

TISZTELT KOLLÉGÁK!

Gratulálunk dr. Kiss Bertalannak! — Gratulálunk dr. Baráth Istvánnak! 53

MGE

A Szeniorok Bizottságának hírei — Eötvös Loránd fizikai tanulmányi verseny Celldömölkön..... 54

EAGE

Az EAGE 67. konferenciája és kiállítása — Magyar EAGE-csoport..... 55

SZAKCIKKEK

A nagy számok törvényének teljesülése végtelen nagy aszimptotikus szórás esetén
Steiner Ferenc, Hajagos Béla 60
Geostatisztikus eloszlású véletlenszámok gyors előállítására
Hajagos Béla 64

CIKKEK

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet geodéziai vonatkozású gravitációs kutatásai napjainkig
Csapó Géza 66
Adalékok Baráth István, Kiss Bertalan „A mélyfúrás geofizika története Magyarországon” című tanulmányához
Csath Béla 77

HÍREK, BESZÁMOLÓK

IAGA 2009: Sopron, Hungary! — Beszámoló az IAGA Toulouse-i konferenciájáról — Geotermikus (IGA) világkongresszus — 50 éve végeztünk... 79

IN MEMORIAM

Windhoffer Gábor 84

46. évfolyam 2. szám



2005

CONTENTS

Foreword of the Editors	53
MGE (Association of Hungarian Geophysicists)	
News	54
EAGE	
News	55
Geophysical Papers	
The fulfilment of the law of large numbers in case of infinite asymptotic scatter <i>F. Steiner, B. Hajagos</i>	60
Quick calculation of geostatistically distributed random numbers <i>B. Hajagos</i>	64
Papers	
Investigations of the Eötvös Loránd Geophysical Institute in the field of geodetic gravimetry <i>G. Csapó</i>	66
Comments on "The history of well logging in Hungary" (I. Baráth, B. Kiss; Magyar Geofizika Vol. 45, Special issue) <i>B. Csath</i>	77
News and Reports	79
In Memoriam	
Gábor Windhoffer	84

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

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.
Telefon: (1) 252 4999
Felelős kiadó: dr. Fancsik Tamás igazgató
Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász Péter

• • •

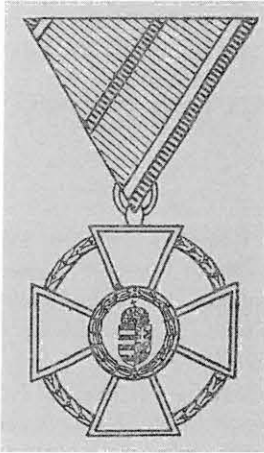
Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél: 1371 Budapest, Pf. 433, tel.: (1) 201 9815,
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer

Index: 26 507

Tisztelt Kollégák!

GRATULÁLUNK DR. KISS BERTALANNAK!

Dr. KISS Bertalan a hazai szénhidrogén-lelőhelyek kutatásában és feltárásában, a mélyfúrási geofizikai műszerek és értelmezési módszerek fejlesztésében, valamint a fiatal szakemberek oktatása és nevelése terén hosszú évtizedek alatt végzett kiemelkedő tevékenységéért 2005. augusztus 20-án a **Magyar Köztársasági Bronz Érdemkereszt** kitüntetésben részesült. A kitüntetést JUHÁSZ Gábor, a Belügyminisztérium államtitkára adta át a központi bányásznap ünnepségen Bátorlyterenyén.



GRATULÁLUNK DR. BARÁTH ISTVÁNNAK!

A Miskolci Egyetem Földtudományi Karának Tanácsa a **Pro Facultate Rerum Metallicarum** kari érmet adományozta dr. BARÁTH Istvánnak a mélyfúrási geofizika oktatásában végzett több évtizedes tevékenységéért, a hallgatók szakmai gyakorlatainak szervezésében nyújtott segítségéért, a doktori képzésben kifejtett önzetlen munkájáért, a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és a Geofizikai Tanszék széleskörű kapcsolatainak elmélyítését segítő tevékenységéért.



A SZENIOROK BIZOTTSÁGÁNAK HÍREI

2005. május 19-én, csütörtökön rendeztük meg a szeniorok hagyományos baráti találkozóját a MTESZ Budai Konferencia Központjában. A rendezvényen 39 tagtársunk vett részt.

Az összejövetelen a Magyar Geofizikusok Egyesületének vezetőségét PÁLYI András egyesületi titkár képviselte. Üdvözlő szavaiban hangsúlyozta, hogy az egyesület jelenleg legjobban működő társasága a Szeniorok Bizottsága, aktivitásukról példát lehet venni. Reményét fejezte ki, hogy a szeniorokhoz hasonlóan valamennyi egyesületi tag meg fogja őrizni a több évtizedes, régi barátságát.

HEGYBÍRÓ Zsuzsanna, a Magyar Geofizikusok Egyesületének elnöke más, fontos elfoglaltságára való tekintettel

nem tudott megjelenni, de levélben üdvözölte az összejövetel résztvevőit. Levélben kérte kimentését MURAVINA Lilia is, és mindenkit szívélyesen üdvözölt.

A baráti találkozó résztvevőit vendégül láttuk a Magyar Geofizikusokért Alapítvány anyagi támogatásával. Segítségüket köszönettel nyugtázzuk.

Köszönettel tartozunk a rendezvény sikeréért BELLÉR Évának, a Magyar Geofizikusok Egyesülete ügyvezető titkárának, aki mindenkor remek szervezőmunkával támogatja a Szeniorok Bizottságának tevékenységét.

Aczél Etelka,
a Szeniorok Bizottságának elnöke

EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TANULMÁNYI VERSENY CELLDÖMÖLKÖN

2005. május 17-én tizenötödik alkalommal rendezte meg a *celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola* a már hagyományos fizika tanulmányi versenyt Vas megye általános iskoláinak részvételével.

A tanulmányi versenyt ROZMÁN László igazgató, NAGYNÉ HORVÁTH Mária igazgatóhelyettes és VIOLA István fizikatanár szervezte meg.

ROZMÁN László ünnepi szavai nyitották meg a tanulmányi versenyt, amelyen Vas megye általános iskoláinak és gimnáziumainak VII. és VIII. osztályos tanulói vettek részt. A VII. osztályosok versenyére 25 tanuló, a VIII. osztályosok versenyére pedig 20 diák jelentkezett.

A zsűri elnöke LÓRÁNTFY Tibor, az *egyházashetyei Berzsényi Dániel Általános Iskola* igazgatója, a zsűri tagja pedig HÉDI Zoltánné, a *Vas megyei Pedagógiai Intézet* fizika szaktanácsadója és VIOLA István, a *celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola* fizikatanára volt.

A tanulmányi verseny a következő eredménnyel zárult: A VII. osztályosok közül az első helyezett NAGY Vivien lett, a *celldömölki Szent Benedek Iskola* tanulója (tanára: FINTA Katalin), a második helyen két tanuló végzett: FERENCZ Tas, a *celldömölki Gáyer Gyula Általános Iskola* tanulója (tanára: BÓDISNÉ BURJÁN Ibolya) és VÖRÖS Bálint, a *sárvári Gárdonyi Géza Általános Iskola* tanulója (tanára: HÉDI Zoltánné).

A VIII. osztályosok közül az első díjat ketten kapták: BERKE Ildikó, a *gercei Általános Iskola* tanulója (tanára

FARSANGNÉ SIMON Ildikó) és FARSANG Dóra, ugyancsak a *gercei Általános Iskola* tanulója (tanára: FARSANGNÉ SIMON Ildikó). A második helyezett HORVÁTH Balázs lett, a *hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola* tanulója (tanára: SÁTORY Károly).

A tanulmányi verseny végeztével dr. KOVÁCS László, a *szombathelyi Berzsényi Dániel Főiskola rektorhelyettese*, a Fizika Tanszék vezetője felavatta JEDLIK Ányos tiszteletére az iskola fizika-kémia szaktantermét, amelyet ezentúl Jedlik Ányos teremnek fognak nevezni.

Dr. KOVÁCS László ünnepi beszédében méltó szavakkal ismertette JEDLIK Ányos munkásságát, és bemutatta rendkívül érdekes és értékes személyes gyűjteményét, amelynek minden darabja JEDLIK Ányos munkásságával kapcsolatos.

A celldömölki rendezvényen a *Magyar Geofizikusok Egyesületét* PÁLYI András, a Magyar Geofizikusok Egyesületének titkára, valamint ACZÉL Etelka és UJFALUSY Antal képviselte. A magyar geofizikusok nevében a győzteseknek szerény, szakmai jellegű ajándékokat adtak át az *Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány* támogatásával.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének nevében további eredményes munkát kívánunk a tanulmányi verseny valamennyi szervezőjének és résztvevőjének.

Aczél Etelka

AZ EAGE 67. KONFERENCIÁJA ÉS KIÁLLÍTÁSA

Madrid, 2005. június 2–5.

A European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE) 2005. évi nagyrendezvényét, a 67. konferenciát és kiállítást a Society of Petroleum Engineers (SPE) EUROPEC rendezvényével közösen június 13-ától 16-ig Madridban rendezték meg. Az esemény színhelye az IFEMA, Feria de Madrid, „I. Juan Carlos” Kiállítási Központ volt. A központ hatalmas csarnokegyüttese valószínűleg ma Európa legnagyobb, ipari kiállításokat szolgáló építménye. Az EAGE 5600 m²-es kiállítása a központ kiállítócsarnokainak a tizedét sem foglalta el. Előadótermei kitűnőek és kitűnően felszereltek, egyetlen technikai problémával sem találkoztam az előadások során.



Az „I. Juan Carlos” Kiállítási Központ bejárata

A központ maga Madrid egy szépen rendezett északi elővárosának peremén helyezkedik el, nem messze a repülőtértől a repülőtéri metróvonal mentén, így a tömegközlekedési eszközökkel történő elérhetősége minden elvárást kielégít. A közlekedés különben egész Madridban, hála a város jó metróhálózatának, nagyon kényelmes és egyszerű.

A központba szigorúan zárt és a repülőtéri biztonsági rendszerekhez hasonló ellenőrzések után lehet csak bejutni, bent viszont ugyancsak a repülőterekhez hasonlóan, több különböző típusú és igényű étterem szolgálta a konferencián résztvevők kényelmét.

Maga a rendezvény az elmúlt évek során megszokott rendben zajlott. A regisztráció szombaton (június 11.) délután kezdődött — elsősorban a különböző mellékrendezvényeken, mint a szakmai műhelytalálkozókon (workshop) és a szakmai kirándulásokon résztvevőkre való tekintettel.

Hétfőn, 13-án délelőtt a „Business Meeting”-gel indult a tényleges program. Délután a rendezvény hivatalos nyitóülésén Antonio SUÁREZ, a helyi szervező bizottság elnöke, Antonio Fernández SEGURA spanyol energetikai államtitkár, Olivier DUBRULE, az EAGE elnöke és a közös rendezést hangsúlyozandó Giovanni PACCALONI, az SPE elnöke üdvö-

zölte a megjelenteket. Az üdvözléseket követte az olajipar pillanatnyi helyzetével foglalkozó három meghívott előadó előadása. A megnyitó az EAGE 2005. évi kitüntetésein átadásával, az úgynevezett „Award Ceremony”-val zárult. Ennek az utóbbi eseménynek örömteli magyar vonatkozása volt, hogy BODOKY Tamást, az MGE és az EAEG egykori elnökét az EAGE tiszteleti tagjává (Honorary Member) választották. A szervezet 51 éve során, első magyarként, német és holland javaslatra ő lett az EAEG-EAGE 37. tiszteleti tagja. Ez a kitüntetés, persze, úgy gondolom, nem annyira az ő személyének, mint inkább annak a kapcsolatépítő szerepnek szól, amelyet a magyar geofizikusok játszottak a kettéosztott világ utolsó évtizedében és azt követően. Kissé megkészt elismerés ez ÁDÁM Oszkárnak, MOLNÁR Károlynak, MÜLLER Pálnak, VERŐ Lászlónak és még sok kollégánknak.



Az EAGE-PACE Committee elnöksége, balról jobbra: Alain MASCLE, Tadeusz WILCZEK, Helmuth GÄRTNER elnök (régí ismerősünk az egykori VEB Geophysik Leipzig-ből) és HEGEDŰS Endre

A nyitóülést követően megnyitották a kiállítást is a már szintén hagyományosnak tekinthető, a kiállítás területén rendezett „Ice breaker” fogadással.

A szakmai program három teljes napon át, kedden, szerdán és csütörtökön 9 előadóban, 9 párhuzamos szekcióban zajlott. Összesen 375 előadás került be a programba, ehhez jött még 257 poszter előadás, így összesen 632 előadás hangozhatott el vagy kerülhetett bemutatásra. Az előadások szakmai skálája igen széles volt, a témák a szeizmikus feldolgozás speciális problémáitól az olajmezők optimális művelésének tervezéséig, a mérnök-geofizikától a rezervoár-szimulációkig terjedtek.

Magyar előadás kettő és fél volt a műsorban: — egy az ELGI-ből: VÉRTESY L., GULYÁS Á., MADARASI A., KOVÁCS P., SÓRÉS L., KISS J.: *Geophysical Experiences of Prospecting a Radioactive Waste Disposal Site*;

- egy a GGKI-ból: NOVÁK A., VARGA M., SZALAI S., SZARKA L.: *Tensorial Apparent Resistivity Mapping and an Archeological Case Study*;
- és ezekhez jött még NYÁRI Zsuzsa (ELGI) német kollégákkal tartott közös előadása: A. TILLMANN, NYÁRI Zs., A. ENGLERT, J. VANDERBORGH: *Usig CPT for Investigation of Anisotropy and Heterogeneity in an Aquifer at Krauthausen*.



Magyarok az előadások szünetében, balról jobbra BODOKY Tamás, HEGEDŰS Endre, GŰTHY Tibor és SCHOLTZ Péter



A magyar hölgyek éppen nem a tudást szomjazzák: HEGYBÍRÓ és NYÁRI Zsuzsák

Magyar posztert négyet mutattak be kollégáink:

- DRASKOVITS P, MAGYAR B., STICKEL J. (ELGOSCAR-2000 Kft.): *Neotectonic Surveys Using Geoelectric Data of Extended Core Penetration Test*;
- FEJES I., PRÓNAY Zs., SÓRÉS L. (ELGI), STICKEL J. (ELGOSCAR-2000 Kft.): *Core Penetration Test Study in the Evaluation of a Radioactive Waste Disposal Site*;
- DOBRÓKA M., SZABÓ P. N. (ME), KISS B.; KRASZNAVÖLGYI T. (MOL): *Petrophysical Interpretation of Well Log Data Using VFSA-12 Algorithm*;
- GŰTHY T. (ELGI), KONRÁD G., BERTA Zs. (Mecsek-érc): *Joint Interpretation of Near Surface Seismic Reflection, Tomography and Exploratory Trench Data*.

Így a konferencián történő aktív magyar részvétel durván 1%-osnak tekinthető. Úgy gondolom, hogy, ha nem is hiányoztunk teljesen, de semmiképpen sem volt túlréprezentált Madridban a magyar geofizika. (Tükrözte a kutatásra fordított pénzek részarányát és a kutatói munka megbeszültségét illetően uniós utolsó helyünket.)

A szakmai programot egészítették ki a Diákfórum (Students' Forum) előadásai, a speciális témák megvitatá-

sára rendezett műhelytalálkozók (Workshop Package), a rövid tanfolyamok (Short Courses) és a szakmai terepbejárások (Field Trips).



Alfred FRASHIERI tiranai professzor posztere előtt TÖRÖS Endre és a professzor

Mint a jövő letéteményeseire, az egyetemi hallgatókra az EAGE évek óta igen komoly figyelmet fordít. A diákoknak az egyesületen belül külön szervezetük van, az EAGE által anyagilag is kiemelten támogatott Diákfórum. A Diákfórumban szakmailag valóban aktív élet folyik, aminek fontos eseménye az éves nagyrendezvényekhez kapcsolódó, önálló Diákfórum program. Ezt kedd délután bonyolították le és részben a diákok számára tartott előadásokból (pl. az elektronikus tanulás a föld- és a mérnöki tudományok terén témakörből), részben a diákok által tartott előadásokból állt. A fórum programja menetrendszerűen az EAGE évek óta legnépszerűbb eseményével, a diákfogadással zárult.

A szakmai műhelytalálkozók „csomagját”, a „Workshop Package”-et vasárnap és hétfőn rendezték. Összesen 8 ilyen egész napos műhely vitatta meg a következő témákat:

1. *Oil and Gas Reserves Disclosures — Practices to Insure SEC Compliance*;
2. *Seismic Q Observations, Mechanism and Interpretation*;
3. *Carbonate Reservoir Porosity — Myths and Facts*;
4. *Geomodelling Tools*;
5. *Advances and Challenges in Near Surface Seismics*;
6. *Mining Geostatistics from Exploration to Production*;
7. *Applying Systematic Risk Analysis to the Development Environment*;
8. *Gas Saturation Estimates from Seismic Data*.

Azt hiszem, a címek önmagukért beszélnek, jelzik az olajipari érdeklődés pillanatnyi „leading edge”-eit.

Rövid tanfolyam összesen kettő kapcsolódott a rendezvényhez. Az egyiket, az EAGE rövid, úgynevezett DISC (Distinguished Instructor Short Course) tanfolyamát dr. Rodney CALVERT tartotta *Insights and Methods for 4D Reservoir Monitoring and Characterisation* címmel hétfőn. A másikat, az SPE Abdus SATTAER és Ganesh THAKUR által tartott, *Integrated Reservoir Management* című, kétnapos kurzusa volt szerdán és csütörtökön.

Terepi kirándulást szintén kettőt rendeztek a házigazdák. Az egyiket a közép-spanyolországi triász folyami homokkővek tanulmányozására — azért ide, mert ezek az algériai TAGI (Trias Argilo-Gréseux Inférieur) tároló kőzetek kitűnő analógiái; a másikat pedig az észak-spanyolországi Ayoluengo olajmező meglátogatására.

Az egész rendezvény másik, mindenkor fontos és szerves része a műszaki kiállítás. Ez az I. János Károly Kiállítási Központ tíz hatalmas kiállító csarnokából mindössze egyet foglalt el, azt sem teljesen, ami, persze, nem a kiállítás kis méretét, hiszen az több, mint 5600 m² volt, hanem a csarnokok óriás voltát mutatja. Ezen a területen kb. 250 kiállító osztozott. A kiállítók nagy többsége a szolgáltató és ellátó cégek szakmailag tarka sorából került ki, de mellettük jelen volt több jelentős olajtársaság is.



Az MGE poszterei előtt TÖRÖS Endre, NÉMETH Géza, HEGYBÍRÓ Zsuzsanna és SCHOLTZ Péter

A kiállításon kis hazánkat egyedül a Magyar Geofizikusok Egyesülete képviselte. Mint az EAGE társult egyesületének, az MGE-nek Madridban is ingyenes poszter felület állt rendelkezésére önmaga bemutatására. Az egyesületi poszter előtt a ránk vonatkozó kérdésekre elnök asszonyunk, HEGYBÍRÓ Zsuzsanna válaszolt, ő reprezentálta Madridban az egyesületet. Neki jutott — joggal, hiszen ő szervezte — az a megtiszteltetés, hogy az újonnan alakult magyar EAGE szakosztály („Hungarian Chapter”) alapító okiratát Olivier DUBRULE-lal, az EAGE jelenlegi elnökével közösen ünnepélyesen aláírja. Ez az ünnepélyes aláírás is a kiállítási területen, az EAGE saját pavilonjánál történt.



