (Érdekesség, hogy a vízszállító kocsi nagy cirill betűkkel fel volt festve az „ognyepaszo” — tűzveszélyes — felirat. Eredetileg biztosan nem erre a küldetésre szánták.) Három ponyvás kiskocsi csak személyszállításra volt alkalmas, a két hatkerekű ZIL-131-es monstrumnak tűnt mellettük. Ez utóbbiakra a rakfelület helyére gyárilag fülkéket szereltek. Ide építették be a VPSZ-63 típusú szovjet gyártmányú geoelektromos műszert, amelynek generátoregységét mi is használtuk.

A táborban „csúcsidőben” 34 jurta állt. 14 magyar és 2 kubai kiküldött mellett 11 mongol csoporttag alkotta az állandó létszámot, de a nyár közepén átlagosan 20 mongol segédmunkás és mintegy 30 magyar családtag — közöttük 16 gyerek — is a táborban lakott.

Két teverszezonon át lakóhelyünk ez a tábor. A téli leállásra visszafejlesztettük, a jurtákat lebontottuk, az anyagokat a raktárépületben halmoztuk fel. Így a téli őrzés könnyebb volt, és a viharok sem okoztak kárt. A tavaszi visszafelépítés összehasonlíthatatlanul egyszerűbb volt, mint a létesítés. A második év őszén (a havazás miatt nevezhetjük a tél kezdetének is) ránk hárult viszont a Hentijbe történő visszaköltözés minden gondja és a velejáró fáradtság. Szerencsére közülünk került ki a következő év vezető gárdájának a zöme, így ők a szó szoros értelmében maguknak dolgoztak.

Nem csupán az expedícióbéli, de egész mongóliai életünk során nagyon fontos volt nemzeti hovatartozásunk. Megjelenésünk, öltözetünk és arcformánk alapján általában oroszoknak hittek bennünket, de amikor kiderült magyarságunk, általános szimpátiát váltottunk ki. A mongolok szerint minket történelmi barátság fűz össze velük, hisz annak idején Dzsingisz kán meglátogatott minket (ez volt a tatárjárás). Az oroszok némi óvatossággal kevert irigységgel tekintettek a „demokrati”-kra, és általában az ismeretség második percében kérdezték meg, hogy nálunk a kismamák tényleg otthon maradhatnak-e három évig a gyerekek úgy, hogy még fizetést is kapnak. No és a magyaroktól lehetett Vénusz étolajat meg AMO szappant szerezni pilseni sörért.

Minden nap éreztük a Szovjetunió és Kína között fennálló feszültséget, láttuk a rajtra kész haditechnikát. Viszonylag közel voltunk a határhoz, annyira közel, hogy táborunk a szovjet védelmi háló legkülső helyőrségein is túl volt. Baráti viszonyba kerültünk a hozzánk legközelebbi, útba eső szovjet radarállomás tisztjeivel, némi szint vittünk sívár életükbe. Igénybe vehettük mini boltjukat, motoros kútjukat és célba lőhettünk szolgálati fegyverükkel. Évekig találos kérdésként tettük fel barátainknak azt a kérdést, hogy az egyik Szajnsand melletti támaszponton (a számos környékbeli haditámaszpont egyikén) vajon milyen — a kívülálló számára meglepő — szovjet harci eszközök vannak jelentős számban felsorakoztatva. A megoldást senki sem találta el. Hajók. Sokkerekű utánfutókon gépágyúval felszerelt hajók. Nem nagyok, de hajók. A Góbi közepén, ahol a legközelebbi hajózható élővíz a Sárگا-folyó!

4. A csoport szakmai felkészültsége és feladatai

A feladatoknak megfelelően a csoport gerjesztett polarizáció mérésére, vertikális elektromos szondázások végzésére, a földi mágneses tér Z komponensének mérésére és szeizmikus refrakciós szelvényezésre volt felkészülve. A gerjesztett polarizáció mérésének és a magnetometriának a kibúvásokon a konkrét érckutatásban, a szeizmikus méréseknek a kibúvások peremi részeinek és a köztes medencéknek a kutatásában volt elsődleges szerepe. A VESZ-mérések mindkét esetben segítséget jelenthettek.

Műszerek és mérési felszerelés tekintetében a csoport „jól volt eleresztve”. A műszereket még felsorolni is sok: mintegy 10 db geoelektromos műszer (többségükben magyar gyártmány), elektromos tápegységek, generátorok, magnetométerek (2 db bérelt a mérések idejére), kappaméterek, szeizmikus műszer (magyar gyártmány), lőgépek (magyar gyártmány), szeizmoelektromos műszer, szintező műszerek és teodolitok (többségük magyar gyártmány) és 10-nél több mobil rádióadó-vevő (köztük sok magyar gyártmány). A felszerelések zöme igény szerint itthonról érkezett. A fennakadások ellenére is jobb volt az ellátásunk, mint egy-egy itthoni csoportnak.



LUKÁCS József gerjesztett polarizáció mérése közben a Suten nevű mérési területen. A Geofizikai Intézetben készült Diapir-E típusú műszer a mostoha körülmények között is jól vizsgázott

A személyi állomány rátermett emberekből állt. Nemcsak a konkrét feladatával kapcsolatos dolgokhoz értett mindenki, hanem több más — néha a szakmától igen távoli — dolgok-

hoz is. Itthon ezt a tulajdonságot gyakran észre sem veszik, ott azonban együtt élveztük az előnyeit. A szakmai munkában ez úgy mutatkozott meg, hogy a pillanatnyi igényeknek megfelelően nehézség nélkül bármikor át tudtuk csoportosítani a feladatokat. Ha egy-egy munkához több szakember kellett, mint ahányat ilyen feladatra kiküldtek, mindig volt megfelelő, a „mélyvízbe bedobható” ember, és az átvállalás nem okozott gondot.

A műszaki és a szellemi felkészültség a feladatokhoz igazodott. Ez egyrészt a tervezésnek volt köszönhető, másrészt a munka közben felvetődött szükségletek visszahatása során alakult ki. Keresve sem találunk olyan akármilyen kicsi részfeladatot, amelyet műszaki-szellemi okból nem tudtunk megoldani.



