

### MGE

Eötvös Loránd fizikai tanulmányi verseny Celldömölkön — A Szeniorok Bizottságának hírei — Tisztelet az éveknek..... 61

### SZAKCIKKEK

Újabb mérések a vertikális gradiens (VG) értékének meghatározására  
*Csapó Géza, Völgyesi Lajos*..... 64  
Különböző nagyságú többlethibák egyidejű alkalmazásának tesztje egy egyszerű 3-D-modellel  
*Hajagos Béla, Steiner Ferenc*..... 70

### CIKKEK

Porozitás, permeabilitás, fraktálgeometria — *Elek István*..... 75  
Magyar geofizikusok Kubában — *Polcz Iván, Nyitrai Tibor, Szalay István*..... 78

### HÍREK, BESZÁMOLÓK

2005–2007: a Föld bolygó nemzetközi éve — Elvárások — Aranyokleveles geofizikus-mérnökök — Felhívás a jubileumi kiadványok átvételére..... 86

### IN MEMORIAM

Tóth János ..... 90

45. évfolyam 2. szám



2004

## CONTENTS

**MGE (Association of Hungarian Geophysicists)**

News ..... 61

**Geophysical Papers**

New measurements for the determination of vertical gradients

*G. Csapó, L. Völgyesi* ..... 64

Simultaneous application of surpluserror sets of different magnitude for a simple 3-D model

*B. Hajagos, F. Steiner* ..... 70**Papers**

Porosity, permeability, fractal geometry

*I. Elek* ..... 75

Hungarian geophysicists in Cuba

*I. Polcz, T. Nyitrai, I. Szalay* ..... 78**News and Reports** ..... 86**In Memoriam**

János Tóth ..... 90

---

A szerkesztőség a szakcikkeket szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsora az évzáró 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, Kolombusz u. 17–23.

Telefon: (1) 252 4999

Felelős kiadó: dr. Fancsik Tamás igazgató

Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász Péter



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

<b>Index: 26 507</b>
----------------------

## EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TANULMÁNYI VERSENY CELLDÖMÖLKÖN

A celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola 2004. május 24-én rendezte meg az immár hagyományosnak tekinthető fizikai tanulmányi versenyt Vas megye általános iskoláinak VII. és VIII. osztályos tanulóira részére.

A tanulmányi versenyt ROZMÁN László igazgató, NAGYNÉ HORVÁTH Mária igazgatóhelyettes és VIOLA István fizikatanár rendezték. A feladatokat HÉDI Zoltánné, a sárvári Gárdonyi Géza Általános Iskola igazgatója, a zsüri elnöke állította össze.

Elismeréssel kell szólnunk a fizikai tanulmányi verseny résztvevőinek felkészültségéről. Az általános iskolák VII. osztályának megfelelő kategóriában DOROGI József eredménye volt a legjobb, aki a *szombathelyi Püspöki Általános Iskola* növendéke. Második lett KOVÁCS Dániel, a *büki Felsőbüki Nagy Pál Általános Iskola* tanulója, a harmadik díjat pedig FARSANG Dóra, a *gércei Általános Iskola* diákja nyerte el. A VIII. osztályosok közül első lett VÉGH Klaudia, a *hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola* tanulója, a második helyezést MOLNÁR András, ugyancsak a *hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola*

diákja nyerte el, a harmadik díjat pedig SCHIMMER János, a *celldömölki Gáyer Gyula Általános Iskola* tanulója kapta.

Az eredményhirdetést az Eötvös Loránd Általános Iskola vezetői ebben az évben is bensőséges hangulatú ünnepség keretében foglalták.

A celldömölki rendezvényen a Magyar Geofizikusok Egyesületét ACZÉL Etelka és UJFALUSY Antal képviselte. A magyar geofizikusok nevében a győzteseknek szerény, szakmai jellegű ajándékokat adtak át az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány támogatása révén.

Ezen a helyen is szeretnénk megköszönni ROZMÁN Lászlónak, a celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola igazgatójának és munkatársainak meghívását.

Minden magyar geofizikust örömmel tölthet el az a tudat, hogy a celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola vezetői méltó módon tisztelnek a legnagyobb magyar geofizikus előtt.

*Aczél Etelka, Ujfalussy Antal*

## A SZENIOROK BIZOTTSÁGÁNAK HÍREI

2004. június 2-án, szerdán rendeztük meg a szeniorok baráti találkozóját, a MTESZ Budai Konferenciaközpontjában. Az összejövetelen 36 tagtársunk vett részt.

A találkozón a Magyar Geofizikusok Egyesületének vezetőségét PÁLYI András egyesületi titkár képviselte. Szíves hangú üdvözlő szavai után megemlékezett arról, hogy idén áprilisban ünnepeltük a Magyar Geofizikusok Egyesületének 50. évfordulóját. Átadta SAJTI László és DANKHÁZI Gyula tagtársaknak az alapító tagságukat tanúsító díszoklevelet és az Egyesület két jubileumi kiadványát, mivel a nevezettek az ünnepi tudományos ülésen nem tudtak részt venni.

Dr. POSGAY Károly levélben köszönte meg a baráti találkozóra szóló meghívást, és üdvözölte a megjelenteket.

A baráti találkozó résztvevőit — a Magyar Geofizikusokért Alapítvány támogatásával — szerény uzsonnával

láttuk vendégül. Segítségüket ezen a helyen is megköszönjük.

STEGENA Lajosné ZRINSZKY Éva tagtársunk nagyon kedves történettel örvendeztette meg a résztvevőket. Elmondta, hogy legfiatalabb unokájának ajándékot akart venni a születésnapjára. Hosszas tünődés után véletlenül ráesett a tekintete egy antikvárium kirakatában férjének Atlantisz című könyvére. Ezt vette meg a nevezetes napra, mert úgy gondolta, hogy ennél méltóbb ajándékot nem is adhatna STEGENA Lajos unokájának.

Köszönet illeti a rendezvény sikeréért BELLÉR Évát, a Magyar Geofizikusok Egyesületének ügyvezető titkárát, aki a tőle megszokott remek szervezőmunkával járult hozzá a jó hangulathoz.

*Aczél Etelka,  
a Szeniorok Bizottságának elnöke*

## TISZTELET AZ ÉVEKNEK

*Sok szeretettel köszöntjük senior tagtársainkat, különös tisztelettel azokat, akik idén kerek évfordulás születésnapot ünnepeltek. Sokan közülük ma is aktívan részt vesznek az egyesület életében és a geofizikai kutatásokban. További sok sikert, sok örömet, derűs, békés hétköznapokat, jó egészséget és szép ünneplést kívánunk Mindannyiuknak.*

Köszöntjük

NÉMETH Lajos szerkesztőt, aki idén töltötte be 80. évét,  
ZETHNER György geofizikus-mérnököt, aki idén töltötte be 80. évét,

Dr. ÁDÁM Antal bányamérnököt, aki idén töltötte be 75. évét,  
Dr. BENCZE Pál geofizikust, aki idén töltötte be 75. évét,  
GAYER Ferenc geofizikus-technikust, aki idén töltötte be 75. évét,  
MEZEY Mária geofizikus-technikust, aki idén töltötte be 75. évét,  
OTTLIK Péter geológust, aki idén töltötte be 75. évét,  
VARGA Ede geofizikus-mérnököt, aki idén töltötte be 75. évét,  
WALLNER Ákos bányamérnököt, aki idén töltötte be 75. évét,  
Dr. ZILÁHI-SEBESS László matematikus-fizikust, aki idén töltötte be 75. évét,

BARANYI István bányamérnököt, aki idén töltötte be 70. évét,  
CZUCZOR Ernőné dr. MILETITS Judit geofizikus-mérnököt, aki idén töltötte be 70. évét,  
HANISZKÓ Gusztáv geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
HORVÁTH Flórián matematikus-fizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
KARAS Gyula geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
KÁNNÁR Tibor geofizikus-mérnököt, aki idén töltötte be 70. évét,  
KIRÁLY Ernő geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
KISHÁZI Anna geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
KOVÁCS Béla geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
KUBINA István villamosmérnököt, aki idén töltötte be 70. évét,  
Dr. MÁRCZ Ferenc mérnök-geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
Dr. MÁRTON Péter geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
MOLNÁR Kálmánné geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
MURAVINA Lilia geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
PAPP Jenő geofizikus-mérnököt, aki idén töltötte be 70. évét,  
STOMFAI Róbert matematika-fizika tanárt, aki idén töltötte be 70. évét,  
SUBA Sándor geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
SZABÓNÉ dr. KILÉNYI Éva geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
SZANYI Béla geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
Dr. SZEDERKÉNYI Tibor geológust, aki idén töltötte be 70. évét,  
VÁRKONYI László mérnök-geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét,  
ZSITVAY Szilárd geofizikust, aki idén töltötte be 70. évét.

*Kérjük, erejükhez mérten támogassák továbbra is a hazai geofizika ügyét!*

*A Magyar Geofizikusok Egyesülete nevében  
Hegybíró Zsuzsanna*



NÉMETH Lajos



Dr. ÁDÁM Antal



Dr. BENCZE Pál



GAYER Ferenc



MEZEY Mária



OTTLIK Péter



WALLNER Ákos



Dr. ZILÁHI-SEBESS László



CZUCZOR Ernőné dr. MILEITTS Judit



HANISZKÓ Gusztáv



KÁNNÁR Tibor



KIRÁLY Ernő



KOVÁCS Béla



KUBINA István



Dr. MÁRCZ Ferenc



Dr. MÁRTON Péter



STOMFAI Róbert



SZABÓNÉ dr. KILÉNYI Éva



SZANYI Béla



Dr. SZEDERKÉNYI Tibor



VÁRKONYI László

# Újabb mérések a vertikális gradiens (VG) értékének meghatározására<sup>1</sup>

CSAPÓ GÉZA<sup>2</sup>, VÖLGYESI LAJOS<sup>3</sup>

A méréssel meghatározott vertikális gradiens értéke jelentős mértékben eltérhet annak  $-0,3086$  mGal/m normálértékétől. A mérési ponton a talaj felett néhányszor  $0,1$  m magasságig a mért értékek jelentősen, de másodfokú függvényvel jól közelíthetően változnak.  $40$  méter felett a változás már lineárisnak tekinthető [RÖDER, WENZEL 1986], és  $500$  méter felett a változás nagyon kicsi, a mért érték mintegy  $-0,3073$  mGal/m [HAMMER, GUMERT 1984].

A korszerű gravimetriai hálózatok kiinduló értékeit (mGal szint) abszolút graviméterekkel végzett mérésekkel határozzák meg. Az abszolút módszerrel meghatározott  $g$  értékek az adott berendezés ún. „referenciaszintjére” vonatkoznak. Ezért az abszolút mérésekkel meghatározott  $g$  értékekből álló hálózat mGal szintje különbözik a relatív graviméterekkel ugyanazon pontok talajszintje megfelelője közötti mérésekből származó  $g$  értékek hálózatának mGal szintjétől. A referenciaszintre vonatkozó  $g$  értékeknek a pontjelre történő levezetését a vertikális gradiens ismeretében lehet elvégezni, vagyis a kétféle hálózat közötti kapcsolatot a VG mérések teremtik meg. Miután a levezetés néhány  $\mu$ Gal megbízhatóságú relatív mérést igényel, ezért a vertikális gradiens normálértéke ma már nem nyújt elegendő pontosságot a magassági javítás számításához.

## G. CSAPÓ, L. VÖLGYESI: New measurements for the determination of local vertical gradients

Measured vertical gravity gradients usually differ from its normal value of  $-0,3086$  mGal/m. According to our experience near to the ground surface it varies considerable, but its variation can be approximated by a second order function. Above  $40$  m of the ground the variation becomes linear and in about  $500$  m height its value becomes constant.

At present the datum level of modern gravity networks is mostly determined by absolute gravimeters. The observed absolute gravity values are referred to the reference height of the applied instruments which are different from the reference height of relative gravimeters. To establish reliable connection between the two reference levels a correction is needed which postulates the knowledge of the actual value of vertical gradient. In order to transfer the high reliability of absolute measurements to relative gravimeter networks the application of the normal value of vertical gradient is not enough. The actual value should be determined as accurately as possible.

Korábbi dolgozatokban [CSAPÓ 1997; CSAPÓ, PAPP 2000] ismertettük a vertikális gradiens pontos helyi értékének fontosságát. A nagypontosságú graviméteres méréseknél a műszermagassági javítást számoljuk a mért VG értékek ismeretében, geoid modellszámításoknál pedig a modell ellenőrzésére alkalmasak. Bemutattuk, hogy a méréssel meghatározott értékekre jelentős hatással vannak a mérési pont közvetlen környezetének tömegviszonyai, valamint az, hogy milyen függvényvel közelítjük a  $g/h$  viszonyt (lineáris, vagy másodfokú). Megállapítottuk egyrészt, hogy egy mérési helyen csupán két egymás feletti ponton végzett mérésekkel nem kapunk elég pontos értékeket, másrészt azt, hogy a mérésekkel meghatározott helyi VG értékek jelentős mértékben eltérhetnek a  $-0,3086$  mGal/m normálértéktől ( $1$  mGal =  $1 \times 10^{-5}$  ms<sup>-2</sup>,  $1 \mu$ Gal =  $1 \times 10^{-8}$  ms<sup>-2</sup>).

Korábbi kísérleti méréseink tapasztalatai alapján kidolgoztunk egy — a gyakorlat számára jelenleg megfelelő pontosságot viszonylag gazdaságos munkavégzéssel biztosító — eljárást terepi pontokon végzett VG mé-

résekhez. Az eljárás röviden a következő: a méréseket két LCR-G graviméterrel végeztük és az irodalomban [CSAPÓ, VÖLGYESI 2002] ismertett mérőállványt alkalmaztuk; A-B-C-B-A-B-C-B-A mérési sorozatban észleltünk, ahol  $A = 0,05$  m,  $B = 0,7$  m és  $C = 1,3$  m, a graviméter érzékelő tömegének a pontjel feletti magasságát jelenti [BECKER et al. 2002]. Mindkét műszer elektronikus libellával rendelkezik és a műszerleolvasásokat a CPI (Capacitance Beam Position Indicator = kapacitív érzékelő-helyzet jelző) elektromos kimenetéhez kapcsolt digitális voltmérővel és a mérőtárcsával végeztük ún. *interpoláló eljárással*. Ennek lényege, hogy a helyes leolvasási vonal környékén három műszerleolvasást végzünk a graviméter mérőtárcsáján és a digitális voltméteren. A pontos műszerleolvasási értéket azután a mérési eredményeket feldolgozó program interpoláló szubrutinja számítja ki a 3 leolvasáspár adataiból. A két graviméterrel egymás után, folyamatosan mértük végig a sorozatot, amelynek időszükséglete műszerenként kb. 60–70 perc. Minden ponton három különböző napon végeztük a méréseket, így pontonként 6 független mérési sorozatot dolgozhattunk fel. A feldolgozásnál a hivatkozott irodalomban ismertett javításokat alkalmaztuk.

A következőkben bemutatásra kerülő méréseket 2002–2003-ban végeztük a budai vertikális kalibráló vonal pontjain, illetve a főváros egyéb területein. Az 1. táblázatban a mérési pontok koordinátáit, valamint a  $g/h$  viszony lineáris és másodfokú függvény közelítéssel számított VG értékeit

<sup>1</sup> Beérkezett: 2004. július 19-én

<sup>2</sup> Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23, e-mail: csapo@elgi.hu

<sup>3</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3, e-mail: lvolygesi@epito.bme.hu

tüntették fel a pontjel feletti 1 méteres magasságra ( $h$ ) vonatkozóan ( $VG_1$  és  $VG_2$ ). A számításhoz felhasznált összefüggések:

$$VG_1 = \underbrace{\partial g / \partial h}_{VG} \cdot \Delta h ,$$

illetve

$$VG_2 = \partial g / \partial h \cdot \Delta h + \partial^2 g / \partial h^2 \cdot \Delta h^2 .$$

A kevés számú meghatározás alapján is megállapítható, hogy egyes pontokon nincs számottevő eltérés a kétféle módon számított  $VG$  érték között, más pontokon viszont a különbség jelentős. Különösen szembeötlő a víztározó ( $VT$ ) pontra számított eredmények kedvezőtlen megbízhatósága. Ennek okát abban látjuk, hogy a tározómedencékben a

vízszint a nap folyamán állandóan változik és a víztömeg változása eléri a több  $10\,000\text{ m}^3$ -t [CSAPÓ, SZABÓ, VÖLGYESI 2003]. Ez a változó víztömeg hatással van a mérési eredményekre, ezért a különböző napokon és napszakokban végzett mérések eredményeinek szórása lényegesen nagyobb, mint a többi ponton. Érdemes megemlíteni, hogy a 821 jelű ponton korábban két különböző magasságban végzett mérésből határoztuk meg  $VG$  értékét („kétpontos” mérés), amelyből  $-262,5 \pm 4\ \mu\text{Gal/m}$  értéket kaptunk. (Ugyanabban a függőlegesben két egymás feletti pont között végzett mérésnél a  $VG$ -t úgy értelmezzük, hogy az a két pont között mért  $\Delta g$  értéknek 1 méteres távolságra interpolált értéke a két pont felező pontjára vonatkoztatva  $\text{mGal/m}$  egységben.)

#	A pont neve	$\varphi$	$\lambda$	$h$ (m)	$VG_1$	$VG_2$
2143	Hármashatárhegy	47-33-23	19-00-10	463	$-386,0 \pm 10$	$-393,5 \pm 5$
2142	Táborhegy	47-33-01	19-00-31	412	$-350,0 \pm 14$	$-354,7 \pm 7$
2141	Remetehegy	47-32-39	19-00-39	354	$-350,6 \pm 6$	$-351,3 \pm 5$
2140	Szép völgyi út	47-32-27	19-00-29	283	$-284,9 \pm 6$	$-288,2 \pm 6$
821	Mátyáshegy	47-32-00	19-00-57	201	$-258,7 \pm 8$	$-259,0 \pm 8$
2139	Rózsadomb	47-31-02	19-01-53	153	$-304,2 \pm 8$	$-306,0 \pm 4$
17	BMGE kert	47-28-50	19-03-35	105	$-300,1 \pm 6$	$-305,3 \pm 4$
VT	Gellérhegy	47-29-24	19-02-32	160	$-326,9 \pm 21$	$-332,8 \pm 12$
MET	Pestlőrinc	47-25-48	19-11-01	137	$-303,3 \pm 9$	$-303,1 \pm 6$
OMH	Németvölgyi út	47-30-00	19-00-01	142	$-293,5 \pm 6$	$-293,3 \pm 5$

1. táblázat. Mérési pontok adatai és a  $VG$  lineáris ( $VG_1$ ), illetve másodfokú közelítéssel ( $VG_2$ ) meghatározott értékei  $\mu\text{Gal/m}$  egységben. Jelölések: # — a mérési pont jele a gravimetriai adatbázis pontkatalógusában,  $\varphi$  — a pont földrajzi szélessége fok-perc-másodperc alakban,  $\lambda$  — a pont földrajzi hosszúsága fok-perc-másodperc formában,  $h$  — a pont Balti-tenger szintje feletti magassága

Table 1. Data of measured points and the calculated vertical gradient values in  $\mu\text{Gal/m}$  units

A 2. táblázatban példaként a 2139 jelű Rózsadomb mérési ponton 3 különböző magasságban végzett mérésből („3 pontos mérés”) számított  $VG$  értékeket mutatjuk be.