A magyar „Local Chapter” alapításának hivatalos aláírása. Olivier DUBRULE, az EAGE elnöke és HEGYBÍRÓ Zsuzsanna, az MGE elnöke

Az a kijelentés, persze, hogy hazánkat egyedül az MGE képviselte a kiállításon, még nem jelenti azt, hogy magyarok nem voltak ott többen is, csak ők éppen mást (valami

könnyebben képviselhető) képviseltek. Csak egyet említek közülük, NÉMETH Gézát, a magyar digitális szeizmikus műszerek hajdani nagy varázslóját, aki most saját texasi cégének kiállítófülkéjében igyekezett — meggyőződésem szerint — a szeizmika, a szeizmikus műszerek jövőjét reklámozni az általa kifejlesztett új műszer formájában.

Végül, ha Madridról beszélünk, nem szabad elfeledkezni a most „Conference Evening”-nek nevezett nagy, szerda esti fogadásról sem. Le a kalappal a spanyolok előtt, nagyon kitétek magukért! A fogadást Madridtól úgy egy félórányi buszozásra fekvő középkori Soto-Viñuelas kastélyban és a hozzá tartozó parkban rendezték meg. A kastélyt a XII. Században IV. Sancho el Bravo király építette, akiről, szégyen és gyalázat, de nem tudok többet, mint a nyugati turisták rólunk, vagyis semmit. Mindenesetre szép kastélyt épített egy hatalmas vadaskert közepén és szép parkkal vette körül. A vadaskerten hosszú kilométereken át buszoztunk legelő özek és szarvasok között, mígnem eljutottunk a kastély parkjának erődített faláig. Sancho, bár minden bizonnyal nagy király volt, de nyolcszáz évet ő sem láthatott előre, így a kaputorony bejáratán nem férnek át a mai buszok, a falat kellett áttörni, hogy megkerülhessék a toronyt.



IV. Sancho király kastélya, a Soto-Viñuelas kastély

A vendégsereg számára a kastély körül több asztalcsoporthoz állítottak fel és mindegyik csoportnál Spanyolország más-más tartományának konyhája szolgálta fel a saját jellegzetes ételeit. A pincérek is a saját tartományuk viseletét hordták, de a konyhák mellett bemutattak jellegzetes mesterseégeket és táncsoportok adták elő a tartományok saját táncait és saját zenéjét. Mindezt egy spanyolosan forró nap szellősen langyos, késő délutánján, estjén. Aki bírta az iramot, végigpróbálhatta Katalóniától Andalúziáig Ibéria ínyencségeit, beleértve ebbe természetesen a spanyol borokat is. A magam részéről, bár nagyon röstellem, de már Kasztíliaánál elakadtam, a bárány igen jó volt, a borról nem is beszélve, az asztal árnyékban állt, így hát valahogy elszállt a kezdeményezőkétségem. Szó, ami szó, a „Conference Evening” remek volt. Sokáig azt hittem, hogy a budapesti EAEG-gála estjének nem lesz párja, de ez most összemérhető volt vele és azt hiszem, ennél nagyobb dicséretet már nem is mondhatok.

Hát ez volt Madrid 2005-ben.

Bodoky Tamás

(A fényképeket Nyári Zsuzsanna készítette)

Egy egyesület megalapítása viszonylag egyszerű, a tagság is összejön, sőt állandósul. A kezdeti lendület után azonban egyre nehezebb a tagságot aktivizálni, olyan programokat nyújtani részükre, amelyekre „vevők” lesznek, azaz szívesen részt is vesznek rajta.

Ilyen gondokkal néz szembe az MGE éppúgy, mint az EAGE. Amióta többet járunk az EAGE konferenciáira, sőt a vezetőségben is néhányan megbízatást kaptak, még közelebbről látjuk, hogy nincs új a nap alatt, lehet, hogy a léptékek mások, de a gondok nagyon hasonlóak.

Azt tapasztaljuk, hogy az EAGE az utóbbi 10 év során folyamatosan átalakul, és újabb és újabb szervezeti és működési ötletekkel jön elő. Az EAGE méreteiben az egyes országok körülbelül ugyanazt a szerepet töltik be, mint nálunk a területi csoportok. A központi vezetés nemigen tud beleszólni a különböző országok szakmai életébe, ugyanakkor szeretne minél több ember részére szolgáltatni, és minél több embert beszervezni a csapatába. Erre találták ki a helyi EAGE-csoportokat.

Másik gondjuk a szakma — a geofizika szakma — sokoldalúsága, sokrétűsége. A geofizikusok által megoldandó feladatok átnyúlnak más szakterületekre is. Az EAGE elnöksége felismerte, hogy az olajiparban érdekelt kollégákat akkor tudjuk az egyesület keretén belül tartani, ha a témáink közé felvesszük az olajipari kérdéseket, és inkább a többi szakterület számára is érdekes programot nyújtunk. Így jött létre az EAGE-n belül a jelenlegi felállítás, hogy „Near Surface Geoscience Division” (Felszínközeli földtudományi) és „Oil & Gas Geoscience Division” (Kőolaj és földgáz földtudományi divízió) alakult, ez utóbbiba befogadva az össze olajipari témát is.

Magyarországon hasonló a helyzet, az MGE a szénhidrogén szakosztály megalapításával igyekezett a társterületek szakembereinek érdeklődését felkelteni a geofizika iránt. Sajnos, néhány sikeres előadói nap után a kezdeti lelkesedés hamar elmúlt. Azóta az egyesület a többnyire csak névleg létező szakosztályokat megszüntette, kivételként megmaradt az SPWLA Budapest Chapter.

Látva az EAGE törekvéseit és azt, hogy az EAGE magyar tagjai közt számos MOL- és GES-kolléga található, úgy gondoltuk, hogy megkíséreljük ezeket a kollégákat helyi szinten is összeismertetni — már csak azért is, hogy lehetőségünk legyen itthon is találkozni, a közös feladatok megbeszélése érdekében ne kelljen Madridba, Párizsba, de még Bécsbe se kiutazni.

Az EAGE-től megkaptuk a legfontosabb tudnivalókat a követelményekről, köteleességekről és a várható előzőkről.

Követelmények és köteleességek:

- Nem szükséges a csoportot bejegyeztetni, azaz önálló jogi személyiségű helyi egyesületet alapítani.
- A helyi csoportnak elnököt kell választania. Ajánlott, hogy legyen később alelnök és titkár is, valamint felügyelő bizottság, amennyiben a csoport az önálló státuszt is meg akarja szerezni. Az elnök a helyi csoport hivatalos képviselője. A titkár intézi az adminisztratív ügyeket.

- Ajánlott, hogy a helyi csoport részeként működjön egy diák szekció is.
- A diák szekciónak legyen elnöke vagy összekötője.
- A helyi csoport és a diák szekció megválasztott elnökének nevét és címét közzéteszik az EAGE Évkönyvében.
- A helyi csoportnak hivatalos postacímmel kell rendelkeznie, illetve ha önálló jogi személyiségű a csoport, akkor a székhely címét kell megadni.
- A helyi csoport adminisztrálja tevékenységét, tagnyilvántartást vezet, és önállóság esetén könyvelést is vezet.
- A helyi csoport támogatja és hirdeti az EAGE-tagsággal járó előnyöket, és az EAGE tevékenységét is a saját körzetében.
- A helyi csoport körzetében évente legalább két találkozót szervez, vagy közreműködik a szervezésben, hirdeti és támogatja az EAGE tevékenységeit.
- Ajánlott, hogy a helyi csoport saját honlapot készítsen, amely kapcsolódik az EAGE központi honlapjára is.
- Ha önálló jogi személyiségként kíván működni a helyi csoport, akkor el kell készítenie az alapszabályát, a helyi csoportok alapszabályának általános kereteit igény esetén az EAGE rendelkezésre bocsátja, ezt lehet a helyi körülményekhez igazítani.

A helyi csoportoknak az EAGE által biztosított előnyök

- Az EAGE a helyi csoport részére évente legalább egy előadót biztosít egy rövid tanfolyam vagy műhelytalálkozó tartásához.
- Az EAGE a helyi csoportnak lehetőséget ad arra, hogy a First Breakben közzétehesse információit, és hirdethesse a helyi csoport földtudományokkal kapcsolatos tevékenységét.
- Az EAGE a helyi csoport képviselőinek részvételével évente egyszer (valószínűleg az éves konferencia idején) találkozót szervez, annak érdekében, hogy a tapasztalataikat megoszthassák egymással.
- Az EAGE támogatja a helyi csoportot azzal, hogy évente maximum 10 diák tagnak támogatja a tagsági díját, a következő feltételekkel:
 - egy diákot az EAGE maximum két évig támogat
 - a diák még nem tagja az EAGE-nek és nem is volt soha tagja
 - a helyi csoport diák-tagságra vonatkozó támogatási igényét mindig az aktív tagság évének megkezdése előtti évben november 1. előtt a Business Office-hoz kell megküldeni.

Ezek után márciusban megalakítottuk az MGE-ben az EAGE Local Chapter, azaz a magyar EAGE-csoportot. Az EAGE elnöksége jóváhagyta, és Madridban O. DUBRULE úrral, az EGAE elnökével közösen ünnepélyesen aláírtuk az erről szóló megállapodást. A csoport megalapításával azt szeretnénk elérni, hogy az EAGE-nek azon tagjai, akik a geofizikát távolabbról ismerik csak, közelebbről kapcsolatba kerüljenek a mi eredményeinkkel, megismerjék a munkánkat.

A Magyar EAGE-csoport eddig két előadót is szervezett: az egyik vendégünk HELBIG professzor volt Német-

országból — sajnos, az érdeklődés elég lanyha volt. A második rendezvényünk már 29 résztvevőt vonzott, szeptember 15-én a madridi előadásokat adták elő a kollégák. A sikeren felbuzdulva úgy határoztunk, hogy az EEGS, sőt más külföldi konferenciák magyar előadóinak is felajánljuk a lehetőséget az előadás itthoni bemutatására. Egyrészt azért, mert véleményünk szerint a hasznos és érdekes ötleteket, gondolatokat és új eredményeket joguk van a magyar kollégáknak is megismerni, másrészt azért is, hogy a magyar kollégák hozzászólhassanak a témához, és a közvetlen ismeretség talán az őszintébb kritikát is felszínre hozza. A magyar földtani viszonyok ismeretében a magyar kollégák jobban hozzá tudnak szólni az adott témához, hasznosabb észrevételeik, javaslataik lehetnek. Végül, de nem utolsósorban az ilyen alkalmak során lehetőséget teremtünk arra, hogy a magyar szakemberek gyakrabban találkozzanak egymással az év során — hiszen a megritkult vándorgyűlések miatt sokszor csak külföldön van lehetőség a személyes beszélgetésre.

(Zárójelben megjegyezném azonban, hogy még jobb ötletnek tartanánk, ha az előadások sorrendje fordított

lenne, azaz először itthon adnák elő a szerzők az új ötleteiket, és a magyar kollégák észrevételei, jobbító javaslati után vinnék csak a külföldi közönség elé. De ismerve a kollégák időbeosztását, azt, hogy az előadások mindig az utolsó pillanatban készülnek el, ezt az ötletet egyelőre nem látjuk megvalósíthatónak.)

Sajnos, semmi sem tökéletes, így az EAGE tagnyilvántartása sem az. Mint kiderült, a listájukon nem szerepel minden magyar EAGE-tag. Ezért kérem a tisztelt tagtársakat, hogy jelezzék, ha tudomásuk van róla, hogy EAGE-tag nem kapott meghívót az alakuló ülésre, és csatlakoznának szívesen az EAGE magyar csoporthoz.

A helyi csoportok nem szednek külön tagdíjat, minden EAGE-tag tagja lehet automatikusan.

A magyar EAGE-csoport tudományos titkára LÖRINCZ Katalin, titkára KAKAS Kristóf, elnöke jelen írás szerzője. A csoport működésével kapcsolatos minden ötletet, javaslatot szívesen fogadunk és várjuk a magyar EAGE-tagok jelentkezését.

Hegybíró Zsuzsanna

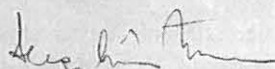
**THIS IS TO CERTIFY THE OFFICIAL
ESTABLISHMENT & AFFILIATION OF THE**

**LOCAL CHAPTER
HUNGARY**

**OF THE
EUROPEAN ASSOCIATION of
GEOSCIENTISTS & ENGINEERS
(EAGE)**

**The Local Chapter shall abide by the Constitution and By-Laws of the EAGE;
the relationship between the Local Chapter and EAGE is stated in the
General Guidelines.**

Madrid, June 2005



**Z. Hegybíró
Local Chapter Hungary**

Madrid, June 2005



**O. Dubrule
President EAGE**

A nagy számok törvényének teljesülése végtelen nagy aszimptotikus szórás esetén¹

STEINER FERENC, HAJAGOS BÉLA²

A dolgozat vizsgálatai megmutatják, hogy az általános értelemben felfogott „nagy számok törvénye” akkor is teljesülhet, ha az aszimptotikus szórás végtelen.

F. STEINER, B. HAJAGOS: The fulfilment of the law of large numbers in case of infinite asymptotic scatter

The law of large numbers in general sense can be fulfilled even if the asymptotic scatter is infinite.

1. Bevezetés

A matematikai statisztika legfőbb gyakorlati értéke a geotudományok területén is az, hogy olyan algoritmusokat szolgáltat a felhasználónak, amikor az eredmények egyre pontosabbak, ha az n mért adatszám egyre nagyobb. Legáltalánosabban ezt értjük „a nagy számok törvénye” alatt, s fontossága nyilvánvaló: a mindig véges pontosságú geofizikai műszerekkel (pl. graviméterrel) kapott mérési adataink csak kellően nagy n adatszám esetén képesek elegendő pontossággal szolgáltatni a hatóra (pl. geológiai szerkezetre) vonatkozó adatokat.

A legegyszerűbb feladatkörben, amikor csak egyetlen jellemző kellő pontosságú meghatározását tűzzük ki célul, szűkebb értelemben a nagy számok törvénye alatt azt értjük, hogy meghatározásunk szórását A/\sqrt{n} szerint számíthatjuk $n \rightarrow \infty$, azaz gyakorlatilag nagy n -ek esetén, ahol A az ún. aszimptotikus szórás, amely az alkalmazott statisztikai algoritmustól és annak az anyaeeloszlásnak a típusától függ, amely megfelel n darab adatunknak. (Triviális ugyan, de megemlíthető, hogy az A aszimptotikus szórás arányos az anyaeeloszlás S skálaparaméterével.) Az eloszlástípusok széles skáláját írja le az ún. „ $f_a(x)$ szupermodell”, amelynek valószínűségfüggvénye standard esetben, azaz $T = 0$ helyparaméter és $S = 1$ skálaparaméter esetén

$$f_a(x) = n(a) \cdot (1+x^2)^{-a/2} \quad (1 < a < \infty), \quad (1)$$

ahol az a típustól függő normálási faktor a Γ -függvény segítségével az

$$n(a) = \Gamma(a/2) \cdot \Gamma^{-1}[(a-1)/2] \cdot \pi^{-1/2} \quad (1a)$$

kifejezésből nyerhető. Megemlíthető, hogy egész a értékek esetén az $f_a(x)$ -ek azonosak az $(a-1)$ szabadságfokú Student-eloszlástípusokkal.

Ismeretes [pl. STEINER 1990], hogy az \bar{x} számtani átlag $A_{\bar{x}}$ -val jelölt aszimptotikus szórása az $f_a(x)$ szupermodell

típusainál $A_{\bar{x}} = 1/\sqrt{a-3}$, így már $a=3$ esetén végtelen az értéke. Az imént idézett könyv azonban azt is bemutatja, hogy általánosan felfogva a nagy számok törvényét, ez utóbbi még a $3 \geq a > 2$ típustartományban is teljesül.

A következő, 2. pontban egy más, több gyakorlati tanulsággal szolgáló esetet vizsgálunk meg közelebbről, ahol szintén végtelen aszimptotikus szórás mellett teljesül a nagy számok törvénye.

2. A σ szórás meghatározásának szintén szórással jellemzett bizonytalanságai

2.1. A Monte Carlo-számítások végrehajtásának módja

Végezzük a σ_j szórás számításait az $n = 100; 250; 1000; 2500; 10000$ és 40000 mintaelem-számokra. Ha az anyaeeloszlás véletlenszámaint x_i -vel, ezek számtani átlagát \bar{x} -sal jelöljük, a jól ismert

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

képlet szerint kapjuk a σ_j szórást. Ha a σ_j ingadozásait is ezek (σ_σ -val jelölt) szórásával akarjuk jellemezni, miután N -szer megisméltük a (2) szerinti σ_j -meghatározást, nyilván a

$$\sigma_\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\sigma_j - \bar{\sigma})^2} \quad (3)$$

képlet szerint kell számolnunk, ahol $\bar{\sigma}$ a σ_j -értékek számtani átlaga. Az N értékét célszerű nagyra, mondjuk $N = 10\,000$ -re választani, mert a σ_σ nagy pontosságú meghatározására törekszünk ebben az elméleti, de gyakorlati célú vizsgálatainkban, amely több látszólagos ellentmondás valódi tartalmát és jelentését kívánja tisztázni. N -et $10\,000$ -nél kisebbre csak a legnagyobb n mintaméreteknél választottuk.