„Gyapjúsákok” a tábor közelében. Perm korú granodiorit mállása során jöttek létre ezek a hatalmas „kavicsok”. (A méreteket jól szemlélteti a kép jobb szélén látható alak)

A terepi munkát megelőző télen (1980–81) ún. műszaki tervet kellett készítenünk. Ennek elkészítését a korábban írt jelentések áttanulmányozásával kezdtük. Mindjárt kezdetben szertefoszlott az a naív elképzelésünk, hogy valamiféle fehér foltra települünk. Az irattárból kivett — a területre vonatkozó — jelentések igen tekintélyes kupacot alkottak. Az érdekesebbeket szinte egymás kezéből vették ki a csoportok tagjai. A korábbi munkák tanulmányozásának legfőbb tapasztalata az volt, hogy a gerjesztett polarizáció módszernek az elképzeléseknél jelentősebb szerepe van, már addig is számos anomáliát fedeztek fel a térségben. Jellemző azon-

ban, hogy a nagy területekre kiterjedő pirit-hintés jelentősen megemeli a háttérszintet, és több helyütt grafitosodott palák is előfordulnak. Ez utóbbiak 10%-nál nagyobb η értékekkel és kicsi, 10 Ω m körüli fajlagos ellenállással jelentkeztek. A korábbi kutatók az ércperspektivitással kapcsolatban semmilyen új megállapítást nem tettek, így mi is kénytelenek voltunk a „papírforma szerinti” — itthon is tapasztalt — előjeleket figyelni: emelt, de nem túl nagy gerjeszthetőség, kissé csökkent fajlagos ellenállás és nyugodt, enyhén negatív mágneses tér.

A kutatási terv elkészítése során maximálisan figyelembe kellett (volna) venni a geológiai csoportoktól érkező igényeket. Ilyen igények azonban nem voltak. Már itthon is tapasztaltuk, hogy a „megrendelők” néha nincsenek tisztában a geofizikai kutatások lehetőségeivel, és így nem is tartanak azokra igényt. Így azután magunk kerestünk kutatási feladatokat, és szinte rábeszéljük a társ csoportok szakembereit, hogy ezeket ők is akarják. A feladatok egy része korábban megismert geofizikai anomáliák folytatásának nyomozását tűzte ki célul, más része analógiák vagy elsődleges ismérvek alapján új anomáliák felfedezésére irányult.

A terv terv maradt, annak csak egy része — alig több, mint a fele — valósult meg, a napi események ugyanis gyakran készítettek annak megváltoztatására. Ezeket a változásokat utóbb mindig jóváhagyta az expedíció vezetősége, de sokat hallgattunk amiatt, hogy a módosításokat nem kértük időben. Kétféle változás volt. Néhány esetben részletesen megkutattunk olyan frissen felfedezett objektumokat, amelyeknek korábban még a neve sem vetődött fel, és szinte folyamatosan kellett növelnünk a gerjesztett polarizációs mérések pontszámát a tervezett és a nem tervezett helyeken egyaránt. Végül 2 mérési vonalunk és 12 kutatási területünk volt, és volt egy korábról örökölt „kötelességünk”, a Hentij-beli Dzansire-i mérés. Ez utóbbit egy jól szervezett kirándulásként bonyolítottuk le. (Ez a beszámoló a ténylegesen elvégzett mérésekről szól. Az eredeti tervek az expedíció irattárába kerültek.)

Érdeemes néhány szót szólni a mérési területek elnevezéséről. Az expedíció munkatársai ügyeltek arra, hogy egy-egy objektum olyan nevet kapjon, amelyet azután a szakma egységesen használ, és véletlenül sem fordul elő, hogy különböző szakemberek ugyanarról a helyről beszélnek, csak más név alatt. Mivel igen ritkán lakott területről van szó, ennek megfelelően a térképi helynevek sem gyakoriak, ezért nem mindig sikerült egy közeli elnevezést (hegy, völgy vagy kút nevét) ráhúzni a geológiai objektumra. Két esetben is előfordult, hogy — jobb híján — a geológiai jellegzetesség adta a nevet. Az „Aplitóvíj” az aplitok, a „Bornitóvíj” a bornit nevű vezérvány alapján lett „megkeresztelve”. (Ez utóbbi ásvány BORN Ignác magyar (a lexikon szerint osztrák) geológus nevét viseli.) A „Decsu-2” pedig DENDEVCSULUN nevéből lett képezve, aki az ottani GP-anomáliát korábban felfedező mongol geofizikai csoport vezetője volt. Mongol munkatársaink szerint a Dzamin-del huduk (ez egy kút) neve helytelenül lett oroszra átírva (térképünkön oroszul szerepelt), így jelentése nem teljesen világos. Emiatt a róla elnevezett geológiai objektum neve is okoz némi gondot. Most aztán itt állunk teljes bizonytalanságban, hogy vajon az „úti-köpeny kút”-ról van-e szó, vagy arról a helyről, ahol „egy birka farka van az úton”.

5. Mérési eredmények

Előre kell bocsátani, hogy a Góbi-beli kutatások (geológiai és geofizikai kutatások) nem tártak fel olyan lelőhelyet, amely döntő hatással lehetne a térség gazdasági megítélésére. Eredményeink a térség jobb megismerését segítették elő, és történtek próbálkozások a korábbi és a friss eredmények szintetizálására. Tekintettel arra, hogy az eredmények mongol tulajdont képeznek (az azóta eltelt évtizedek amúgy is sok mindent összemostak az emlékezetben), itt csak vázlatos ismertetés lehetséges. Nincs mód szelvények vagy anomáliatérképek bemutatására, bár ezek hordoznának itthon is megszívlelhető tanulságokat. A név szerint megemlíttet objektumok helye a *helyszínrajzon* látható.

Góbi-beli feladaink közül fontossága alapján kimagaslík a Suten elnevezésű terület vizsgálata. Terepi munkánk zöme — közel 50%-a — ide koncentrálódott. A Mandah szomon központjától mintegy 70 kilométerre DNY-ra elhelyezkedő perspektivikus körzet a Suten-Han-Bogd-ol nevű, közel 1300 méter magas hegyről kapta nevét. A geológiai vizsgálatok a csehszlovák kollégák feladata volt (25-ös és 30-as csoport), akikkel igen jó, baráti viszonyban voltunk. (Ez nemcsak a szakmai együttműködésben mutatkozott meg.)