Mérések	LCR-1919		LCR-963	
	$VG_{(\text{lineáris})}$	$VG_{(\text{négyzetes})}$	$VG_{(\text{lineáris})}$	$VG_{(\text{négyzetes})}$
	$\mu\text{Gal/m}$		$\mu\text{Gal/m}$	
1.	-309,4	-312,7	-300,0	-307,5
2.	-301,7	-307,6	-306,7	-301,0
3.	-303,2	-307,4	-303,8	-299,3
Átlag (1–3.)	$-304,8 \pm 6$	$-309,2 \pm 2$	$-303,5 \pm 8$	$-302,7 \pm 4$
Átlag (1919 + 963)	$-304,2 \pm 8$	$-306,0 \pm 4$		

2. táblázat. 3 pontos mérésekből számított vertikális gradiens értékek ( $VG$ ) a rózsadombi mérési ponton, 1 méteres magasságra vonatkozóan

Table 2. Vertical gradient values ( $VG$ ) calculated from observations carried out at three different heights on Rózsadomb station, referred to 1 m height

Jól látható, hogy a  $g/h$  viszony kétféle közelítésével számított helyi  $VG$  értékek között — a műszerenkénti átlagok esetében —  $1\text{--}5\ \mu\text{Gal/m}$  a különbség. Látszik továbbá, hogy ugyanazon graviméterrel végzett mérések eredménye a különböző sorozatokban  $7\text{--}8\ \mu\text{Gal/m}$ -rel is eltérhet a közelítés módjától függetlenül, ami ismételten igazolta, hogy egyetlen graviméterrel kevésszámú mérési sorozattal

nem határozható meg elegendő megbízhatósággal a vertikális gradiens helyi értéke. Az egyes sorozatokból számított eredmények kisebb-nagyobb eltérésének oka a különböző mérési napokon eltérő külső tényezőknek (szél, légnyomás- és hőmérsékletváltozások, mikro szeizmikus tevékenység stb.) a mérési eredményekre gyakorolt változó hatása. A különböző graviméterekkel azonos napokon

végzett mérések eredményeinek eltérése pedig nagyrészt a felsorolt külső tényezőknek az egyes graviméterek műszerjárására gyakorolt eltérő hatásából származik. Ha az egyes graviméterek mérőrendszerének 1 mGal szerinti periodikus hibáinak hatását nem vesszük figyelembe a mérési eredmények feldolgozásánál, az szintén oka lehet az eltérések egy részének és az is, hogy a „szállítási vibráció” hatása eltérő módon jelentkezik a különböző műszereknél.

A 3. táblázatban a budapesti vertikális kalibráló bázis 2003-ban mért és kétféle módon kiegyenlített eredményeit mutatjuk be. A kiegyenlítés kényszerértékei a budapesti abszolút állomás (82) és a Budaörsi repülőtér (107.10) nehézségi gyorsulási értékei voltak. Ezek a pontokon a VG értékét már korábban, az országos gravimetriai alaphálózat 2000-ben végzett előzetes kiegyenlítése előtt

meghatároztuk. A kiegyenlítés „A” változatában a mérési eredmények feldolgozásánál a graviméterek műszermagassági javítását a vertikális gradiens normálértékével ( $-0,3086$  mGal/m), a „B” változatnál pedig az ismertett 3 pontos mérésekből számítottuk (a  $g/h$  viszony linearitásának feltételezésével).

A 3. táblázat adataiból látható, hogy a kétféle javítási értékkel számított, kiegyenlített pontértékek között nagy pontosságú graviméteres mérésekkel kimutatható különbségek lehetségesek. A kis műszermagasságok miatt (0,05–0,12 m) a  $g/h$  viszony lineáris, vagy másodfokú függvény szerinti közelítéssel számított értékének eltéréseiből származó hatás az eredményekre esetünkben maximálisan 1  $\mu$ Gal volt.

Pont	A	VG	B	VG	$ \delta\Delta g_{(B-A)} $ mGal
	mGal	mGal/m	mGal	mGal/m	
2139	835,3946	- 0,3086	835,3962	- 0,3042	0,0016
2140	809,9906		809,9921	- 0,2849	0,0015
2141	796,0111		796,0152	- 0,3506	0,0041
2142	783,8461		783,8501	- 0,3500	0,0040
2143	771,1283		771,1347	- 0,3860	0,0064

3. táblázat. A budapesti vertikális bázis kiegyenlítési változatai

Table 3. Different adjustment versions of vertical calibration basis of Budapest

### A magassági javítás hatása a még nem kiegyenlített mérési eredményekre

A következőkben a GES Kft. új beszerzésű LCR-G No. 1188 jelű graviméterével 2004-ben a budai vertikális kalibráló vonalon végzett kalibráló mérések eredményét használtuk fel annak vizsgálatához, hogy milyen hatással van a különbözőképpen számított műszermagassági javítás a még nem kiegyenlített mérési eredményekre ( $\Delta g$ ).

Az egyes kapcsolatokon végzett méréseket A-B-A-B-A sorrendben hajtották végre gépkocsival végzett műszerszállítással. A gravimétert a pontokon mindig azonos

azimutban, fix magasságú műszerállványra állították, a graviméter lengőjének pontjel feletti magasságát minden észlelés után mm pontosan meghatározták. A graviméterleolvasásokat — minden műszerállásban három — az optikai mikroszkóp segítségével végezték a graviméter lengőjének felszabadítása utáni négy perces „pihentési idő” után [CSAPÓ 2004]. A mérési eredmények feldolgozásánál a műszermagassági javításon kívül árapály miatti, barometrikus és műszerjárás miatti javítást alkalmaztunk. Néhány kapcsolat mérési eredményét a 4–6. táblázatban állítottuk össze.

Mérési kapcsolat: 2143-2142			
A mérés sorszáma	Műszermagasság (mm)	$\Delta g_{(h_1)}$ ( $\mu$ Gal)	$\Delta g_{(h_2)}$ ( $\mu$ Gal)
1.	101	31,2	39,0
2.	100	30,9	35,0
3.	107	33,0	41,3
4.	106	32,7	37,1
5.	107	33,0	41,3
$\Delta g_{(h_1)-(h_2)}$		0,6	4,5
$\Delta g(1)$		12,490 mGal	12,487 mGal
$\Delta g(2)$		12,489 mGal	12,484 mGal

4. táblázat. A 2143 és 2142 pontok közötti  $\Delta g$  mérés eredményei. A 4–6. táblázat jelölései:  $\Delta g_{(h_1)}$  — a műszermagassági javítás értéke az adott sorszámú mérésnél, a vertikális gradiens normálértékével számítva;  $\Delta g_{(h_2)}$  — a műszermagassági javítás értéke az adott sorszámú mérésnél, a  $g/h$  viszony változásának lineáris feltételezésével;  $\Delta g_{(h_1)-(h_2)}$  — a kétféle VG értékkel számított magassági javítások különbsége az adott mérési pontok között;  $\Delta g(1)$  — a normál VG értékével számított nehézségi gyorsulás különbsége az adott mérési pontok között,  $\Delta g(2)$  — az adott pontok között nehézségi gyorsulás különbsége mért VG értékekkel számítva

Table 4. Measured  $\Delta g$  between points 2143 and 2142

Mérési kapcsolat: 2143-2139			
A mérés sorszáma	Műszermagasság (mm)	$\Delta g_{(h1)}$ ( $\mu\text{Gal}$ )	$\Delta g_{(h2)}$ ( $\mu\text{Gal}$ )
1.	219	67,6	84,5
2.	222	68,5	67,5
3.	220	67,9	84,9
4.	224	69,1	68,1
5.	221	68,2	85,3
$\Delta g_{(h1)-(h2)}$		0,9	17,1
$\Delta g$ (1)		62,944	62,926 mGal
$\Delta g$ (2)		62,949	62,931 mGal

5. táblázat. A 2143 és 2139 pontok közötti  $\Delta g$  mérés eredményei

Table 5. Measured  $\Delta g$  between points 2143 and 2139

Mérési kapcsolat: 2142-2139			
A mérés sorszáma	Műszermagasság (mm)	$\Delta g_{(h1)}$ ( $\mu\text{Gal}$ )	$\Delta g_{(h2)}$ ( $\mu\text{Gal}$ )
1.	216	66,7	75,6
2.	219	67,6	66,6
3.	216	66,7	75,6
4.	217	67,0	66,0
5.	214	66,0	74,9
$\Delta g_{(h1)-(h2)}$		0,8	9,1
$\Delta g$ (1)		50,423	50,433
$\Delta g$ (2)		50,420	50,430

6. táblázat. A 2142 és 2139 pontok közötti  $\Delta g$  mérés eredményei

Table 6. Measured  $\Delta g$  between points 2142 and 2139

Műszermagasságon a graviméter érzékelője és az állandósított pontjel közötti függőleges távolságot értjük (1. ábra). A 4. táblázatban szereplő kapcsolat mérésénél mintegy 110 mm-rel alacsonyabb fix magasságú mérőállványt alkalmaztak, mint a további kapcsolatoknál.

A három bemutatott kapcsolat egy zárt háromszöget alkot, tehát a mérési eredmények feldolgozása után — de még a mérési eredmények kiegyenlítése előtt — kiszámíthatjuk a háromszög záróhibáját (7. táblázat).

A mérési háromszög (eredmények mGal-ban)				
Oldalak	A feldolgozás módja: A		A feldolgozás módja: B	
	$\Delta g_{(d)}$ nélkül	műszerjárással	$\Delta g_{(d)}$ nélkül	műszerjárással
2142–2139	50,423	50,420	50,433	50,430
2139–2143	62,944	62,909	62,926	62,914
2143–2142	12,490	12,489	12,487	12,484
$\omega$	0,031	0,040	0,006	0,017

7. táblázat. A mérési háromszög záróhibája ( $\omega$ ) mGal-ban. Jelölések:  $\Delta g_{(d)}$  — műszerjárás miatti javítás, A — a mérési eredmények feldolgozása a VG normálértékével, B — a mérési eredmények feldolgozása a VG mért értékeivel,  $\omega$  — a mérési háromszög záróhibája mGal-ban.

Table 7. Closure error ( $\omega$ ) of the polygon in mGal

A mérési eredmények kiegyenlítésénél a graviméter méretarányát 1,000 értékűnek vettük és a kiegyenlítést a legkisebb négyzetek módszerének (LNK) dán iterációs eljárásával végeztük három lépésben — a mindkét módon feldolgozott teljes adatrendszerrel, a 4–6. táblázatokban nem szereplő mérési eredményeket is bevonva (8. táblázat).

A 4–8. táblázat adatainak vizsgálatából a következők állapíthatók meg:

a) minél magasabb műszerállványon végezzük a  $\Delta g$  méréseket, annál nagyobb a különbség a normálértékkel, illetve a méréssel meghatározott VG értékkel számított

magasság miatti javítások között (lásd a 2143 pont magassági javításait),

b) a kétféle módon számított műszermagassági javítások eltérései arányosak a két mért pont tényleges VG értékének a normálértéktől való eltéréseivel,

c) a műszerjárás figyelembevételének módja hatással van a mérési kapcsolat javított relatív nehézségi gyorsulás különbségére,

d) a kétféle módon számított műszermagassági javítással feldolgozott  $\Delta g$  értékek közötti eltérés meghaladhatja a

0,01 mGal értéket (példánkban a különbség 0,01 mGal a 2143-2139 kapcsolatnál),

e) a 7. táblázatból látszik, hogy a műszerjárás miatti javítás értéke — az alkalmazott eljárástól függően — kisebb-nagyobb mértékben befolyásolja a záróhiba értékét,

f) a mérési háromszög záróhibája lényegesen jobb akkor, ha a mérési eredmények feldolgozásánál a tényleges VG értékekkel számolunk,

g) ebben az esetben a pontok kiegyenlítésből származó nehézségi értékek megbízhatósága is javul (8. táblázat).

A kiegyenlítések eredményei mGal-ban		
A pont száma	A	B
	$m_0 = \pm 0,011$	$m_0 = \pm 0,010$
2139	980835,207 $\pm$ 0,016	980835,217 $\pm$ 0,014
2142	784,767 $\pm$ 0,013	784,788 $\pm$ 0,012
2143	772,266 $\pm$ 0,014	772,294 $\pm$ 0,013

8. táblázat. A pontok kiegyenlítéséből származó nehézségi értékei. Jelölések: A, B — a korábban ismertetett módon végzett feldolgozásból származó mérési adatok,  $m_0$  — a hálózat kiegyenlítés utáni négyzetes középhibája.

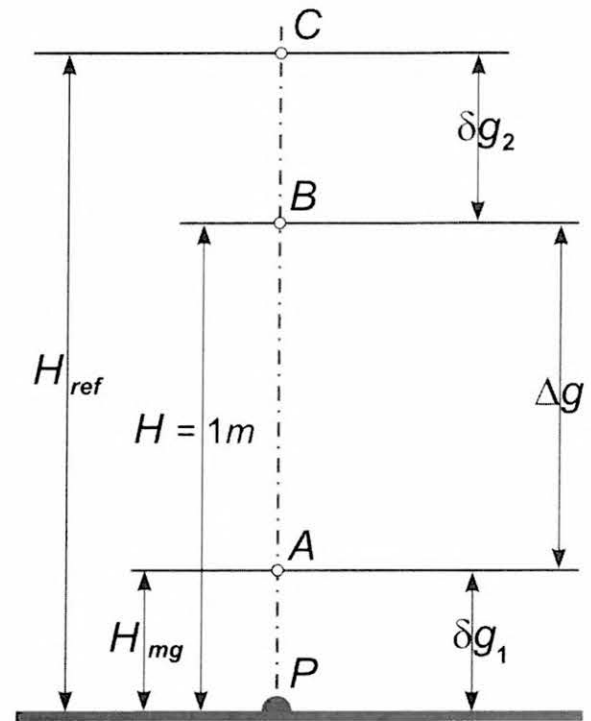
Table 8. Adjusted gravity values in mGal

### Relatív és abszolút graviméteres hálózatok közötti kapcsolat létesítése vertikálisgradiens-mérésekkel

Ma már Európa legtöbb országában abszolút módszerrel meghatározott  $g$  értékű pontok az országos alap-hálózatok ún. „0-rendű” pontjai. Ezek a pontok alkotják az UEGN-2002 hálózat vázát is. Az abszolút meghatározás műszerei az „abszolút graviméterek”. Az e berendezésekkel végzett mérések eredményeképpen kapott  $g$  értékek a mérési pont feletti — az adott berendezés felépítésétől függő — ún. „referenciaszintre” vonatkoznak (0,8÷1,1 m a talajon állandósított pontjel felett). Ezért — gyakorlatilag — az abszolút állomások hálózata és a relatív graviméteres állomáshálózat különböző referenciaszintre vonatkozó  $g$  értékeket tartalmaz. A két hálózat közötti kapcsolatot kétféle módon lehet megteremteni.

Az első esetben valamilyen módon meghatározzuk az abszolút állomásokhoz tartozó vertikális gradiens helyi értékét. Amint a jelen dolgozatban, valamint az irodalmi hivatkozásokban bemutatott példák mutatják, a méréssel meghatározott VG érték függ a meghatározás módjától, illetve attól, hogy a  $g/h$  viszony változását milyen összefüggéssel vesszük figyelembe (lineáris, vagy másodfokú). A választott függvénynek megfelelően gyakran olyan mértékben eltérő értékeket kapunk, amely eltérések meghaladják az abszolút graviméterekkel végzett mérések 2–4  $\mu$ Gal megbízhatóságát. Ugyanakkor a normálérték alkalmazása a mért  $g$  értéknek az állandósított pontjelre történő levezetésénél eleve kizárt, mert a pontjelhez közeli tömegek hatása miatt a konkrét esetekben attól erősen eltérő értékekkel kell számolni. A VG meghatározás technikai paramétereit (a mérési pontok magasságait és a feldolgozás módját) ezért minden állomásra vonatkozóan egységesen kell alkalmazni!

A kétféle hálózat közötti kapcsolatteremtés második módját az 1. ábra segítségével mutatjuk be.



1. ábra. A különböző magasságok értelmezése a  $g$  pontjelre történő levezetéséhez

Fig. 1. Definition of different heights for the conversion of  $g$

A  $P$  pont függőlegesen kiválasztunk egy olyan magasságot ( $P$  és  $B$  pontok közötti távolság), amely legközelebb esik a ma használatos abszolút graviméterek referenciama-gasságához. Cél szerű a  $PB$  távolságot 1,0 méterben határozni meg. A relatív graviméterek műszermagasságán ( $H_{mg}$ ) a  $PA$  függőleges távolságot értjük, ahol a graviméter érzékelőtömege az  $A$  pontba kerül. A gravimétereket ugyanis a gyakorlatban nem lehet a  $P$  ponton úgy felállítani, hogy mérőtömegük ( $mg$ ) és a  $P$  pont azonos szintfelületen legyen. Ezek szerint a  $C$  pontra vonatkozó  $g$  értéket úgy redukáljuk a  $P$  pontra, hogy meghatározzuk az  $A$  és  $B$  pontok közötti nehézségi gyorsulási különbséget ( $\Delta g$ ), majd korrekcióba vesszük a  $\delta g_1$

és  $\delta g_2$  nehézségi gyorsulási különbségeket.  $\delta g_1$  a relatív graviméterek ún. „műszermagassági” javítása. Miután valamelyik elrendezéssel meghatároztuk a vertikális gradiens helyi értékét, segítségével ez a javítás számítható. Tekintettel arra, hogy a  $PA$  távolság mintegy 0,05–0,15 m, ezért a lineáris, vagy másodfokú függvény közelítéssel számított  $VG$  értéke között nincs a pontossági igényeket meghaladó különbség.  $\delta g_2$  redukciós értéknél hasonló a helyzet, mert a ma használatos abszolút graviméterek referenciamagassága típustól függően 0,8–1,1 m. Így a 0,1–0,2 m-es szakaszra ( $BC$ ) jutó  $g$  értéknél a kétféle közelítés szerint számított érték között mintegy 1  $\mu\text{Gal}$  eltérés lehetséges. Mindezek alapján a  $P$  pont nehézségi gyorsulás értékét a

$$g_P = g_{\text{mért}} + \Delta g + \delta g_1 \pm \delta g_2 \quad (\text{m/s}^2)$$

összefüggéssel határozzuk meg.  $\delta g_2$  előjelét a  $B$  és  $C$  pont egymáshoz viszonyított helyzete határozza meg.

Az „Egységes Európai Graviméteres Hálózat” (UEGN-2002) kiegyenlítésénél a részt vevő országok szakembereinek egyetértő döntése alapján ez utóbbi megoldást alkalmaztuk.

Végül egy fontos megjegyzés:

A táblázatokban szereplő  $VG$  értékek tartalmazzák a topografikus hatást. Amennyiben ezt a hatást figyelembe vesszük, akkor valós képet nyerünk a vertikális gradiens anomáliaviszonyairól. Ezeket az anomáliákat a Föld felszíne alatti tömegek eltérő sűrűségviszonyai okozzák. (Ebben az esetben a horizontális értelmű sűrűségviszonyokat kell érteni, mert a mélység függvényében változó sűrűségek — a Föld gömbhéjas szerkezete miatt — nem okoznak anomáliát.)

A közeli tömegek figyelembevétele meglehetősen bonyolult azok méreteinek és sűrűségének bizonytalan ismerete miatt. Tekintettel arra, hogy ezek a tömegek helyhez kötöttek és állandó jellegűek, ezért hatásuk a mérések későbbi megismétlésénél nem változik. *Fontos azonban, hogy a zárt helyeken, vagy nagyobb épületek közvetlen közelében végzett VG mérések eredményei nem kezelhetők együtt olyanokkal, amelyeket nyílt terepen kapunk, tehát pl. vertikális gradiens anomália térképek szerkesztésére nem alkalmasak.*

Vizsgálatainkat az Országos Tudományos Kutatási Alap T-031875 és T-037929 számú pályázatának, valamint az MTA–BME Fizikai geodézia és geodinamikai Kutatócsoportjának támogatásával végeztük, amiért ezúton mondunk köszönetet.

Megköszönjük a GES Kft.-nek mérési adataik rendelkezésünkre bocsátását.