2.2. Az $a = 4$ -gyel jellemzett $f_a(x)$ eloszlástípus esete

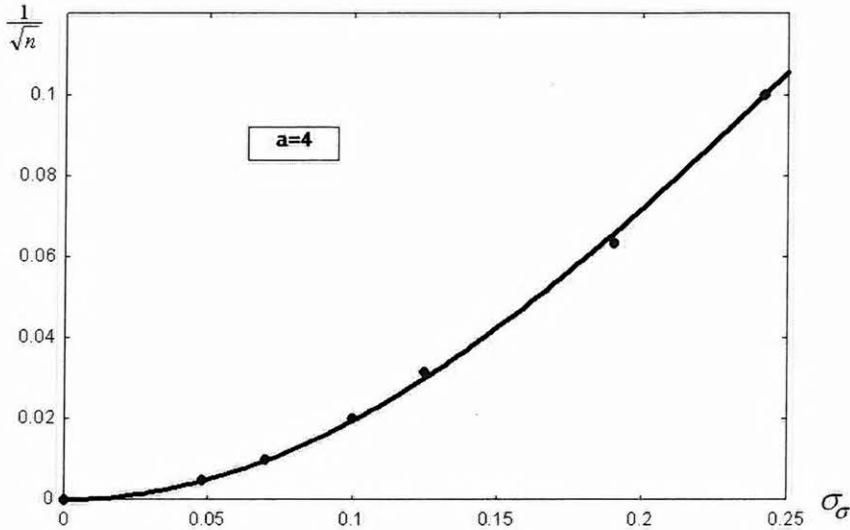
Anyaeeloszlásunk legyen először az $a = 4$ -hez tartozó $f_a(x)$ -eloszlás. Ha a hatféle n -hez kapott σ_σ -k értékeit — a szokásokat követve — $1/\sqrt{n}$ függvényében hordjuk fel, az 1. ábrán látható (nyilván az origóból induló) görbét kapjuk. Célszerűbb azonban most ugyanazon ($\sigma_\sigma, 1/\sqrt{n}$)

¹ Beérkezett: 2005. július 14-én

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

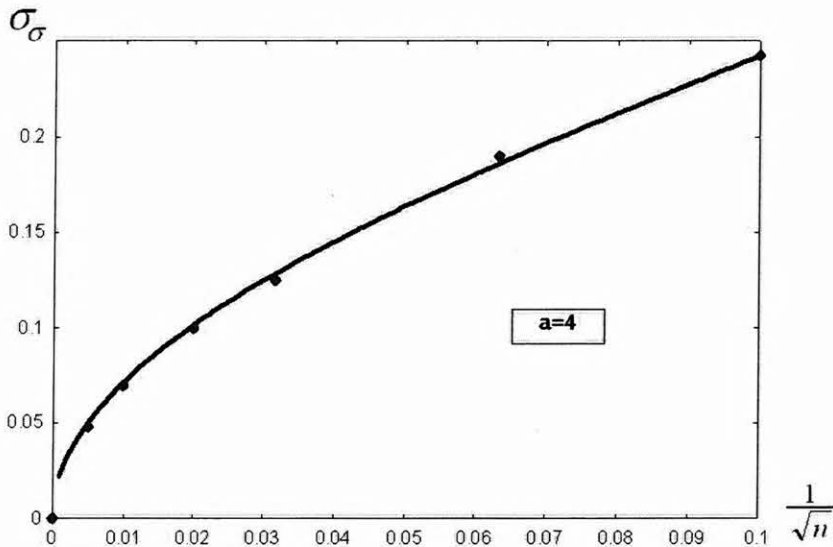
értékpárok pontjait $1/\sqrt{n}$ ordinátájú és σ_σ abszcisszájú koordináta-rendszerben ábrázolni (ld. 2. ábra), mert a legnagyobb n -ek tartományában ekkor eredményeinket analit

$$\sqrt{1/n} = \alpha \cdot \sigma_\sigma^2 + \beta \cdot \sigma_\sigma^4 \quad (4)$$



1. ábra. A szórások σ_σ -val jelölt szórásának függése $1/\sqrt{n}$ -től (n a mintaméret), ha a minta adatainak eloszlását az $a = 4$ -hez tartozó $f_a(x)$ sűrűségfüggvény jellemzi

Fig. 1. The σ_σ scatter of the scatters vs $1/\sqrt{n}$ (n means the number of the data), if the distribution of the data is characterized by $f_a(x)$ in case of $a = 4$



2. ábra. Az $1/\sqrt{n}$ mennyiség görbéje a σ_σ függvényében, $a = 4$ esetén

Fig. 2. The $1/\sqrt{n}$ -curve vs σ_σ in case of $a = 4$

képlettel írhatjuk le. Egyszerű számítással az $\alpha = 2$ és a $\beta = -5$ értékek adódnak, de a legfontosabb arra rámutatni, hogy nem létezik lineáris tag, így az origóbeli derivált zérus, ami nyilván egyértelmű azzal, hogy az 1. ábra görbéjének origóbeli deriváltja végtelen. A szokásos megfogalmazással kifejezve eredményünket tehát arra jutottunk, hogy $a = 4$ esetén a (2) szerinti szórások aszimptotikus

szórása végtelen, ugyanezzel egyidőben azonban az 1. ábra pontsora világosan mutatja, hogy a nagy számok törvénye (általános értelemben felfogva) teljesül: nagyobb n mintaméretrekethez a σ_σ kisebb volta, azaz a σ_j -szórások nagyobb pontossága tartozik. Végül megemlítjük, hogy a és β egész értékei analitikus vizsgálatok végzésére is csábíthatnának bennünket, ha nem volna eleve bizonyos, hogy ezek

Jeffreys-intervallum $f_{st}(x)$ -nél rövidebb szárnyú eloszlás-típusait jellemző értékeknél is valószínűleg kisebb.

Ha a fentieket egyszerű formulába akarjuk sűríteni, akkor — bevezetve a $t=1/(a-1)$ jelölést, — a típuselőfordulások $g(t)$ valószínűsűrűség függvényét így írhatjuk fel:

$$g(t) = 16 \cdot t \cdot e^{-4t} \quad (7)$$

A klasszikus szemlélettel szemben álló $g(0) = 0$ -t (azaz hogy pontosan Gauss-eloszlást nem várhatunk anyaeloszlásként) némileg feloldja az, hogy a Gauss-típushoz közelálló Jeffreys-intervallum valószínűsűrűségei még a $g(t)$ -görbe maximális értékéhez viszonyítva sem mondhatók kicsinynek, — a Cauchy-eloszlást azonban már e maximális értéknek is csak kb. 20%-a jellemzi. (A (7) képlet $g(t)$ -görbéjét [STEINER 1990] a 233. oldalon mutatja be.)

Térjünk vissza a krigelést végrehajtani kívánó barátunkhoz, aki lelkiismeretesen tanulmányozva a geostatistikai szakirodalmat, rábukkan egyrészt DUTTER professzor állítására, amely szerint mérési eredményeinek hibáit a legvalószínűbben a (6) szerinti $f_{st}(x)$, azaz az $a = 5$ -höz tartozó $f_a(x)$ sűrűségfüggvény írja le, de megtalálja az (5) formulát is, amely szerint — első pillanatra — a variogram számításához nem is érdemes hozzáfognia, hiszen $a = 5$ -höz igen közeli, de $a < 5$ -tel jellemzett esetekben már igen nagy pontatlanságtól félhet, hiszen a szórás, így a variancia aszimptotikus szórása is végtelen. A jelen cikk 2. pontját elolvasva azonban megnyugodhat: a nagy számok törvénye a geostatistikus hibaeloszlás környékén, pl. $a = 4$ -nél is „működni” fog (ha nem is olyan hatékonyan, mint véges aszimptotikus szórásoknál), de persze csak a ($\infty > a > 3$) tartományban, hiszen $a = 3$ esetén már a szórás $1/\sqrt{a-3}$ szerint számítandó elvi értéke is végtelen.

3.2. Gépidő problémák geostatistikus elméleti vizsgálatok és a geofizikai praxis számításainál

Rövidség kedvéért nem másoljuk át dolgozatunkba azokat a jól ismert klasszikus statisztikai tételeket, amelyek felületes ismerete többnyire úgy marad meg az olvasóban, hogy ha a mérési hiba igen sok igen kicsiny hatás szuperpozíciójaként jön létre, az Gauss típusú lesz. Hangsúlyosan idézzük viszont CRAMÉR szinte sohasem idézett tételét [CRAMÉR 1945], amely szerint *a hatások szuperpozíciójaként előálló hiba akkor és csakis akkor lesz Gauss típusú, ha minden egyes komponens is már eleve Gauss típusú volt.* Ez a tétel akár annak a tapasztalatnak az elméleti alátámasztásaként is felfogható, hogy anyaeloszlásként miért nem kapunk szinte sohasem Gauss típusú mérési hibákat.

A fentiek (és a 3.1. pontban megbeszéltek) után szinte érthetetlen, hogy geofizikai tárgyú, és egyébként magas színvonalú eredményeket felmutató PhD-értekezésekben mindmáig Gauss típusú hibát alkalmaznak szimulációs vizsgálatoknál (a szerzők itt illendőnek találják a hivatkozások mellőzését). Nyilván a (6) sűrűségfüggvényű geostatistikus hibák szuperpozíciója volna sokkal inkább indokolt. Geostatistikus véletlenszámok az $F_{st}(x)$ eloszlásfüggvény ismeretében a szokásos módon generálhatók: a gép által szolgáltatott, a (0,1) intervallumban egyenletes

eloszlású x_u véletlenszámokat azoknak az értékeknek tekintjük, amilyen valószínűséggel a geostatistikus adatok $-\infty$ -tól x_u -ig előfordulnak. [STEINER 1990] 5.2 ábrája ezt mutatja, csak az ott berajzolt eloszlásfüggvény analitikus alakja most

$$F_{st}(x) = \frac{1}{2} + \frac{x}{2\sqrt{1+x^2}} + \frac{x}{4} (1+x^2)^{-3/2} \quad (8)$$

(ld. a [STEINER 1990] 50. oldalán látható képleteket).

Nyilvánvaló, hogy a geostatistikus véletlenszámok mindegyikének fenti előállítására valamilyen iterációs algoritmus alkalmazását igényli, ami hosszabb számítás, mintha rendelkezésünkre állna (8) inverz függvénye, azaz $F_{st}^{-1}(x_u)$. Az iteráció nem nevezhető hosszadalmasnak s így csak akkor okoz problémát, ha pl. elméleti célú Monte Carlo-vizsgálatainkban olyan extrém nagyszámú geostatistikus véletlenszámra van szükségünk, mint jelen dolgozatunk 2. pontjában. Hasonló lehet a helyzet az inverzió eredményeit pontosabbá tevő, ún. „többlethibamódszer” olyan alkalmazásakor, amikor igen nagyszámú többlethibát szuperponálunk a természetes hibákra (az idézett módszer ismertetésére nézve ld. a [STEINER 2002] dolgozatot). — Mind a többlethiba-módszer esetén, mind nagypontosságú elméleti Monte Carlo-vizsgálatoknál (a 2. pontbeli vizsgálatok sok százmilliós nagyságrendű geostatistikai véletlenszám generálását igényelték,) nagy segítség az a [HAJAGOS 2005] dolgozatbeli eredmény, amely az $F_{st}(x)$ inverzét szolgáltatja.

A jelen dolgozat kidolgozása a T 049852 számú OTKA-kutatás keretében történt.

HIVATKOZÁSOK

- CRAMÉR H. 1945: *Mathematical Methods of Statistics*. Almqvist & Wksells, Uppsala
- DUTTER R. 1986/87: *Mathematische Methoden in der Montan-geologie*. Vorlesungsnotizen. Leoben
- HAJAGOS 2005: Geostatistikus eloszlású véletlenszámok gyors előállítására. *Magyar Geofizika* **46**, 2
- JEFFREYS H. 1961: *Theory of Probability*. Clarendon Press, Oxford
- KERÉKFI P. 1978: Robusztus becslések. *Alkalmazott Matematikai Lapok* **4**
- LANDY I., LANTOS M. 1982: *Praktisches Beispiel zur Cauchy-schen Verteilung*. Publications of the Technical University for Heavy Industry, Series *A Mining* **37**, 1–2. Miskolc
- STEINER F. 1990: *A geostatistika alapjai*. Tankönyvkiadó, Budapest
- 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
- TARANTOLA A. 1987: *Inverse Problem Theory*. Elsevier, Amsterdam

Geostatistikus eloszlású véletlenszámok gyors előállítás¹

HAJAGOS BÉLA²

Egyes elméleti célú Monte Carlo-vizsgálatoknál és bizonyos pontosságnövelő geofizikai gyakorlati algoritmusoknál (pl. többlethiba-módszer) igen nagy mennyiségű geostatistikus eloszlású véletlenszám előállítására van szükség. A dolgozat nemcsak erre az esetre ad meg kis gépidőigényű módszert, hanem a páratlan a típusparaméterű összes $f_a(x)$ eloszlásra is (amelyek azonosak a páros számú szabadsági fokkal jellemzett Student-eloszlásokkal).

B. HAJAGOS: Quick calculation of geostatistically distributed random numbers

In some theoretical Monte Carlo-investigations as well as in some algorithms of the geophysical practice (e.g. using the surplus-error-method) the generation of many geostatistically distributed random numbers is needed. The quick calculation of the latters is given in the present article. In addition, for $f_a(x)$ -distributions characterized by odd a type-parameters (i.e., for Student-distributions characterized by even degrees of freedom) such quick algorithms are also given.

Egyes elméleti célú Monte Carlo-vizsgálatoknál és bizonyos pontosságnövelő geofizikai gyakorlati algoritmusoknál (pl. többlethiba-módszer) igen nagy mennyiségű geostatistikus eloszlású véletlenszám előállítására van szükség. Előbbire HAJAGOS és STEINER [2006] vizsgálatai, utóbbira STEINER [2002] dolgozata szolgálhat példaként. A véletlenszám generálásának szokásos, pl. STEINER [1990] 5.2 ábráján bemutatott módja általában iterációt igényel, ami ilyen esetekben már gépidő-problémákra vezethet. A jelen dolgozat célja az utóbbiak kiküszöbölése, a levezetést és végül az algoritmust azonban a szerző általánosabb érvényű gondolatmenetbe ágyazza.

Az $f_a(x)$ szupermodell eloszlásfüggvényeinek sorozata:

$$F_a(x) = C_a \int_{-\infty}^x \frac{dx}{(1+x^2)^{a/2}} \quad a = 2, 3, \dots \quad (1)$$

Speciálisan $a = 2$ esetben a Cauchy-féle eloszlásfüggvényt, $a = 5$ esetben a geostatistikait és $a = 9$ esetén a Jeffreys-félet kapjuk. (Nyilvánvaló, hogy $f_a(x)$ azonos az $(a - 1)$ szabadságfokú Student-eloszlással.)

Ismeretes, hogy valamely eloszlás véletlenszámainak az eloszlásfüggvénye inverzének segítségével számíthatjuk, ha ebben a $(0, 1)$ egyenletes eloszlás F -fel jelölt véletlenszámainak helyettesítjük. Egyszerű esetben az eloszlásfüggvény inverzét könnyű számítani. Pl.:

$$F_2(x) = \frac{1}{\pi} \arctg x + \frac{1}{2} \Rightarrow x = \operatorname{tg} \pi \left(F - \frac{1}{2} \right)$$

$$F_3(x) = \frac{1}{2} \left(\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} + 1 \right) \Rightarrow x = \frac{2F-1}{2\sqrt{F(1-F)}}$$

A páratlan fokú Student-féle eloszlás véletlenszámainak viszonylag egyszerűen számíthatjuk az

$$y = \sin \arctg x = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

változó bevezetésével. Ugyanis ekkor

$$\frac{1}{1+x^2} = 1-y^2, \text{ ill.}$$

$$\frac{dx}{1+x^2} = \frac{dy}{\sqrt{1-y^2}}, \text{ és (1) helyett az}$$

$$F_a^*(y) = C_a \int_{-1}^y (1-y^2)^{\frac{a-3}{2}} dy \quad (2)$$

formula adódik és ha $a = 2k + 1$ páratlan egész szám, akkor

$$\begin{aligned} F_{2k+1}^*(y) &= C_{2k+1} \int_{-1}^y (1-y^2)^{k-1} dy = \\ &= C_{2k+1} \sum_{i=0}^{k-1} (-1)^i \binom{k-1}{i} \frac{y^{2i+1}}{2i+1} + \frac{1}{2} \end{aligned} \quad (3)$$

$2k - 1$ -ed fokú polinom.

Tehát az F valószínűség megadása után az

$$F - \frac{1}{2} = F_{2k+1}^*(y)$$

algebrai egyenletet kell megoldani és mivel

$$-1 \leq y = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \leq 1,$$

ezért iterációs megoldáskor kezdőértéknek

$y_0 = \frac{2F-1}{\sqrt{1-y^2}}$ -t célszerű választani. Az y megoldásból az

inverz érték

$x = \frac{y}{\sqrt{1-y^2}}$. Számítástechnikai szempontból hasznos egy

függvénysorozat rekurzív előállítása. Az alábbi azonosság

¹ Beérkezett: 2005. július 14-én

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

a baloldalon lévő integrál parciális integrálásával és megfelelő átalakítással adódik:

$$\int_{-1}^y (1-y^2)^m dy = \frac{2m}{2m+1} \int_{-1}^y (1-y^2)^{m-1} dy + \frac{y(1-y^2)^m}{2m+1}. \quad (4)$$

A (2) képletben szereplő integrált kapjuk, ha $m = \frac{a-3}{2}$. A normálótényező rekurzív képletét $y=1$ helyettesítéssel nyerjük:

$$\frac{1}{C_a} = \frac{a-3}{a-2} \frac{1}{C_{a-2}}. \text{ Ebből}$$

$$C_{a+2} = \frac{a}{a-1} C_a, \quad C_2 = \frac{1}{\pi}, \quad \text{ill. } C_3 = \frac{1}{2}.$$

A (4) rekurzív formulából kapjuk az

$$F_{a+2}^*(y) = F_a^*(y) + \frac{C_a}{a-1} y(1-y^2)^{\frac{n-1}{2}} \quad a = 2, 3, \dots, \quad (5)$$

illetve $y = \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$ helyettesítéssel az

$$F_{a+2}(x) = F_a(x) + \frac{C_a}{a-1} \frac{x}{(\sqrt{1+x^2})^a} \quad n = 2, 3, \dots, \quad (6)$$

rekurziós képleteket.

A geostatisztikus eloszlásfüggvény (6) alapján:

$$F_5(x) = F_3(x) + \frac{1}{4} \frac{x}{(\sqrt{1+x^2})^3} = \frac{1}{2} \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} + \frac{1}{4} \frac{x}{(\sqrt{1+x^2})^3} + \frac{1}{2},$$

átrendezve:

$$F_5(x) = \frac{3}{4} \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} - \frac{1}{4} \frac{x^3}{(\sqrt{1+x^2})^3} + \frac{1}{2}.$$

A geostatisztikus véletlenszámok számításához (5)-ből

$$F_5^*(y) = \frac{3}{4} y - \frac{1}{4} y^3 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2} \frac{y}{2} - 2 \left(\frac{y}{2} \right)^3 + \frac{1}{2}. \quad (7)$$

Legyen $y = 2u$; rendezve (7)-ből

$$1 - 2F_5^* = 4u^3 - 3u. \quad (8)$$

Felhasználva, hogy $0 \leq F \leq 1$:

$$F_5^* = F = \cos^2 \frac{\varphi}{2} \Rightarrow \varphi = 2 \arccos \sqrt{F},$$

és így a (8) egyenlet

$$1 - 2F = -\cos \varphi = \cos(\varphi + \pi) = 4u^3 - 3u \quad (9)$$

alakú lesz. Az ismert $\cos 3\alpha = 4\cos^3 \alpha - 3\cos \alpha$ alapján (9)-ből

$$u = \cos \left(\frac{\varphi + \pi}{3} \right).$$

Tehát geostatisztikai véletlenszám az alábbi képletek egymásutánjából kapható, ha F a (0,1) egyenletes eloszlású véletlenszám:

$$\varphi = 2 \arccos \sqrt{F}, \quad y = 2 \cos \left(\frac{\varphi + \pi}{3} \right), \quad x = \frac{y}{\sqrt{1-y^2}}.$$

Egyébként a fentiekből a geostatisztikus eloszlásfüggvény inverze:

$$F_5^{-1}(v) = \frac{2 \cos \left(\frac{(\pi + 2 \arccos \sqrt{v})}{3} \right)}{\sqrt{1 - 4 \cos^2 \left(\frac{(\pi + 2 \arccos \sqrt{v})}{3} \right)}}.$$

A Jeffreys-véletlenszám előállításához az eloszlásfüggvényt legegyszerűbben a (3) polinomból nyerjük:

$$F = F_9^*(y) = \frac{35}{32} \left(y - 3 \frac{y^3}{3} + 3 \frac{y^5}{5} - \frac{y^7}{7} \right) + \frac{1}{2}.$$

Rendezve az $y^7 - 1,4y^5 + 7y^3 - 7y + 3,2(2F-1) = 0$ algebrai egyenlet megoldásához a kezdőérték

$y_0 = \frac{3,2(2F-1)}{7}$, és az y megoldásból a véletlenszám:

$$x = \frac{y}{\sqrt{1-y^2}}.$$

Megjegyzendő, hogy a jelenleg rendelkezésemre álló technika mellett a véletlenszámok előállításának sebessége:

Egyenletes	155 000 db/s
Cauchy	34 000 db/s
Geostatisztikus	7 000 db/s
Jeffreys	1 300 db/s

HIVATKOZÁSOK

- STEINER F. 1990: A geostatisztika alapjai. Tankönyvkiadó, 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., HAJAGOS B. 2005: A nagy számok törvényének teljessülése végtelen nagy aszimptotikus szórás esetén. Magyar Geofizika **47**, 2

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet geodéziai vonatkozású gravitációs kutatásai napjainkig

Bevezetés

A geodézia és a geofizika közös kutatási területéhez azok a munkák tartoznak, amelyek célja a Föld valós alakjának minél pontosabb meghatározása. A geodézia ezen feladat megoldásához *geometriai alapú* mérések eredményeit (távolság-, szög- és csillagászati mérések) használja. A geofizika a Föld belső szerkezetének, tömegelrendeződésének kutatásánál *fizikai jellegű* módszereket alkalmaz. A nehézségi erőter, annak szerkezete szoros kapcsolatban áll a Föld alakjával, ezért a tudomány nem nélkülözheti a nehézségi erőterrel kapcsolatos vizsgálatok, mérések eredményeit. A geofizika mérési módszerei közül a *gravitációs* mérések alkalmasak arra, hogy a Föld belső tömegelrendeződését, annak hosszú idejű változásait kimutassák. Gravitációs módszerrel meghatározhatók a nehézségi erőter gradiensei, a nehézségi gyorsulás abszolút és relatív értéke. Amikor a gravitációs mérésekről általánosságban beszélünk, akkor ingaberendezésekkel, gradiométerekkel és graviméterekkel végzett mérésekre gondolunk. A történeti fejlődés során először a különböző ingaberendezésekkel (relatív és abszolút ingák) végzett mérések terjedtek el. A XX. század 30-as éveinek végétől ezeket a berendezéseket fokozatosan a graviméterek váltották fel, amelyekkel *közvetlenül* határozhatók meg a nehézségi gyorsulás, vagy két pont között a nehézségi gyorsulás különbségének értékei. Ezért ma a gyakorlati munkák során általában *gravimetriai* méréseket alkalmaznak, amihez abszolút és relatív gravimétereket használnak. Az elmúlt húsz évben rohamosan fejlődik az űrgeodézia, amely a Föld alakjának tanulmányozásához légi gravimetriai és légi gradiometriai méréseket végez az e feladathoz kifejlesztett berendezésekkel.