SZALAY István és KUMMER István az egyik regionális szelvény útidőgörbéit fagatja

A paleozoikumi vulkanogén képződményekben lévő nagyterjedésű, hidrotermálisan elváltozott zóna a hozzájuk csatlakozó geokémiai anomáliák miatt már a korábbi kutatók figyelmét is felkeltette. Főleg a munkánkat megelőző évtized eredményei voltak — leginkább réz tekintetében — biztatók. Mi a két év alatt több mint 70 km²-nyi területet térképeztünk fel 100–200 pont/km² sűrűséggel. Ennek eredményeként 1:10 000-es méretarányban létrejött egy látszólagos polarizálhatósági térkép, látszólagos fajlagos ellenállás térkép, mágneses anomália-térkép, és a polarizálhatóság maradványait és regionális összetevőjét ábrázoló térképpár. Tíz körüli azoknak a fúrásoknak a száma, amelyek kifejezetten geofizikai anomáliák hatóinak a vizsgálata céljából mélyültek, de természetesen a feldolgozás során a többi is felhasználható volt. Sajnos az anomáliákra települt fúrások egytől egyig hintésben lévő piritet, a kohászat számára értéktelen ásványt tártak fel, és így a remények szertefoszlottak. A réz kinyerésére alkalmas kalkopirit csak alárendelten fordul elő. Az eredmények alapján ma úgy érezzük, hogy a közelben nem érdemes rezet keresni. A sors iróniája a 13-as számú

fúrás, amelyhez — baljóslatú neve ellenére — a térségben lemélyült fúrások közül az egyetlen felfedezés kapcsolódik. Jelentős vastagságban alunitot tárt fel. Ez lett a környék egyetlen ismert haszonanyaga. A kutatók az alumínium ércének tekinthető anyagot a helyszínen nem ismerték fel, az csak a téli feldolgozás során, a terepen gyűjtött kőzetmintákon rutinszerűen végzett laborvizsgálatok eredményeként vált ismertté.

A hálózatos elektromos mérésekre (η és ρ) itt dolgoztunk ki egy házi szabványt, amelyet azután a többi területen is alkalmaztunk. Viszonylag egyszerű volt a kitézése, az elektrodahelyek többször is felhasználhatók voltak, és a rendszer változtatása nélkül lehetőség volt a sűrítésre vagy a kiterjesztésre. A szelvényköz 250 m, a lépés 50 m volt. 1650 m-es tápvonal felhasználásával egy terítésből három szelvényt, szelvényenként 600 m-t tudtunk lemérni. Szomszédos területek esetén szelvényenként két átfedő pont volt.

A Diapir-E típusú műszerek — az ELGI jó hírét öregbítve — a nagy strapa ellenére jól vizsgáztak, bár az egyik mérési területen a magas hőmérséklet miatt támadt némi zavar. Itthoni körülményekhez szokott lelkünknek szinte nevetséges az eset. A műszerhez adott műbizonylat szerint a helyes működés +55 °C-ig garantálható, de ott az irdatlan napsütésben a fekete műszerdoboz szellőzetlen belseje ennél valószínűen jobban felhevült. Hőmérőnk ugyan nem volt, de bizonyos jelekből következtethettünk a meleg mértékére. Nem volt például tanácsos leülni egy sötét sziklára (ott egyébként minden szikla fekete volt), mert biztosan odaégett az ember feneké.

A többi kisebb-nagyobb kiterjedésű részterületre szinte minden esetben (legtöbbször a tervtől eltérően) a helyszínen határoztuk el az alkalmazandó módszereket és modifikációkat, a szelvényirányokat és a megfelelő geometriai paramétereket (például az állomássűrűséget). A bevetett módszerek tekintetében a csoport felszereltsége meghatározó volt.

Szinte minden esetben granitoid jellegű intruzív testekhez kötődött az ércesedés. Ilyen volt a lengyel csoport területén elhelyezkedő Ajut nevű objektum is (az Ajut-Ulan-obo nevű hegyről kapta a nevét), amelynek térségében a hetvenes években jelentős vizsgálatok (GP-mérések is) voltak. A területen korábbi bányászkodás nyomait is felleltük. Érdeemes megemlíteni két itteni érdekességet, amelyekkel azelőtt idehaza nem találkoztunk. Az egyik a már említett bornit nevű ásvány. Ebből számos mintát alaposan szemügyre vettem, de biztosan nem ismerném fel, ha újból találkoznanék. A másik egy karbonatit nevű hidrotermális képződmény, amely keletkezése során nagyon mozgékony, származási helyétől nagy távolságra képes eljutni és gyakran hordoz hasznos anyagokat. Különlegessége miatt rövid időre a figyelem középpontjába került, de azután nem váltotta be a reményeket.

Három, úgynevezett regionális szelvény is szerepelt a programban, amelyek közül kettő meg is valósult. Az ÉÉNY–DDK irányú hosszú szelvény (77 km) keresztezi a Mandah-i masszívumot és feltárja a két oldalán lévő medencéket. A szelvény teljes hosszában történtek változó lehatalási mélységgel vertikális elektromos szondázások (a maximális AB 320 és 4000 m között változott), a szeizmika a medenceszakaszokon, a gerjesztett polarizáció és a magnetometria a kibúvásokon lett felhasználva. A legnagyobb — 600 m körüli — aljzatmélység az északi medenceszakaszon mutatkozik. A kibúváson egy helyütt GP-

anomáliát találtunk, de a helymeghatározás pontosságán belül ezt egy ismert — korábban felfedezett — anomália peremének tartjuk.

A közel É–D irányú rövid (13 km hosszú) szelvény az Elgen-i és a Mandah-i masszívum közötti üledékes medencét tárja fel szeizmikus (refrakciós) módszerrel és vertikális elektromos szondázásokkal. A mérések tanúsága szerint itt 1300 m-nél nagyobb aljzattmélység is előfordul.

A Dzansire egy szabályos kúp formájú hegy Öndörhántól keletre, amely egy krétában lezajlott vulkáni tevékenység erősen erodálódott kürtője. A kürtőhöz is és a környező granitoid jellegű kőzetekhez is szulfidásványosodás kapcsolódik. Néhány évvel előttünk már történtek vizsgálatok a hegyen és a környezetében, a hegy félmagasságában egy kutatóvágat kihajtására is sor került. (Ezt a kutatások akkori vezetőjéről, BALLA Zoltánról Balla-tárónak nevezik.) A Nemzetközi Földtani Expedíció is bevette a kutatandó objektumok közé. A korábbi és a közelmúltban történt geofizikai mérések azonban elkerülték a legérdekesebb, egyben a legnehezebben járható területet, a hegycsúcs környékét. Ránk maradt az É-i előtérben néhány szelvény és a csúcs környékének hálózatos mérése (természetesen GP módszerrel).

A méréseket úgy kellett végrehajtanunk, hogy a csoport telephelye mintegy 500 km távolságra a Góbiban volt, ami az úttalan utak miatt ott egy egész napi járóföldnek számít. Az északi, sík területre eső szelvények nem jelentettek különösebb problémát, a csúcs környezetét pedig egy elég hosszú (akkor nekünk szabványos) 1650 m-es tápvonalal „átlóttuk”. A tápelektrodák helye így a hegy lábához, gépkocsival jól megközelíthető helyre esett, az erősáramú kábelek kiterítése így nem jelentett problémát. A csúcs környezetét magába foglaló, 600 x 800 m kiterjedésű mérési hálózatot csak gyalogszerrel kellett bejárni. (Bár ilyen körülmények között, amikor nem egy vízszintes síkkal határolt feltérben történik a mérés, alkalmazni kellene egy — geometriai — korrekciós szorzót, ettől eltekintettünk.)