## HIVATKOZÁSOK

- BECKER M., JIANG Z., VITUSHKIN L. 2002: Adjustment of Gravity Measurements at the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters ICAG-2001 (Proc. Instrumentation and Metrology in Gravimetry, Inst. d'Europe, Münsbach Castel, Luxemburg, 28–30. October 2002.) Cahiers of ECGS, Luxemburg **22**, 37–43
- CSAPÓ G. 1997: Effect of vertical gravity gradient on the accuracy of gravimeter measurements based on Hungarian data. Geophysical Transactions **42**, 1–2, 67–81
- CSAPÓ G., PAPP G. 2000: A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és modellezése — hazai példák alapján. Geomatikai Közlemények **III**, 109–123
- CSAPÓ G., VÖLGYESI L. 2002: A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és szerepe a nagy pontosságú graviméteres méréseknél magyarországi példák alapján. Magyar Geofizika **43**, 4, 151–160
- CSAPÓ G., SZABÓ Z., VÖLGYESI L. 2003: Changes of gravity influenced by water-level fluctuations based on measurements and model computation. Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology **64**, 1
- CSAPÓ G. 2004: LaCoste-Romberg (LCR) graviméterek vizsgálati és mérési útmutatója (a Geofizikai Szolgáltató Kft. részére készített tanulmány)
- HAMMER S., GUMERT W. G. 1984: Airborne measurement of the vertical gradient of gravity. EOS **65**, 16, 196–200
- RÖDER R. H., WENZEL H. G. 1986: Relative gravity observations at BIPM, Sevres in 1985 and 1986. BGI 59, 177–183

# Különböző nagyságú többlethibák egyidejű alkalmazásának tesztje egy egyszerű 3-D-modellen<sup>1</sup>

HAJAGOS BÉLA, STEINER FERENC<sup>2</sup>

*A többlethiba-módszeren belül felmerült és egy kétdimenziós modell inverziójánál pontosságnövelő hatásának bizonyult két új javaslat teszt-vizsgálatait tartalmazza a dolgozat egy háromdimenziós modellre (nevezetesen téglalakra).*

*Az első javaslat szerint célszerű különböző nagyságú többlethibákat egyidejűleg alkalmazni. A jelen dolgozat vizsgálatai igazolták, hogy valóban: egyszerű 3-D-modellen hasonlóan jelentkeznek a többlethiba-módszer e variánsának előnyei, mint a korábban vizsgált kétdimenziós esetben. — Ezzel szemben a téglamodellnél ugyanolyan pontosságúak voltak az inverziós eredmények, akár egymástól teljesen függetlenül generáltuk a többlethibákat, akár tükrözött mintapárokból álltak többlethiba-sorozataink; az utóbbi esetre eddigi kétdimenziós vizsgálataink jelentős előnyöket mutattak ki.*

**B. HAJAGOS, F. STEINER: Simultaneous application of surpluserror sets of different magnitude for a simple 3-D model**

*Two new proposals in the surpluserror method have given advantageous results for a gravitational 2-D model. The present article investigates the question if both proposals are applicable or not in 3-D cases. The chosen model is an orthogonal parallelepiped.*

*According to the first proposal it is advantageous in point of view of the accuracy to apply simultaneously surpluserrors of different magnitude. According to our present investigation this statement holds also for the chosen 3-D model. — In the contrary, using the second proposal the accuracy turned out to be just the same in the following two cases: a) all surpluserrors were generated independently; b) the surpluserror sets consisted of mirrorer sample-pairs. In the second case our earlier 2-D investigations had shown significantly greater accuracy.*

## Bevezetés

Az inverzió eredményeinek pontosítására [STEINER 2002]-ben javasolt többlethiba-módszer a definíció megfogalmazásában nem nyilatkozik az alkalmazandó többlethibák nagyságáról, azaz ha  $c$ -vel jelöljük a mesterséges és a (mérési adatokban tartalmazott) természetes hibák nagyságainak arányát, nem tesz említést az alkalmazandó  $c$  értékéről. A témakörben megjelent első dolgozatok [HAJAGOS, STEINER 2003a, 2003b, 2003c] példáiban a többlethibák nagysága azonos volt a természetes hibákkal, ugyanúgy, mint ahogyan a definiáló [STEINER 2002] dolgozat is  $c = 1$  esetre mutatott be példát.

A  $c$  különböző értékeivel egy sásbérc-modellen kapott eredményeinket a [HAJAGOS, STEINER 2003d] dolgozatunkban részletesen bemutattuk. Ennek lényegesen rövidített változatát egy új felvetés megfogalmazásához csatolta a [STEINER 2004a] előadás és a [STEINER 2004b] cikk. Utóbbinak 1. ábrája eredményvonallal mutatja a többféle  $c$  érték alkalmazásával nyert, a pontos értékekkel kapott-hoz nagyon közel elhelyezkedő hosszszerszemetet, míg az egyetlen inverziós lépéssel ugyanazon mérési eredményekből adódó modell távolsága elfogadhatatlanul nagy volt.

## 1. Különböző $c$ -vel generált többlethibák egyidejű alkalmazásának tesztje téglamodellen

Hogy kétdimenziós modellen nyert eredményeinket okvetlenül szükséges vizsgálat tárgyává tenni háromdimenziós modelleken is, arra kétféleképpen fog példát szolgáltatni a jelen dolgozat: ebben a pontban be fogjuk látni, hogy a téglamodellnél is előnyös a különböző  $c$ -k egyidejű alkalmazása, míg [STEINER 2004b] új felvetése nem hoz előnyt a téglamodellnél (ld. a jelen cikk 2. pontját), pedig a kétdimenziós esetben jelentős eredményt lehetett e javaslat alkalmazásával elérni.

Egyszerűsége miatt e vizsgálatokban is téglalakú lesz háromdimenziós modellünk, mint a [HAJAGOS, STEINER 2003c] dolgozatban, sőt a modellparaméterek értékeit is célszerű azonosra választani, az e pont lezárásaként végzendő összehasonlítások áttekinthetőségének a növelésére. Így a vízzel telt,  $2 \text{ t/m}^3$  sűrűségű közetben levő téglalakú üreg élhosszai most is  $A = 14 \text{ m}$ ,  $B = 8 \text{ m}$  és  $C = 5 \text{ m}$  értékűek, az üreg középpontja pedig az  $(x, y)$  koordinátarendszer origója alatt van  $7,5 \text{ m}$  mélységben. Feltételezésünk szerint most is  $4 \text{ m}$  elemi oldalhosszúságú,  $9 \times 9$ -es méretű négyzetháló pontjaiban végezzük méréseinket, azaz e pontokban [HAÁZ 1953] módszere szerint ([HAJAGOS, STEINER 2003c]-ben ld. a (6) és (7) képleteket) számítva a hibamentes graviméteres hatásokat, ezek  $(-1)$ -szereseit imént idézett cikkünk 1. táblázata adja meg  $\mu\text{Gal}$ -okban. Méréseink hibáit egy esetre (jó minőségű kvarcgraviméter feltételezésével) ugyanez a cikk az 5. táblázatban közli, így mérési adatmátrixunk egy lehetséges alakját ugyanott a 4. táblázat mutatja be.

<sup>1</sup> Beérkezett: 2004. február 23-án

<sup>2</sup> Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

A vizsgálatok a természetes hibák 9-féle realizációjára történtek meg [HAJAGOS, STEINER 2003c]-ben, mindenütt  $S=0,02$  skálaparaméterrel generálva a statisztikus típusú hibákat (ez utóbbi típus definícióját ld. pl. [STEINER 1997] 366. oldalán), hogy valóban a legjobb kvarcgravimétereket jellemző egy-másfél század mGal hibákat kapjuk. Jelen dolgozatunk 9 kiinduló mérési adatrendszerre azonos ezekkel az adatmátrixokkal (szintén az összehasonlítások realitását elősegítendő), — a jelen dolgozat tehát szoros kapcsolatban van előző [HAJAGOS, STEINER 2003c] dolgozatunkkal. Ebben azonban csak  $c = 1$ -gyel dolgoztunk, — most kitűzött célunk azonban éppen különböző nagyságúra választott többlethibák egyidejű alkalmazásának a vizsgálata. [HAJAGOS, STEINER 2003d] egy kétdimenziós modellre a  $c = 1; 2; 4; 8; 16$  többlethibanagyságok hasonló viselkedését mutatta ki, ezért ábrázolta a [STEINER 2004a, 2004b] azt a nagyon kedvezőnek mutató kétdimenziós esetet, amikor mind a négy modellparaméterre az ötféle  $c$ -re adódó értékek mediánjai szerint történt az inverzió eredményének a megszerkesztése.

Az egyes  $c$  értékekre vonatkozó számítások menetét [HAJAGOS, STEINER 2003d] részletesen bemutatja, így ezt ebben a dolgozatban nem ismételjük meg (legfeljebb az ottani 2. táblázatra hívjuk fel a figyelmet, amely megadja, hogy az  $e$  dihézió milyen  $\kappa$  szorzót kap különböző  $c$  értékeknél, a  $P$ -norma abszolút minimumhelyének meghatározásakor.

Korlátozott (ha nem is túl szűkös) számítástechnikai lehetőségeink vizsgálataink tervezésekor gondos mérlegelést tettek szükségessé: sem  $N$ , a többlethibasorozatok száma nem volt túlságosan nagyra választható, és a vizsgálatban szereplő  $c$ -k számát is 5-ről 3-ra volt célszerű csökkenteni: a számítások így a  $c = 1$ ,  $c = 4$  és  $c = 16$  mesterséges/természetes hibaarányok felvételével történtek.  $N$ -et  $3 \times 6 = 18$ -nak választottuk; gondoljuk el, hogy így is  $3 \times 18 = 54$  inverziót igényelt mind a 9 természetes hibájú,  $n = 9 \times 9 = 81$  elemű mérési adatmátrix. Jobb nem tudni, hogy a  $P$ -norma abszolút minimumhelyeinek, mint a téglaközéppont-koordinátákat és az élhosszakokat megadó  $\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$  modellparaméter-vektor meghatározásaihoz hány ízben volt szükség a nem éppen egyszerű analitikus alakú Haáz-féle formula kiszámítására (ld. [HAJAGOS, STEINER 2003c] (6) és (7) formuláit). — A jelen dolgozat 2. pontjának számításgénye pontosan ugyanennyi volt, így alighanem érthető az olvasó által első pillanatban talán túl kicsinynek ítélt  $N = 3 \times 6 = 18$  választása.

A számítások eredményeit mind a 9 természetes hibával terhelt mérési adatrendszerre az 1. táblázatban foglaltuk össze. Minden esetben ( $k = 1, 2, \dots, 9$ ) mindhárom  $c$ -hez adott a modellparamétervektor mind a hat eleme, valamint az ezekhez tartozó  $\delta_c$  modelltávolságok a valóságos üregtől. (Az utóbbit jellemző, a szövegben eddig már szerepelt adatokat a táblázat legelső sora ismétli meg; az eredményül kapott  $\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0, \bar{A}, \bar{B}$  és  $\bar{C}$ -től számított abszolút eltéréseinek az átlagát értjük modelltávolság alatt, mint eddigi cikkeinkben is.)

Mind a hat modellparaméterre (és persze akármelyik  $k$ -hoz) a három érték mediánját ránézésre is meg tudjuk állapítani. (A  $c = 1$  nagyságú többlethibák 16 esetben adták a modellparaméterek mediánját; ugyanezeket 24 esetben a  $c = 4$ -gyel, 14 esetben a  $c = 16$ -tal jellemzett nagyságú többlethibák alkalmazása szolgáltatta.) — Ezek után egyet-

len kivonással képezhetjük a mindhárom  $c$  alapján kapott modellparamétereink eltérését a helyes értéktől; ezek abszolút értékei az 1. táblázat „ $med(\Delta)$ ” jelű soraiban szerepelnek. A 6  $med(\Delta)$  érték átlagát  $\delta_{1;4;16}$ -tal jelöltük ebben a táblázatban (ezt a nehézkes indexelést a későbbiekben elhagyjuk, — itt még nem ítéltük feleslegesnek).

Hogy a többféle  $c$  együttes alkalmazását mennyire ítéltük meg pozitívan, arra vonatkozóan a 2. táblázatot állítottuk össze. A 9-féle eset alapján meghatározható az 1. táblázatban  $\delta_{1;4;16}$ -tal jelölt (itt már csak  $\delta$ -val jelzett) modelltávolságok mediánja ( $med(\delta)$ ), alsó és felső szextilise ( $Q_a(\delta)$  és  $Q_f(\delta)$ ), valamint maximális értéke ( $max(\delta)$ ). A [HAJAGOS, STEINER 2003c] adatai alapján azonban ismerjük ezeket az értékeket kétféle  $N$ -re:  $N = 7 \times 7$ -re és  $N = 15 \times 15$ -re, igaz, hogy csak  $c = 1$  esetén. Ha ezt — a táblázat első sorában — kiegészítjük az egylépéses inverzióra vonatkozó eredményekkel, azt állapíthatjuk meg, hogy a medián feletti tartományban a többféle  $c$  alkalmazásának az előnye nemcsak a hasonló inverziószám esetén, hanem négyzetes  $N$  esetén is határozottan jelentkezik.

## 2. Tükrözött mintapárokból álló többlethibák alkalmazása a téglamoddellre

A [STEINER 2004b] dolgozat nemcsak a többféle  $c$  többlethibanagyságok együttes alkalmazását mutatta be 2-D-modellen — amelynek előnyeiről az előző, 1. pontban a téglamodell esetére vonatkozóan is meggyőződhattünk, — hanem a többlethiba-generálás egy új módszerét is felvetette. Ez utóbbi azt javasolja, hogyha egy  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) többlethiba-mintát alkalmazunk, alkalmazzuk ennek tükrözöttjét,  $y_i = -x_i$ -t is. Így a többlethibák rendszere tükrözött mintapárokból fog állni. Az idézett dolgozatban egy 2-D-modellen e javaslat jól vizsgázott  $c \gg 1$  többlethibanagyságok esetén: a modellparaméterek pontossága nagyobb volt, mint amekkorát ugyanannyi, de függetlenül generált többlethibasorozattal el lehetett érni.

Jelen vizsgálataink szinte természetesen tértek ki arra a kérdésre is, hogy a tükrözött mintapárokból álló többlethibarendszerek fenti sajátága jelentkezik-e háromdimenziós téglamodellünk esetén is, vagy sem. Mielőtt bármiféle részletekbe bocsátkoznánk, sajnálatos kell kijelentnünk, hogy a fenti kérdésre nemleges a válasz a vizsgált  $c$ -k tartományában.

Számításaink menetét a 2. pontra hivatkozva nagyon röviden tudjuk megfogalmazni. Most is  $N = \mu \times \nu = 3 \times 6$  volt a többlethibasorozatok száma, csak a 2. pontban a  $\nu = 6$ -nak megfelelő többlethiba-sorozatokat mindegyikét függetlenül generáltuk, míg most csak 3 független véletlenszám-sorozatot képeztünk, amelyek azután tükrözöttjeinkkel együtt szolgáltatták a  $\nu = 6$  db sorozatot.

Az ily módon kapott eredményeket — az 1. táblázat mintájára — lehetne most is részletes táblázatban bemutatni, de felesleges: elég a kétféle módon (azonos természetes hibák esetére) adódó modelltávolságokat összehasonlítani; a tükrözött mintapárokból álló többlethibasorozatokkal adódó modelltávolságokat \* jellel különböztetve meg az 1. pont szerint számítottaktól.

		$x_0 = 0$	$y_0 = 0$	$z_0 = 7,5$	$A = 14$	$B = 8$	$C = 5$		
$k$		$\bar{x}_0$	$\bar{y}_0$	$\bar{z}_0$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{C}$	$\delta_c$	$\delta_{1;4;16}$
1	$c = 1$	-1,39	-1,43	8,45	14,68	7,18	6,26	1,09	
	$c = 4$	-1,16	-1,21	7,20	13,95	8,01	4,71	0,50	
	$c = 16$	-0,67	-0,88	4,23	14,53	8,32	5,04	0,95	
	$med(\Delta)$	1,16	1,21	0,30	0,53	0,01	0,04		0,54
2	$c = 1$	0,86	-1,30	8,06	15,57	8,33	4,96	0,78	
	$c = 4$	-0,45	-0,07	7,06	14,00	7,95	4,76	0,21	
	$c = 16$	-0,04	-2,92	6,02	15,01	8,00	5,54	1,00	
	$med(\Delta)$	0,04	1,30	0,44	1,01	0,00	0,04		0,47
3	$c = 1$	-2,03	0,95	7,63	17,47	8,04	5,66	1,21	
	$c = 4$	-0,71	0,54	6,49	14,79	8,18	5,26	0,49	
	$c = 16$	-2,33	-1,02	5,92	13,27	11,19	6,10	1,66	
	$med(\Delta)$	2,03	0,54	1,01	0,21	0,18	0,66		0,77
4	$c = 1$	0,70	2,63	6,91	9,78	11,52	4,38	2,05	
	$c = 4$	1,57	2,19	6,12	13,93	8,49	5,65	1,06	
	$c = 16$	-0,40	2,79	4,00	13,31	8,15	4,97	1,26	
	$med(\Delta)$	0,70	2,63	1,38	0,69	0,49	0,03		0,99
5	$c = 1$	0,57	0,22	8,58	17,46	7,24	4,34	1,13	
	$c = 4$	-0,83	1,29	4,38	13,63	8,37	3,71	1,21	
	$c = 16$	-6,61	0,00	7,37	13,5	6,61	1,67	0,98	
	$med(\Delta)$	0,61	0,22	0,13	0,37	0,76	1,29		0,56
6	$c = 1$	-3,15	-0,08	5,48	16,50	5,71	3,72	1,89	
	$c = 4$	-2,69	0,85	8,00	14,58	7,03	4,42	1,03	
	$c = 16$	-0,75	-0,63	4,78	13,65	8,51	5,92	0,98	
	$med(\Delta)$	2,69	0,08	2,02	0,58	0,97	0,58		1,15
7	$c = 1$	0,01	1,12	9,25	15,68	6,40	5,16	1,05	
	$c = 4$	-2,16	1,97	7,50	15,17	8,33	4,67	0,99	
	$c = 16$	-0,83	-1,07	3,23	14,31	9,23	4,96	1,29	
	$med(\Delta)$	0,83	1,12	0,00	1,17	0,33	0,33		0,63
8	$c = 1$	-0,56	0,89	6,80	8,37	8,13	6,03	1,49	
	$c = 4$	-0,68	1,17	4,60	12,83	7,77	4,67	1,08	
	$c = 16$	-0,05	0,58	5,08	13,90	8,77	5,28	0,70	
	$med(\Delta)$	0,56	0,89	2,42	1,17	0,13	0,28		0,91
9	$c = 1$	-0,52	-0,77	6,32	11,58	6,78	4,77	1,06	
	$c = 4$	1,31	-1,21	4,40	12,21	7,71	3,92	1,46	
	$c = 16$	0,23	0,66	4,95	13,58	9,24	6,18	1,05	
	$med(\Delta)$	0,23	0,77	2,55	1,79	0,29	0,23		0,98

1. táblázat. Kilencféle mérési adatrendszerre (azaz természetes hibára) végzett, a téglatest középpontját és élhosszúságait szolgáltató inverziók eredményei,  $\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$  modellparaméter-vektorként megadva, a mesterséges/természetes hibanagyságok arányát megadó  $c$  mennyiség háromféle értékére. Ezekhez közvetlenül a valódi hatótól mért  $\delta_c$  modelltávolságok tartoznak. Ha azonban mindegyik  $\kappa$  értéknél mind a hatféle modellparaméter  $c = 1$ -hez,  $c = 4$ -hez és  $c = 16$ -hoz adódó 3 érték mediánját fogadjuk el helyesnek, a  $\delta_{1;4;16}$ -tal jelölt modelltávolság adódik eredményül. (A táblázatban szintén feltüntetett,  $med(\Delta)$ -val jelölt mennyiség a mediánok és a helyes értékek különbségeinek abszolútértékeit jelenti.) Megjegyzendő, hogy  $c = 1$  nagyságú többlethibák 16 esetben adták a modellparaméterek mediánját; ugyanezeket 24 esetben a  $c = 4$ -gyel, 14 esetben a  $c = 16$ -tal jellemzett nagyságú többlethibák alkalmazása szolgáltatta