Hazánkban a gravitációs kutatások nem csupán azok célját, de jellegét tekintve is több irányban haladtak. A cél egyrészt a Föld alakjának és belső szerkezetének tanulmányozása volt, másrészt a nyersanyagkutatás. Jellegét tekintve pedig alap- és alkalmazott kutatásokról beszélünk. Ezek intézményileg is elkülönültek egymástól. Jelen dolgozatban nincs mód arra, hogy mindazon kutatásokat felsoroljuk, amelyeket a témában a különböző intézményekben végeztek, ezekre itt csak utalásszerűen hivatkozunk. Célunk az ELGI napjainkig végzett geodéziai gravimetriai munkáinak összefoglaló ismertetése.

A földtani célú alkalmazott kutatást két intézmény végezte. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) munkájának eredményeképpen — több mint száz ezer mérési pont adatai alapján — előállították az országos áttekintő Bouguer- és Faye-rendellenességi térképeket. Az alapvetően olajtároló szerkezetek feltárásához szükséges méréseket 1949-ig a MANÁT és a MAORT olajipari cégek végezték, majd 14 évi szünet után az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (OKGT) megfelelő intézménye, ahol 1963-ban alakult meg a gravitációs osztály. Ott kezdetben Eötvös-ingás, majd 1969-től graviméteres mérések folytak, illetve — többszöri szervezeti átalakulás mellett — folynak

ma is [GOMBÁR et al. 2002]. A gyakorlati mérések eredményeit földalak-vizsgálatok céljaira elsősorban a FÖMI-ben és a Budapesti Műszaki Egyetem Felsőgeodéziai Tanszékén hasznosították. A gyakorlati alkalmazások szempontjából igen fontos kutatások közül a Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalat (BGTV) és a FÖMI KGO munkásságát (országos geoidtérképek és geoidmodellek előállítás) kell kiemelni [GAZSÓ 1986; CSAPÓ, GAZSÓ 1993]. Hasonló kutatások folynak a soproni Geofizikai és Geodéziai Kutató Intézetben (GGKI) is. A KGO és a Magyar Honvédség Térképészeti Intézete tevékenységének jelentős állomása az 1991-ben létesített országos GPS alaphálózat (OGPSH) is, amely elősegítette a gyakorlat számára számos területen megfelelő megbízhatóságú, gazdaságos helymeghatározások gyors elterjedését és a mérések egységes keretbe foglalását.

Rövid történeti áttekintés

A földalak meghatározását korábban kizárólag *geometriai alapú mérések* eredményeire támaszkodva végezték. A mérések (távolság-, szög- és csillagászati mérések) megbízhatóságának növekedésével a Föld alakjával kapcsolatos korábbi elképzelések folyamatosan változtak, finomodtak. Ezt nagymértékben elősegítette, hogy a Föld alakjának meghatározásában nagy szerepet játszó *fizikai alapú* gravitációs kutatások a múlt század közepe óta egyre inkább elterjedtek. A Föld alakját — matematikailag is kezelhető formában — először gömbbel, majd forgási ellipszoidokkal közelítették, végül LISTING nyomán mindmáig a geoidot mint a nehézségi erőter nívófelületét használják. STOKES kutatásai közül igen jelentős volt a gravitációs anomáliák és a geoid undulációi közötti összefüggések felismerése (geoid unduláció a geoid és a forgási ellipszoid közötti távolság, amely pontról pontra változik, vagyis a hely függvénye), ami lehetőséget biztosít a geoid pontonkénti meghatározására. Minél több földi ponton ismerjük a nehézségi rendellenességek (anomália) értékét, annál részletesebben írhatjuk le a geoidot. Az első részletes geoidtérképet EÖTVÖS készítette 1906–1907-es, Arad környéki mérései alapján, majd 1914-ben GALLE készített hasonlót a Harz-hegység környékéről. Európa jelentős részére kiterjedő területekre 1948–52 között készült geoidtérkép [WOLF 1949], hazai vonatkozásban pedig az első, az egész ország területére kiterjedő geoidtérkép 1969-ben készült a Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalatnál (BGTV). A gyorsan szaporodó nehézséggyorsulás-meghatározások és a csillagászati mérések nagy száma egyre újabb és pontosabb geoidtérképek előállítását eredményezte. Napjainkban a geoid további pontosítására irányuló törekvéseknek különös fontosságot ad az űrgeodézia rohamos fejlődése és az is, hogy a mérnöki munkák gyakorlatában egy új, gazdaságos 3-D-s helymeghatározási eljárás, a GPS technika terjedt el.

A magyarországi gravitációs kutatások

A Föld alakjával kapcsolatos — fizikai geodéziai — kutatások hazánkban a XIX. sz. közepén kezdődtek, jóllehet CLAIRAUT már száz évvel korábban összefüggést talált a Föld méreteit és alakját jellemző adatok, a nehézségi gyorsulás és néhány állandó között. A kutatásnak nagy lökést adtak STERNECK 1884-ben kezdődött hazai ingamérései [SZILÁRD 1980], még inkább azonban EÖTVÖS munkálatai, a róla elnevezett inga gyakorlati alkalmazása és elterjedése a XX. század első harmadában [SZABÓ 1999]. EÖTVÖS ingamérései kezdetben alapvetően geodéziai célokot szolgáltattak, többek között a gravitációs hálózat sűrítését és a szintfelületek néhány adatának meghatározását. Első terepi méréseivel egy időben olyan számítási eljárást dolgozott ki, amelynek segítségével torziósinga-mérések adataiból meghatározható két közeli pont között a függővonal-elhajlás változása. Ha egy torziós ingával felmért terület néhány pontján asztrogeodéziai módszerekkel meghatározzák a függővonal-elhajlás értékét, akkor az ingamérések adataiból minden egyes mérési pontra levezethető a függővonal-elhajlás értéke. Ily módon lehetőség nyílt arra, hogy torziósinga-mérések segítségével részleteiben tanulmányozhassuk a geoid alakját. Eötvös-ingával végzett kísérletei mellett az ötvenes években a függővonal-elhajlással RENNER János is foglalkozott. Azt vizsgálta, hogy milyen hatással vannak a környezeti tömegek a mért függővonal-elhajlási értékekre [RENNER 1952; 1957].

EÖTVÖS kérésére OLTAY Károly az ingamérések eredményeinek egységes rendszerben történő kezelhetőségéhez országos gravitációs alapszintet határozott meg azzal, hogy 1908–1915 között egy STERNECK-féle invariábilis relatív ingával több alkalommal is levezette a Potsdami Geodéziai Intézetben meghatározott nehézségi gyorsulás értékét a Budapesti Műszaki Egyetemen kialakított gravitációs főalappontra, amely értéket később a hazai gravitációs mérések kiinduló értékének tekintettek. A történeti hűség kedvéért meg kell jegyezni, hogy GRUBER Lajos abszolút módszerrel — egy Repsold-féle reverziós ingával — már jóval korábban, 1885-ben végzett nehézséggyorsulás-meghatározást Budapesten [GRUBER 1886]. Ezzel a berendezéssel számos európai ország gravitációs alappontját határozták meg.

A két világháború között gyors fejlődésnek indult a geofizika és egyre nagyobb jelentőséget kapott a nyersanyagkutatás. Ezért EÖTVÖS is kénytelen volt mérései egyre nagyobb részét az olajkutatás szolgálatába állítani, már csak azért is, mert ehhez a munkához tudott állami támogatást szerezni. Az Eötvös-ingának a nyersanyagkutatásban óriási jelentősége volt [SZABÓ 2004], ennek köszönhetően az inga fejlesztése és gyártása hazánkban egészen a 60-as évek közepéig tartott és számos példányát exportáltak. A műszerek fejlesztésében, a hozzájuk szükséges torziós szálak „preparálásában” és az elkészült darabok kalibrálásában kiemelkedő fontosságú volt PEKÁR Dezső, RYBÁR István és BANAI Gyula munkája, de az Eötvös-inga laboratóriumban végzett munkájuk során rendkívül értékes tapasztalatokat szereztek MOZSOLITS Tibor és SZABÓ Zoltán geofizikusok is.

Az Eötvös-ingának számos előnye mellett két számotérvő „hátránya” is akadt. Az egyik, hogy a mérés egy ponton meglehetősen sok időt vett igénybe, a másik pedig,

hogy a mérési eredmények nem szolgáltatták közvetlenül a nehézségi gyorsulás értékét, vagy két pont között ezen értékek különbségét. Ezenkívül a gyorsulási értékek gradiens adatokból történő számítása olyan feltételezéseket tartalmaz, amelyek gyakran csak közelítéssel, vagy egyáltalán nem teljesíthetők. A gyakorlatban ezért a harmincas évek végétől a nehézséggyorsulás-mérésekhez kifejlesztett statikus mérőeszközt, a gravimétert kezdték előszeretettel alkalmazni, amely eszközök azután a 60-as évek végére fokozatosan kiszorították az Eötvös-ingát az iparszerűen végzett hazai nyersanyag-kutatási munkákból. Tudománytörténeti szempontból érdemes megemlíteni, hogy EÖTVÖS már 1901-ben (!) a világon elsőként szerkesztett gravimétert (bifiláris graviméter), azonban a kísérleti mérések elvégzése után az eszközt nem találta fejlesztésre alkalmasnak és tovább ezzel a kérdéssel nem foglalkozott. A bifiláris graviméter egyetlen példányát ma az ELGI-ben őrzik.

Az ELGI geodéziai gravimetriai tevékenysége

Az ELGI gravimetriai témái közül geodéziai szempontból a következő munkáknak van jelentőségük:

- országos gravimetriai alaphálózat,
- a nehézségi erőter időbeli változásainak tanulmányozása,
- a felszíni mérési pontok számának növelése a geoid magyarországi felületdarabjának pontosítása céljából,
- Eötvös-inga-mérések adatainak felhasználása a rendelkezési térképek felbontásának növelésére,
- módszertani és műszerfejlesztési kutatások, nemzetközi együttműködésben végzett gravimetriai mérések.

A gravimetriai mérések keretét egy országon belül az országos gravimetriai alaphálózatok biztosítják. Az alaphálózatokkal kapcsolatos tevékenység meglehetősen szerteágazó. Ezek közül legfontosabbak: a meglévő hálózat folyamatos karbantartása, a mérésekhez alkalmazott műszerek részletes egyedi vizsgálata és rendszeres kalibrálása, a mérési eredményeket befolyásoló tényezők hatásvizsgálata. Egy korábban létrehozott hálózat korszerűsítése egyrészt az egyes hálózati pontok g értékének nagyobb megbízhatóságú meghatározására irányul (korszerűbb műszerek és a módszertani kutatások eredményeire alapozott hatékonyabb mérési technológia alkalmazásával), másrészt olyan pontok beillesztésére a hálózatba, amelyek rendszeres újramérésekkel módot adnak a nehézségi erőter lokális, vagy regionális időbeli változásainak tanulmányozására. A tevékenységhez tartozik a hálózati pontok védelmének lehetőség szerinti biztosítása, az adatok megfelelő archiválása és széleskörű hozzáféréseinek biztosítása is.

A szomszédos országok alaphálózatainak összekapcsolásával mód nyílik akár kontinentális méretű egységes gravitációs térképek szerkesztésére, illetve tudományos vizsgálatokra. A minél nagyobb megbízhatóságú és minél nagyobb területre kiterjedő gravimetriai hálózatokat metrológiai szempontok is indokolják, nevezetesen az, hogy valamiféle *egységes etalon* álljon rendelkezésre mindazon feladatok megoldásához, amelyekhez a nehézségi gyorsulás ismerete szükséges, illetve a mérésekhez alkalmazott különböző műszerek kalibrálásához. Ezek a szempontok indokolták elsősorban a Nemzetközi Geodéziai Szövetség (IAG) által ösztönzött különböző gravimetriai

rendszerek bevezetését (Bécsi Gravitációs Rendszer — 1900, Potsdami Gravitációs Rendszer — 1909).

A magyarországi országos gravitációs alaphálózat létrehozása lényegében OLTAY munkásságával kezdődött, akinek nevéhez nem csupán a budapesti országos főállapot létrehozása kapcsolódik, de az alaphálózat dunántúli részének lemérése is. 1933-ig összesen 110 állomáson határozta meg relatív-berendezésekkel a nehézségi gyorsulás értékét. Ezen pontok nehézségi értékének átlagos megbízhatósága mintegy $\pm 1,5$ mGal volt [OLTAY 1933]. A kőolajkutatás érdekében egyre több torziósinga-mérést végeztek a Dunántúlon. Először csak utak mentén (nagyobb szerkezetek feltérképezése céljából), majd a nagyobb „anomáliás” területeken hálózatosan is. Ezen mérések egységesítése céljából 1939–41 között FACSINAY László 141 pontból álló hálózatot telepített, amely hálózat mérését egy *Tanakadate* típusú asztatizált graviméterrel végezte [FACSINAY 1942]. A hálózat kiegyenlítés utáni középhibájára $\pm 0,15$ mGal-t kapott, ami egy teljes nagyságrenddel jobb az ingamérésekkel elért megbízhatóságnál. Ettől az időtől kezdve az alaphálózati munkákhoz már zömében gravimétereket alkalmaztak, mert ezek néhány száz mGal nehézségi gyorsulás különbségű (Δg) mérési tartományban lényegesen nagyobb pontosságot biztosítanak, mint a relatív ingák.

Mind az európai, mind a hazai gravimetria fejlődésének motorja az IUGG (Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Szövetség) 1948-ban Oslóban tartott konferenciája volt. Ezen a tanácskozáson fogadták el azt az ajánlást, amely szerint célszerű és szükséges lenne az európai országok gravimetriai alaphálózatának létrehozása. Ezt a javaslatot a Magyar Tudományos Akadémia is támogatta. A tudományos igények és a gyakorlat szükségessége egybeesvén, 1950–55 között az ELGI létrehozta hazánk első önálló — az egész ország területére kiterjedő — gravimetriai alaphálózatát. A mérések megkezdése előtt KOMÁROMY István számos módszertani kísérletet végzett a graviméterekkel, amelyek célja a műszerekkel elérhető mérési pontosság növelése (mágneses azimutthatás vizsgálata, műszerszorzők négyzetes tagjának meghatározása). Ugyancsak vizsgálták a légnyomásváltozásoknak és a földi árapálynak a graviméter műszerleolvasási értékeire gyakorolt hatását [LASSOVSKY, OSZLACZKY 1952], hogy a leghatékonyabb javításokat alkalmazzák a mérési eredmények feldolgozásánál. A hálózat 16 db I. rendű és 493 db II. rendű pontból állt, amely hálózat mérését egy *Heiland GSC-3* gyártmányú (40. számú) graviméterrel KOMÁROMY, REMÉNYI György és SZABÓ Gábor végezte [KOMÁROMY 1952]. A hálózati ponthelyek kiválasztásának elsődleges szempontja a gyors megközelíthetőség volt, ezért azokat közlekedési utak közvetlen közelébe telepítették (évekkel később derült csak ki, hogy ez a megoldás pontvédelem szempontjából nem volt szerencsés). Későbbi hálózatokkal történő összehasonlíthatóság lehetőségének biztosítására 16 db különlegesen kiképzett pontot is telepítettek (ún. „akadémiai pontok”). E pontok magasságát BENDEFY László határozta meg azoknak az országos szintezési hálózatba történt bekötésével. A többi bázispont magasságát az ELGI munkatársai határozták meg. A hálózati mérések kiegyenlítési munkáiban POLLHAMMER Manoné és TRENKA Sándorné vett részt. A hálózat kiegyenlítés utáni középhibája $\pm 0,029$ mGal volt [FACSINAY, SZILÁRD 1956]. Ez a hálózat akkor Európa élvonalába tartozott. Erre a hálózatra támaszkodva kezdő-

dött meg az országos ún. „áttekintő” graviméteres felmérés, amelynek eredményeképpen a felmérés befejezésének idejére (1979) mintegy 120 000 mérési ponton határozták meg a nehézségi gyorsulási értékeket a potsdami gravitációs rendszerben.

Az alaphálózattal kapcsolatos munkák felvázolásánál említettük, hogy ezek részben magukat a méréseket, részben a mérésekhez alkalmazott graviméterek vizsgálatát, részben pedig a mérési módszerek és észlelési technikák fejlesztését foglalják magukban. Természetesen ezek a vizsgálatok nem csupán geodéziai szempontból fontosak, a kutatások eredményeit a földtani kutatás és a geodinamika is hasznosítja. A geodinamikában különösen jelentős volt az árapályhatások vizsgálata, amely kérdéssel az ELGI-ben már az ötvenes évek elején foglalkoztak. Kezdetben csak hosszabb-rövidebb ideig tartó árapály-regisztrálásokat végeztek, a hatvanas évek közepétől azonban már rendszeresen folyt az a tihanyi Földmágneses Observatóriumban VARGA Péter témavezetésével.

Mielőtt folytatnánk e munkák többé-kevésbé kronologikus ismertetését, egy kis kitérőt kell tennünk annak érdekében, hogy a további munkák hátterét is megvilágítsuk a témában kevésbé járatos érdeklődőknek.