A mérések adatai alapján több anomália is jelentkezett, amelyeket szinte azonnal megfűrtak, számottevő eredmény nélkül. Az a fűrés azonban, amely a hegy DNY-i lejtőjére eső anomáliának a feltárására mélyült, szerintünk egy szakmai tévedés. BALLA korábban azt állította, hogy a kürtő anyagában felfelé csokorszerűen szétnyíló, függőlegeshez közeli helyzetű hatóterek várhatók, az anomália alatt mélyített, kissé befelé lejtő ferde fűrés eszerint a ható mellett, azzal párhuzamosan haladt.

Mi Dzansire-i eredményeinket a jelentésben közöltük, de a terület értékelésében nem vettünk részt.

Feltétlenül meg kell említeni azokat a dolgokat, amelyek nem tartoztak a csoport kötelességei közé, mégis megtörténtek, és talán hozzájárultak a magyar geofizika hírnevéhez. (A kötelességekről nem érdemes hosszan beszélni. Az elvégzett munka minősége, mennyiségi túlteljesítése és a szervezettség általános elismerést váltott ki. Némi „ejnye-ejnye” csak a késedelmes termódosítások miatt hangzott el.)

Valószínűleg mi végeztünk mongol földön először úgynevezett időszondázást. Mivel a gerjesztési idő függvényében a különböző kőzetek és ércesedési típusok eltérő mértékben polarizálódnak, az azonos elektródahelyeken különböző gerjesztési idővel mért értékek — a kapott időszondázási görbe — fontos információk hordozói lehetnek. Az öt terepi mérésponton kísérleti jelleggel elvégzett méréseket az erre lehetővé, hogy a csoport két munkatársa (ZALAI Péter

és LUKÁCS József) 1981–82 telén saját tervezésű (tartalék alkatrészekből Ulánbátorban elkészített) „Alfa” nevű kapcsoló-vezérlő egységet épített, és kiváltotta a VPSZ-63 (szovjet gyártmányú) műszer (vagy mérőrendszer) előregegyezett részét. Az új egység sokkal kisebb volt az eredetinél, rajta a gerjesztési időt széles határok között lehetett változtatni. Az időszondázási görbék 10 és 800 s között 20 mérési pontot tartalmaztak, és leginkább egyenessel lehetett őket közelíteni. A folyamatosan növekvő értékek között a kezdeti szakaszon alig volt különbség, később kissé szétváltak. Bár a hatók között volt pirites, kalkopirites és grafitos (ezek gondos mérlegelés után lettek kiválasztva), az eredményekből sommás következtetéseket nem tudtunk levonni.

Bár a korábbi években már történtek próbálkozások, csoportunknál történt először elvileg megalapozott és nagy mérési anyagon (Suten — GP) lefutott adatszűrés. Ezt a csoport használatában volt programozható asztali kalkulátor és ZALAI Péter főmérnök elemző munkája tette lehetővé.

Több olyan térképet szerkesztettünk, amely összegezte a korábbi és az új gerjeszthetőségi adatokat, a lengyel kollégák kutatási területére vonatkozóan — kifejezetten az ő felhasználásukra — pedig előállítottuk a légi mágneses mérések hatótérképét.

6. A munka résztvevői

A csoport tagjainak jelentős része a megelőző időkben már szerzett mongóliai tapasztalatokat, többen pedig itt tanultak bele a helyi körülményekhez történő legjobb alkalmazkodásba. A csoportvezető (jelen sorok szerzője) háta mögött három korábbi mongóliai terepi év tapasztalata volt, amikor 1980-ban TABA Sándor mellett főmérökként felkészült az expedíciós teendőkre (a Góbi-beli két év az ötödik és a hatodik, Mongóliában eltöltött esztendő volt), a marsallbotot pedig ZALAI Péter munkatársának adta át, aki az ezután következő időre került vezető beosztásba. A csoportnak 14 kiküldöttje volt, de a cserék folytán több érintett is van. A családtagok a terepszegyen közepén — az iskolai tanítási szünetben — szintén a tábor lakói voltak.

Csoportvezető: FEJES Imre (feleség és két gyerek). Főmérnök: KUMMER István (feleség). Geofizikus munkatársak: ZALAI Péter (feleség és gyerek), DIENES Endre (feleség és gyerek), HERCZEG György (feleség). Geodétamérnök: SZEREMLEY Szabolcs (feleség és két gyerek). Rádiós tolmács: GÁLOSFALMI Mihály (feleség). Technikusok: CZOBOR István (feleség), ILLÉS Dezső (feleség és gyerek), LUKÁCS József (feleség és két gyerek), SÓS György (feleség), SOMOGYI Sándor (feleség és két gyerek), SZÜCS Imre (feleség és gyerek), TÖRÖK István (feleség és két gyerek). Robbantómester: CZÖVEK Károly (feleség), autószerelő: MADARÁSZ Ferenc (feleség és gyerek), szakács: PROKAJ Ferenc (feleség és két gyerek).

Két munkatársunk, SZALAY István és SCHÖNVISZKY László rövidebb ideig (néhány hétig) vett részt a terepi kutatásokban.

Jó kollégai és baráti kapcsolatban voltunk a csoportunkhoz delegált két fiatal kubai geofizikussal, Hozéval és Ramíróval (José OUBINA és Ramiro PUERTA).

Mongol munkatársaink némiképp cserélődtek, de akadt közöttük olyan, aki korábban már több évig dolgozott magyarokkal. Velük szorosabb volt a kötődés (itt most csak őket soroljuk fel). GOCSÓ bácsi a mongolok korelnöke volt a

gondnok és a csoport gazdasági ügyeinek intézője. Technikus: BATCINGEL. Sofőrök: ENHTAJVAN, NERBÁTOR, OJUNBÁT és ENHSARGAL.

Munkánk szorosan összekapcsolódott a velünk egyidejűleg és a korábbi időkben ott dolgozott különböző földtani szakemberek munkájával. A GP módszer jellegéből fakadóan beleszólhattunk, sőt bele kellett szólnunk az objektumok

feltárásába és végső értékelésébe. Igyekeztünk úgy dolgozni, hogy ne hagyjunk magunk mögött megoldatlan problémákat. Ez nem teljesen sikerült. A Szuhajn-bulak nevű részterületen maradtak lezáratlan GP-anomáliák, Suten és a Dzansire problémáját pedig még biztosan elő fogják venni az utódok.