Table 1. There are given for nine matrices of measured data all six modelparameter values  $\bar{x}_0, \bar{y}_0, \bar{z}_0, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$  gotten by using three kinds of the surpluserror method characterized by the following  $c$  ratios of the surplusnatural error magnitudes:  $c = 1, c = 4$  and  $c = 16$ . The  $\delta_c$  model distances from the true model  $(x_0, y_0, z_0, A, B, C)$  belong immediately to these  $c$  values. If for all  $k$  cases and for all six model parameters the median of the corresponding three values is accepted as the best parameter value, the result for the model distance is  $\delta_{1;4;16}$ . (The quantity „ $med(\Delta)$ ” means the absolute difference of the median of the three values and of the true parameter value.) It should be mentioned that the medians coincide in 16 cases with the values gotten by using  $c = 1$ , in 24 cases with values for  $c = 4$  and in 14 cases with values corresponding to  $c = 16$

A számítás módja	$Q_a(\delta)$	med( $\delta$ )	$Q_f(\delta)$	max( $\delta$ )	Inverziók száma
$N = 0$	1,02	1,10	1,32	2,87	1
$N = 7 \times 7; c = 1$	0,58	0,76	1,19	1,46	50
$N = 15 \times 15; c = 1$	0,52	0,80	1,13	1,36	226
$N = 3 \times 6; c = 1$ $N = 3 \times 6; c = 4$ $N = 3 \times 6; c = 16$	0,54	0,77	0,99	1,15	55

2. táblázat. A feliratokban  $N$  az alkalmazott többlethibasorozatok számát,  $c$  a mesterséges/természetes hibanagyságok arányát,  $\delta$  a modelltávolságokat jelenti, utóbbiak alsó és felső szextiliseit a  $Q_a(\delta)$  és  $Q_f(\delta)$ , mediánjukat a med( $\delta$ ), maximális értéküket pedig a max( $\delta$ ) feliratú oszlopok értékei adják meg. Az utolsó oszlopban a végrehajtandó inverziók teljes száma szerepel, beleértve a többlethiba nélkül végrehajtott legelső inverziót is. A  $\delta$  modelltávolságokat jellemző négy oszlop mindegyikében az első sorbeli értékeknel szignifikánsan kisebb értékeket találunk a következő három sorban, hiszen ezek a többlethiba-módszer valamilyen realizációjához tartoznak. E három sorban a különbségek a med( $\delta$ )-max( $\delta$ ) tartományban jelentkeznek. A legkedvezőbb eset a különböző nagyságú többlethibák egyidejű alkalmazásához tartozik (ld. az utolsó sort). A  $Q_f(\delta)$  és max( $\delta$ ) értékek a második és harmadik sorban egyaránt nagyobbak, mint a negyedikben, pedig a harmadik sorbeli értékek számítása több mint négyszerannyi gépidőt igényelt (ld. a táblázat utolsó oszlopát)

Table 2.  $N$  means the number of the used surpluserror sets,  $c$  means the ratio of the magnitude of the surpluserrors and that of the natural error,  $\delta$  means the model distance. The following characteristics of the  $\delta$  are given in the table: lower sextile ( $Q_a(\delta)$ ), median (med( $\delta$ )), upper sextile ( $Q_f(\delta)$ ) and the maximum value (max( $\delta$ )). In the last column are given the total number of the inversions which are to carry out, including also the first inversion without any surpluserror. All four columns characterising  $\delta$  the values in the second, third and fourth rows are significantly less than the values in the first row as these three rows belong to the results of the surpluserror method. From the three variants of the latter the last one (i.e., the simultan application of surpluserror sets of different magnitude) seems to be the best as the med( $\delta$ )-max( $\delta$ ) interval is here the shortest. The second row shows that using similar number of inversions but only one  $c$  value, not only the max( $\delta$ ) value, but also the  $Q_f(\delta)$  value is greater than in the last row. Using only  $c = 1$ , four times more inversion (see the third row) is not enough to reach the accuracy characterised by the values of the last row

$k$	$\delta_{16}^*$	$\delta_{16}$	$\delta_{16}^* \approx \delta_{16}$	$\delta_{16}^* > \delta_{16}$	$\delta_{16}^* < \delta_{16}$	$ \delta_{16}^* - \delta_{16} $
1	0,97	0,95	+			0,02
2	0,68	1,00			+	0,32
3	1,81	1,66		+		0,15
4	1,70	1,26		+		0,44
5	1,06	0,98	+			0,08
6	0,77	0,98			+	0,21
7	1,78	1,29		+		0,49
8	0,52	0,70			+	0,18
9	0,82	1,05			+	0,23

3. táblázat. A  $c = 16$  többlet/természetes hibanagyság-arány alkalmazásával és  $N = 18$ -cal adódó modelltávolságok mind a kilenc mérési adatrendszerre. A  $\delta_{16}$  értékeket teljesen függetlenül generált modellhibák alkalmazásakor kaptuk, a  $\delta_{16}^*$  modelltávolságok esetén viszont tükrözött mintapárokból állt a 18 többlethiba-sorozat. A táblázat segítségével könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a kétféle többlethiba-generálás azonos pontosságú eredményre vezet a téglatest-modellnél

Table 3. Model distances if the surpluserror method is carried out for  $N = 18$  and  $c = 16$ . The  $\delta_{16}$  values belong to the independently generated surpluserrors, in the contrary, the  $\delta_{16}^*$ -s are the model distance values if the surpluserror sets consist of mirrored sample-pairs. The table convincingly shows that both surpluserror generation result in just the same accuracy if orthogonal parallelepiped as gravitational model is used

A 3. táblázat a  $c = 16$  többlethiba-arányra vonatkozóan hasonlítja össze a természetes hibák  $k = 1, 2, \dots, 9$  eseteire a  $\delta_c^*$  és  $\delta_c$  modelltávolságokat. A következtetés könnyebb levonhatósága érdekében a 3. táblázatban nemcsak a  $\delta_{16}^*$  és a (2. pontból már ismert)  $\delta_{16}$  modelltávolságok érték-oszlopai szerepelnek, hanem a kb. egyenlő, nagyobb és

kisebb relációk teljesülései is; végül az utolsó oszlop a  $\delta_{16}^*$  és  $\delta_{16}$  különbségeinek az abszolút értékeit tartalmazza. Így azután könnyen megállapítható, hogy a kétféle többlethiba-generálási módszer az adott 3-D-modell paramétereinek ugyanolyan pontosságát eredményezi.

$k$	$\delta^*$	$\delta$	$\delta^* \approx \delta$	$\delta^* > \delta$	$\delta^* < \delta$	$\delta^* - \delta$
1	0,55	0,54	+			0,01
2	0,55	0,47	+			0,08
3	0,80	0,77	+			0,03
4	1,36	0,99		+		0,37
5	0,93	0,56		+		0,37
6	0,97	1,15			+	0,18
7	0,58	0,63	+			0,05
8	0,59	0,91			+	0,32
9	1,04	0,98	+			0,06

4. táblázat. Különböző nagyságú többlethibák egyidejű alkalmazásával, de kétféle többlethiba-generálással adódó modell-távolságoknak a 3. táblázattal analóg összehasonlítása. Itt  $\delta$  azonos az 1. táblázatbeli  $\delta_{1;4;16}$ -tal, azaz a teljesen független többlethibákkal adódó értékkel, a  $\delta^*$ -gal jelölt modell-távolságokat viszont a tükrözött mintapárokból álló többlethiba-sorozatok szolgáltatják. A táblázat segítségével könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a kétféle többlethiba-generálás azonos pontosságú eredményre vezet a téglatest-modellnél.

Table 4. This table is analogous to the third one: a comparison of the model distances is given for the two types of the surpluserror generation but for the simultan application of surpluserror sets of different magnitude. The table convincingly shows that both surpluserror generation result in just the same accuracy if orthogonal parallelepiped as gravitational model is used, even in case of simultan application of surpluserror sets of different magnitude

Végül felmerülhet az a gondolat, hogy  $\delta_{1;4;16}$  mintájára képzett  $\delta^*$  modell-távolság nem mutat-e mégis bizonyos előnyöket, hiszen a 2. pont a különböző nagyságú többlethibák egyidejű alkalmazásának az előnyeit mutatta be ezen a 3-D-modellen. A 3. táblázattal azonos struktúrájú 4. táblázat azonban (amelynek fejlécén elhagytuk a modell-távolságok indexeit,) erre a kérdésre is negatív választ ad.

## HIVATKOZÁSOK

- HAÁZ I. B. 1953: Kapcsolat a derékszögű hasáb tömegvonzásának potenciálja és e potenciál deriváltjai között. Geofizikai Közlemények **2**, 7
- HAJAGOS B., STEINER F. 2003a: War against error using the method of surplus errors. Acta Geod. Geoph. Acad. Sci. Hung. **38**, 4
- HAJAGOS B., STEINER F. 2003b: Effectiveness of the surpluserror-method in function of the number N of the applied surpluserror-sets. Acta Geod. Geoph. Acad. Sci. Hung. **38**, 4

- HAJAGOS B., STEINER F. 2003c: A többlethiba-módszer tesztje egy egyszerű 3-D-modellen. Magyar Geofizika **44**, 3
- HAJAGOS B., STEINER F. 2003d: A többlethibák nagyságának célszerű megválasztása az inverzió eredményeinek pontosításához. Magyar Geofizika **44**, 4
- STEINER F. (Ed.) 1997: Optimum Methods in Statistics. Akadémiai Kiadó, Budapest
- STEINER F. 2002: A mérési adatokból nyert információk hibáinak csökkentése általunk ismételt generált többlethibáknak a mérési adatokra történő szuperponálásával. Magyar Geofizika **43**, 2
- STEINER F. 2004a: Különböző skálaparaméterű többlethibákra vonatkozó vizsgálatok. Tükrözött mintapárokból álló többlethiba-sorozatok alkalmazásának előnyei. „Inverziós Anket 2004” előadás, Miskolc, 2004. március 29.
- STEINER F. 2004b: New conception in the surpluserror method: it can be significantly advantageous if the set of surpluserrors consists of mirrored sample pairs. Acta Geod. Geoph. Acad. Sci. Hung. **39**, 4

# Porozitás, permeabilitás, fraktálgeometria

## Bevezetés

A cikk bemutat egy lehetséges elméleti modellt, amely a porózus közeteket írja le a fraktálgeometria eszközeivel. Az alkalmazott elméleti megközelítés egy rekurziós módszerrel hoz létre szintetikus porózus közetet. A modell igyekszik megmagyarázni, hogy miért lehetséges nagy porozitás mellett csekély permeabilitás még abban az esetben is, ha a pórustér összefüggő, továbbá egységes leírásra tesz kísérletet mind a porózus, mind a repedezett közetek esetében.

## A Cantor-por

Georg CANTOR, a neves német matematikus a XIX. században kitalált valamit, aminek úgy tűnt, hogy soha semmi köze nem lesz bármely gyakorlati probléma megoldásához. Elvont matematikai játéknak tetszett a műve, amit Cantor-halmaznak hívnak (mondják Cantor-pornak is). Számos ehhez hasonló csodabogár létezett és létezik ma is a matematikában. Nézzük meg, hogyan jön létre a Cantor-por.

Vegyünk egy vonalat. Távolítsuk el a középső harmadát. Ezután a megmaradt vonaldarabok középső harmadait is távolítsuk el és így tovább ad infinitum. A Cantor-halmaz tehát egy „porszerű” képződmény, amely a leírt rekurziós folyamat végrehajtása után megmarad. Igencsak különös tulajdonságai vannak. Csak egyet emelnék ki a sok közül: skálafüggetlen. A skálafüggetlenség nem egzakt megfogalmazás szerint azt jelenti, hogy bármelyik megmaradt harmadot nézem (bármilyen nagyításban), ugyanazt fogom látni, mint bármely más tartományban. A Cantor-halmazok jelentősége a jelátviteli hibák csökkentésekor mutatkozott meg. Nem véletlen, hogy Benoit MANDELBROT, a fraktálgeometria atyja, hívta fel rá a figyelmet.

Az 1. ábrán a Cantor-halmaz rekurziós lépéseinek eredményeit láthatjuk.

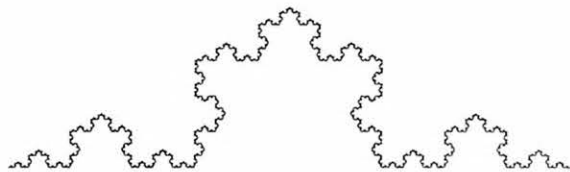


1. ábra. A Cantor-halmaz létrehozásának folyamata. Az első öt lépés eredménye

## A Koch-görbe

Helge von KOCH svéd matematikus írta le elsőként a róla elnevezett görbét. A Koch-görbe tulajdonságai nem kevésbé különösek, mint a Cantor-poré. Nézzük meg, hogy hogyan állítható elő a Koch-görbe. Vegyünk egy szabályos

háromszöget. Harmadoljuk el az oldalait, majd rajzoljunk az oldalak középső harmadára szabályos háromszögeket, ahogy a 2. ábrán látható. Az így előálló valamennyi háromszög oldalait harmadoljuk, majd rajzoljunk az oldalak középső harmadára szabályos háromszögeket, és így tovább a végtelenségig.

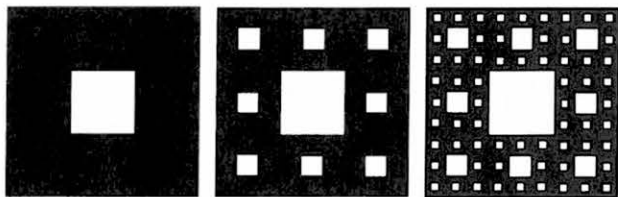


2. ábra. A Koch-görbe létrehozásának folyamata. Az első három lépés eredménye

A végeredmény rendkívül különös. Az egyik szembe-tűnő tulajdonság a skálafüggetlenség. Egy másik, talán még érdekesebb tulajdonság, hogy végtelen számú lépés után a görbe végtelen hosszú lesz, ugyanakkor sosem metszi önmagát, és egy véges térrészre korlátozódik a kiterjedése. Véges területen végtelen hossz.

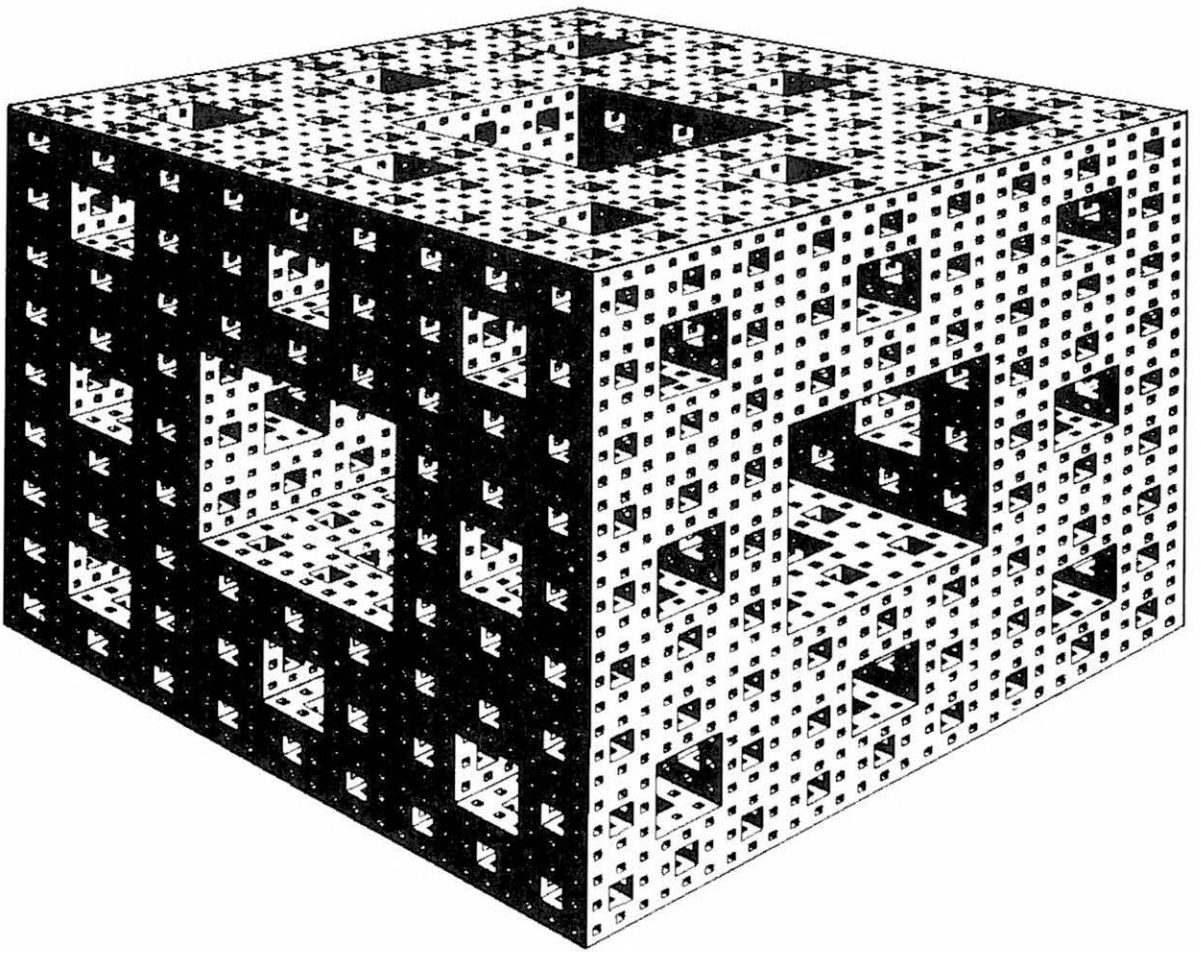
## A Sierpinsky-szőnyeg és a Menger-szivacs

Ez az alakzat úgy születik, hogy egy négyzet középső kilencedét kivágjuk (3. ábra), majd a maradék nyolc darab kilenced középső kilencedeit szintén kivágjuk, és így tovább ad infinitum.



3. ábra. A Sierpinsky-szőnyeg létrehozásának folyamata. Az első három lépés eredménye

Mindez három dimenzióban végrehajtva eredményezi a Menger-szivacsot (4. ábra), amely végtelen sok lépés után nulla térfogatú, de végtelen felületű lesz.



4. ábra. A Menger-szivacs a negyedik rekurziós lépés után

Amiről eddig szó volt, az fraktálok csodálatos világából néhány figyelemre méltó darab.

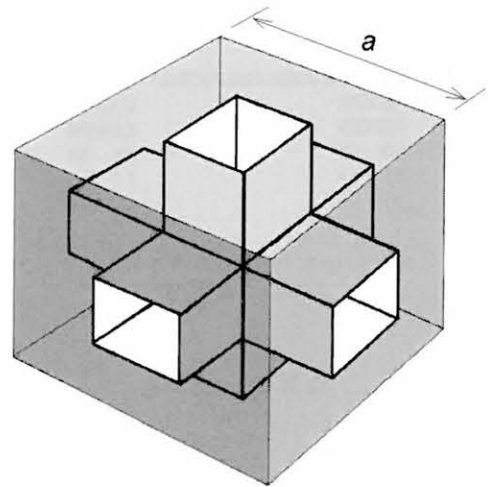
### Fraktálok és közetfizika

A Menger-szivacs, mint elméleti modell, hasznosítható-  
nak látszik porózus közetek modellezésére. Ismert karotázs  
értelmezői tapasztalat, hogy vannak közetek, amelyek a  
karotázs mérések porozításra érzékeny mérőberendezései  
által irreálisan nagy porozitásúnak látszanak. A végered-  
ményben természetesen ezek az értékek már nem látszanak,  
mert okos programok a lehetetlen értékeket korrigálják, és  
lehetséges értékűvé „hazudják” őket. Nem lehetetlen, hogy  
ezen értékek jelenléte nem mérési hibára vezethető vissza,  
hanem a fraktálgeometria érvényesülését jelzi.