Közismert, hogy a II. világháború után a világ mind politikailag, mind gazdaságilag „kettészakadt”. Ez a szétválás — sajnos — a tudományos kutatásban és a gyakorlati együttműködési munkákban is éreztette hatását. A hatvanas évek közepéig a közép- és kelet-európai országok szakemberei egymástól is elszigetelten végezték a gravitációs munkákat, amelyek érdemi részét még publikálni sem lehetett, mert a mérési adatokat 1963-ban „szigorúan titkos” minősítették. E tekintetben a volt szocialista országok geodéziai szolgálatának (SZOGSZ) 1966. évi lipcei konferenciája jelentős változást hozott. Ott ugyanis határozat született egy — az ezen országok területét lefedő — közös gravimetriai alaphálózat létrehozásáról, e munka sikere érdekében pedig a közös gravimetriai munkákkal foglalkozó nemzetközi kutatócsoport létrehozásáról. Ettől az időtől kezdve az országos gravimetriai alaphálózattal kapcsolatos munkáink szorosan összekapcsolódtak a nemzetközi együttműködésben végzett geodéziai és gravimetriai kutatásokkal. A SZOGSZ minden évben munkaértekezleten határozta meg a soron következő feladatokat, amelyeket a részt vevő országok kormányainak jóváhagyása után az állami költségvetés finanszírozott. Ezt az együttműködést — politikai indíttatása mellett — az is indokolta, hogy az egyes országok csak 1-2 olyan graviméterrel rendelkeztek, amelyek a folyamatosan és együttesen végzett műszervizsgálatok eredményei alapján alkalmasak voltak az akkor korszerűnek tekintett 0,02–0,05 mGal megbízhatóságú mérésekhez. Ilyenek voltak a *Sharpe* és *Worden* gyártmányú kvarcrugós és a fémrugós *Askania GS-12* műszerek (az USA nem volt hajlandó ezeknek az országoknak az általa gyártott, korszerűbb *LCR* gravimétereket eladni; ezt a korszakot „embargós” éveknek hívták).

Az első jelentős közös munka az 1968-ban létesített „Nemzetközi Gravimetriai Hitelesítő Poligon” (MEGP) volt. Ennek kivitelezése előtt 1967-ben a moszkvai Földfizikai Intézetben a részt vevő országok egy-egy gravimetriai szakértője elsajátította a graviméterek laboratóriumi, döntéssel végzett kalibrálásának a Szovjetunióban kifejlesztett berendezéssel történő módszerét [KOZYAKOVA et

al. 1969]. A hálózat mérésére létrehozott expedíció vezetője J. D. BOULANGER, a szovjet Tudományos Akadémia tagja volt. A méréseket — erre a célra megfelelően átalakított AN-24 típusú repülőgéppel történő szállítással — szovjet gyártmányú GAG-2, német *Askania GS-12*, valamint *Sharpe CG-2* és *Worden* graviméterekkel végezték. Az egyes részt vevő országok mindegyikének területén egy-két pont szerepelt a hálózatban. Hazai vonatkozásban a Ferihegyi repülőtér és a Nemzeti Múzeum szerepelt a pontkatalógusban. A budapesti ingamérési pontot a Nemzeti Múzeum pincéjében állandósították, majd 1973-ban — a mátyáshegyi geodinamikai állomás létesítése után — oda helyezték át. Az ott épített észlelőpilléren végezték később az abszolút graviméteres méréseket is. Miután az alkalmazott relatív graviméterek méretaránya meglehetősen eltért mind egymástól, mind a ms^{-2} egységtől, a hálózat egységes méretarányát szovjet, német és lengyel relativíngaberendezésekkel biztosították. (Az ingacsoporttal 1–2 Gal nehézségi gyorsulási tartományban 0,05–0,1 mGal megbízhatóságot lehetett elérni). A graviméteres mérési pontokat mindenhol repülőtereken állandósították és az arra alkalmas helyre telepített ingapontokkal gépkocsival végzett műszerszállítással hozták létre a kapcsolatot. Magyarország részéről a mérésekben BAGI Róbert vett részt az ELGI *Sharpe 181-G* jelű műszerével. A mérési eredmények feldolgozását és a potsdami rendszerben történő kiegyenlítését 1969-ben Moszkvában végezte egy munkacsoport, amelynek magyar tagja CSAPÓ Géza volt.

1969–70-ben „Nemzeti Graviméter Kalibráló Alapvonalakat” létesítettek az egyes országokban, amelyek egységes méretarányát az MEGP biztosította. Magyarországon a kalibráló alapvonalat a Szegei–Budapest–Balassagyarmat közötti útvonalon építettük ki átlagosan 30 km távolságban lévő, fennmaradás szempontjából biztonságosnak vélt helyeken állandósított 7 ponttal. A méréseket zömében az MEGP munkáinál is alkalmazott gravimétercsoportokkal, gépkocsival végzett műszerszállítással végezték. A hazai alapvonal pontjainak relatív megbízhatósága 0,02 mGal volt, a kalibrálás mérési tartománya pedig 150 mGal. Ez az alapvonal 1983-ig szolgálta a hazai graviméterek méretarányának ellenőrzését. A terepi kalibrálást évente kétszer végezték az intézet Gravitációs Osztályának munkatársai (BÍRÓ Gábor, CSAPÓ, KISS Lajos, REMÉNYI, SÁRHIDAI Attila, SCHRAMEK Sándor). Ezt megelőzően FACSINAY — az előzőekben ismertetett munkáihoz — szintén létesített kalibráló vonalat a műszerszorzó ellenőrzésére. Ez egy három pontból álló, 39 mGal mérési tartományú vonal volt a Hármashatár-hegyen. Az MGH-50 méréseihez pedig KOMÁROMY telepített hasonlót a Petneházi-rét és a Jánoshegyi kilátótorony között 54 mGal mérési intervallumra. 1993-ban a MOL megbízásából CSAPÓ létesített 64 mGal tartományú vertikális bázist a Budaörsi Repülőtér és a Hármashatár-hegy között, amelyet 2004-ig folyamatosan fejlesztett. Mindhárom esetben a pontok magasságkülönbségét „használták ki” annak érdekében, hogy rövid vonalon viszonylag nagy g változásokat tudjanak mérni. Az ELGI munkatársai részt vettek a bolgár, a csehszlovák és a lengyel kalibráló alapvonal méréseiben is. Az eredeti elképzelés szerint a magyar–szlovák–lengyel alapvonal összekapcsolásával nagy mérési tartományban állt volna rendelkezésre egységes méretarányt biztosító graviméter-kalibráló alapvonal. Az elképzelés végül csak a Siklós–Krakkó kö-

zötti szakaszon valósult meg ($\Delta g = 414$ mGal).

Graviméterek kalibrálását laboratóriumban is lehet végezni erre a célra fejlesztett eszközökkel, ill. eljárásokkal. Ezeknek a berendezések egy része azon az elven működik, hogy a graviméter ingakarjának a vízszintes helyzethez képesti α szöggel történő megdöntésekor a helyi g értéknek csak a $g_\alpha = (g - g \cos \alpha)$ része mérhető [CSAPÓ 1971]. Egy másik megoldás, ha ismert gravitációs hatást okozó tömeget helyeznek a graviméter közelébe és azt vizsgálják, hogy milyen különbség van a mért és az elméleti érték között. Ezen az elven született meg — BARTA György és VARGA ötlete alapján — a budapesti abszolút állomáson üzembe helyezett automatikus vezérlésű laboratóriumi graviméterkalibráló berendezés (1993–95), amely berendezést azóta számos ország kutatói vették igénybe *LaCoste-Romberg* graviméterek kalibrálására [VARGA, HAJÓSY, CSAPÓ 1995; CSAPÓ, SZATMÁRI 1995].

1970-től a SZOGSZ nemzetközi munkáiban alkalmazott gravimétereket rendszeresen közös vizsgálatoknak vetették alá, amely vizsgálatok a műszerszorzók, illetve skálafüggvények laboratóriumi meghatározását, valamint a graviméterek külső tényezők változásaival szembeni viselkedésének tanulmányozását szolgálták. Ezen együttes vizsgálatok során hőkamrában vizsgálták a *Sharpe* graviméterek műszerszorzóinak hőmérsékletfüggését (Pecnyí), a különböző tengerszint feletti magasságoktól és a földrajzi szélességtől függő hatásokat (Vidin, Szófia, Varsó, Moszkva, Tallinn, Magas-Tátra). E vizsgálatok elvégzése során az észlelők sokirányú tapasztalatokat és nagy rutint szereztek a graviméteres mérések elvégzésében [KOZYAKOVA et al. 1972]. Az, hogy a mérésekben alkalmazott berendezések alapos ismerete mennyire fontos, bizonyítják a korábban idézett szerzők munkái is, akiknek publikációiban nagy részt foglal el azoknak a vizsgálatoknak a bemutatása, amelyek eredményeit az adott mérésekben hasznosították.

1971-ben repülőgépes műszerszállítással (Pilátus-Porter és Morava típusú kisgépekkel) 3 *Sharpe CG-2* graviméterrel újramérték az MGH-50 I. rendű hálózatát. A 19 pontból 15 db három-, ill. négyszögpoligont alakítottak ki, amelyeket ismételt körberepüléssel mértek össze. Ezzel az elrendezéssel minden szomszédos pont között legalább 6 független Δg mérési eredmény állt rendelkezésre a kiegyenlítéshez. A gravimétereket az országos alapvonalon kalibrálták. A repülőgépes méréseket REMÉNYI és SCHRAMEK végezte.

1972-ben kezdődött a SZOGSZ együttműködésének keretein belül az egyes országok gravimetriai hálózatainak összemérése. Ekkor került sor a magyar–csehszlovák és a magyar–ukrán gravimetriai alaphálózat határ menti pontjainak összekapcsoló méréseire is. A magyar és a csehszlovák alaphálózat között — kétoldali megállapodás alapján — már korábban is végeztek összehasonlító méréseket a két ország alaphálózata gravitációs szintkülönbségének meghatározása céljából. Ezeket a méréseket 1960-ban végezték a teljes közös határszakasz határátelési pontjai közelében 12 helyen, országos alaphálózati pontok között. Az összehasonlító mérések előtt mindkét gravimétert kalibrálták a libereci (Csehszlovákia), mintegy 92 mGal mérési tartományú vertikális bázison. Magyar részről az észleléseket a *GSC-3* No. 40 jelű *Heiland* graviméterrel SZABÓ Gábor, a mérési eredmények feldolgozását PINTÉR Anna

végezte. A csehszlovák fél egy *Askania Gs-12* gravimétert használt a mérésekhez. Az eredmények tanúsága szerint a két hálózat szintkülönbsége mintegy 1,5 mGal (!) volt [SZABÓ 1964]. Ezen összemérések után került sor a csehszlovák alaphálózat korszerűsítésére [OLEJNIK 1997].

Az 1972. évi összemérések eredményeinek elemzéséből kiderült, hogy az egyes részt vevő országok gravimetriai hálózatának alapszintjei között 0,1 mGal-t meghaladó különbségek is voltak. A magyar és a csehszlovák alaphálózat összekapcsoló méréseit egyre több pont bevonásával később többször megismételtük (1983, 1987, 1993). Időközben az intézet műszerállománya további *Sharpe* és *Worden* graviméterekkel bővült, így részvételünk súlya a nemzetközi együttműködésben a továbbiakban jelentősen megnőtt.

A hetvenes évek derekán jelentős állami alapmunka kezdődött hazánkban, az országos ún. „kéregmozgási szintezési hálózat” munkálatai. Ezek a munkák graviméteres méréseket is igényeltek a *normálmagasság* meghatározásához. A földfelszíni pontok magasságát ugyanis a normálmagasság értékével szokás jellemezni akkor, ha a pontok helyzetét a közepes tengerszint magasságában kiválasztott kezdőponthoz kívánjuk viszonyítani. A normálmagasság kiszámításához ismerni kell az egyes szintezési szakaszok szintezett magasságkülönbségeit, ezen szakaszok nehézségi térerősség-különbségeit, valamint a Faye-féle nehézségi rendellenesség értékeit. A graviméteres méréseket 1973–1979 között hajtották végre. A terepi mérések zömét BÍRÓ, KISS Lajos és SCHRAMEK Sándor, a mérési eredmények feldolgozását pedig POLLHAMMERNÉ végezte. (Ezt megelőzően 1957-ben végeztek hasonló méréseket az intézet munkatársai az országos felsőrendű szintezési hálózat vonalain, amikor is mintegy 450 ponton határozták meg a nehézségi gyorsulás értékét.) E munka során került sor az országos alaphálózat II. rendű pontjainak felújítására és új pontjainak építésére (REMÉNYI, KISS Lajos), majd 1981–1988 között az új országos alaphálózat (MGH-80) II. rendű részének méréseire. Erre azért volt szükség, mert a 60–70-es években bekövetkezett változások (a mezőgazdasági nagyüzemek és ipari létesítmények telepítése, úthálózat fejlesztése stb.) azt eredményezte, hogy az MGH-50 bázispontjai rohamosan pusztultak, vagy váltak mérésre alkalmatlanná. Az új, 389 pontból álló II. hálózatot háromszögekből alakítottuk ki úgy, hogy a szomszédos pontok között a nehézségi gyorsulás különbsége nem haladta meg a 35–40 mGal-t [CSAPÓ, SÁRHIDAI 1990a]. Ebben a munkában két *Sharpe* graviméteren kívül már egy korszerű *LCR-G* gravimétert is alkalmaztunk a mérésekhez. A hálózat 5 „abszolút állomást” és 18 repülőtéri I. rendű hálózati pontot tartalmazott. A szomszédos pontok közötti kapcsolatokat A-B-A-B-A sorrendben, cseh és szlovák mérőcsoporttal közösen, AN-2 és Pilátus-Porter típusú repülőgépekkel végzett műszerszállítással 1982-ben mértük (észlelők: CSAPÓ és SCHRAMEK). Az új hálózat kiegyenlítését kötött hálózatként végeztük, ahol a hálózat kényszerértékei az abszolút állomások g értékei voltak. Az MGH-50 kiegyenlítési módjától eltérően az I. és II. rendű hálózatot együtt egyenlítettük ki a legkisebb négyzetek módszerének ún. „dán iterációs eljárásával” [CSAPÓ, SÁRHIDAI 1990b]. Az MGH-50 és az MGH-80 hálózati pontok közötti mérésekből nemcsak a két hálózat közötti transzformációs egyenletet határoztuk meg, de azt is kimutattuk, hogy a potsdami és az „abszolút” rendszer közötti eltérés $-3,94$ mGal.

A hazai felsőrendű szintezési hálózat mérési munkáihoz tartozott az is, hogy csatlakozó vonalak mérésével összekapcsolták azt a szomszédos országok szintezési hálózataival is. A szükséges gravimetriai javítás meghatározása céljából természetesen ezeken a csatlakozó vonalakon is kell graviméteres méréseket végezni. Ezt a munkát 1968-ban kezdtük a magyar–csehszlovák és a magyar–román határszakaszokon, majd 1997–1999 között a magyar–horvát hálózati csatlakozó vonalakon végeztünk ebből a célból méréseket (Nagykanizsa–Letenye–Čakovec, Barcs–Vitrovitica–Podravska és Mohács–Udvar–Topolje között).

A nyugat-európai országokban már a hatvanas években alkalmazták a nehézségi gyorsulás abszolút módszerrel történő meghatározását hálózatok egységes méretarányának biztosítására. Erre a célra fejlesztették ki a különböző fizikai alapelvek alkalmazásán alapuló ún. „abszolút gravimétereket”. Az első abszolút graviméter még helyhez kötött volt — Sèvres-ben árapály-regisztrálásra alkalmazták, de később előállították hordozható változatait is, amelyek közül leginkább a szabadesés mozgásegyenletének gyakorlati alkalmazására szerkesztett berendezések terjedtek el (*JILAG*, *AXIS*). A ma használatos abszolút graviméterek megbízhatósága néhány μ Gal. További előnyük a relatív graviméterekkel szemben, hogy a mérési eredmények — függetlenül a mérés helyétől — *közvetlenül* az SI jelenleg érvényes és törvényes fizikai mértékegységében (ms^{-2}) adódnak, vagyis nem terheli azokat a meglehetősen költséges és időigényes *kalibrálásból* származó *méretarány-tényező* meghatározási hibája, mint a relatív graviméterek mérési eredményeit. Az egyre szaporodó mérések eredményeiből kiderült, hogy a potsdami rendszer kezdő értéke mintegy 14 mGal-lal magasabb a valódi értéknél. Ezért az IUGG 1971-ben Moszkvában tartott XV. kongresszusán elhatározták a potsdami g érték 14 mGal-lal történő csökkentését [MORELLI 1974]. Az új rendszer az IGSN-71 elnevezést kapta (International Gravity Standardization Net). Ezt a rendszert valamennyi nyugati ország átvette, ami egyben azt is jelentette, hogy a kelet- és nyugat-európai országok gravimetriai hálózatainak egységes rendszerben történő alkalmazása bármiféle kutatási célra még nehezebbé vált. E probléma enyhítésére az akkori Szovjetunió területén négy olyan pontot jelöltek ki (Lodovo, Murmanszk, Ogyessza és Nahodka), amelyeken bármely ország részére „szabad” hozzáférést biztosítottak gravitációs mérések elvégzéséhez. A Moszkva közelében létesített Lodovo állomást az 1974-ben újramért MEGP mérései során mind ingaberendezésekkel, mind relatív graviméterekkel többszörösen összemértük Potsdammal. Erre az időszakra már a Novoszibirszkben kifejlesztett *GABL* abszolút graviméter is elérte azt a mérési pontosságot, amely lehetővé tette, hogy a négy szabad állomás nehézségi gyorsulási értékét abszolút módszerrel is meghatározhassák. Ily módon — közvetetten ugyan — de sikerült kapcsolatot teremteni az IGSN-71 és az MEGP rendszere között.

A SZOGSZ nemzetközi együttműködésének jelentős állomása volt a szovjet *GABL* abszolút graviméter alkalmazása az egyes országokban erre a célra telepített állomásokon. Ezzel a berendezéssel hazánkban 1978–1986 között 5 állomáson végeztek nehézségi gyorsulás meghatározásokat, ami az MGH-80 hálózatunk méretarányának meghatározásán kívül azt is lehetővé tette, hogy korszerűsítsük

graviméter-kalibráló alapvonalunkat [CSAPÓ 1994]. Erre a munkára 1983-ban került sor, amikor annak déli szakaszát a forgalomtól kevésbé zavart Siklós–Pécs–Budapest útvonalra helyeztük át. A vonalat azóta is folyamatosan fejlesztjük, amelynek eredményeképpen az ma már 5 abszolút állomást tartalmaz (Siklós, Madocsa, Budapest, Penc és Szécsény), mérési tartománya pedig mintegy 210 mGal. A minél nagyobb mérési tartományban végezhető kalibrálás azért szükséges, mert kiderült, hogy a legtöbb graviméter műszerszorozója változik a földrajzi szélesség függvényében. Ezért szükséges, hogy a kalibráló vonal Δg tartománya minél nagyobb részét átfogja az adott országának (hazánkban ez az érték 250 mGal). Az 1. ábrán egy JILAG gyártmányú abszolút graviméter látható a kalibráló alapvonal Madocsa pontján.