Fejes Imre



„Ez egy nagyon szép kép” — mongol munkatársainknak hosszas szemlélődés után ez volt a véleményük. Víz és teve együtt a Góbiban, ez megmozgatta fantáziájukat. Számunkra ez csak egy kiadós eső után megmaradt pocsolya

HÍREK, BESZÁMOLÓK

A POLGÁRMESTER KIESETT ÁGYÁBÓL...

Csak elvétve jelennek meg a napilapokban geofizikai kutatásokról szóló híradások. Ritka kivétel volt 2002 júliusának közepe, amikor az ALP 2002 nemzetközi litoszféra-kutató program nyírségi mérései, pontosabban robbantásos rezgés-keltései szinte vezető hírré váltak a 30 °C feletti hőmérsékletű uborkaszegzonban. Minden bizonnyal számos cikk fog majd beszámolni az eredményekről, ugyanúgy, mint a CELEBRATION 2000-ról. Most egészen másról szeretnék írni. Egyik, tárgyilagosságáról és csak többszörösen ellenőrzött hírek közléséről ismert napilapunkban jelent meg egy *Rengett a föld* című írás a *Tollhegyen* rovatban. Nem helyszíni riport, szerény irodalmi ismereteim alapján talán glossza lehet a műfaja. Így nem tudom egyértelműen eldönteni, melyik mondat fogalmaz meg komolyan veendő gondolatot, és melyik csupán egy szarkasztikus megjegyzés. Nem akarom ennek a — talán szerzője szerint sem az örökkévalóságnak szánt — műnek az életét meghosszabbítani, de megjegyzéseim csak úgy lesznek érthetőek, ha először mondatról mondatra idézem az Endre és Elek napján a 165. számban megjelent, a hálózaton is olvasható szöveget.

„Talán egyeztetniük kellett volna a helyiekkel a Nyírségben földtani kutatást végző szakembereknek, és akkor nem jelent volna meg a magyar sajtóban akkora marhaság, miszerint földrengés rázta meg a sokat szenvedett keleti országrészt.”

A mondat eleje nyilvánvalóan magában foglalja azt a feltevést, hogy a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet szakemberei nem egyeztettek. Szeretném tudni, van-e fogalma a szerzőnek, hogyan lehet Magyarországon robbantási engedélyt kapni, és hány érintett önkormányzatot kérdezett meg, kaptak-e értesítést? Ismeret és felmérés nélkül a feltevés teljesen megalapozatlan. Azon lehet vitatkozni, marhaság-e földrengésről beszélni. A Szeizmológiai Observatórium műszerei földrengést regisztráltak, az emberek — akik esetleg még soha nem éltek át igazi földrengést — éreztek valami szokatlant. A legtöbb népszerűsítő leírás azt írja a szeizmikáról, hogy mesterségesen keltett földrengésekkel dolgozik. Az első mondat tehát két ponton is kifogásolható.

„Mi történt voltaképpen?”

Nem akarok mindenáron kötekedni, de ez a mondat azt sugallja: a magyar sajtó, természetesen saját lapomat kivéve, marhaságokat írt, de én most feltárom az egyedüli igazságot. Hát lássuk!

„Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet emberei földtani kutatásaik során robbantgatni kezdek a környéken, pontosabban a föld alatt, hadd tudják meg, a földkéreg felső részének — litoszféra — reagálását az efféle beavatkozásokkal kapcsolatban.”

Mindenekelőtt meg kell köszönnöm a szerzőnek, a szerkesztőnek, a számítógép helyesírás-ellenőrző programjának, hogy Intézetünk neve hibátlanul jelent meg. Ezt csak az tudja igazán értékelni, aki már tapasztalta, milyen nehéz megtalálni ezt a négy szót és eltalálni írásmódjukat. Akármilyen is a

műfaja a boncolgatott írásnak, egy biztos, nem tudományos közlemény. Bár a köznapi beszédben nem igen használt litoszféra szó közbeszúrása mintha ezt a látszatot igyekezne kelteni. A robbantgatás azonban lerontja ezt a törekvést, mert — lehet, ezzel egyedül vagyok — nekem erről az öreg partizánról szóló vicc jut eszembe, aki még évekkel a háború befejezése után is robbantgat. A kutatás céljának megvilágítása sem a legszerencsésebb. Nem tudom, mit szólnának az orvosok ahhoz, ha a röntgen-vizsgálatok céljából azt jelölnék meg, hogy a beteg hogyan reagál az elektromágneses sugárzásra. De még az is felmerült bennem, hogy a reagálás valamiféle cselekvést is jelenthet, tehát akár arra is lehetne gondolni, hogy ezek a megátalkodott szakemberek a beavatkozással, kis robbantással, nagy földrengést akarnak előidézni. Ezzel a mondattal nem az a bajom, hogy szakmailag nem helyes, hanem az, hogy legalább is hangvételében, stílusában félrevezető.

„Sikerült is a nyírségi pukkantás, pár pillanatra megremegett a föld, ezt azonban félreértették a helyi szeizmológusok (valószínűleg nem értesítették őket), az MTI meg máris világgá röpítette a hírt: földrengés volt Pátróhán és Aranyosapátiban.”

Nem néhány pillanatra, hanem többször is, hiszen több robbantás volt. Robbantattunk, pukkantattunk, a helyi szeizmológusoknak meg nem szóltunk. Nem világos a „helyi” szó földrajzi jelentése, de amennyiben a két említett helységet jelenti, nagy a valószínűsége annak, hogy az ottani szeizmológusok száma igen jó közelítéssel nullának tekinthető, így értesítésük nehéz lett volna. Félve még azt is megkérdezem: tudja a szerző, mi fán terem a szeizmológus? Az MTI-nek meg az a dolga, hogy világgá röpítse a híreket, akár fontosak azok, akár nem. Igaz, a hír szent, a vélemény szabad, a hírben viszont annyi igaz volt, rengett a föld (lásd fentebb).

„Örület!”

Mivel ez vélemény és így szabad, nincs hozzáfűzni valóm, bár nem tudom, mire vonatkozik.

„Fejlettebb demokráciákban ilyenkor lemond az illetékes tárca első embere.”