További érdekes tapasztalat, hogy az egyes mérőberen-  
dezések által nagynak mutatott porozitású közetek csekély  
effektív pórusterüek (ahol folyadékok tartózkodhatnak,  
mint például víz, olaj), sőt sokszor e közetek csekély  
permeabilitással is rendelkeznek.

Ha viszont egy tömör közet tektonikus folyamatok által  
összetörve, repedésekből képződött pórustérrel rendelkezik,  
akkor a Menger-szivacs megfelelő modell lehet a kialakult  
közet szerkezetére. Nincs áthalmozott finomszemcsés frak-  
ció, csak az eredeti közetanyag van jelen.

A Menger-szivacs modell segítségével számítsuk ki,  
hogy mekkora pórustér fog keletkezni az egyes rekurziós  
lépések után. Vegyünk egy  $a$  élhosszúságú kockát, ahogy  
az 5. ábrán látható. Hajtsuk végre az első iterációs lépést,  
és számítsuk ki a porozitást.



5. ábra. Az első rekurziós lépés során keletkezett pórustér az  $a$  élhosszúságú kockában. A fehéren látható részek ábrázolják a pórusteret

A kocka tömör anyagának térfogata az első rekurziós lépés előtt

$$V = a^3.$$

Az első iterációs lépéssel keletkező póruster térfogata

$$V_p = 7 \cdot (a/3)^3.$$

A maradék tömör anyag térfogata

$$V_b = a^3 - 7 \cdot (a/3)^3 = 20 \cdot (a/3)^3$$

A porozitás:

$$\Phi = V_p / V = 7 \cdot (a/3)^3 / [27 \cdot (a/3)^3] = 7/27 = 0,26.$$

Az első rekurziós lépés tehát hozzávetőlegesen 26 %-os porozitást eredményez.

A második rekurziós lépés kiszámításához használjuk a Menger-szivacs skálafüggetlen tulajdonságát. 7 darab  $a/3$  élhosszúságú üres kockánk van, tehát a további felosztást a maradék 20 kockán végezhetjük. Egy ilyen kocka térfogata  $(a/3)^3$ . Minden egyes kocka felosztása révén újabb  $7/27$  résznyi póruster keletkezik. Ezt hozzáadva az első rekurziós lépésben kapott pórusterhez azt kapjuk a porozitásra, hogy

$$\Phi = 7/27 + 20 \cdot (7/27)/27 = 0,45.$$

A második rekurziós lépés tehát hozzávetőlegesen 45 %-os porozitást eredményezett.

Gondoljuk tovább a folyamatot. A rekurziós algoritmus előrehaladásával a pórusterfogot a következőképpen alakul:

$$V_p = \sum V_p(i),$$

ahol  $V_p$  az  $i$ -edik lépés utáni teljes pórusterfogot,  $V_p(i)$  az  $i$ -edik lépéssel keletkező pórusterfogot hányad. Ha

$$i \rightarrow \infty, \text{ akkor } V_p \rightarrow 1.$$

A tapasztalat azt mutatja, hogy porózus kőzetek esetében is gyakran lehet nagyon alacsony a permeabilitás. A nagy pórusterfogot, gondolhatnánk, nagy permeabilitással jár együtt, ha nem zárvány porozitás teszi ki a póruster java részét, vagy nem tölti ki a pórusteret valamilyen másodlagos folyamat által behordott finomszemcsés kőzetanyag. Az alacsony permeabilitás oka a kőzetanyag nagy felületében, és a felületi feszültségben keresendő. Jelölje  $\sigma$  a felületi feszültséget,

$$\sigma = F_h / A_h,$$

ahol

$F_h$  a határoló felületen ható erő,

$A_h$  a határoló felület nagysága.

Ebből az egyszerű összefüggésből látható, hogy annál nehezebb lesz egy adott viszkozitású folyadéknak mozogni a pórusterben, minél nagyobb felülettel rendelkezik a póruster. A fraktálgeometriai kőzetmodellből látható, hogy igen bonyolult szerkezetű és nagy felületű porózus kőzetben valóban előfordulhat, hogy a benne lévő folyadék nem lesz képes mozgásra.

Ne felejtjük el, hogy hiába skálafüggetlen a Menger-szivacs, ha a felületi feszültség nem az. Nagyon is behatárolt az a mérettartomány, ahol a kapilláris jelenség dominánssá válik. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a Menger-szivacs jó modellje lehet a porózus kőzeteknek, mert bizonyos mérettartományokban képes megmagyarázni az alacsony permeabilitást nagy porozitás mellett, míg más mérettartományokban, ahol a felületi feszültség hatása már nem számottevő, a nagy porozitású, permeabilis kőzetek viselkedését is jól leírja.

Joggal vetődhet fel a kérdés, hogy miért jobb ez a megközelítés, mint apró gömböcskékkel kitölteni egy kockát, és annak kiszámítani a porozitását. Nos, egyáltalán nem biztos, hogy a porózus kőzetek fizikáját jobban írja le a fraktálokkal felvázolt modell. Az azonban biztos, hogy olyan kőzetek porozitását, amelyek tektonikus folyamatok által keltett repedésekből állnak, a kőzetgömbökkel manipuláló modell nem képes megmagyarázni. Érdekes viszont, hogy a szeizmológusok által végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a földrengések által keltett repedésrendszerek eloszlása fraktálgeometriai jellegzetességeket mutat. Ez alapján lehet némi reményünk, hogy a repedezett kőzetek porozitás-permeabilitás összefüggéseinek feltárásában szerepet kaphat a fraktálgeometria.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- ALBERT R., BARABÁSI A. L. 2002: Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of modern physics* **74**, January
- BARABÁSI A. L., ALBERT R., JEONG X. 1999: Mean-field theory for scale-free random networks. Preprint submitted to Elsevier Preprint, 5 July
- MANDELBROT B. 1982: *The Fractal Geometry of Nature*. Freeman
- SZÉPFALUSY P., TÉL T. 1982: *A káosz. Véletlenszerű jelenségek nem lineáris rendszerekben*. Akadémiai kiadó, Budapest

*Elek István*

# Magyar geofizikusok Kubában

## Bevezetés

A kubai forradalom győzelme (1959. január 1.) után az első magas szintű hivatalos kubai látogató Magyarországon Ernesto CHE GUEVARA ipari miniszter volt 1960-ban. Kedvező tapasztalatai alapján kezdeményezte, hogy magyar földtani szakértők vegyenek részt a kubai földtani szakértői munkában. A munka első lépéseként 1961-ben létrehozták az *Instituto Cubano de Recursos Minerales*-t (ICRM, Ásványi Nyersanyagok Kubai Intézete). Az ICRM átvette az ásványi nyersanyagok kutatásának irányítását és biztosítani igyekezett a hazai ipar nyersanyaggal való ellátását. Megfelelő szakemberek hiányában feltétlenül szükségessé vált külföldiek meghívása, akik túlnyomó többségükben a KGST-államokból kerültek hosszabb-rövidebb időre Kubába [HAAS et al. 1987].



Kuba vázlatos földtani térképe a gyűrött aljzati kőzetek felszíni kibúvási (1) és a felső eocén és fiatalabb korú üledékes kőzetek (2) elterjedésének feltüntetésével [ITURRALDE-VINENT 1988 nyomán]

Az ICRM adatszolgáltató bázisaként 1962-ben létrejött a *Fondo Geológico Nacional* (Országos Földtani Hivatal) intézménye. A hivatal a Kubai Tudományos Akadémiával azonos épületben, a Havanna központjában lévő *Capitolio*-ban helyezték el<sup>1</sup>. Szervezésében és bővítésében magyar szakember: dr. SZEBÉNYI Lajos, a MÁFI geológusa és későbbi társai elévülhetetlen érdemeket szereztek. Nagyon fontos feladat hárult az *Archivo Técnico*-ra, a Fondo Geológico műszaki levéltárára, amelyben nagy mennyiségű földtani adatot (jelentéseket, térképeket, vázlatokat, kéziratos dokumentumokat stb.) gyűjtötték össze. A dokumentációk nagy része „ömlesztett” állapotban volt. A forradalmi kubai állam törvényerejű rendelete előírta, hogy valamilyen magánkézben levő és több titkos földtani és bányászati jellegű levéltár teljes anyaga felett kizárólag a Fondo rendelkezhet. A kezdetben meglévő anyagok, amelyek nagy részét az országból sokszor pánikszzerűen eltávozott amerikai és más országbeli ipari és bányavállalatok rendezetlenül hátrahagytak, mind gondos és szakszerű rendezésre és bármikor hozzáférhető elhelyezésre vártak.

A Fondo Geológico feladata lett a bányászati tevékenységek ellenőrzése, a kitermelés nyilvántartása, az országos ásványvagyon-mérlegek elkészítése is.

Az ICRM megszűnése után<sup>2</sup> létrehozták a *Dirección General de Geología y Geofísica*-t (DGGG), azaz Földtani

<sup>1</sup> Ez az impozáns épület a washingtoni Capitolium kisebb méretű, pontos mása.

<sup>2</sup> A kubai belpolitikai életet a gyakori szeszélyes változások jellemezték, sokszor teljesen érthetetlen módon. Intézményeket

és Geofizikai Főigazgatóságot Oscar Lopez RIVERA vezetésével<sup>3</sup>. Szervezetileg a Fondo Geológico is ide tartozott. A Fondo helyileg külön, de nem önálló egység volt Francisco VERGARA geológus vezetésével. Feladata továbbra is az ásványi nyersanyag-kutatás ellenőrzése, nyilvántartása és védelme, valamint az adattár fejlesztése volt.

A kubai geofizikai kutatásban részt vett magyar geofizikusok 17 évig tartó tevékenysége három csoportba sorolható:

- I. az 1:250 000 méretarányú földtani térképezést végző expedíció (Oriente, 1973);
- II. a Fondo Geológico Nacional-ban végzett munka (1974–1984);
- III. az 1:50 000 méretarányú földtani térképezést végző expedíció (Oriente, 1983–1990).

A jelen munka az I. és II. csoportban végzett feladatokról szól, a III. részt később közöljük.

## I. Az 1:250 000 méretarányú földtani térképezést végző expedíció (Oriente, 1973)

(Polcz Iván)

A KGST-államok és Kuba földtani együttműködése keretében nagyon jelentős kutatási megbízás volt a Kuba teljes területére vonatkozó különböző méretarányú földtani térképező munka, amelyben magyar geológusok is nagyon tevékenyen részt vettek. A Magyar és Kubai Tudományos Akadémia megbízottainak kétoldalú tárgyalásai alapján 1968-ban SZÁDECZKY-KARDOSS Elemér, az MTA elnöke és FÜLÖP József, a MÁFI igazgatója, valamint Antonio Nuñez JIMENEZ kubai akadémiai elnök írták alá azt a megállapodást, amelynek eredményeként 1972-ben Kuba Oriente tartományának 1:250 000 méretarányú földtani térképezése magyar földtani szakértői részvétellel elindult.<sup>4</sup>

A magyar földtani expedíció tagjai dr. NAGY Elemér geológus expedícióvezető, BREZSNYÁNSZKY Károly, RADÓCZ Gyula, JAKUS Péter, KÖRÖS László (később JANKOVICH István és GYARMATI Pál) geológus szakértők voltak. A kiutazott szakembereknek gondjuk volt arra, hogy az expedíciós munkához nélkülözhetetlen, a helyszínen fellelhető földtani adatokat átvizsgálják és minősítsék. Ezt a munkát a szakértő csoport a Fondo Geológicóban végezte. Az adatok kutatása közben nyilvánvalóvá vált, hogy a jórészt rendezetlen földtani vonatkozású infor-

alapítottak, megszüntettek, átszerveztek, főként költöztettek látványosan értelmetlenül. Az igazgatói székbe ültetett vezetők soha sem tudhatták biztosan, hogy mikor kerülnek más beosztásba, esetleg egy más iparág teljesen különböző tevékenységi körébe. A Fondo egyik későbbi (nem szakmabeli, de igen rátermett) vezetője, miután nagyon eredményesen működött, egy év eltelté után egy növényolaj-ipari üzem vezetői posztjára került.

<sup>3</sup> Kollégáink „röhögő” hivatalnak nevezték egymás között, mert a kezdőbetűk kiolvasása: *dehehehe*.

<sup>4</sup> Az ország hat tartományból áll: Pinar del Rio, La Habana, Matanzas, Santa Clara, Camaguey és Oriente. Oriente Kuba legnagyobb kiterjedésű tartománya.

máción kívül sok, ugyancsak rendezetlen — angol és spanyol, kevés francia nyelvű — geofizikai adat (jelentések, gravitációs, mágneses térképek, köztük légi mérési eredmények, egyéb leírások, vázlatok stb.) is található a levéltárban. Ezek megismerése fontos volt a térképezés szempontjából. Az expedíció ekkor határozta el, hogy az Oriente tartomány területére vonatkozó geofizikai anyag átvizsgálására, rendezésére és tájékoztató jelegű összefoglalására egy geofizikust kérnek Magyarországról, aki elsősorban angol, spanyol, esetleg francia nyelven elboldogul és az expedíció részére szükséges információkat összegyűjti és értékeli. Ez volt az indítéka 1973. május elejétől fél évre szóló kubai kiküldetésemnek. Az akadémia Földtani Intézete fogadott Havannában, melynek épületében a magyar expedíciós szakértő csoport munkahelye is volt. Dr. GÓCZÁN Ferencsel, a MÁFI paleontológusával együtt utaztunk, őt az expedíció részére öslénytani vizsgálatok végzésére kérték fel három hónapos időtartamra.



A Capitolio Havannában. A forradalom után a Kubai Tudományos Akadémia székhelye. 1962–75 között itt volt a Fondo Geológico is elhelyezve

Feladatom az akadémiai Földtani Intézethez és a Fondo Geológico adattárhoz kötött. Jellemző az akkori kubai túlbürokratizált viszonyokra, hogy egy hónap is eltelt, mire az első geofizikai tárgyú jelentést nagy nehezen hivatalosan is kézbe vehettem, ennyi időre volt szükség, hogy a különféle látogatási és betekintési engedélyeket beszerezzék a munkámhoz. A helyi földrajzi és földtani ismeretek tekintetében igen nagy segítségemre voltak a kubai geológus kollégák, különösképpen José ORO geológus technikus és dr. Guillermo FRANCISCO, a köztiszteletben álló, rendkívül sokoldalú geológus-paleontológus, valamint a megfelelő szakirodalom [JUDOLEY, FURRAZOLA-BERMUNDEZ 1971]. Alkalmom adódott látogatást tenni az Akadémia Geofizikai Intézetében is, de ott csupán obszervatóriumi feladatokat láttak el. A Havannai Egyetem (CUJAI) geofizikai tanszékén sem találtam a feladathoz kapcsolódó információt.

A levéltárban megtalált számos régebbi geofizikai adat között legértékesebbek R. C. COFFIN jelentései voltak a Kubában végzett amerikai légi mágneses mérésekről, amelyek zömét 1956-ban végezték és szerencsére az Orientére vonatkozó térképlapok másolatai fennmaradtak. Ennek alapján nagyszerűen kirajzolódtak a különböző kőzetösszetételű kibúvásos területek és az eltemetett medencék.

Októberben BREZSNYÁNSZKY Károly kiegészítő közetminták gyűjtésére és más feladatok végzésére egy heti munkára gépkocsin Orientebe utazott. Én is vele utaz-

hattam, így ismertem meg az expedíció működési területének egy részét: Gibara, Holguín, Las Tunas vidékét és a Cauto medencében Manzanillo, Bayamo területét, a Guacanayabo-öböl vidékét. Ez nagyon érdekes és értékes tapasztalat volt számomra, mert az addig csak térképekről és leírásokból ismert területet közvetlenül láthattam.



Dr. Francisco FRANCO paleontológus (balra) POLCZ Ivánnal (jobbra), a háttérben kubai geológus technikusokkal

Az Oriente tartományra vonatkozó adatgyűjtő és rendszerező munkát október közepére elvégeztem, ezután az expedíció számára legszükségesebb adatokat jelentés formájában állítottam össze. Az elkészült spanyol nyelvű jelentést november közepén az Akadémiai Földtani Intézet Tudományos Tanácsa, a *Consejo Técnico* előtt megvitatásra bemutattam [POLCZ 1973]. Ez a munka lett később (1976) az alapja az expedíció záró dokumentumában található kibővített „Geofizika” fejezetnek [NAGY, BREZSNYÁNSZKY 1977].

Féléves megbízatásom során alaposan megismertem a levéltárat, jó kapcsolatba kerültem a Fondo alkalmazottai-val. A vázolt kezdeti nehézségek után különösebb utánajárás nélkül minden szükséges dokumentumot megkaptam. Természetesen kapcsolatba kerültem Francisco VERGARA hivatalvezető geológussal és az ott dolgozó magyar szakértő csoport tagjaival: HEGEDŰS Gyula, CSILLING László, HEGEDŰS Károly geológusokkal és SZILÁGYI Antal bányamérnökkel. Esetenként ők is segítségemre voltak feladatom végzése közben. Tőlük értesültem arról, hogy a Fondo tevékenysége 1974-től bővülni fog és újabb magyar földtani, bányászati és egy geofizikus szakértőt szándékoznak alkalmazni. Feladatom befejezése után november végén visszatértem Budapestre.

## II. A Fondo Geológico Nacionalban végzett munka (La Habana, 1974–1984)

### 1. 1974–1978 (Polcz Iván)

Az előző évben megismerkedtem az ország földtani felépítésének legfontosabb jellemzőivel és a geofizikai anyag nagy részét is tanulmányozhattam. Ilyen előzmények után vállalkoztam a meghirdetett geofizikus feladatkör betöltésére. Az ELGI és a KFH vezetőinek jóváhagyása után TESCO szerződéssel érkeztem újra Havannába családommal.



A Kubai Földtani Intézet épülete

A Fondoban az 1962. évi alapításától kezdve 24 éven át folyamatosan dolgoztak magyar geológusok. Ez az együttműködés bizonyult a legjelentősebbnek és leghosszabb tartamúnak nemcsak a földtan, hanem a műszaki-tudományos és egyéb kubai-magyar együttműködés terén is. Ez alatt az idő alatt 25 magyar földtani szakértő (17 geológus, 5 bányamérnök, 3 geofizikus) végzett itt munkát. A 70-es évek közepét a Fondoban a nagyarányú fejlesztés jellemezte. 1974–1976 között a magyar szakértői létszám elérte a 12 főt. A Fondo hatásköre is fokozatosan bővülni kezdett. A Fondo jelentősége nőtt, és igazgatóság-gá lépett elő. Mindehhez a magyar szakértők munkája nagyban hozzájárult. A Fondo Geológico 1975-ig a Capitolio épületében volt elhelyezve, utána a Miramar nevű városrészébe költözött át. Jelentőségét hangsúlyozva a hivatal elnevezésén is változtattak: Centro Nacional del Fondo Geológico (CNFG)-re keresztelték.

A Fondo alapvető feladatai a következők voltak:

- Az előző rendszer idejéből hátrahagyott, valamint az új földtani, geofizikai dokumentáció értékelése, minősítése, rendezése, indokolt esetben selejtezése. A kaotikus állapotú adatbázis rendbetétele, fejlesztése és korszerűsítése egyre sürgetőbb feladat volt;
- Országos kutatási tervek, jelentések, ásványvagyonnyilvántartási előírások kidolgozása;
- A kutatásról, a bányászat és egyéb földtani tevékenységek részéről beérkező termelési jelentések kritikai vizsgálata;
- Ásványi nyersanyagokra vonatkozó műrevalósági számítások, készletszámítások végzése;
- Az éves ásványvagyon-mérleg elkészítésében való közreműködés;
- A földtani-bányászati (1974-től geofizikai) kutatómunkák rendszeres terepi ellenőrzése, helyszíni tanácsadás. Kutatási tervek elkészítésében való közreműködés, gazdaságossági vizsgálatok;
- Tervek, javaslatok, jelentések kritikai vizsgálata, ezekről írásos dokumentumok összeállítása;
- Új szabályzatok kidolgozása<sup>5</sup>, javaslattétel új módszerek bevezetésére,

<sup>5</sup> A szakmán belüli szabályzatok túlnyomó többségét a hatvanas évek közepétől folyamatosan magyar szakértők dolgozták ki, hazai tapasztalatok és rendelkezések alapján. A kubai fél okosan

- Szakmai tanácskozások (Consejo Técnico) előkészítése, azokon való részvétel és véleménynyilvánítás;
- A Fondo munkájára vonatkozó új elképzelések és javaslatok betervezése;
- Fiatal kubai szakértők bevezetése a feladatok ellátásába, betanításuk speciális munkaköri feladatok későbbi ellátására.