1. ábra. JILAG graviméter mérés közben

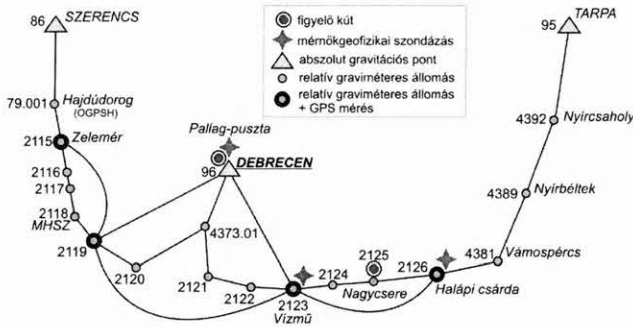
Korábban, amikor a relatív graviméterek mérési megbízhatósága csupán 0,1 mGal körüli volt, a mérési eredmények feldolgozásánál a műszeres javítások között szereplő műszermagassági javítást elegendő volt a vertikális gradiens (VG) normálértékével (0,3086 mGal/m) figyelembe venni. Az abszolút graviméterek néhány μGal -os pontossága már nem nélkülözi a VG helyi értékének méréssel történő meghatározását. Tekintettel arra, hogy a VG értéke a pontjel feletti magasság függvényében változik, módszertani vizsgálatok kezdődtek az optimális meghatározási eljárás kidolgozása és annak egységesítése érdekében [SZABÓ, CSAPÓ 1985]. Magyarországon első ízben 1965–66-ban SZABÓ Zoltán tett kísérletet arra, hogy a VG értékek területi változásait izovonalas térképen ábrázolja. Ennek érdekében az országos háromszögelési hálózat pontjain épített gúlákön — különböző magasságokban — végzett méréseket *Sharpe* graviméterrel. (Eredményeit nem publikálta). További terepi VG mérésekre csak jóval később, a hazai abszolút állomások létesítésénél került sor [CSAPÓ 1999].

A műszerpark korszerűsödésének és a mérési pontosság megnövekedésének volt köszönhető, hogy elkezdődhetett az MEGP-74 továbbfejlesztése. A SZOGSZ tervei- ben az egész MEGP-74 újramérése szerepelt [CSAPÓ 1980], ebből azonban csak a közös csehszlovák–magyar gravimetriai alaphálózat valósult meg 1982–85 között. A közös hálózat I. rendű pontjait Pilátus-Porter és AN-2 repülőgéppel, II. rendű pontjait gépkocsival történő műszerszállítással mértük. A kiegyenlítés utáni hálózati középhiba $\pm 0,02$ – $0,03$ mGal [CSAPÓ et al. 1994]. E munka során került sor a már ismertetett MGH-80 I. rendű pontjainak mérésére is.

A gravimetriai alaphálózat időnkénti újramérését a minél nagyobb pontosságra törekvés és a fizikai amortizálódás miatti szükségesség mellett az is indokolja, hogy az idők folyamán változik a nehézségi erőtér szerkezete. Ennek számos oka van, eredménye pedig az, hogy a hálózati pontok g értéke kisebb-nagyobb mértékben megváltozik. Ha a változások nagyobbak, mint a mérőműszerek pontossága, akkor a hálózat nem elégíti ki a metrológiai szempontokat. Az ismétlődő abszolút meghatározások, alaphálózati újramérések és egyéb vizsgálatok tanúsága szerint Magyarországon a nem árapályhatásból származó g változások általában nem haladják meg az 1–2 $\mu\text{Gal}/\text{év}$ értéket. Van azonban olyan tényező, amelyek hatására egyes területek g változásai ennél lényegesen nagyobbak lehetnek (lokális változások). Hazai vonatkozásban a nehézségi erőtér hosszú idejű, ún. „szekuláris” változásainak tanulmányozása a 60-as években kezdődött. PINTÉR elméleti számításokat végzett a földmag excentricitás változásai gravitációs hatásának kimutatására [PINTÉR 1964]. Számítási eredményei alapján — amelyek BARTA földmágneses kutatásain alapultak — Magyarország területére K–Ny-i irányban mintegy 0,03 mGal/év változást feltételezett. Javaslatára 1964-ben két, egymással nagyjából párhuzamos, K–Ny irányú vizsgálati vonalat jelöltek ki az országban az MGH-50 megfelelő II. rendű pontjai között. Ennek célja az volt, hogy a vonalpontok leméréseivel igazolják a számítások helyességét, illetve a továbbiakban rendszeres újraméréssel tanulmányozzák a nehézségi erőtér stabilitását hazánk területén. Az északi vonalat 1964-ben, a délit 1965-ben egy *Heiland* graviméterrel BAGI Róbert mérte végig [BAGI 1966]. További mérésekre azonban nem került sor. Az 1950-es és az 1964–65. évi mérésekből számítható különbség kisebb volt a számított-nál (0,005–0,02 mGal/év).

A nehézségi erőtér *regionális* időbeli változásainak tanulmányozását célzó munkák közül a CSAPÓ témavezetésével, csehszlovák, lengyel és magyar együttműködésben 1973-ban telepített és mért Kárpát poligont kell kiemelni, amely a Pécs–Budapest–Zilina–Zakopáne–Krakkó útvonalon létesült, és amelyet 1990-ig többször újramérték [POLLHAMMERNÉ et al. 1981]. Kétoldalú együttműködés keretében 1990-ben hasonló munkában vettünk részt a Rajna-völgyi mozgásvizsgálati poligon, illetve a volt NDK területén korábban létesített K–Ny-i vonal méréseinél. E témakör másik jelentős hazai munkája az 1988-ban Debrecen körzetében létrehozott lokális mozgásvizsgálati vonal [CSAPÓ 2004] (2. ábra), amelynek célja a nehézségi erőtér *lokális* időbeli változásainak tanulmányozása. Ez a graviméteres munka geodéziai mérésekkel (felsőrendű szintezés, GPS mérés-

sek) és hidrogeológiai vizsgálatokkal kiegészítve jelenleg is folyik [CSAPÓ, VÖLGYESI 2004]. A mérésekkel arra is választ keresünk, hogy milyen összefüggés fedezhető fel a nehézségi erőter lokális változása és az ottani — korábban ismételt felsőrendű szintezések eredményei alapján kimutatott — függőleges felszínmozgások [JOÓ 1985] között. Hasonló célú mérésekre került sor 1999–2000-ben a 6 pontból álló sóskúti lokális mozgásvizsgálati hálózaton, amely munka a Budapesti Műszaki Egyetem Felsőgeodéziai Tanszékének kezdeményezésére és a penci Kozmikus Geodéziai Observatóriummal közösen végzett komplex kutatás [ÁDÁM, CSAPÓ, SZÜCS 2000]. Ezekben a munkákban az intézet részéről CSAPÓ és PÉM József vett részt. Ennél a munkánál történt meg először, hogy mind a 6 hálózati ponton méréssel határoztuk meg a VG helyi értékét és kimutattuk, hogy a tényleges és az elméleti VG értékkel számított mérési eredmények között 0,01 mGal-t meghaladó eltérések lehetségesek még igen kis kiterjedésű hálózatban is. Az eredményeket földtani modellezéshez is felhasználtuk [CSAPÓ, PAPP 2000]. Ugyanitt abszolút állomást is telepítettünk; az abszolút mérést a JILAG-6 berendezéssel Diethard RUESS, az osztrák Szövetségi Mértekügyi Hivatal (BEV) munkatársa végezte.



2. ábra. A debreceni mozgásvizsgálati poligon vázlata

Az országos GPS alaphálózat mozgásvizsgálati pontjait a FÖMI KGO munkatársai 2 évente újramérik a hazai regionális felszín-, kéregmozgások tendenciájának kimutatása céljából. A mozgásvizsgálati pontokat általában sziklakibúváásokra telepítették, ahol pedig ez nem volt lehetséges (alföldi területek), ott az volt a telepítés szempontja, hogy a vizsgálati pontok egyenletesen helyezkedjenek el az ország területén. 1992–95 között e pontok közül 14-et bekapcsoltunk a hozzájuk legközelebbi abszolút állomásokhoz, hogy az abszolút mérések ciklikus újraméréseinek eredményei alapján vizsgálhassuk, van-e korreláció a geometriai és fizikai jellegű mérési eredmények között.

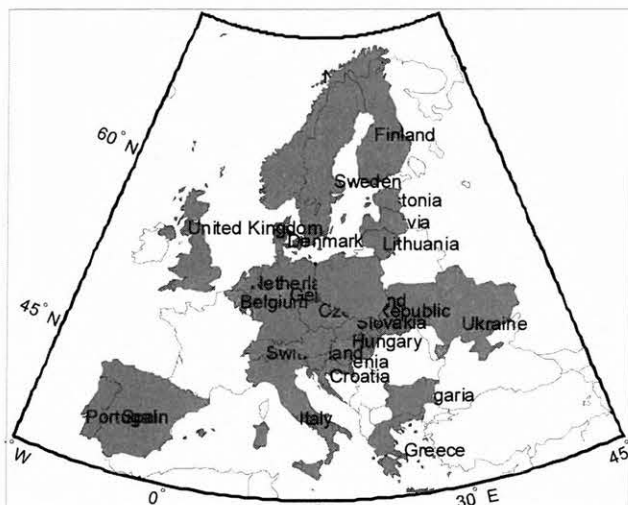
Néhány abszolút állomásunkon — telepítésük óta — ismételt abszolút módszerű nehézségi gyorsulás meghatározásokat is sikerült végeznünk. Feltételezve, hogy az ismételt mérések eltérő eredményei a nehézségi erőter változásait tükrözik, ezek alapján képet alkothatunk hazánk területének regionális, nem árapály jellegű hosszú idejű változásáról. Eddigi vizsgálataink eredményeit az 1. táblázatban állítottam össze.

A mérési pont száma és neve	Első/utolsó mérés éve	Mérőberendezés (abszolút graviméter)	g érték mGal-ban	Számított éves változás μ Gal-ban
81 Siklós	1978	GABL	980678,288	+ 3,0
	1991	JILAg-6	980678,327	
82 Budapest	1980	GABL	980824,328	- 3,1 - 1,8
	1993	JILAg-6	980824,284	
	2000	AXIS	980824,275	
85 Kőszeg	1980	GABL	980784,739	- 2,0
	1993	JILAg-6	980784,713	
86 Szerencs	1978	GABL	980872,812	- 1,6 - 1,9
	1993	JILAg-6	980872,789	
	2005	JILAg-6	980872,766	
88 Nagyvázsöny	1993	AXIS	980765,813	0
	1997	JILAg-6	980765,815	
90 Szécsény	1993	AXIS	980873,104	- 1,0
	1996	AXIS	980873,101	
95 Tarpa	1996	JILAg-6	980880,431	+ 2,6
	2001	JILAg-6	980880,444	
96 Debrecen	1996	IMGC	980825,781	+ 4,2
	2001	JILAg-6	980825,802	
91 Kenderes	1993	AXIS	980810,283	- 0,8
	2005	JILAg-6	980810,272	
89 Gyula	1995	JILAg-6	980766,395	+ 0,3
	2005	JILAg-6	980766,398	

1. táblázat. Mérések alapján számított regionális g változások Magyarországon

A nehézségi erőter lehetséges hosszú idejű változásainak vizsgálatánál — a graviméterek mai nagy mérési pontossága miatt — már azokkal a külső körülményekkel is számolnunk kell, amelyeknek a mérési eredményekre gyakorolt hatásától a korábbiakban eltekinthettünk. Ezek között kell említeni a talaj- és a felszíni vizek színtingadozásából származó gravitációs hatást [CSAPÓ, SZABÓ, VÖLGYESI 2003], a nagy pontosságú mérésekhez ma szinte kizárólagosan alkalmazott LCR relatív graviméterek leolvasórendszerének periodikus hibáit, valamint a már tárgyalt műszermagassági javítást. A LCR graviméterek mérőrendszerének tervezésénél a leolvasótárcsa és a mérőrugó közötti kapcsolatot többszörös fogaskerék áttételen keresztül valósították meg. A gyártás mechanikai pontatlanságai miatt több — a mérőtárcsa fordulataival jellemezhető hosszúságú és különböző amplitúdójú — periodikus hiba lehetséges. A mérőtárcsa egy teljes körülfordulásának megközelítően 1 mGal nehézségi gyorsulás különbség felel meg, ezért a hibákat a periódus hosszának mGal-ban kifejezett értéke szerint csoportosítjuk. Ennek megfelelően beszélünk 1, 3, 7,5 stb. mGal szerinti periodikus hibáról. Ezek nagysága 1–2 μ Gal és 30–40 μ Gal közötti lehet. A leolvasóberendezés periodikus hibáinak vizsgálatát részben a mátyáshegyi barlangban 1982-ben telepített 2 mGal tartományú horizontális mikrobázison, részben a 46 mGal-os cseh (Pecny) és a mintegy 20 mGal-os szlovák (Modra) vertikális bázison végeztük 1982–1995 között, amely mérésekkel az 1, 3 és 7,5 mGal szerinti periodikus hibákat határoztuk meg azért, hogy ezeket — javítással — kizárhassuk a mérési eredményekből.

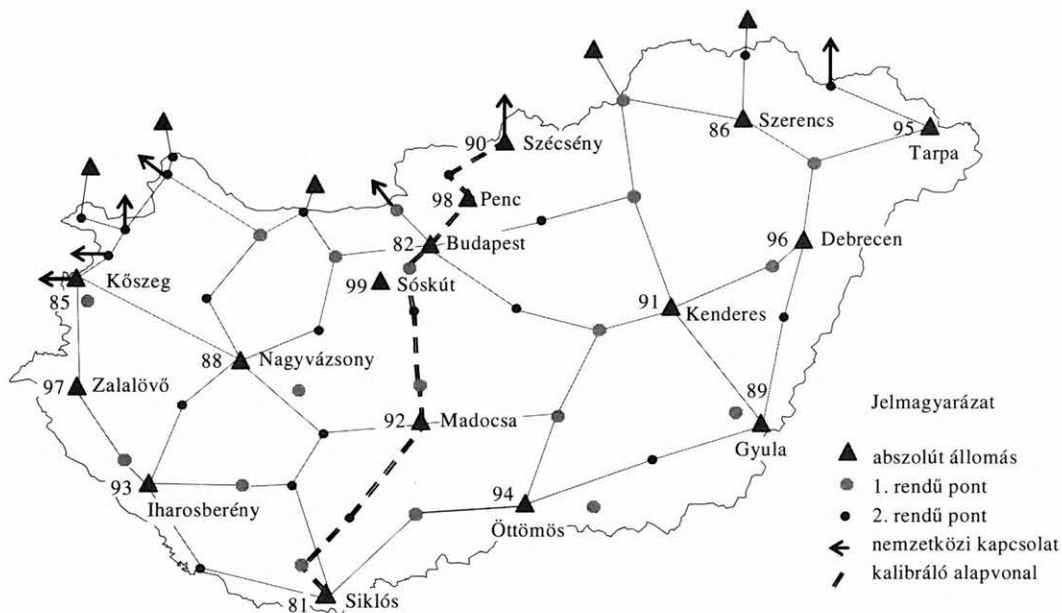
Mind az országos alaphálózat korszerűsítésének, mind a nemzetközi együttműködés elmélyülésének nagy lökést adtak az 1990-es politikai változások, amelyek következtében megszűnt a gravitációs adatok titkossága és lehetőség nyílt a kapcsolódó munkákba. Ez azért is fontos volt, mert 1986-ra — elsősorban anyagi okok miatt — a SZOGSZ együttműködés gyakorlatilag megszűnt. Ennek az új együttműködésnek jelentős állomása volt az a munka, amelyet az USA Védelmi Térképészeti Intézete (DMA) a WGS-84 elnevezésű referencia ellipszoid korszerűsítése céljából kezdett 1993-ban Európában. Ekkor hozták létre 11 európai ország területére vonatkozóan az „Egységes Európai Gravimetriai Hálózatot” (UEGN-93) [BOEDECKER 1993]. A hálózathoz később az alapító országokon kívül további 14, köztük hazánk is csatlakozott [CSAPÓ, VÖLGYESI 2002]. A bővített hálózat neve UEGN-2002, kiegyenlítése jelenleg folyik (3. ábra).



3. ábra. Az UEGN-2002 területi vázlatja

A WGS-84 korszerűsítési munkáinak részeként hazánkban is több új abszolút állomáson végeztek *g* meghatározást *AXIS* abszolút graviméterrel, illetve újbóli meghatározásokat a *GABL* műszerrel mért pontokon. Ugyancsak a *DMA LCR-G* gravimétereket bocsátott rendelkezésünkre, hálózatfejlesztésünk elősegítése céljából. Ehhez a munkához kapcsolódóan hoztuk létre legújabb országos alaphálózatunkat (MGH-2000), amelynek mérési munkáit 4 db *LCR-G* graviméterrel végeztük. A mérések megkezdése előtt gravimétereinket a hazai Siklós–Szécsény kalibráló alapon kívül 1993-ban az osztrák Hochkar-i vertikális bázison (kb. 400 mGal kalibrálási tartomány) is kalibráltuk. A hálózat alapvetően az MGH-80 pontjaiból, valamint 15 abszolút állomásból áll (az újabb abszolút módszerű nehézségi gyorsulás meghatározásokat amerikai, osztrák, német, francia és olasz együttműködő intézmények végezték *AXIS*, *JILAG* és *IMGC* abszolút graviméterekkel).

E hálózat főpontjai az abszolút állomások. Ezek célszerűen kiválasztott bázishálózati pontok, amelyeken keresztül egymással és a szomszédos Ausztria és Szlovákia hálózati pontjaival összemérve alakítottuk ki az UEGN-2002 magyarországi szakaszát [CSAPÓ et al. 1993; 1994]. A hálózatba felvettük az országos kalibráló alapon pontjait is. Az abszolút állomások minden esetben épületek legalsó szintjén épített pontok (1. ábra), amelyekhez a terepi relatív mérések megkönnyítése érdekében egy-két épületen kívüli, ún. „excenter” pontot is telepítettünk. A hálózati mérések (vagy a telepítés) idején ezeket a pontokat az abszolút ponttal $\pm 5 \mu\text{Gal}$ megbízhatósággal összemértük. A 45 pontból álló hálózat (4. ábra) egyenletesen fedi le az ország területét. A mérési eredmények kiegyenlítésénél figyelembe vettük a határhoz közeli szlovák és osztrák abszolút állomásokat is. A kiegyenlítést az MGH-80-nál alkalmazott módszerrel végeztük. Előzetes kiegyenlítés után a hálózat középphibája $\pm 0,014 \text{ mGal}$. Ez a tevékenység is hozzájárult ahhoz, hogy hazánk jelentős részt vállalt az egységes európai geodéziai és geodinamikai alapok megteremtésében [ÁDÁM, CSAPÓ, MIHÁLY 2000].