Ez nem vélemény, ez állítás, hír. A szerzőnek minden bizonnyal százszámra vannak hiteles hírei ilyen lemondásokról, kár, hogy legalább egyet nem osztott meg olvasóival. Az meg teljesen megdöbbentett, hogy szerinte fejlettebb demokráciákban is előfordulhat ilyesmi, nemcsak ebben az örületben. Jól értesült és biztos ítéletű szerzőnktől azt is jó lett volna megtudni, szerinte melyik az illetékes tárca, mert némi fejtörés után valamennyi tárca bevonható ebbe a körbe, sőt a parlament, a Legfelsőbb Bíróság, az Alkotmánybíróság, a köztársasági elnök is.

„Mi azonban az MSZP és az SZDSZ vezette Magyarországon élünk, vagyis mindenki marad a helyén, kedves vigyorral elintézzük az egészet, miközben a kommunikációs bravúr következtében megijesztett lakosság már csomagolni kezdett a környéken, az idősebbek végrendeletet fogalmaztak

tintaceruzával, plajbásszal, a pénzesebbek pedig elindultak az Újvilág felé. Ott nem remeg annyira.”

Most bajban vagyok. Mint közalkalmazott és közhasznú civil szervezet tagja politizálni nem akarok. Ráadásul nem tudom eldönteni, ez most hír vagy vélemény. Két nyilvánvaló tévedést azonban meg kell említenem. A glossza további részéből kiderül, nem mindenki maradt a helyén. A polgármester kiesett az ágyából. Ami pedig az Újvilágot illeti, annak egyes részei bizony sokkal erősebben rengenek, mint hazánk (ezt az ottani szeizmológusok mondják). Esetleges következményekkel járó valótlanúságot még egy glosszában sem illik leírni. Most pedig veszem magamnak a bátorságot és hírnek, de legalább is megalapozott állításnak tekintem a hosszú mondat nem politikai(?) részét. A „kommunikációs bravúr” bekövetkeztétl minnek alapján jelenti ki? Ha jól tudom, római mondás: Audiatur et altera pars (a feltehetőleg ifjabb és ezért a latin nyelvben járatlan szerző kedvéért: Hallgattassék meg a másik fél is.) A leírtaiból inkább a csupán egyoldalú tájékozódás látszik valószínűnek. Kollégáim Pátróhán át igyekeztek az egyik robbantópontokról a másikra. Több embert is láttak pizsamában, hálórúhában beszélgetni a házak előtt (a világon mindenhol ez történik hasonló esetben), de egyetlen végrendeletet írórt vagy útra készülődőt sem. Igaz, nem jártak házról házra, mint feltehetőleg a szerző, hiszen ő még azt is látta, hogy tintaceruzával, plajbásszal — mert a sokat szenvedett keleti országrészben csak ez van, a számítógép még ismeretlen — írták a végrendeleteket. Lehet, hogy mégis tévedek, mégsem hír, hiszen nehéz lett volna percek alatt a sokat szenvedett keleti országrészbe kerülni. Akkor pedig vélemény, szarkasztikus megjegyzés. Ízlés dolga, lehet-e öregek — akár csak kitalált — halálfélelmén, végrendelezésén ironizálni. De menjünk tovább!

„Itt jegyzem meg, magát Pátróha polgármesterét, Tóth Sándort sem tájékoztatták a terveikről a kutató kedvű geológusok, a falu első embere éjjel fél tizenegy körül úgy esett ki az ágyából, majdnem nyakát szegte.”

Hát ez megint kemény dió. Az csak apróság, hogy nem geológusokról, hanem geofizikusokról van szó. Senki sem szereti, ha foglalkozásáról, hivatásáról pontatlanul írnak. Mi, geofizikusok sem. Egy fél Európát átfogó, nemzetközi programban való részvétel helyett csupán nem éppen dicsérőnek tűnő kutató kedvről beszélni indokként vagy tájékoztatás, vagy rosszindulat. Biztos abban a szerző, hogy a polgármestert kell értesíteni és nem az önkormányzatot? Biztos abban a szerző, hogy a pátróhai önkormányzatot nem értesítették úgy, ahogy a gyakori és tartós áramszünet miatt egyáltalán lehetett? Azt pedig javaslom, hogy a polgármester ágyát sürgősen helyezték el egy műszaki múzeumban, mert képes volt arra, hogy egy műszerekkel is alig regisztrálható rezgés hatására egy első embert is

kivessen magából. Erre a földrengésekkel kapcsolatos több évszázados, sőt évezredek feljegyzésekben nem található példa.

„Először arra gondolt a megrettent faluvezér, hogy valamelyik helybeli részeg rágyújtott a gázpalack mellett, később a híradásokból arról értesült, földrengés történt a saját falujában.”

Furcsa képet ad a szerző a sokat szenvedett keleti országrészről. Az öregek plajbásszal, tintaceruzával kénytelenek írni, mert nemhogy a számítógépet, de még a golyóstollat sem ismerik, aki pedig nem végrendelezik, az részegen gyújt rá a gázpalack mellett és felrobban. Ha komolyan lehetne venni ezt az egészet, akkor a gázpalackot forgalmazók hitelrontás miatt beperelhetnék a szerzőt. Megint csak stílári kérdés, de én még a faluvezér kifejezést nem hallottam, nem olvastam, és a talán nem erőltetett asszociációk miatt nem is túl szerencsés.

Végre jön az utolsó mondat: „Vannak még teendők, emberek.”

Ezzel maradéktalanul egyet lehet érteni, csak attól félek, nem ugyanazokra a teendőkre gondolunk. A teljesség igénye nélkül felsorolok néhányat, ami szerintem valóban fontos teendő.

Ha valaki tollhegyre tűz egy témát, akkor minimális követelmény, hogy annak természettudományi, tehát objektív vonatkozásairól — legalább középiskolás fokon — tájékozott legyen, ne állítson valótlanúságokat. De ez az eset ismét felveti azt a kérdést is, valóban elegendő földtudományi ismereteket kapnak a középiskolások?

Ha a témának esetleg törvényi, jogszabályi vonatkozásai is vannak, akkor azok előírásait lehet számon kérni, azok teljesítését lehet vizsgálgatni, nem pedig elképzelt kötelezettségmulasztásokat felhánytorgatni.

Egyes vélemények szerint a stílus maga az ember. Valóban, a szavaknak nagy hangulatteremtő erejük van. A boncolgatott írásmű stílusa — mellékes, hogy milyen meggondolásból — sommásan tudományellenes, ha komolyan lehetne venni, sértő. Nem is lett volna értelme érdemén messze túlmenően foglalkozni vele, ha nem lenne számos jellegzetessége egyben jellegzetessége az írott és elektronikus médiának is. Ezért tűztem én tollhegyre, nem a szerzőt, a jelenséget.

A kimondottan újságírási etikai kérdésekkel nincs szándékom foglalkozni.