A Centro Nacional del Fondo Geológico épülete Havana Miramar nevű városrészében 1975–1981 között

A Kubában előforduló ásványi anyagok: elsősorban nikkel és réz, továbbá króm, magnetit, pirit. Az intenzív építkezésekhez nagyon fontos volt a homok-, agyag-, mészkövelőhelyek kutatása.

A magyar szakértők minden számottevő lelőhelyet, bányát felkerestek. Havonta látogatták a nikkelbányákat Nicaro-ban és Moa-ban. Esetenként ellenőrzéseket végeztek az orientei krómbányákban, az El Cobre-i rézbányában, Isla del Pinos-on, Matahambre-ben stb. A kitermelhetőség műszaki-gazdasági kritériumainak vizsgálata és a műrevalóság számítása elsősorban bányamérnöki feladat volt, ezért 1972-től kezdve már egy magyar bányamérnök is részt vett a munkában, később több is.

A Fondo magyar szakértőcsoportjának tagjaként első feladatom a Kubában végzett valamennyi szeizmikus mérésről összeállítandó dokumentáció elkészítése, minősítése és térképszerű ábrázolása volt. Ezt a munkát szovjet szakértők jóval előttem már az Empresa Geofísica-nál (Geofizikai Vállalat) kezdték, de szerződésük lejártával hazamentek, és a feladat befejezetlen maradt<sup>6</sup>.

Az 50-es évektől kezdődően az üledékes medencék területén (pl. Cauto medence) először észak-amerikai geofizikai vállalatok végeztek szeizmikus méréseket, a forradalom

belátta, hogy a közel azonos nagyságú Magyarország földtani-bányászati, bányai szabályzatainak elfogadása számukra célszerűbb, mint a szovjet szakértők óriási dimenziókban gondolkodó, Kubában sokszor kihihetetlen elképzeléseihez igazodni. Ez a megállapítás sajnos egyes szakértők kutatási terveire is nagyon jellemző volt.

<sup>6</sup> Sajnos eléggé általános jelenség volt, hogy a szovjet szakértők legfeljebb két évig dolgoztak egy témán, majd hazarendelték őket. Ha nem fejezték be, újabb szakértő foglalkozott a feladattal, sok esetben teljesen új szempontok szerint újra kezdve a témát. Több esetben a feladat véglegesen befejezetlen maradt.

után kizárólag a kubai–szovjet együttműködés keretében folytak mérések. A hetvenes évekig ezek mind fotoregisztációs analóg mérések voltak, később jelentek meg a szovjet gyártmányú, mágnesszalagra rögzítő analóg adatgyűjtők időszelvény feldolgozó centrummal. A szárazföldi mérések mellett sekélytengeri kutatások is folytak nagyon elavult technikával, a tengervízről örökösen átázó kábelekkkel és geofonokkal, gyenge eredménnyel.

A geofizikai jelentéseket tanulmányozva érdekes meglepetések értek: több — itthon az irodalomból (pl. Geophysics) jól ismert — élvonalbeli geofizikus nevével találkoztam, akik fiatalon Kubában dolgozó mérőcsoportokban tevékenykedtek, mint pl. az amerikai D. C. SKEELS, C. H. SAVIT, S. TREITEL, a holland F. A. VAN MELLE stb. Az idősebb hazai geofizikusok által jól ismert „Geophysical Prospecting for Oil” (McGraw Hill kiadása, 1940) alkalmazott geofizika szakkönyv szerzőjének, L. L. NETTLETON-nak a nevével is találkoztam krómérc-kutatással kapcsolatban.

Hasonlóan meglepő volt a szovjet Vladimir Obrucsev tengeri szeizmikus mérőhajóval a Varadero-i és Cardenas-i öblök környékén végzett mérések jelentéseire rátalálni. 1964-ben lengyelországi tanulmányutunk alkalmából ugyanis SZEIDOVITZ Győző kollégámmal a Balti-tengerparti Gdyniában, lengyel közbenjáró segítségével meglátogattuk ezt a tengeri szeizmikus mérőhajót és megismertük a tengeri szeizmikus csoport munkáját. Analóg fotoregisztációs berendezéssel végzett szimpla fedésű tengeri reflexiós méréseket végeztek, a szeizmogramokat manuális szerkesztéssel dolgozták fel szelvényekké. Meg kell állapítani, hogy hasonló technikával Kubában végzett munkájuk során érdekes partközeli szerkezeteket derítettek fel.

Geofizikus feladatkörbe tartozott a terepi mérőcsoportok időnkénti meglátogatása is. Ez a lehetőség 1976-tól kezdve alakult ki, miután a hivatal saját rendelkezésű gépkocsit kapott. Ettől kezdve évente 3-4 alkalommal kijutottunk terepre is, hogy a szeizmikus csoportokat (szárazföldi és egy sekélytengeri mérés) meglátogassuk.

1976 tavaszán dr. NAGY Elemér, a Magyar–Kubai Földtani Expedíció vezetője felkért, hogy az expedícióról készülő zárójelentésük számára készítsem el a geofizikáról szóló fejezetet. Felhasználva 1973-ban készült összefoglaló dolgozatom alapadatait [POLCZ 1973], azt több tekintetben kiegészítve igyekeztem eleget tenni a számomra megtisztelő és érdekes munkát jelentő kérésének [NAGY, BREZSNYÁNSZKY 1977].

A felsoroltakon kívül feladatommak tartottam, hogy az alkalmazott geofizikában, de elsősorban a szeizmikus mérések terén mind az adatgyűjtésben, mind az adatfeldolgozásban alkalmazott korszerű otthoni módszereket, a digitális számítógépes technika alkalmazását és az elért eredményeket a kubai kollégáknak bemutassam. Műszaki-tudományos napokon, szimpóziumokon több előadást tartottam hazai példák alapján a digitális technika és a többszörös mélységpontos összegzés előnyeiről [POLCZ 1974; POLCZ 1989]. Szakfolyóiratban is jelent meg dolgozatom [POLCZ 1979; POLCZ, RAMOS-REYES 1976; 1977]. Hazatérésem után tizenegy évvel később, 1989-ben lehetőség nyílt a hazai eredményekről szeizmosztratigráfiával kiegészített előadást tartani Havannában az Első Kubai Földtani Kongresszus alkalmából [POLCZ 1989].

A nyolcvanas évek közepétől a kubai geológusok és geofizikusok korszerű eszközöket alkalmazó tengeri méréseket végző vállalatok mérési anyagát is tanulmányozhatták. Erre példa a [HERNANDEZ et al. 1988] dolgozat és a következő oldalon látható szelvény.

Ma már, közel negyedszázad távlatából, szeretettel gondolok Kubára, a sajnos még mindig nagyon nehéz sorsú, de melegszívű és vidám emberekre, volt munkatársaimra. Ez a szép ország családommal együtt valamennyiünk szívében kitörölhetetlen nyomot hagyott. Nem hiába írta KOLUMBUSZ Kristóf hajónaplójába ezt a sort: „*Esta es la tierra más hermosa que ojos humanos vieran*” — ez a legszebb földrész, amit emberi szem valaha megpillantott. Igaza volt...

1978. augusztus elején fejeződött be kubai megbízatásom. A munkát NYITRAI Tibor kollégám folytatta.

## 2. 1978–1981 (Nyitrai Tibor)

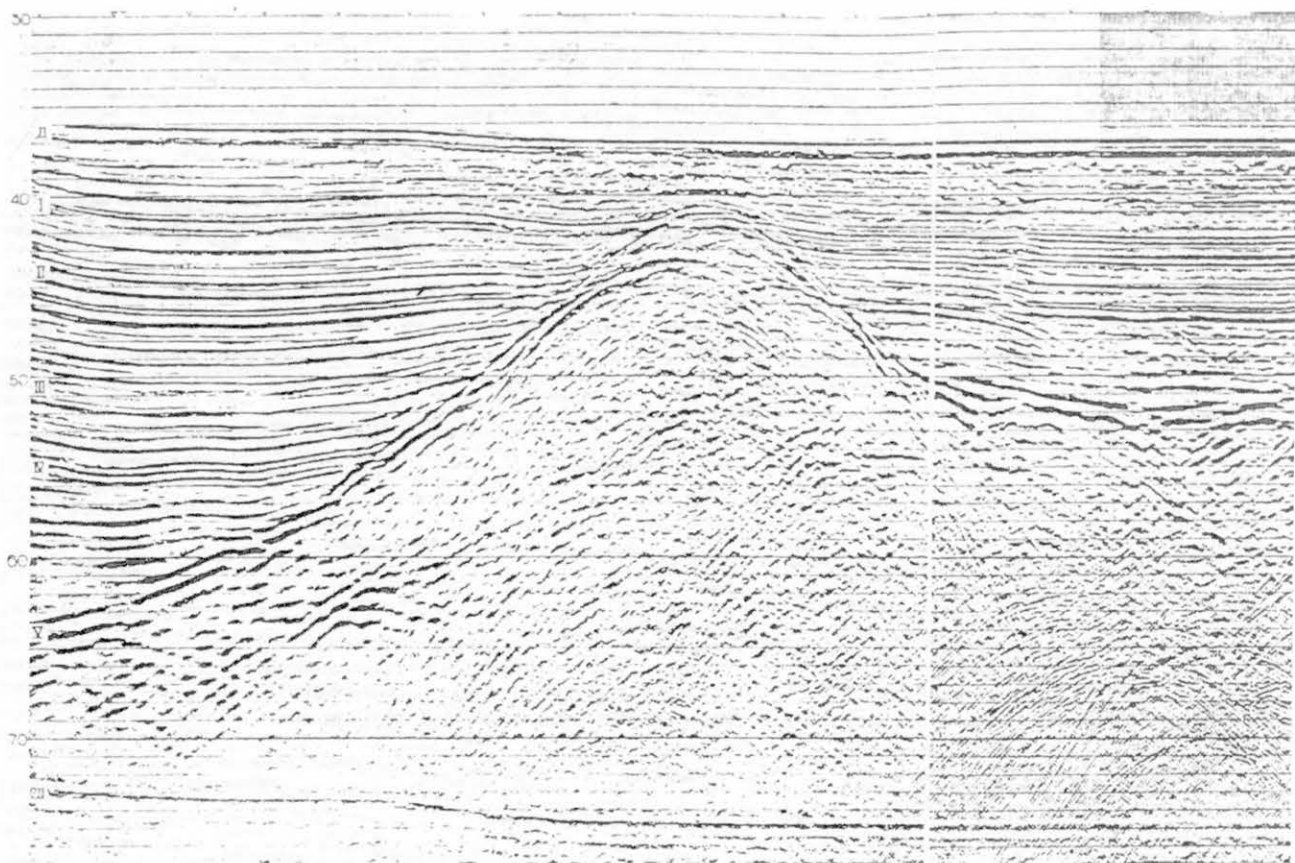
Az 50-es, 60-as és 70-es években a külföldi kiküldetés igen értékes eseménynek számított minden szempontból. Volt már tapasztalatom, dolgoztam már külföldön, de az új körülmények és feladatok még akkor is rendkívül érdekesek voltak, ha már „bedolgozott” munkahelyre utazunk. 1978 nyarán Kubában, a Centro Nacional del Fondo Geológico-ban tanácsadói munkakört vettem át POLCZ Iván kollégámtól.

A néhány hetes együttes munka során kollégám igyekezett megismertetni a helyi viszonyokkal, miként 3 évvel később és is segítettem SZALAY Istvánnak.

Számtalan különlegességgel találkozhatunk egy idegen országban a mindennapi élet és a munka során. Ilyen pl. a klíma, a közlekedés, a családi beilleszkedés, vagy vásárlás egy három tagozatú pénzrendszer mellett<sup>7</sup>. A külföldi munkánál a szakmai tudás után a legfontosabb a nyelvismeret. Kiutazásom előtt igyekeztem minél jobban elsajátítani a Magyarországon nem nagyon elterjedt spanyol nyelvet, mégis a kezdeti időkben voltak nehézségek. Munkánkhoz nem kaptunk tolmács segítséget, tolmács csak a szovjet szakértőcsoportok mellett működött.

Hamar megtanultuk a *mañana* szó jelentését. Hasonlóval már találkoztam az orosz *szkoro*, vagy mongol *margas* értelemben. Olyan tagolt, szépen artikulált spanyol beszéd, mint amelyet pl. Fidel CASTRO 3-5 órán át tartó előadásában folyamatosan alkalmaz, ritkán hallható. Még tanult kubai kollégák is igen gyorsan, sokszor elharapott szavakkal beszélnek, élénk mimikával, széles gesztusokkal (a magyar humor szerint bal kézzel fogják a kagylót, a jobbal telefonálnak).

<sup>7</sup> Háromféle fizetőeszköz volt forgalomban: a lakosság számára rendszeresített peso, amiért csak élelmiszerjegyekre vásárolhattak cikkeket nagyon korlátozott körben, valamint a Granma nevű napilapot, 1-2 hetilapot és könyveket (ezt a pénzformát a magyar szakértők „mezitlábás peso”-nak nevezték el. A másik két pénzforma a szocialista országok valutájából átváltott konvertibilis peso és a dollárból átváltott peso volt, természetesen ez utóbbi volt a mindenre használható fizetőeszköz. A pénz származását egy igazolásnak kellett tanúsítania. A helyi „bennszülött” lakos, a KGST-országok és a „kapitalista országok” pénze más és más helyen, kizárólag a kijelölt üzletekben volt elkölthető.



Korszerűen mért és feldolgozott tengeri szeizmikus szelvényrészlet Oriente ÉK-i partvidékén Bahía de Nuevitas és Punta Maisí között az 1982–1987. években végzett tengeri szeizmikus kutatások anyagából [HERNANDEZ G. et al. 1988 dolgozatából]

A szakmai nyelv megismerésénél főleg magunkra voltunk utalva, hogy megfejtjük pl. a bélésű, a halfarkú fúró, vagy más, a geofizikai (szeizmikus, lyukkarotázs, gravitációs, földmágneses, geoelektromos) kutatás és ezekhez kapcsolódó fúrási, robbantási és geológiai munkák szakkifejezéseinek magyar és spanyol megfelelőit.

Ezzel máris felsoroltam azokat a műszaki-kutatási eljárásokat, amelyeket Kubában a geofizikai csoportok alkalmaztak (általában szovjet szakemberek és a velük együtt dolgozó kubai geofizikusok) a szénhidrogének és szilárdásványok kutatásánál, valamint a földkéreg szerkezetének vizsgálatánál, Ciempuegos város környékén a tervezett atomerőmű alapozásának tervezésénél.

Ebben az időben már 30 évet töltöttem el a geofizikai kutatásban, szinte egyformán 7–8 évet gravitáció, földmágneses, geoelektromos és szeizmikus méréseknél. Ezeket a többirányú gyakorlati ismereteket sikeresen használtam fel a módszerekben igen változatos kubai geofizikai kutatások szakmai megítélésében, mert feladatomban éppen a kutatási tervek, a mérések eredményeinek véleményezése volt.

A tervek és jelentések spanyol nyelvűek voltak, szerzőik szovjet szakemberek. Kubai szerző vagy társszerző ritkábban volt feltüntetve. Kubai geofizikusok az én munkámhoz hasonló véleményezést nem végeztek, de érdeklődő munkatársként a terveket és a jelentéseket tanulmányozták, a megbeszéléseken (*consejo técnico*) tevékenyen részt vettek.

Véleményemet igyekeztem tárgyilagosan kifejteni, esetenként azonban élénk vita alakult ki egy-egy mérés volumenének, hatékonyságának és eredményeinek megítéléséről vagy az alkalmazott eljárás szakszerűségéről.

Munkám értékelését rábízom Juan Guerra TASÉ-ra, a CNFG igazgatójára, aki hazatérésemkor többek között az alábbi szép elbocsátó sorokat írta:

„Ebben a három termékeny, munkában eltöltött évben Ön a geofizikai kutatási munkákban széleskörű jártasságot mutatott, ugyanúgy, mint a kubai geofizikai problematika területén. Ez a jártasság világosan megmutatkozott az értékes és szakmailag mindig jól megalapozott véleményekben, melyeket több mint 60 munkaterről és jelentésről készített, elnyerve a legmagasabb elismerését mindazon szakértőknek, akik valamilyen kapcsolatot tartottak Önnel”.

Ismerem a spanyol nyelv szépítő jelzőkkel ékesített gazdagságát és valószínűleg kollégáim is hasonló „jó bizonyítványt” kaptak, mégis a fenti sorok olyan elismerően hangzanak, hogy itthon legfeljebb nekrológiában írjak ilyent rólunk.

Hazatérésem után 20 évvel írom ezeket a visszaemlékező sorokat, de nem a múltó idő mondatja velem: Csak a szépre emlékezem...

### 3. 1981-1984 (Szalay István)

NYITRAI Tibor hazaérkezése után váltásként 1981 augusztusában utaztam Kubába éppen az atlanti légi irányítók sztrájkja idején, 3 naposra sikeredett berlini átszállással.

Húszéves szeizmikus, több mint tízéves komplex geofizikai kutatási gyakorlatom és mongóliai expedíciós tapasztalatom volt.

A TESCO kéthetes felkészítése, elődeim elbeszélései és írásai, valamint a havannai José Martí nyelviskolában végzett nyelvtanulás alapján hamar beilleszkedtem a Centro Nacional del Fondo Geológico-beli geofizikus tanácsadói (asesor) munkakörömbé. Ebben és az ország megismerésében nagy segítségemre volt CSILLING László, HEGEDŰS Károly és VECSENYÉS György geológus. Hétfélig kirándulásainkhoz — pl. kúpkarstok (mogoték), lateritbauxitok, tengeri és brakkvízi élőhelyek és korallzátonyok felkeresésekor — sokszor csatlakoztak a különböző együttműködésre és aktuálgeológiai folyamatok tanulmányozására érkezett geológus kollégák (BREZSNYÁNSZKY Károly, KÖRÖSI László, MÜLLER Pál, NAGY Elemér, RADÓCZ Gyula) és a Houlgín-i térképező expedícióhoz jött geofizikusok is (BUCSI SZABÓ László, MADARASI András).



Kúpkarstok (mogoték) Viñales felől (helyi elnevezéssel: „vonuló elefántok”). Előterben SZALAY István

Akkoriban a Fondo Geológico már jól szervezett intézményként működött az óvárosi Oficios utcában Juan Guerra TASÉ igazgató irányításával. A dokumentációs osztály vezetője felváltva Enrique SANDERS és Acacio CUELLAR volt, ők azonban a geofizikai kérdésekbe nem szóltak bele. Ily módon a földtani kutatás eredményességét döntően befolyásoló geofizikai méretezési, paraméter-megválasztási és értelmezési kérdések véleményezése és a Fondo-beli geofizikai munkakör betöltésére kiszemelt kubai geofizikus továbbképzése volt az utolsó időszak kiemelt feladata. Ezért valóban a szakmai munka lényeges kérdéseire lehetett összpontosítani, így a véleményezésre, jóváhagyásra beérkező tervek és jelentések színvonalasabbak lettek, érződött elődeink és a külföldi, főleg szovjet tanácsadók szakmai nevelő munkájának hatása. A külföldieket fokozatosan kubai szakemberek váltották fel, először a geológus, majd végül bányamérnök és geofizikus munkakörökben. VECSENYÉS György 1981 végén hazautazott, HEGEDŰS Károly és CSILLING László 1983 végén más intézményekhez került. Rajtam kívül még ALEVA János bányamérnök dolgozott a Fondo Geológicóban.