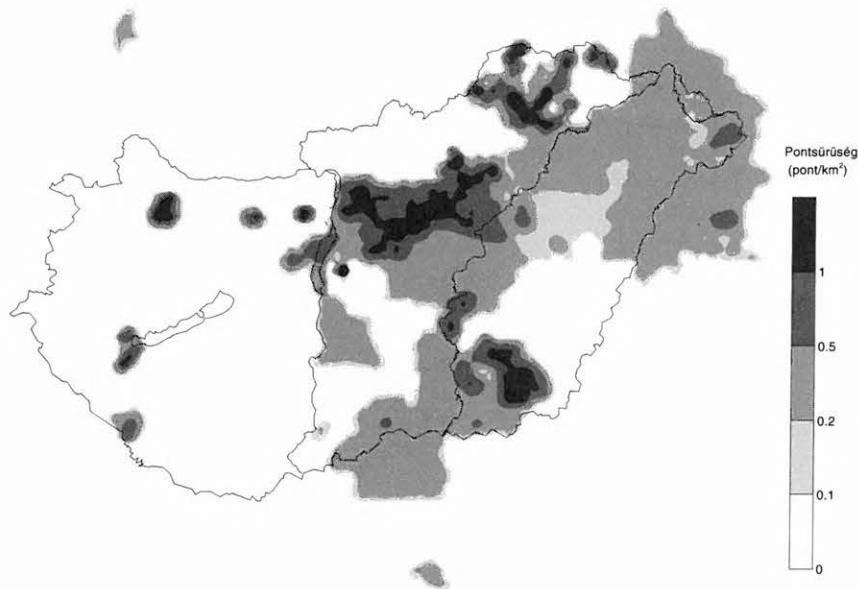


4. ábra. Az UEGN-2002 magyarországi szakasza

A nagyobb, adott esetben kontinentális méretű gravimetriai hálózatok mérését egyre több különböző gyártmányú abszolút graviméter alkalmazásával végzik. Ezért felmerült annak szükségessége, hogy ezeket az abszolút gravimétereket rendszeres, együttes vizsgálatnak vessék alá. Ennek a vizsgálatnak az a célja, hogy kimutassák a különböző berendezésekkel végzett meghatározások szabályos eltéréseit és kizárják a közös munkákból azokat a műszereket, amelyek mérési eredményei átlagon felüli eltéréseket tartalmaznak a többi műszerhez képest. E vizsgálatokat az IAG szervezeti keretében 3 évente végzik Sèvres-ben, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban (BIPM). Ezen vizsgálatokhoz minden vizsgálati ciklusban relatív graviméterekkel meghatározzák a mérőpontok VG értékeit is. Ebben a munkában az ELGI munkatársai (CSAPÓ és SZATMÁRI Gábor) is részt vettek 1993-ban. A „körvizsgálatok” eredményét a BIPM kiadványában (Metrologia) teszik közzé. Az eddigi vizsgálatok tapasztalatai alapján (1990–2003 között) a különböző, mintegy 20 abszolút graviméter eredményeinek szórása nem nagyobb 10 μGal -nál. Az egyre szaporodó abszolút graviméterek és abszolút állomások miatt — úgy tűnik — az UEGN–2002 az utolsó, relatív graviméterekkel mért közös európai alaphálózat, hiszen az országos hálózatok I. rendű része már ma is az abszolút állomásokból áll. Nincs messze az az idő, amikor terepen állandósított pontokon abszolút graviméterekkel végzik majd a hálózati méréseket (erre a célra már kaphatók GPS vevőkkel is ellátott beren-

dezések, amelyekkel egy pont mérése 2–3 órát vesz igénybe, pontosságuk pedig 10 μGal).

Az utóbbi években a geodéziában éppúgy, mint a földtani kutatásban egyre nagyobb szerepet játszik a GPS eljárással végzett helymeghatározás [ÁDÁM et al. 2004]. Annak érdekében, hogy ezzel a módszerrel cm-nél nagyobb pontosságot lehessen elérni a magassági vektor meghatározásában, szükség van a geoid magyarországi felületdarabjának további finomítására. Jelenlegi kutatásaink a témában elsősorban ezt a célt szolgálják. Az ELGI és a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszéke a 90-es évek közepén kutatási együttműködési szerződést kötött. Ennek keretében, valamint különböző pályázatok elnyerésével 1995 óta folyamatosan végezzük az Eötvös-ingával — főleg Magyarország jelenlegi területén — végzett mérések eredményeinek digitális adatbankba gyűjtését (CSAPÓ, KOVÁCS Péter, POLLHAMMERNÉ). Ez a munka a különböző formában ma még fellelhető mérési anyagok (észlelési lapok, mérési jegyzőkönyvek, térképek, vagy fénymásolt gradienstérképek) alapján történik. Az adatbank jelenleg 24 310 állomás adatait tartalmazza. A már adatbázisban lévő Eötvös-inga-mérések területi eloszlását az 5. ábrán tüntettük fel. Az eddig rendszerezett anyag felhasználásával már több tudományos publikáció jelent meg és különösen öröndetes, hogy az elméleti kutatásokba a BME munkatársai mellett az ELGI kutatói is bekapcsolódtak [VÖLGYESY, TÓTH, CSAPÓ 2004; TÓTH, MERÉNYI 2005].



5. ábra. Digitális adatbankban szereplő Eötvös-inga-mérések területi eloszlása és sűrűsége Magyarországon

Az Eötvös-inga-mérések legújabb alkalmazási területe a műholdak méréseihez kapcsolódik és különösen a 2006-ban indítandó GOCE (Gravity and Ocean Circulation Experiment) műhold gradiométeres méréseihez [RUMMEL et al. 2002] fog rendkívül fontos adatokat szolgáltatni. A világon egyedülálló magyarországi Eötvös-inga-mérések segítségével ugyanis lehetőség nyílik arra, hogy elvégezzük ezeknek a gradiens értékeknek a műhold 250 km-es magasságára ún. „analitikai felfelé folytatással” történő átszámí-

tását, aminek eredményeképpen azok közvetlenül összehasonlíthatók lesznek a GOCE gradiométer által szolgáltatott gradiensekkel. Ezáltal mód nyílik a műhold mérési eredményeinek kalibrációjára valódi földfelszínen mért gradiens adatok segítségével.

A geoid hazai felületdarabjának pontosítása a graviméteres mérési pontok számának növelését is igényli. Jóllehet Magyarország gravimetriai felmértését általában kiválóan szokták mondani, azonban éppen geodéziai

szempontból ez a kijelentés nem állja meg a helyét. Ugyanis az ún. „áttekintő országos mérések” pontjainak zöme közlekedési utak mentén található, a domb- és hegyvidéki területek felmértsége pedig igen hiányos. A köolajkutató hálózatok mérések szintén csak az ország síkvidéki területeire korlátozódnak. Emiatt számos olyan körzet található még ma is, ahol 10–50 km²-en egyetlen mérési pont sincs annak ellenére, hogy az ELGI gravimetriai adatbankja jelenleg mintegy 382 000 mérési adatot tartalmaz [KISS 2001].

Ezeknek a „fehér pontoknak” a felszámolása a hatvanas évek végén kezdődött, amikor a kvázigeoid hazai felületdarabjának meghatározásához a Bruns-féle csillagászati szintezés geometriai módszerét a gravimetriai javítás alkalmazásával a Mologyenszkij-féle asztrogravimetriai szintezéssel váltották fel. Megbízható gravimetriai javításhoz 14 kvázigeoid pont (Laplace-pont) 21 km-es környezetében a FÖMI által kidolgozott geometriai elrendezésben 50–50 graviméteres ponton határoztuk meg a nehézségi gyorsulás értékét a ritka felmérés kiegészítése céljából [POLLHAMMERNÉ 1968]. Ehhez a munkához kapcsolódott Magyarország átlag Faye-anomália-térképének elkészítése is a már korábban szerkesztett 1:50 000 méretarányú Bouguer-anomália-térkép felhasználásával. Az átlagokat 5'x7,5'-es területrészekre vonatkozóan számították ki az ugyancsak ilyen méretű négyzetekre meghatározott átlagmagasság adatokkal. A térképet 1:1 000 000 méretarányban nyomtatásban is közzétették.

1999–2000-ben Celldömölk térségében és a Mecsek nyugati részén az EOMA (Egységes Országos Magassági Adatrendszer) dunántúli része I. rendű vonalainak szintezéséhez kapcsolódóan végeztünk méréseket a „fehér foltok” felszámolása érdekében. Ezt a munkát tovább kell folytatni annak érdekében, hogy a legalább 1 pont/km² pontsűrűséget az ország bármely területére vonatkozóan elérhessük.

HIVATKOZÁSOK

- ÁDÁM J., BÁNYAI L., BORZA T., BUSICS Gy., KENYERES A., KRAUTER A., TAKÁCS B. 2004: Műholdas helymeghatározás. (Egyetemi tankönyv), Műegyetemi Kiadó, Budapest
- ÁDÁM J., CSAPÓ G., MIHÁLY Sz. 2000: Magyarország hozzájárulása az egységes európai geodéziai és geodinamikai alapok létrehozásához. *Geofizikai Közlemények* **52**, 6, 18–27
- ÁDÁM J., CSAPÓ G., SZÜCS L. 2000: Szélső pontosságú geodéziai mérések a sósokúti mikrohálózatban mozgásvizsgálati célból. *Geofizikai Közlemények* **52**, 6, 16–22
- BAGI R. 1966: A gravitációs tér évszázados változásának tanulmányozása céljából végzett gravimétermérések. *Geofizikai Közlemények* **XV**, 1–4, 5–13
- BOEDECKER G. 1993: Ein einheitliches Schweregrundnetz für Europa: Unified European Gravity Network (UEGN). *Zeitschrift für Vermessungswesen* **8/9**, p. 422–428
- CSAPÓ G. 1971: Calibrating the Gravimeter CG-2 No.181-G by the Tilting Method. (SZOGSZ-konferencián előadott anyag, ELGI adattár, éves jelentésben), Budapest
- CSAPÓ G. 1980: A geodéziai-gravimetriai hálózatok néhány időszerű kérdése. *Geodézia és Kartográfia* **32**, 6, 402–405
- CSAPÓ G. 1994: Abszolút graviméteres mérések Magyarországon 1978–94 között. *Geodézia és Kartográfia* **46**, 4, 218–223
- CSAPÓ G. 1999: Effect of vertical gravity gradient on the accuracy of gravimeter measurements based on Hungarian data. *Geoph. Transactions* **42**, 1–2, 67–81
- CSAPÓ G. 2004: Felszínmozgások komplex vizsgálata Debrecen térségében. OTKA zárójelentés, ELGI adattár
- CSAPÓ G., GAZSÓ M. 1993: A geodéziai gravimetria magyarországi fejlődésének fontosabb állomásai. *Magyar Geofizika* **34**, 3, 144–145
- CSAPÓ G., KOVAČIK J., KLOBUSIAK M., OLEJNIK S., SZATMÁRI G., TRÄGER L. 1994: Unified Gravity Network of the Czech Republic, Slovakia and Hungary. *International Association of Geodesy Symposia*, 113, Gravity and Geoid. Springer, 72–81
- CSAPÓ G., MEURERS B., RUESS D., SZATMÁRI G. 1993: Interconnecting gravity measurements between the Austrian and the Hungarian network. *Geoph. Transactions* **38**, 4, 251–259
- CSAPÓ G., PAPP G. 2000: A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és modellezése — hazai példák alapján. *Geomatikai Közlemények* **3** (Sopron)
- CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990a: Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH-80). *Geodézia és Kartográfia*, **42**, 2
- CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990b: Magyarország új gravimetriai alaphálózatának (MGH-80) kiegészítése. *Geodézia és Kartográfia* **42**, 3
- CSAPÓ G., SZABÓ Z., VÖLGYESI L. 2003: Changes of gravity influenced by water-level fluctuations based on measurements and model computation. EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France, 6-12 April 2003. *Geophysical Research Abstracts*, European Geophysical Society, 5
- CSAPÓ G., SZATMÁRI G. 1995: Apparatus for moving mass calibration of LaCoste-Romberg feedback gravimeters. *Metrologia* **32**, 3, 225–230 (Paris)
- CSAPÓ G., VÖLGYESI L. 2002: Hungary's new gravity base network (MGH-2000) and its connection to the "European Unified Gravity Network". Springer Verlag
- CSAPÓ G., VÖLGYESI L. 2004: Geodéziai és geofizikai módszerek együttes alkalmazása a nehézségi erőter időbeli változásainak vizsgálatára. *Geomatikai Közlemények* **VIII**
- FACSINAY L. 1942: A dunántúli relatív ingaállomásokon mért nehézségi anomáliák újabb meghatározása graviméterrel. (Doktori értekezés), Pécs
- FACSINAY L., SZILÁRD J. 1956: A magyar országos gravitációs alaphálózat. *Geofizikai Közlemények* **V**, 2, 3–49
- GAZSÓ M. 1986: New Results of the Gravimetric Geodesy in Hungary. (C.Sc Dissertation, Budapest)
- GOMBÁR L., GÖNCZ G., KÉSMÁRKY I., KLOSKA K., MOLNÁR K., NAGY Z., POGÁCSÁS Gy., SZILÁGYI L., VÉGES I. 2002: A felszíni geofizikai kutatás 50 éve a köolajiparban. GES Kft. kiadványa, Budapest
- GRUBER L. 1886: A földnehézség meghatározása Budapesten 1885-ben. *Magyar Tudományos Értesítő* **4**, 80–83
- JOÓ I. 1985: The new Map of Recent Vertical Movements in the Carpatho-Balkan Region, scale 1:1 million. *Cartographia*, Budapest
- KISS J. 2001: Jelentés a „Gravitációs és mágneses adatbázisok és paramétertérképek” projekt keretében 2001-ben végzett munkákról (ELGI jelentés, adattár)
- KOMÁROMY I. 1952: Jelentés az országos II. rendű gravitációs bázishálózat 1951. évben végzett méréséről (Magyar Geológiai Szolgálat Adattár)
- KOZYAKOVA K., MAJEWSKA M., RUKAVISNYIKOV R., TRÄGER L. CSAPÓ G. 1969: Sharpe graviméterek döntéssel végzett hitelesítésének néhány eredménye. (Nemzetközi Adatbank Kiadványa: MCD), Paris/ Moszkva (angol/ orosz nyelven)

- KOZYAKOVA K., RUKAVISNYIKOV R., MAJEWSKA M., TRÄGER L., CSAPÓ G. 1972: Some Results of Calibrating CG-2 Gravimeters (Sharpe) by the Tilt Method. *Studia geoph. et geod.* **16**, 1
- LASSOVSKY K., OSZLACZKY Sz. 1952: A Nap és a Hold gravitációs hatása a gravimétermérésekre. *Geofizikai Közlemények* **I**, 3, 1-17
- MORELLI C. 1974: The International Gravity Standardization Net 1971. IUGG kiadványa 4, 4-18, Paris
- OLEJNIK S. 1997: Evolution of gravity control on territory of the Czech Republic. Land Survey Office, Praha
- OLTAY K. 1933: A Magyar Geodéziai Intézet működése 1930-1932 között (francia és magyar nyelven)
- PINTÉR A. 1964: A gravitációs tér évszázados változásáról. *Geofizikai Közlemények* **XIII**, 1, 7-20
- POLLHAMMER M. 1968: Jelentés az OFTH Földmérési Intézete megbízásából végzett 1968. évi gravitációs munkákról. ELGI adattár, 0025/68. sz. jelentés
- POLLHAMMER M., SÁRHIDAI A., CSAPÓ G. 1981: A Kárpát-Balkán poligon 1978-79. évi mérési eredményeinek feldolgozása és kiegyenlítési változatai. ELGI adattár
- RENNER J. 1952: A függővonalelhajlás. *Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei* **V**, 1-2
- RENNER J. 1957: A függővonalelhajlások regionális jellege. *Geofizikai Közlemények* **VI**, 1-2, 61-67
- RUMMEL R., BALMINO G., JOHANNESSEN J., VISSER P., WOODWORTH P. 2002: Dedicated gravity field missions — principles and aims. *Journal of Geodynamics* **33**, 3-20
- SZABÓ G. 1964: Jelentés Magyarország és Csehszlovákia gravimetriai alaphálózatának határ menti pontjain végzett összemérésekről. ELGI adattár, 0028/64. sz. jelentés
- SZABÓ Z. 1999: Az Eötvös-inga históriája. *Magyar Geofizika* **40**, 1, 26-38
- SZABÓ Z. 2004: A gravitációs és földmágneses kutatások története Magyarországon. *Magyar Geofizika* **45**, jubileumi különszám, 3-21
- SZABÓ Z., CSAPÓ G. 1985: Microgravimetric survey in Mátyás cave (presented at the 1st absolut gravimetric intercomparison, Sevres)
- SZILÁRD J. 1980: Sterneck érdemei a nehézségi erő mérése terén. *Geodézia és Kartográfia* **2**
- TÓTH Gy., MERÉNYI L. 2005: Eötvös-inga mérési adatok felhasználása gravitációs térképek szerkesztéséhez. *Geomatikai Közlemények* **VIII**
- VARGA P., HAJÓSY A., CSAPÓ G. 1995: Laboratory calibration of LaCoste-Romberg gravimeters by using a heavy cylindrical ring. *International Journal Research (Belfast)*, **120**, 4, 475-486
- VÖLGYESI L., TÓTH Gy., CSAPÓ G. 2004: Determination of gravity anomalies from torsion balance measurements. IAG International Symposium, Gravity, Geoid and Space Missions. Porto, Portugal, August 30 -September 3
- WOLF H. 1949: Die angenäherte Bestimmung des Geoids mittels astronomischen Nivellements im Bereich des zentraleuropäischen Netzes. *Veröffnungen der Inst. für Erdmessungen, Bamberg*

Csapó Géza

Adalékok Baráth István, Kiss Bertalan „A mélyfúrás geofizika története Magyarországon” című tanulmányához

A szerzők a Magyar Geofizika 45. évf. 2004. évi különszámában megjelent tanulmányuk (49–58. old.) bevezető részében így írtak: „A mélyfúrás geofizika történetét általában 1927-től, az első Schlumberger-szelvényezéstől számítják, de újabb adatok szerint Lord KELVIN (USA) már 1869-ben hőmérsékletszelvényt vett fel.”

Az 1869-es dátummal nem nagyon tudtam kiegészíteni és mind az évszámmal, mind Lord KELVINnel kapcsolatban keresgélni kezdtem.

A szerzőpárostól kapott „History of Well Logging Chronology: in Development of Well Logging” kimutatásában valóban ez olvasható: „1869. Lord KELVIN made downhole temperature measurements [TAPPER 1950].”

Lord KELVINről az Új Magyar Lexikon így ír többek között: „...KELVIN, lord (eredeti néven: William THOMSON) angol természettudós, született Belfastban 1824. június 26-án, meghalt Londonban, 1907. december 17. Tanulmányait Glasgow-ban, Cambridge-ben és Párizsban végezte. Itt főleg REGNAULT laboratóriumában dolgozott... 1846-ban, 22 éves korában a glasgow-i egyetemen fizikatanára lett, s azóta haláláig oly tudományos tevékenységet fejtett ki, mely a maga nemében páratlan...”

KELVIN kutatásai az elméleti fizika minden ágában mély nyomokat hagytak hátra, sokszor úttörő jelentőségűek voltak. A hőtán, az elektromosság és a mágnesség fejlődése köszönhet neki a legtöbbet. Az első értekezése, mely 17 éves korában jelent meg (1841), a hővezetést tárgyalja szilárd testekben az elektromos elméletekkel kapcsolatban. Különösen fontosak ezen a téren azok a vizsgálatai, amelyek a nyomás hőhatásaira vonatkoznak. A rugalmasságra és a hidrodinamikára vonatkozó kutatásait kiterjesztette a Föld szilárdságára. Foglalkozott az elektromosság és mágnesség matematikai elméletével, elektrosztatikai mérésekkel, a mágneses indukció problémáival és mindenütt új módszereket, eredményeket, érzékeny műszereket adott a fizikának. Fontos volt többek között a kvadráns elektrométer, a tükrös galvanométer, a hajózásnak is nagy szolgálatot tett megbízható iránytűjével és mélységmérőjével.

1846-ban megbízták a Cambridge and Dublin Mathematical Journal szerkesztésével. Később a Philosophical Magazine-ban adta ki dolgozatait. 1866-ban ő irányította egy tenger alatti kábel lerakását, az eredmény minden várakozást kielégített. A hő és elektromosság között fennálló viszony ismeretéhez lényegesen hozzájárult a róla elnevezett „Thomson-féle hatás” felfedezésével. 1892-ben kapta meg William THOMSON a KELVIN lord nevet és méltóságot. Főbb munkái: 1876-ban jelent meg a „Navigation, a lecture”, 1885-ben pedig az „On the electrodynamic properties of metals” című tanulmánya. (Az Athenaeum Kislexikon II. kötetének 1704. oldalán is található adatok.)

A Természettudományi Közlöny (TTK) „A földrajz halottai 1907-ben” című ismertetésében (461–462. o.) így ír többek között: „Lord KELVIN (Sir William THOMSON). A fizikusok nesztora, a XIX. sz. természettudományi haladásának munkása költözött az élők sorából 1907 decemberében 83 éves korában...”