P. S. Az elmúlt években az ország sok helyén volt telepítve a mérések ideje alatt a sok száz, számos országból hazánkba küldött mérőműszer. Eddig valamennyit hiánytalanul vissza tudtuk adni. A tollhegyre tűzött esetben viszont a rendőrség (a jelen sorok írásáig) még nem találta meg azt az öt mérőműszert, amelyeket feltehetőleg nem a helyi szeizmológusok vettek kölcsön.

Verő László

KÖNYVISMERTETŐ

Tóth Álmos: Földtani ódonságok Vadász Elemér Emlékkonferencia (Szerk.: Tóth Álmos)

TÓTH Álmos ez évben két kiadvánnyal ajándékozta meg az ELGI könyvtárát. Mindkettő valamilyen módon nevéhez kötődik: a Földtani ódonságoknak szerzője, a VADÁSZ Elemér geológus 115. születésnapjára rendezett emlékkonferencia előadásait tartalmazó kötetnek pedig szerkesztője (illetve részben szerzője). Mindkét zsebméretű könyv a Magyar Alu-

míniumipari Múzeum kiadásában, RADNAI József szerkesztésében jelent meg 2002-ben.

A Földtani ódonságok előszavát DUDICH Endre, a Magyarhoni Földtani Társulat társelnöke, a Társulat Tudománytörténeti Szakosztályának elnöke írta. Ajánlói sorából idézünk: „Magyarország nemcsak a bauxit vonatkozásában (n)agyhata-

lom. A kultúra (beleértve a tudományt és a technikát is) számos más területén is az. Tárjuk fel és ismerjük meg ennek múltját, legyünk rá büszkék, és tegyünk róla, hogy a jövőben még inkább így legyen. Nem a fegyverek, nem is pénz vagy/és az ügyesség, hanem az alkotó emberi szellem erejével. Ebben segít TÓTH Álmos könyve is.”

A szerző bauxitkutatóként ismert, így természetes, a bauxit megismerésének mélyre nyúló soktudományos történetével foglalkozik az írások többsége. De érdekesek a földrajzi nevek tudományát érintő gondolatai is. Fontos, elfeledett területre, a Kárpátokon túli hajdani magyar bányászkodásra irányította egyik írása a figyelmet. Írásai ismert szaklapokban, illetve a Magyar Alumíniumipari Múzeum hírlevelében jelentek meg. Ez utóbbiban megjelenő, immár 9. sorozatnál tartó *Bauxit egypercesei* nem egyszer aktuális megjegyzésekkel „lábjegyzetelt” írások, amelyek sok újdonságot, sok háttér-információt adnak az olvasónak. Szerző tervei szerint egyszer egy Magyar Bauxit Annalesbe rendeződnek ezek a kis írások, amelyekben gyakorta használ, idéz — a szakma által eddig nem ismert, vagy nem idézett — kéziratári anyagokat. Ez külön értéke írásainak.

A második könyv a VADÁSZ Elemér „geocézár” tiszteletére 2000 decemberében Székesfehérvárott rendezett Emlékkonferencia előadásait tartalmazza, TÓTH Álmos bevezetőjével (a konferencia Megnyitója). Az előadók VADÁSZ Elemér egyetemi tanítványai első generációihoz tartozó kiválóságok, a geológus szakma ismert személyiségei. Sok érdekeset mondanak el a nagy öregről, sok olyat, amit és ahogy a róla szóló

megemlékezésekben korábban nem lehetett elmondani. S ezek, ahogy a szerkesztő írja, remélhetőleg hozzásegítenek egy majdani Vadász-kultúrtörténet megírásához, ami egyben szakmánk 20. századi története is lesz. Kevesen tudják, VÉGH Sándorné emeritus professzor céloz rá, hogy VADÁSZ Elemérben tisztelheti a geofizika szakmája első egyetemi tanszéke megalapítóját is.

E kötet is bemutat új, a szakma által nem ismert dokumentumokat. Ezek közül is kiemelkedik VADÁSZ Elemérnek a híres-hírhedt MAORT-perben a vádlott geo-szakmabéliek melletti — a fogalmazás „Jágysága” ellenére — bátor levele, amit a per „konstruktörének” írt. A levél sem az Olajipari Múzeumban, sem a Magyar Állami Földtani Intézet Tudománytörténeti Adattára Vadász Archivumában nem lelhető fel, egy magángyűjteményből való.

E kötetekbe természetszerűleg nem kerülhetett be szerzőnek egy új „felfedezéséről” való híradása: EÖTVÖS Loránd egy 1868. évből való kéziratának bemutatása. A kézirat másolatát, gépirássa való „fordítását” átadta a Geofizikai Intézet Eötvös Adattárának. Az írás a nem geofizikust, hanem a bányászat, az erdélyi bányászat és kohászat problematikájára iránt érdeklődő és a bányászok–kohászok sorsa iránt mélyen elkötelezett ifjú gondolkodót, a leendő politikust mutatja. TÓTH Álmos az MTA Kézirattárában „jelte”. Buzdítson ez mindenkit arra, hogy kutasson kéziratok között, igazgyöngyöket lelhet.

Tóth Lajos

In Memoriam:

DR. JERMENDY ZOLTÁN

1933–2002

A magyar szénhidrogén-ipari szeizmikus kutatásban megélt teljes szakmai életpályát követően 2002. június 10-én, nagy türelemmel viselt súlyos betegség után, életének 69. évében eltávozott közülünk dr. JERMENDY Zoltán elektro- és geofizikus-mérnök.

A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki karának Híradástechnikai és gyengeáramú szakát elvégezve, 1957-ben kezdte meg mérnöki munkáját a Szeizmikus Kutatási Üzem elektromos laboratóriumában. 1965-ig a szeizmikus terepi mérőeszközök beszerzésének, üzemeltetésének és műszaki ellátásának elektromérnöki feladatain dolgozott.

1965-től az analóg, majd 1971-től a digitális jelelrőgzítés és feldolgozás bevezetése és alkalmazása során a feldolgozás számítógépi eszközei szerteágazó műszaki ellátását, később pedig az üzemeltetését vezette.

Eredményes munkásságában kiváló elektromérnöki felkészültsége mellett angolnyelv-ismeretét és azokat a szakmai ismereteit is sikeresen kamatoztatta, amelyeket az 1970-ben diplomával befejezett geofizikus-mérnöki tanulmányai, valamint több, Franciaországban és az Egyesült Államokban elvégzett céltanfolyam során szerzett.