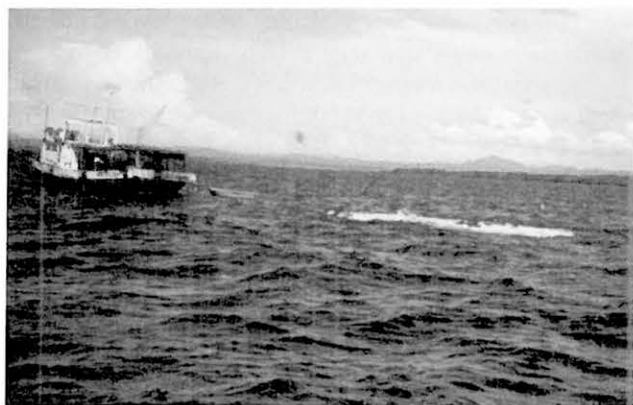
Továbbra is szükség volt a tervek és jelentések véleményezésére és a helyszíni tanácsadásra, mert a vállalatoknál a betanított munkatársak, meghatározott technikákhoz kötődve, néha mechanikusan dolgoztak, az egymást váltó szakértők pedig eltérő szakmai szintet és ta-

pasztalatot képviseltek, sokszor a megszokottól eltérő miliőbe és munkakörbe kerültek. A folyamatosságot, a már elért szint fenntartását, a munkák céljának megfelelő szakszerűséget a felettes szervek ellenőrző-véleményező szerepe biztosította.

Időszakom alatt csoportlátogatásra kevés lehetőség adódott (inkább saját járművel), a második évtől a továbbképzésre mellém beosztott José Angel ESTAPÉ geofizikus társaságában kereshettem fel működő geofizikai brigádokat, melyek elhelyezési és ellátási okokból éveken át tartózkodtak. J. ESTAPÉ korábban egy tengeri szeizmikus csoport vezetője volt és célszerűen könnyűbúvár versenyző.

Kuba ÉNY-i, Santa Lucia környéki korallzátonyos partvidékén egy tengeri szeizmikus brigád tevékenységével és eszközeivel ismerkedtem meg, ahol már úszó kábelre erősített hidrofonsoprotot és sűrített levegős rezgéskeltést alkalmaztak a korábbi vízre kiterjesztett szárazföldi eszközrendszer (fenékre telepített beázós kábel, geofonok és robbantásos energiakeltés) helyett. Itt a szomszédos mexikói Yucatan félszigeti nagy kőolajlelőhelyek analógiájára kutattak, de a megcélzott szint eléréséhez szükséges nagyobb mélységi behatoláshoz képest a kábel rövidnek tűnt és az érzékelő csoport is inkább laza üledékre, semmint korallmészköre volt méretezve... hasonlóképpen a szárazföldi felszerelés is. Ez a technológia nem volt alkalmas a zavarhullámok és többszörös reflexiók elnyomására, ennek eredményével a régióról szóló jelentésekben később találkoztam. Hasonlóan járt méretezésével a mexikói PEMEX állami olajvállalat megbízásából segélyként méréseket végző angol tengeri csoport is. Jelentéséből is látható volt az időszelvényen a kis érdemi behatolás.

Érdekességként megemlítem, hogy a kútúzó hajó legénysége dróton húzott, fehér gyapotba burkolt horoggal nagy barrakuda halakat (picua) fogott, amelyeket szalonna-szerű táblákra vágva, beirdalva, a napon szárítva konzervált. Búvár kollégám pedig igen eredményes szigonyhalászatot folytatott, részben a hajó konyhájának ellátására. Ha erre nem is, de a hosszantartó merülés és víz alatti úzás elemi technikájára engem is megtanított.



Tengeri szeizmikus mérés sűrített levegős robbantással

A dél-karib-tengeri lapos, mocsaras mangrovéval benőtt Batabano-öbli partvidéken egy sekélytengeri térképező csoportot látogattunk meg, ahol nagyfrekvenciás sparkeres rezgéskeltésű akusztikus szelvényezést végeztek recens üledékek, elsősorban építőhomokok és foszforit felhalmozódások felderítésére. Az egycsatornás akusztikus időszelvényeken ugyan

megjelennek többszörös reflexiók is, de ezek vitás esetekben könnyen felismerhetők, a helyszínen sekélyfúrással pedig ellenőrizhetők. Később ez az akusztikus brigád nálunk is dolgozott a Balatonon. Az akusztikus, légi és tengeri mérések, valamint a krómérc kutatás módszertanából többet tanultam, mint amennyi érdemi észrevételt hozzátehettem.

A légi mágneses és radiológiai mérések a sziget nagy részét lefedték, belőlük magnetit, szkarn és színes ércek, bauxit és foszforit lelőhelyekre próbálták következtetni a mágneses anomáliák és a radioaktív K, Th, U komponensek viszonyszámai alapján. A légi mérésekkel és az anomáliák ellenőrzésével foglalkozó szovjet és kubai szakemberek kiemelkedően komoly munkát végeztek.

Ugyancsak eredményes volt a parti vizeken dolgozó V. Obrucsev nevű szovjet kutatóhajó szeizmikus tevékenysége, pl. Varadero–Cardenas térségében. Valószínűleg azért, mert ezek a mobil egységek könnyen áttelepíthetőek voltak, anyaországuk korabeli színvonalán álló technikával és állandó személyzettel dolgoztak.

A tervek és jelentések típusproblémája az eszközök és az ambíciók ellentmondásából, mechanikus munkából, óvatlan adatátvitelből és téves hiedelmekből adódott. Különösen emlékezetes élénk viták alakultak ki a Kuba gazdasága számára fontos krómérc- és szénhidrogén-kutatásokkal kapcsolatban.

A szigeten hosszan áthúzódó ultrabázikus kőzetekben megismert (több mint kétszáz) krómérc testből néhány nagyobb az amerikaiak L. L. NETTLETON gravitációs mérései alapján fedeztek fel. Ennek nyomán közvetlen krómérc kutatást később is terveztek. Ezeket az anyagokat már NYITRAI Tibor is véleményezte, majd hozzám kerültek vissza. Az volt a bökkenő, hogy NETTLETON graviméterei két és félszer érzékenyebbek voltak, mint a tervben szereplő eszközök és NYITRAI Tibor számításai szerint legfeljebb 200 ezer tonnánál nagyobb érc testek kimutatását tették lehetővé. Ezt próbálták kisebbre leszorítani 5 graviméter több menetben megismételt mérésével, átlag és középértékű hibaszámításokkal.

Előfordult, hogy gravitációs, valamint szeizmikus refrakciós és reflexiós mérésekkel atomerőmű telepítésére alkalmas helyszínt (Gibara) kerestek, de a legtöbb munka szénhidrogén-kutatással volt kapcsolatos. Szárazföldön (Cauto-medence, Esperanza stb.) és tengeri shelfen (Varadero, Cardenas, Guacanayabo öblök stb.) folyt kutatás. Kubának közsene és vízi energiája nem lévén, közlekedését, elektromos erőműveit is olajjal működtette nagy importfüggőséggel, üzemanyag- és áramhiányokkal. Ezért folyt fokozott erőfeszítéssel, szovjet felszereléssel és szakemberekkel a gravitációs és refrakciós előkészítés, majd a reflexiós és fúrásos kutatás az üledékes területeken.

A gravitációs munkák fő jellemzője volt a környező tengerekben lévő nagy sűrűségű óceáni kéregkiemelkedések által okozott regionális anomáliák korrekciója, a feltűnően sok, 5–6 sűrűség-tömbre bontott gravitációs prognózisszelvények készítése. Számomra ez túlzott merészségnek tűnt orogén lemezszegélyi környezetben és a nálunk szokásos 1–2 határfelület számítására vállalkozó gyakorlatl szemben. A sűrűségeket a szeizmikus sebességekkel való függvénykapcsolatból és kőzetmintákból vették, de sajnos ezek esetlegessége és hibái rányomták bélyegüket a gravitációs szelvényekre, láthatóan nem érvényesült a korábbi mélységszabály tendencia.

Felszínközelségben túl nagy sűrűséggel indult a sűrűség-szelvény, ezért viszont lejjebb vissza kellett venni az értékek-

ből, nemcsak az inverziós homokos-agyagos szintekre, hanem a karbonátos összletekre is, ami viszont így alapot adott mélybeli kavernásság és kőolajremények feltételezésére, szemben a mélybeli tömörséget hirdető nézetekkel. A közetfizikai adatokat állékony kőzetmagmintákon határozták meg. Az adatfelhasználó a nagyon erős karsztosodással járó kavernás, repedezett és morzsalékos szakaszok sebesség- és sűrűségátlag-csökkenő hatását nem vette figyelembe, az csak a szeizmikus refrakciós és reflexiós átlagsebességekben érvényesült, de az utóbbit ritkán közölték. Egzaktabbnak látszott a szeizmokarotázis intervallumsebességekből kiindulni, de ez több jelentésből sejtetően a felszínközelségben egy szisztematikus, irreálisan nagy, 6000 m/s-nál nagyobb sebességet tartalmazott, valószínűleg a rezgékeltetés kiábrázolásából eredő oldalösszetevő figyelmen kívül hagyása miatt.



Orientei táj, Cauto-medence

Nem tudni, hogy ez hogyan befolyásolta a szeizmikus mélységszelvényeket, melyeket vonalas rajzolatként közöltek, de általában az időszelvény nélkül. A Pinar del Rio tartománybeli Esperanza terület szeizmikus méréseiből készült jelentésben azonban félreérthetetlenül egyenlő közű, többször ismétlődő határfelületeket ábrázoló mélységszelvényeket közöltek, még a leírásban feltolódásnak nevezett ferde vonalakat is mindig megismételték. Ez pedig csak többszörös reflexiók állandó sebességgel történt átszámításával képzelhető el. Csoportlátogatás során a többszörösöket a szeizmogramokon meg is találtuk, de a jelentés szerzői és vezetőik mindvégig kitartottak megoldásuk mellett (valószínűleg korábbi gyakorlatuk és a „mundér becsülete” védelmében). Számításaimban diagramon is ábrázolva kimutattam, hogy már az első többszörös leküzdésére is az akkor használt kábelhossz háromszorosa lenne szükséges, vagyis nagy csatornaszámú, nagy fedésszámú közös mélységpontos mérésekkel lehet csak a fő diszkordanciaszintnél mélyebbre hatolni.

Itt említem meg, hogy a karibi térségre vonatkozó amerikai lemeztettonikai elképzeléseket is ismerték, de a világdívatnak megfelelően naívan túllihaghták. Tektonikai eredetű többszöri rátolódással magyaráztak olyan eseteket is, ahol üledékgyűjtőbeli áthalmozódás, lejtő menti megcsúszás, redepozitáció volt a valószínű. Tanulságos volt egy részletes faunameghatározás alapján készült, mélyfúrás oszlopokat tartalmazó jelentés, amelynél a különféle földtörténeti időszakokra, emeletre jellemző fauna százalékos megoszlása szerepelt, a többségi százalékok képviselő mikrofauna szerinti kormeghatározással. Szerin-

tem viszont e közetösszlet összeállításának, diagenézisének kezdete a legfiatalabb faunaelemnek megfelelő, erre utal kompaktiója, sűrűsége és sebessége is. Kérdésemre ezt megerősítette maga a faunát meghatározó szovjet paleontológus is, aki véletlenül Alamár-i szomszédom volt. Fúrómagmintákról, és nem fúróiszapról volt szó. Az említett körben hivatkozott hiedelmek ellenére a legbiztosabb diszkordanciafelületek térképezésével sikerült produktív, valós szerkezeteket kimutatni.

A kritikák is kikényszerítették, hogy áttérjenek a nagy csatornaszámú, korszerűbb technikára. Ezzel később Kuba végül is a miénket meghaladó kőolajkészletet és termelést tudott elérni.

J. A. ESTAPÉ kolléga együttes tevékenységünk alapján folytatta a Fondó-beli geofizikus tevékenységet. Leveleiből értesültem, hogy felülvizsgálták a gravitációs sűrűségeloszlással kapcsolatos nézeteket, miután egyre jobban megismerték a karsztosodás, a föld alatti folyók és barlang repedérendszer, valamint a fúrások során nagy vízvesztéseket okozó kavernák hatását. Maga az eredeti jelentések szerzője vont le és számolta ki az ebből eredő következtetéseket. Az 1980-as Esperanza-i jelentést befagyasztották és kísérleti méréseket végeztek a térképezett felületek valóságtartalmának vizsgálatára, egyúttal kőolajföldtanilag kedvező szerkezetek kimutatására. A szerzők megerősítették, hogy a korábban térképezett határfelületek nem léteznek, viszont a megtévesztő oldalbeérkezések igen. Elmélyült tudományos vizsgálatokkal tanulmányozták a hullámteret, hogy a hasznos, megbízható, korrelálható felületeket kimutathassák. Mások még vitatták ezeket, és ellenőrző feldolgozásra Moszkvába és Venezuelába is küldtek anyagokat.

J. A. ESTAPÉ munkája elismerést váltott ki. Együttműködésünk befejező időszakában megfogalmazott tézisei alapján elfogadták, hogy kandidatúrára jelentkeznek a tengeri szeizmikus kőolajkutatás (Sismica marina para petroleo) témakörében.

1987-ben váratlanul, MAJKUTH Tamás kollégám váltásaként, újra kimentem Kubába dolgozni a Geofizikai Vállalathoz (Empresa Geofísica), ahol Beatriz RODRIGUEZ geofizikusnő ELGI gyártmányú ESS-01-24 sekélyszeizmikus műszerre alapozva Pinar del Rio-ban karsztos környezetben bevezette a lateritbauxit fektetésének meghatározására irányuló kutatást, kalapácsos energiakeltésű összegzéses, illetve robbantásos rezgés-keltésű „kisrefrakciós” mérésekkel.

- HAAS J., JANKOVICH I. et al. 1987: A Kubai–Magyar földtani együttműködés története. Földtani Kutatás, Budapest, **30**, 3, 1–48
- HERNANDEZ G. et al. 1988: Características principales de los campos geofísicos en la plataforma marina de Cuba y mares adyacentes, y su relación con la búsqueda de yacimientos de petróleo y gas. Revista Tecnológica XVIII, 4
- ITURRALDE-VINENT M. A. 1988: Naturaleza geológica de Cuba. Ministerio de Cultura, Editorial científico-tecnica
- JUDOLEY C. M., FURRAZOLA-BERMUNDEZ G. 1971: Geología del area del Caribe y de la costa del Golfo de Mexico. Ministerio de la Minería Combustibles y Metalurgia Departamento de Geología, Instituto Cubano del Libro, La Habana
- NAGY E., BREZSNYÁNSZKY K. 1977: El mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000 y su texto explicativo. En lo mismo: Parte geofísica elaborada por I. Polcz. Acad. Cien. Cuba, La Habana, 11
- Pasado, presente y futuro colaboración geológica entre Hungría y Cuba. A Magyar Állami Földtani Intézet 199. alkalmi kiadványa. Budapest, 2000
- POLCZ I. 1973: Constitución geofísica de la provincia de Oriente. Ponencia presentada ante el Consejo Técnico del Instituto Geológico de la Academia de Ciencias, La Habana. Manuscrito en el Archivo del Fondo Geológico
- POLCZ I. 1974: Elaboración y procesamiento digital de los datos sísmicos de reflexión. Ministerio de Minería, Combustible y Metalurgia DGGG. Primera Jornada Científico Técnica. La Habana 19. 20 y 21 de diciembre
- POLCZ I. 1979: Aplicación de receptores multiples. La Minería en Cuba, La Habana, **5**, 1, 68–72
- POLCZ I. 1986: Mi actividad de especialista de geofísica en: L. Csilling (redactor): „Veinte años de colaboración geológica cubano-húngara”. Vízügyi Dok. Szolg. Leányv. Budapest, 20–25
- POLCZ I. 1989: Aplicación de técnicas avanzadas en el procesamiento y en la interpretación de los datos sísmicos dentro del campo de la exploración petrolera en Hungría. Primer Congreso Cubano de Geología, La Habana, 177
- POLCZ I., RAMOS-REYES A. 1976: Alternativas para la realización del filtrado de las ondas en los trabajos sísmicos de reflexión en el campo. Primer Simposium de Geofísica. La Habana 27, 28 y 29 de Mayo. Ministerio de Minería y Geología, Empresa Nacional de Geología y Geofísica
- POLCZ I., RAMOS-REYES A. 1977: En la lucha contro los ruidos. La Minería en Cuba **3**, 33

*Polcz Iván, Nyitrai Tibor, Szalay István*

# HÍREK, BESZÁMOLÓK

## 2005–2007: A FÖLD BOLYGÓ NEMZETKÖZI ÉVE



A firenzei 32. Nemzetközi Geológiai Kongresszus résztvevői arról értesülhettek, hogy a Nemzetközi Földtudományi Unió (IUGS) az UNESCO-val karöltve, az ENSZ égisze alatt 2005–2007 között megszervezi a „Föld Bolygó Nemzetközi Évét”, az International Year of Planet Earth-t (IPY).

A kiadott brosúra bevezető mondatai szerint az emberiség nem lehet meg a Föld nélkül. Teljes mértékben tőle függünk, mert belőle lettünk, és örökké a része leszünk. Csakis egy önmagát fenntartó Földrendszerben tudunk létezni. Minél több ismeretet szerzünk, annál világosabban látjuk, hogy vigyáznunk kell a Földre, mert gyermekeink, utódaink léte függ tőle. Meg kell értetnünk a társadalommal, hogy a földtudomány a fenntarthatóság kulcsa. A kutatók a Föld sok titkát feltárták már, és hatalmas haladást értek el annak megértésében, hogyan működik a Föld. Az emberiség — sajnos — mindezt az ismeretet nem megfelelően használja. Rossz helyeken építkezünk, és egyszeri kincseket pusztítunk el, annak ellenére, hogy a természeti kockázatokat jelentős megbízhatósággal meg tudjuk jósolni. Úgy teszünk, mintha semmiről sem tudnánk, pedig a jobb élet kulcsa ott van a kezünkben. A földtudományok művelői a világon mindenütt készek és felkészültek arra, hogy a társadalomnak biztonságosabb, egészségesebb és gazdagabb környezetet biztosítsanak.

Az ENSZ 2006-ot — kínai előterjesztésre — a „Föld Bolygó Nemzetközi Évét”-vé fogja nyilvánítani, de a „Földtudományok a társadalomért” alcímű program már 2005-ben elkezdődik és 2007-re is áthúzódik. Két fő cselekvési irányt alakítottak ki:

- 1) tudományos programot, amelynek rendeltetése, hogy választ nyújtson a társadalmi szükségleteket kifejező tudományos kérdésekre,
- 2) tudománynépszerűsítő („outreach”) programot, amely oktatás, valamint tájékoztatás révén megmagyarázza és elősegíti a földtudományok sokrétű társadalmi hasznát.

A tudományos program kilenc tudományos témát ölel fel: Felszín alatti vizek (Groundwater), Földtani veszélyek (Hazards), Föld és egészség (Earth&Health), Éghajlat (Climate), Nyersanyag- és energiaforrások (Resources), Nagyvárosok (Megacities), a Föld mélye (Deep Earth),

Óceán (Ocean) és Talaj (Soil). (A 32. geológiai világkongresszusra négy témáról készültek el a kulcsszövegeket tartalmazó színes prospektusok.) Minden erőfeszítést megtesznek annak érdekében, hogy az érdeklődő (illetve a rászoruló) országokból szakembereket vonjanak be a programok megvalósításába. PhD-tanulmányok támogatását tervezik, különféle forrásokból. Mindegyik tudományos programnak lesznek „termékei” (ún. „deliverables”-ei).

A népszerűsítő program a közvéleményt szolgálja. (Erről is készül majd egy brosúra.) E program keretében olyanféle tevékenységeket képzelnek el, mint

- a tudományos témákban való előrehaladás és azok előzetes eredményeinek kommunikálása,
- a laikus közönség bevonásának elősegítése,
- a nyilvánosság bevonása a kutatásba,
- kirándulások és túrák támogatása földtudományi szempontból érdekes helyekre (beleértve az ún. „geopark”-okat és „geosite”-okat is),
- a földtudomány társadalmi jelentőségének szóló hosszantartó oktatás forrásainak megteremtése és fenntartása,
- földtudományi TV programok támogatása,
- utazó és helyben maradó kiállítások támogatása — pl. múzeumokban, hajókon, (video)konferenciák, kerekasztal-beszélgetések stb. — földtudományi és azzal összefüggő társadalmi témákról,
- általában: a földtudományok eljuttatása a széles közvéleményhez.

Az IPY-rel párhuzamosan két másik földtudományi év szervezése is előkészületben van: az egyik az ún. IGY+50 (a Nemzetközi Geofizikai Év 50. évfordulója, azaz 2007), valamint a Nemzetközi Sarki Év. Az IGY+50 az IUGG kezdeményezése, de az IUGG ugyanakkor e másik programban is teljes értékű partner. A három kezdeményezés kumulatív hatásának eredményeként a földtudományok társadalmi megbecsültsége az évtized vége felé jelentősen meg kell, hogy növekedjen.

A bizottságok (szervezőbizottság, támogatócsoport, tudományos bizottság és tudománynépszerűsítő bizottság) már felálltak. 2005–2007-re legalább 20 millió dollár költségvetést remélnek. Ezt az összeget kereskedelmi cégektől, nemzetközi bankoktól, nemzeti alapítványoktól és egyéb forrásokból látják megszerezhetőnek.

A szervezési előrehaladásról és az egyéb részletekről naprakész tájékoztatást lehet kapni a [www.esfs.org](http://www.esfs.org) címen.

A kezdeményezők a 32. geológiai világkongresszus résztvevői számára 2004. augusztus 23-án nyilvános ülést hirdettek meg. Ezen a Geological Society of London vezetője emlékeztetett arra, hogy a földtudomány igen-igen kicsi tudományterület (bár viszonylag népszerű, nem utolsósorban).

sorban a földrengéseknek „köszönhetően”), és a kicsinység, valamint az ezzel párosult szétszabdaltság összehangolt akciókra készlet. A németek képviselője kifejezte ellenérzéseit a meghirdetett témákkal kapcsolatban: elsősorban az alap kutatásokat hiányolta. (Igaz van: én még csak a Deep Earth prospektust tanulmányoztam át, de azt elszomorítóan felületesnek tartom.) A román SANDULESCU a Föld megmentése érdekében a politikusok kinyírására biztatott mindenkit. Őutána a kanadai miniszterhelyettes kért szót (és megértést). Szerinte a legnagyobb társadalmi hatású programokat érdemes támogatni. Ne mi kényszerítsük rá törekvésünket a társadalomra, mert ebben az esetben elszigetelődünk. Olyan nyelven beszéljünk, hogy azt megértsék az emberek (és a politikusok). A zambiai küldöttek szerint a program első eredménye az, hogy ők a Föld évére hivatkozva tudtak eljönni a geológiai világkongresszusra. Voltak, akik a népszerűsítő program helyett kifejezetten interdiszciplináris programokat indítanának, illetve, hogy a tanárok megnyerésére külön programot kell kidolgozni. Szóba került a munka nélküli geológusok geoturizmusba való bevonásának lehetősége. Megint mások a politikusok megnevelését jelölték meg célkitűzésként (azok megölése helyett). Szóba került a források tisztázatlansága. Az ülés végén — a viták ellenére — a mintegy száz résztvevő jóváhagyta a kezdeményezők eddigi munkáját.

A támogatásukat eddig kinyilvánító országok listáján Magyarország nem szerepelt, pedig a Föld Nemzetközi Éve

a magyar földtudomány számára is jó lehetőséget jelent. (Annak ellenére, hogy 2006 már túl közel van és a várható kormányváltás évére források biztosítása meglehetősen keserves kísérletnek tűnik.) Úgy gondolom, hogy lépniük kell minden lehetséges területen, és a lépések megtétele nemigen tűr további halogatást. Mivel más magyar résztvevőt e rendezvényen nem láttam, bátorodom néhány kezdeményező javaslatot tenni.

Magyar intézmények és szervezetek (MTA, MGSZ, MFT, MGE stb., de ezek közül legalább egy) jelentkezhetnének társszervezőnek („associated partner”-nek). Jelölni lehetne magyarokat a tudományos és a népszerűsítő bizottságokba, s ami a legfontosabb: összehangolt tudományos és tudománynépszerűsítő programtervet kellene készíteni, és fel kellene mérni a lehetséges pénzforrásokat. Még ha sok pénzre nem is számíthatunk, a földtudományok hazai pozitív diszkriminációját a Föld Nemzetközi Évére hivatkozva bizonyára el lehetne érni.

Kevés a gondolkodási idő, cselekedni kell. Egy közös cselekvés érdekében szervezzünk előkészítő megbeszéléseket a szakmai egyesületeken, akadémiai és egyéb fórumokon belül, még 2004 őszén. Erre a X. Osztály titkára által szóban említett lehetőség az egyik kiváló alkalom volna.

*Szarka László,*

*az MTA Geofizikai Tudományos Bizottság  
elnöke*

## ELVÁRÁSOK

Firenzében a 32. nemzetközi Geológiai Kongresszuson az Európai Bizottság (EC) DWO-19 jelű, „Az európai kutatás jövőbeni prioritásai a földtudományok terén” címmel 2004. augusztus 22-én egynapos műhelytalálkozót rendezett, amelyen az EC általános kutatási igazgatósága (Directorate General for Science, Research and Development) részéről R. CASALE (Belgium) és C. MARGOTTINI (Olaszország) elnökölt. (A kitüntetett jelenlétnek az a kézenfekvő magyarázata, hogy Riccardo CASALE történetesen geológus.)

Noha a részvételi hajlandóság igen csalódást keltő volt (az ötvenes jelentkezési létszám hamar betelt, de a feliratkozott konferencia-résztvevők közül legfeljebb tucatnyian lehettünk ott), mégis hasznos információkkal távozhatunk. Az ellentmondások, bizonytalanságok ellenére határozottan kirajzolódott, hogy a tudomány, ezen belül a földtudomány Európában sehol — így az EU szintjén sincs — jó helyzetben.

Az EU kutatástámogatását mindaddig az alkalmazott kutatás és fejlesztés emésztette fel, de a jövőben nagyobb teret kívánnak biztosítani az alap kutatás számára. Mindez nem lesz könnyű, hiszen a döntési folyamat nem csupán szakmai lépésekből, hanem nagyrészt politikai egyeztetésekből áll. (Konzultációk és a projektek értékelése után az EC javaslata a European Research Advisory Board elé kerül, és ezt a tagállamoknak is el kell fogadniuk, de az Európa Tanács és az Európai Parlament is szerepelnek a döntéshozatali sémában.) Következésképpen ami a pályázatokban megjelenik, az számtalan lobbierdek kompromisszumának tekinthető.

C. MARGOTTINI áttekintette a különböző diszciplínák viszonylagos arányának alakulását az első keretprogramtól a hatodik keretprogramig átívelő 20 éven át. Az energiával kapcsolatos kutatások részaránya rendkívül lecsökkent, de meglepő, hogy a környezeti ráfordítások aránya csak némileg növekedett. Az elmúlt években az információtechnológia és kommunikáció, valamint az élettudományokkal kapcsolatos területek „taroltak” a leginkább.

A földtudományok helye értelemszerűen az „Environment” fejezetben belül keresendő. Az eddigi környezeti projektekről az a vélemény, hogy minőségük nem mindig elsőrangú. Hangzatos lözongokkal dobálózó ügyeskedők elhalásszák a pénzt az igényes, de semmi biztos haszonnal nem kecsegtető kutatások elől, és koptatják a környezet-tudományi — ezen belül a földtudományi — kutatások hitelét.

Az EC általános kutatási igazgatósága részéről felkért egyik előadó a kutatást a tudományos elképzelések szabad ütköztetéseként fogalmazta meg, de azt a szabadságot az anyagi érdek, a technológiai versenyfutás manapság erősen korlátozza. Egy másik előadó szerint az alap kutatásban az új megközelítéseknek, a kreativitásnak kell(ene) teret adni. Nem szabad ugyanakkor elfelejteni, hogy — mivel közpénzekekről van szó — a tudomány hajtóereje a társadalom. Vajon elvárható-e a társadalomtól, hogy felismerje és kiváltsa a támogatásra érdemes alap kutatási javaslatokat?

A rendezvény lassacskán ötletgyűjtésbe ment át. Egy jótanács szerint akként kell multidiszciplinaritásra törekedni, hogy megtartsuk saját önállóságunkat. Egy igazán interdiszciplináris projektet végigvinni rendkívül nehézkes. (A

karbonciklusban, az éghajlatkutatásban elért eredmények e tekintetben példamutatók.) Elemi igény volna Európában földtani alapkutatásra, de ezeket is társadalmi elvárás szintjén kell megindokolni. Valaki azt hangsúlyozta, hogy a műholdas mérések és a földi megfigyelések együttes felhasználása új projektek tárgya lehetne, de nemigen tekinthető megnyugtatónak a bürokrata szellemiségű válasz, miszerint az űrkutatás összehangolására új igazgatóságot terveznek felállítani.

Az európai kutatásirányítás nehézkességét meggyőzően mutatja, hogy a nagy törökországi földrengés után néhány nappal már megjelentek a helyszínen amerikai és japán kutatók, de egy európai csapat odahozatalát képtelenség volt megszervezni. Egy másik példa: a bányászat Európában olyannyira visszafejlődött, hogy ma már csak amerikaiak és ausztrálok nyitnak új bányákat. Mi európaiak pedig tapasztalatainkat, ismereteinket rég elfelejtjük, mire megint szükség lenne rájuk.

Az elfogadott és futó projektek átláthatatlanságát kritizálta egy román kutató. E sorok írója — a földtudományok kiszorításának megakadályozása érdekében — a „környezet” fogalmának megnyugtató tisztázását igényelte. Egy szlovén

kolléga szerint nincs elegendő számú jó menedzser a földtudomány terén, és a földtudomány művelőinek aktívabbnak kell lenniük a társadalom felé, hogy megismertessék és elismertessék a földtudomány társadalmi fontosságát.

Egy dolog biztos: a kutatók mindenütt szenvednek a jelenleg futó keretprogramok bürokratikus követelményeitől. Annak érdekében, hogy a 7. keretprogram jobban megfeleljen a kutatók elvárásainak, az EC általános kutatási igazgatósága

riccardo.casale@cec.eu.int

és/vagy

margottini@casaccia.enea.it

címeken várja az „alulról jövő” észrevételeket és javaslatokat. A tudomány jövője szempontjából ugyan életveszélyesnek érzem a kutatásirányítók alapállását, miszerint a tudományos kutatás ráfordítása Európában a minimálisan lehetségesnél sokszorosan több (tehát impliciten „gazdaságtalan”), de a 2007-ben induló hetedik keretprogramot nem lesz nehéz a kutatók számára a korábbiaknál elfogadhatóbbnak megalkotni.

*Szarka László*

## ARANYOKLEVELES GEOFIZIKUS-MÉRNÖKÖK

A Miskolci Egyetem tanévnyitó ünnepi tanácsülésére 2004. szeptember 11-én került sor. A rektori megnyitót követően szakmai, tudományos címeket és kitüntetések adtak át. Az ünnepi tanévnyitó fénypontja az ötven, ill. hatvan éve a Bánya- és Kohómérnöki Karon oklevelet szerzett mérnökök kitüntetése volt.

Az ünnepségen a hatvan éve végzett bányamérnökök közül hárman gyémánt-, az ötven évvel ezelőtt szigorlatozott bányaművelő-, geofizikus-, geológus- és olajmérnökök közül 24-en aranyoklevelet vehettek át. Hat bányagépzésmérnök a Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karán és 21 földmérőmérnök a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán részesült aranyoklevél jubileumi diplomában külön ünnepség keretében.

Az ötven éve szigorlatozott mérnökök Sopronban vagy Miskolcon kezdték el tanulmányaikat, a szakmai képzés

éveit Sopronban töltötték és oklevelüket is az utóbbi városban vették át. 1954-ben 12 fő szerzett geofizikus-mérnöki oklevelet. Közülük KISS Károly, MOLNÁR Károly, VARGA Gábor, VODRING Mária és ZSILLE Antal vehették át az aranyoklevelet a miskolci tanévnyitón. A jubileumi diplomában részesült mérnökök részéről MOLNÁR Károly mondott beszédet, melyben méltatta a sopron-miskolci egyetemi képzés eredményes voltát és folytonosságát.

Büszkék vagyunk az Alma Mater 1944-ben és 1954-ben végzett diákjaira és aranyokleveles geofizikus-mérnökeinkre. Sikeres és küzdelmes életpályájuk példaként szolgálhat a Miskolci Egyetemen ugyanezen napon fogadalmat tett elsőéves hallgatók számára is.

*Pethő Gábor*

## FELHÍVÁS A JUBILEUMI KIADVÁNYOK ÁTVÉTELÉRE

### Tisztelt Tagtársunk!

A Magyar Geofizikusok Egyesülete fennállásának 50. évfordulója alkalmából megjelent „50 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete” című 328 oldalas, igen sok fényképpel ellátott emlékkönyvet és a *Magyar Geofizika* ugyancsak erre az alkalomra, kivételesen színes ábrákkal megjelent jubileumi különszámát számos Tagtársunk még nem vette át.

E két kiadványt minden Tagtársunk térítésmentesen megkaphatja (aki az április 27-i ünnepi tudományos ülésen részt vett, személyesen vehette át). A jelentős postaköltségre tekintettel azonban csak akkor tudjuk a kiadványokat postai úton eljuttatni, ha Tagtársunk a postaköltséget átvállalja. Ebben az esetben kérjük, hogy jelezze a titkárságon megrendelési szándékát. Az utánvétellel történő küldés költsége — a postaköltség és a csomagolás költsége — 1200 Ft.

A két kiadvány természetesen továbbra is átvehető személyesen (vagy ismerőst, kollégáját megkérve) az Egyesület titkárságán előzetes telefonbejelentkezés után.

Címünk: Budapest, II., Fő u. 68., I. em. 113.

Telefon: (1) 201 9815

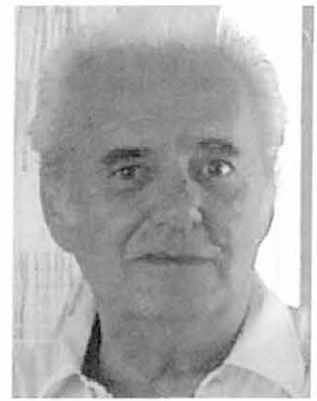
Tisztelettel várja jelentkezésüket

*az MGE elnöksége*

# *In Memoriam:*

## **TÓTH JÁNOS**

1935–2004



Ez év május 13-án, hosszantartó, súlyos betegség után, életének 69. évében hunyt el TÓTH János geofizikus kollégánk, az MGE alapító tagja.

1935. február 17-én született Zalaváron, a családban ő volt a harmadik gyermek. Szülei gazdálkodók voltak a kicsi zalai faluban, s ő ott járt elemi, ill. általános iskolába. Keszthelyre járt gimnáziumba, ott is érettségizett 1953-ban. 1953-ban felvételt nyert az Eötvös Loránd Tudományegyetemen a geofizika szakra, amelyet 1957-ben végzett el.

1957 októberében kezdte el munkáját az akkor még az OKGT-hez tartozó Szeizmikus Kutatási Üzemben, s végig az olajiparban, azonos vállalatnál dolgozott 38 évig — csak a név változott közben, s így a MOL Rt.-hez tartozó Geofizikai Szolgáltató Kft.-től ment 1995-ben nyugdíjba.

1957-ben rögtön terepre került. Szeizmikus csoportnál volt segédészlelő, majd észlelő, később kiértékelő. 1964–1969 között terepi szeizmikus csoport vezetője volt. 1969 végén került be a központba, Budapestre, a Geofizikai Műszaki Osztályra, ahol csoportvezetőként irányította, szervezte, tervezte a hozzá tartozó terepi kutató csoportok tevékenységét. 1979–1990 között a Geofizikai Műszaki Osztály vezetője volt, s ekkor már a teljes terepi kutatás irányítása hozzá tartozott.

Töretlen pályájának csúcscaként 1990-ben nevezték ki felszíni geofizikai igazgatóhelyettesnek, majd 1992-től 1995-ös nyugdíjazásáig főmérnöki beosztásban tevékenykedett.

Szakmai pályafutása rendkívül gazdag volt. 1966-ban a fotoregisztrálású műszert felváltó analóg terepi műszerek hatékony bevezetésével, majd 1971-ben a digitális terepi technika, a többszörös fedés (CDP) alkalmazásával alkotó módon vett részt a szeizmikus terepi technika gyökeres átalakításában. A GMO vezetése ideje alatt többek között kiemelten foglalkozott az Air-Gun, a vibroszeiz energiakeltési eljárások bevezetésével, az 1978-ban kezdődött iraki mérések szervezésével, valamint 1979-től a komplex kutatás céljából végzett elektromágneses szondázások kialakításában is részt vett. Az 1984-es világbanki hitel elnyerésekor segítette, tervezte

azt a vállalat életében igen nagy jelentőségű modernizálást, amely lehetővé tette, hogy a GKV világszínvonalú technikával rendelkezzenek.

Főmérnök korában, 1990-ben az első hazai kivitelezésű 3-D szeizmikus méréseket indította el. 1992-től tevékenyen részt vett a telemetrikus digitális mérőműszerek alkalmazásával, a vibroszeiz technika fejlesztésével létrejövő modern szeizmika hazai kialakításában. Részt vett a tunéziai és horvátországi szeizmikus bémérések szervezésében, kivitelezésében, lelkesen támogatta azt a gondolatot, hogy dolgozzék külföldön is a magyar geofizika.

Kimagasló munkájáért több Vállalati Kiváló Dolgozó kitüntetést kapott, ezenkívül a Földtani Kutatás Kiváló Dolgozója kitüntetést, valamint a Bányász Szolgálati Érdemérem gyémánt fokozatát nyerte el.

Az MGE életébe tevékenyen 1983-ban kapcsolódott be. Főként a nagyrendezvények szervezésében jeleskedett, jelentős szerepe volt — mint szervezőbizottsági tagnak — az 1985-ös budapesti sikeres EAEG-rendezvény előkészítésében, kivételében. Több szakmai előadást tartott, ill. azokban társszerző volt az egyesület Felszíni Szakosztályában és különböző szimpóziumokon.

Kiváló emberi tulajdonságokkal rendelkezett, igen nagy közszertetnek örvendett kollégái, barátai körében. Kiegyensúlyozott, barátságos, jó kedélyű, másokon mindig segíteni akaró vonásai a közösség megbecsült tagjává tették. Rendkívüli módon őszinte volt, még főnökeinek is mindig megmondta véleményét, akkor is, amikor azzal esetleg nem aratott nagy sikert. Talán épp ezért szerették és becsülték felettesei is.

1957-ben nősült, feleségét még a gimnáziumban ismerte meg. Gyermekük nem volt, pedig nagyon szeretett volna. Felesége 1999-es halála óta valahogyan nem tudott ismét az a kiegyensúlyozott, vidám ember lenni, mint aki volt. Idén tavasszal hirtelen támadta meg a halálos kór. Egy jó hónapig tudott csak megbirkózni vele, majd követte szeretett feleségét.

Kedves Jani barátunk, nagyon hiányzol nekünk! Ismét egy színes egyéniség, értékes ember hagyta el a geofizikus társadalmat, barátait, rokonait. Ígérjük, nem felejtünk el!

*Gadó Károly*





**HU ISSN 0025—0120**

---

*Főszerkesztő:* dr. Bodoky Tamás

*Szerkesztő:* Tóth Lajos, tel.: (1) 252 4999/142, e-mail: tothl@elgi.hu

*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

---