A szeizmikus mérő- és feldolgozórendszerek elismert szakértője volt. A Magyar Geofizikusok Egyesülete első ifjúsági ankétján. 1959-ben már helyezést elért előadást tartott a szeizmikus műszerek dinamika-szabályozásáról. A *Szeizmikus mérőberendezések számítógépes vizsgálata* című egyetemi doktori értekezését a Nehézipari Műszaki Egyetemen *Summa cum laude* minősítéssel védte meg 1978-ban.

1979-től az NME Geofizika Tanszékének meghívott előadója volt. A *Digitális elektronika* és a *Geofizikai műszerek* című tárgyakat oktatta, amelyekhez 1982-ben *Elektrotechnika (Digitális mérés technika geofizikusoknak)*, illetve 1992-ben *Szeizmikus műszerek* címmel írt jegyzetet. Oktatási munkáját nagyfokú igényesség jellemezte, amelyet a Miskolci Egyetem 1990-ben címzetes egyetemi docensi kinevezéssel ismert el.

A magyar olajipar felszíni geofizikai kutatásából, a Geofizikai Szolgáltató Vállalattól 1993-ban vonult nyugdíjba, de oktatói munkáját — amíg egészsége engedte — mindvégig folytatta.

Józan életű, családszerető, humánus, széles látókörű, színes egyéniség volt. Így örizzük meg emlékezetünkben.

Sághy György



Tisztelt Tagtársaink!

A Magyar Geofizikusok Egyesülete Ifjúsági Bizottsága és a Magyarhoni Földtani Társulat 2003. március 21–22-én Dobogókőn, a *Nimród Hotelben* ifjú geofizikusok és geológusok számára rendezi meg az

Ifjú Szakemberek Ankétját.

Az idei rendezvény előadásait 35 év alatti előadóknak és társszerzőiknek szóbeli (elméleti, gyakorlati) és poszter kategóriában hirdetjük meg. A jelentkezési lapok és a 2002-es ankét előadásainak kivonata a www.elgi.hu/mge/index.html címről letölthetők.

A szóbeli előadások időtartama 20 perc (vitával együtt). *Segédeszközök:* 2 diavetítő (5x5 cm-es), 2 írásvetítő, projektor. *Poszterek:* Az állvány mérete 150 cm (széles) x 200 cm (magas). A poszterek készítői egy legfeljebb 5 perces, néhány ábrával illusztrált szóbeli bemutatással is készüljenek.

Az előadás/poszter tartalmi kivonatok terjedelme legfeljebb 300 szó (az ezt meghaladó kivonatokat átszerkesztjük). A kivonatokot kérjük határidőre elektronikus formátumban (Rich Text, WinWord) flopin vagy e-mailen (geophysic@mtesz.hu) megküldeni.

A rendezvényen a legjobb ifjú előadók értékes díjakat vehetnek át az említett kategóriákban a felkért zsűri, a támogatók és a közönség odaítélése alapján. Az egyesületek által felajánlott díjakat csak egyesületi tagok nyerhetik el.

Részvételi díjak

	2003. január 31-ig	2003. február 1-től
Teljes részvételi díj (szállással, étkezéssel együtt)	21 000.- Ft/fő	23 000.- Ft/fő
Nappali tagozatos diák és doktorandusz tagoknak (szállással, étkezéssel együtt)	17 000.- Ft/fő	19 000.- Ft/fő
Nappali tagozatos diák és doktorandusz tagoknak Szállás és étkezések nélkül	6 500.- Ft/fő	8 500.- Ft/fő
Nappali tagozatos diák és doktorandusz tagoknak Szállás, reggelivel (egyéb étkezések nélkül)	11 000.- Ft/fő	13 000.- Ft/fő

A rendezvényen csak az előzetesen befizetett résztvevők vehetnek részt, helyszíni fizetésre nincs lehetőség.

Felhívjuk előadást tartó azon egyetemista vagy doktorandusz tagok figyelmét, akiknek problémát jelent a részvételi díj kifizetése, hogy az *MGE-tagok a Magyar Geofizikusok Egyesületének elnökségéhez*, az *MFT-tagok pedig a Magyarhoni Földtani Társulat elnökségéhez* fordulhatnak támogatásért. A pályázatok beadási határideje: 2003. január 10.

Az Ifjú Szakemberek Ankétja szakmai továbbképzési célú rendezvénynek minősül, adómentes tevékenység, amelynek SZJ-száma: 74.84.15.0.

A részvételi díjat az MGE Kereskedelmi és Hitelbanknál vezetett 10200830-32310195-00000000 elszámolási számlájára kérjük átutalni *Ifjúsági Ankét* megjelöléssel. Az MGE adóigazgatási száma: 19815778-2-41.

A részvételi szándékot a Magyar Geofizikusok Egyesülete titkárságán (1027 Budapest, Fő u. 68., tel/fax: 201-9815) kell bejelenteni. Határidő: 2003. január 31. A határidő után beérkezett előadások programba való bekerülését nem garantáljuk.

Felhívjuk továbbá a jelentkezők figyelmét, hogy a szóbeli előadások számát (az időbeli korlátok miatt) 40 előadásban maximáljuk. Ezt meghaladó számú szóbeli előadás esetén a szervezőbizottság a szerzővel történő egyeztetés után fenntartja a poszter szekcióba történő átsorolás jogát.

A rendezvénnyel kapcsolatos kérdésekkel kérjük a *szervezőbizottság* tagjait megkeresni:

BELLÉR Éva	MGE	201-9815	geophysic@mtesz.hu
MARKOS Tünde	GES Kft.	305-2693	tunde.markos@ges.hu
KOVÁCS Attila Csaba	ELGI	252-4999/277	kacs@elgi.hu
LIPOVICS Tamás	ELTE Geofizikai Tanszék	209-0555/1766	lipo@ludens.elte.hu
OROSZ József	GES Kft.	305-2605	jozsef.orosz@ges.hu
SZABÓ Norbert Péter	ME BK	46-565-111/2324	gfnmail@gold.uni-miskolc.hu
TÓTH Tamás	GEOMEGA Kft.	215-4226	toth_t@freemail.hu
ZAHUCZKI Péter	MOL Rt.	437-9253	PZahuczki@mol.hu

Budapest, 2002. november 29.

az MGE Ifjúsági Bizottsága

HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás

Szerkesztő: Tóth Lajos

Szerkesztőbizottság: dr. Aczél Etelka, dr. Ferenczy László, Hegybíró Zsuzsanna, Kakas Kristóf,
dr. Ormos Tamás, dr. Szarka László, Verő László

A szerkesztőség címe: Budapest, II., Fő u. 68. (1371 Budapest, Pf. 433)

Telefon: (1)201-9815