A mélyfúrás geofizika történetének egy újabb évszáma a „bbr-Lehrbuch: Brunnenbau” c. folyóirat 1888. évi 6. számában, a 257. oldalon a „Zeittabelle der bohrtechnischen Entwicklung” cím alatti felsorolásban olvashatjuk: „1873. Erste Bohrlochvermessung”.

E. DUNKER: „Ueber die Temperaturen in Bohrloche-I. zu Sperenberg” című tanulmánya 1879-ben jelent meg a „Neues Jahrbuch f. Miner. usw.”-ben (p. 116). A sperenbergi fúrás mélysége 1271 m volt. Ugyancsak E. DUNKER: „Ueber die Temperaturbeobachtungen im Bohrloche zu Schladebach” című tanulmánya 1889-ben jelent meg, a „Neues Jahrbuch f. Mineralogie” című lapban. A schladebachi fúrás mélysége 1748 m volt.

A Bányászati és Kohászati Lapok 1915. évi 1. számának 28. oldalán a Technikai hírekben a Hőmérsékletmérések mélyfúrásokban című ismertetésben olvasható, hogy Ohióban egy mélyfúrásban „nyolc mérést végeztek 30,5–908,9 m közötti mélységekben. A mérésre három maximálmérő szolgált azért, hogy minden hibaforrás lehetőleg kiküszöböltsék.”

Az ismertetett tanulmány kiegészítésével kapcsolatos következő évszám 1923, amikor a SCHLUMBERGER testvérek, Conrad és Marcel érték el első gyakorlati sikerüket a föld felszínén végzett elektrikus mérésekkel; amikor a „Steaua Romana” olajvállalatnak dolgozva felfedezték Romániában az Aricești diapir sótömböt, ahol 9 évvel később olajmezőt tártak fel.

A fentiekkel kapcsolatos tájékoztató jellegű ismertetésem, kiegészítésem Marcel SCHLUMBERGER rövid életrajzával egészíteném ki.

Marcel SCHLUMBERGER 1884. június 21-én született Gebweiler községben, Elzászban. Apjának textilgyára volt, s így Marcelnek már gyermekkorában lehetősége nyílt arra, hogy az üzemi étellel és a gépekkel megismerkedjék. Már 10 esztendőskorában pályadíjat nyert az általa tervezett vajkészítő géppel. Tanulmányait 1907-ben fejezte be az École Centrale-ban. 1909-ben egy bányavállalat szolgálatába állott és Szerbiában, Oroszországban, Kis-Ázsiában és Észak-Amerikában járt. Az első világháború szakmai pályafutását néhány évre megszakította. A háború végén Marcel SCHLUMBERGER hadnagyot becsületsértéssel tüntették ki.

A háború utáni években kezdett foglalkozni geoelektromossággal. A hat évvel idősebb fivére, Conrad már 1912 óta tanulmányozta az elektromos méréseket az általa kutatása céljából. Az első kísérleteket Val Richerben együtt végezték. 1919-ben Marcel és Conrad SCHLUMBERGER üzemet és irodát létesített Párizsban, ahol két munkással együtt állították össze első berendezéseiket és innen indultak méréseikre. Első eredményük volt, hogy Normandiában vasérclelőhelyeket találtak.

Az 1923-as évi sikerről már tettem említést. 1926-ban alapították meg a „Société de Prospection Électrique”-t.

Egy évvel később támadt a SCHLUMBERGER fivéreknek az a gondolata, hogy ugyanazokat a méréseket, amelyeket eddig a föld felszínén végezték, fúrólukban is kipróbálva

végezzék, s így közvetlenül ismereteket szerezhessenek az átfúrt rétegsorról, s ezáltal a hosszadalmas és költséges fúrás a minimálisra csökkentsék. Az „elektromos mágvetel” első kísérleti méréseit Pechelbronnból végezték 1927-ben, majd a méréseket 1929-ben Venezuelában folytatták. Itt azonban a méréseknek nem tulajdonítottak megfelelő jelentőséget, a mérések abbamaradtak. Midőn 1931-ben az elektromos ellenálláson kívül a fúrólyukban keletkező természetes elektromos potenciál is felismerhetővé és regisztrálhatóvá vált, így a rétegek tartalmáról, valamint a porózus rétegek helyéről felvilágosítást nyújtott, a módszer ugrásszerű fejlődésnek indult. 1932-ben kezdték a méréseket az Egyesült Államokban, 1933-ban Németországban, majd következtek az Indiában, Argentínában, Mexikóban, Ausztriában, Borneón és másutt végzett mérések.

GOLUBJATNYIKOV szovjet geológus, miután európai körútja során Pechelbronnból megismerkedett SCHLUMBERGERÉK első méréseivel, a velük kialakult tárgyalások eredményeképpen 1929-ben néhány francia szakemberből álló csoport Groznijban és Bakuban végzett méréseket, és szovjet szakembereket képeztek ki. 1933-ban Conrad látogatása után egyezséget kötött a szovjet féllel, és engedélyt kaptak a műszer gyártására.

Marcel SCHLUMBERGER figyelemmel kísérte az elektromos felszíni mérések fejlődését is. Azon felfedezésével, hogy a természetes földi áramot földtani szerkezetek ki-

mutatására lehet fordítani, 1937-ben a geofizika egy újabb mérési módszerrel, a tellurikával gazdagodott.

1936-ban meghalt Conrad SCHLUMBERGER, utána a vállalkozás öccse, Marcel vállaira nehezedett. A második világháború alatt Franciaországban lévén, el volt zárva a tengerentúli munkaterületeitől. A továbbiakban főleg tudományos kutatással foglalkozott. A háború után számos új módszer létesült, melyek (főleg a perforátorok és az oldal-fal-mintavevő készülékek) fejlesztésén sokat dolgozott.

Marcel SCHLUMBERGER mint mérnök felismerte azt, hogy mindig a legegyszerűbb újítások a legmegfelelőbbek. Hivatásában az egyszerűség és a gondos munka jellemezte.

A SCHLUMBERGER testvérek számos szakembert képeztek ki mind Franciaországban, mind a világ különböző olajtermelő államaiban, akik a módszert továbbfejlesztették, tökéletesítették.

Marcel SCHLUMBERGER 52 évvel ezelőtt, 1953. augusztus 20-án, 69 éves korban szívszélhűdés következtében váratlanul hunyt el Val Richerben, abban az évben, amikor az említett tanulmány szerint a magyar olajiparban bekezdett a „mélyfúrási geofizika térhódítása, az analóg korszak.”

*Csath Béla
aranydiplomás bányamérnök, ipartörténész*

HÍREK, BESZÁMOLÓK

IAGA 2009: SOPRON, HUNGARY! BESZÁMOLÓ AZ IAGA TOULOUSE-I KONFERENCIÁJÁRÓL

(10th IAGA Scientific Assembly, Toulouse, 2005. július 18–29.)

Az EÖTVÖS Loránd halála évében (1919-ben) megalakult IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) tevékenységébe Magyarország 1930-ban kapcsolódott be, majd az 1945-öt követő zűrzavaros évek után a Nemzetközi Geofizikai Év sikere tette lehetővé, hogy — a Magyar Tudományos Akadémián keresztül — újból IUGG-tagország lehessünk. Az IUGG tagszervezetei (IAG: geodézia, IAHS: hidrológia, IAMAS: meteorológia, IAPSO: óceán, IASPEI: szeizmológia és földfizika, IAVCEI: vulkanológia, geokémia) közül a legnagyobb létszámú az IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Nemzetközi Földmágnességi Aeronómiai Aszociáció), amely 2005. július 18–29. között a franciaországi Toulouse-ban tartotta meg soros konferenciáját. Érdemes megismerni az IAGA szerkezetével:

- I. divízió: Belső mágneses terek (Internal Magnetic Fields),
- II. divízió: Aeronómiai jelenségek (Aeronomical Phenomena),
- III. divízió: Magnetoszféra jelenségek (Magnetospheric Phenomena),
- IV. divízió: Napszél és interplanetáris tér (Solar Wind and Interplanetary Field),
- V. divízió: Geomágneses obszervatóriumok, terepi kutatások és analízisek (Geomagnetic Observatories, Surveys and Analyses).

Az IAGA ezek mellett két bizottságot: egy történeti (Interdivisional Commission on History) és egy fejlődő országokkal foglalkozó (Interdivisional Commission on Developing Countries) munkabizottságot is működtet.

(Aki ismeri a soproni MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet Geofizikai Főosztálya [az 1955–1972 közötti MTA Geofizikai Kutatólaboratórium] tevékenységét, annak nem hat az újdonság erejével, hogy a soproni geofizika az IAGA mindegyik témakörében érintett: az elektromágneses indukciós mélyszerkezet-kutatástól a geomágneses obszervatóriumon át egészen az űridőjárásig). Emellett jelentős IAGA-tevékenység folyik az ELTE-n, az ELGI-ben, az MTA KFKI RMKI-ban, az MTA Csillagászati Obszervatóriumában, a debreceni Napfizikai Obszervatóriumában, valamint a ME Geofizikai Tanszékén.

Az IAGA öt divíziója és két meteorológiai társszervezet kapcsolódó rendezvényére — valószínűleg szervezési rendellenességek miatt — a vártnál jóval kevesebben, mintegy 910-en jöttek el Toulouse-ba.

Magyarországról az ELTE-t Kis Károly, az ELGI-t két fő (HEGYMEGI László és KISS János) képviselte, az MTA GGKI-ből négyen voltak jelen: LEMPERGER István, NOVÁK Attila, SZARKA László és ZIEGER Bertalan (Z. B. Pillanatnyilag német színekben).

A szokásos intenzitású magyar közreműködés: szóbeli és poszter előadások, valamint egy felkért előadás (HEGYMEGI László) mellett magyar szempontból különös izgalmat jelentett, hogy India (Hyderabad) és Mexikó (Querétaro) mellett Magyarország (Sopron) is pályázott a 2009. évi, 11. IAGA-konferencia rendezési jogának elnyerésére. Amint az IAGA eddigi és következő rendezvényeinek listáján a

www.iugg.org/IAGA/iaga_pages/admin/assemblies/iaga_assemblies.htm

cím alatt már szerepel az örvendetes hír: a versengés nyertese Sopron lett. Ez tényleg nagy szó, mert a földrajzi egyenletlenség ellenére (2005 IAGA: Toulouse, 2007: IUGG General Assembly: Perugia) sikerült győznünk, mégpedig a részt vevő országok hivatalos delegátusainak többségi szavazata alapján.

Az 1985-ös budapesti EAEG-konferenciával összemérhető nagyságú rendezvény jön tehát négy év múlva Sopronba: az összevont IAGA+SCOSTEP konferencia (SCOSTEP=Scientific Commission on Solar-Terrestrial Physics) résztvevőinek várható száma mintegy ezeröttszáz lesz.

A Toulouse-i konferencia honlapját sajnos máris levették a web-ről, de szerencsére felkerültek a közérdeklődésre számot tartó előadások pdf-fájljai:

www.iugg.org/IAGA/iaga_pages/admin/assemblies/toulouse_2005/toulouse_reports.htm

Ezek közül különösen David LOPER: A mágneses tér és az élet, valamint Sunanda BASU: A Nap–Föld rendszer éghajlat és időjárása című előadások képeit ajánlom az érdeklődők figyelmébe. Daniel BAKER előadás-összefoglalójából az IGY+50 és a eGY fogalmakkal, azaz a Föld Bolygó Nemzetközi Éve (International Year of Planet Earth) geofizikai társakcióival ismerkedhetünk meg: IGY+50=1957+50=2007 (a Nemzetközi Geofizikai Év 50. évfordulója), eGY = Electronic Geophysical Year, jelezve, hogy a 21. század elején a földfelszíni (obszervatóriumi, terepi, laboratóriumi) és űrbeli elektronikus geofizikai adatbázisok kerülnek az érdeklődés homlokterébe. A negyedik (időrendben első) átfogó előadásban Jean-Louis LE MOUËL a geomágnesség új korszakának jelentőségét méltatta.

A különféle szekciókba beküldött előadás-összefoglalók CD-jét a magyar résztvevők bármelyike szívesen az érdeklődők rendelkezésére bocsátja.

A szervezési munka Sopronban máris elkezdődött: annak állásáról (folyamatosan) a

www.ggki.hu/IAGA_2009

címen lehet értesülni.

Idevágó hír, hogy az IUGG magyar nemzeti bizottságának legutóbbi ülésén az IAGA magyar nemzeti képviselői tisztségét („national correspondent”-i megbízatását) hosszú idő óta betöltő VERŐ József leköszönt, és javaslatára az utódja egyelőre SZARKA László, a 2009-es soproni IAGA-pályázat fő kidolgozója lett.

Az IAGA magyar nemzeti bizottsága legközelebbi ülésére — amely ülés a soproni LOC megalakulása is lesz egyben — az összes hazai, az IAGA-témakörök valamelyi-

kével foglalkozó kutatót szeretnénk meghívni. A 2009-es soproni IAGA konferencia (várhatóan a SCOSTEP-pel együttes rendezvény) sikere érdekében minden javaslatot, ötletet szívesen fogadunk személyes email-címeinken, de akár a helyi szervező bizottság

iaga_2009_sopron@ggki.hu
címén is.

Szarka László

GEOTERMİKUS (IGA) VILÁGKONGRESSZUS

2005. április 24-29, Antalya, Törökország

*A fenti cikk rövid összefoglalója Gööz Lajos „A geotermális, azaz a földhő energiájának hasznosítási helyzete” című cikkének, amely a ZÖLDTECH magazin 2005 május 10-i számában jelent meg. Aki-
ket a téma részletesebben érdekel, azok az említett
lapban megtalálhatják.*

A szerkesztőség

A törökországi Antalya-ban rendezték meg a geotermikus világszervezet, az IGA (International Geothermal Association) világkongresszusát, amelyre ötévenként kerül sor.

Az elemzések azt jelzik, hogy 9,3 milliárd ember lesz 2050-ben a várható világnépesség. Az ő energiaszükségletük kielégítésére 6-szor annyi energia lenne szükséges, mint amennyit a világ 2000-ben megtermelt. A 2000. év kereskedelmi felhasználásának több mint 80%-a fosszilis üzemanyagokból származott, így elsősorban kőolajból, földgázból és kőszénből. Ezek azonban világméretben folyamatosan fogyanak.

A fosszilis üzemanyagok nem megújuló energiaforrások. A nagyfogyasztók közül az USA például az eredeti, hatalmas kőolajbázisának már felét kitermelte. Ugyanakkor a geotermális energia tartaléka rendelkezésre álló, és hasznosítható energiaként 50 000-szer nagyobb, mint a világ összes olaj- és gázenergia-forrása. Fontos még a geotermális energiáról megemlíteni, hogy független a

globális gazdasági hatásokról, és használatával lényegesen csökkenthető a légkör felmelegedése, illetve szennyezése is, ami a fosszilis energiahordozók hasznosításának elkerülhetetlen következménye.

Az antalyai világkongresszus új megvilágításba helyezte a geotermális energia hasznosítását. 83 ország 1500 küldöttje 705 előadásban elemezte a felhasználás adottságait és lehetőségeit minden geológiai, műszaki, hasznosítási téren. A felmérések ennek az energiának jelenlétét és hasznosítási lehetőségeit 90 országra vonatkozóan írják le, ezek közül egyelőre még csak 71 országban hasznosítják, és villamos energia termelésére pedig jelenleg mindössze 24 országban használják.

Ma 10 000 MW-ra becsülhető a geotermális villamos kapacitás. A geotermia ipar évi fejlődése pedig 3,5%-os. A legnagyobb és leggyorsabb százalékos növekedés a hőszivattyúk terén jelentkezett, elsősorban az USA-ban, Svédországban, Svájcban és Ausztriában. Igen érdekes a geotermális energia felhasználási és foglalkoztatottsági mutatóinak értékelése is.

A hazai beruházók számára az amerikai tapasztalatok a leginkább figyelemre méltók, mivel ott 100 °C alatti hévizek hasznosításával is dolgoznak. Az új hőszivattyús megoldásokkal a német, svéd, svájci és osztrák tapasztalatokat kell követnünk, amelyek egyszerű és gazdaságos megoldások, különösen helyi, gázmotoros villanyerőművel összekapcsolva.

50 ÉVE VÉGEZTÜNK...

(igen, már egy fél évszázada, hogy az ELTE szárnyra bocsátotta az első geofizikus évfolyamot)

A „vas és acél országát” építettük 1951-ben, akkor, amikor létrehozták a Geofizikai Tanszéket az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karán. Abban az időben a TTK még a Múzeum körüli egyetemi épületekben volt, azon belül a Geofizikai Tanszék az „A” épület harmadik emeletén, ma már ez is történelem. A RÁKOSI Mátyás nevével fémjelzett éveket éltük akkor, ebben az évben szüntették meg például a hagyományos érettségi ballagást, jelezvén, hogy a múltat végképp el kell törölni. Az első geofizikus évfolyamra felvett 17 hallgatónak mintegy fele gimnáziumi érettségivel, a többiek pedig szakérettségi után

kerültek az egyetemre. Új szakról lévén szó, a gimnáziumban érettségizettek eredetileg más szakra jelentkeztek, ahova rendszerint helyhiányra való hivatkozással nem kerültek be, és ezért az új — a felvételizők által ismeretlen — szakra irányították őket. A szakérettségiről tudni kell, hogy annak célja a munkás- és parasztszármazású, politikailag megbízható értelmiség minél előbbi kinevelése volt. Ennek keretében egyeseknek lehetőségük nyílt arra, hogy a háborút követő időszak családi vagy anyagi nehézségei miatt félbeszakadt gimnáziumi tanulmányaikat befejezhessék. Mások viszont munkahelyi javaslatra (sokszor csak

6 elemi végzettséggel) kerültek az egyéves kollégiumi képzésbe, amelynek végén érettségihez jutottak és biztosították számukra az egyetemi felvételt.

Talán nem nehéz elképzelni, hogy ez utóbbiak miatt kicsoda képzettségbeli és kulturális szakadék választotta ketté az évfolyamot. Az „uralkodó osztályokat” képviselő szakértettségek az alulképzettségük miatti kisebbségi komplexusukat harcos osztályöntudattal kompenzálták, ugyanakkor viszont rá voltak szorulva diáktársaik segítségére. Hamarosan kiderült, ki tehetséges és ki nem, ki az, aki jóindulattal közeledik a másik csoporthoz, és ki az, aki nyílt ellenségeskedést szít. Az oktatóknak — a kiadott „direktíva” szerint — mindent meg kellett tenniük, hogy a szakértettségek ne morzsolódjanak le. Ez az irányelv befolyásolta a tanszemélyzetet is, talán ennek eredményeként született egyszer egy „alig elégséges” vizsgajegy is, amelyvel az egyik oktatónk tiltakozni kívánt a minőségromlás ellen. A gimnáziumban végzetek szakértettségs tanulópart kaptak, és felelősséggel tartoztak párjuk tanulmányi előmenetelért. Az 1953-as Nagy Imre-kormány enyhített az előírásokon, ennek következtében a gyengébbek lemorzsolódhattak. Volt, akit sajnáltunk, mert jóindulatú volt, de a bajkeverőktől való megszabadulás nagy megkönnyebbülést jelentett. Ekkor szűnt meg az évfolyamon addig uralkodó kölcsönös gyanakvás és bizalmatlanság és kialakult a mai napig tartó barátság.

Az egyetemi oktatás abban az időben szigorúan kötött keretek közt folyt. A diákokat tanulókörökbe osztották, amelyeknek az élén egy politikailag feltétlenül megbízható csoportvezető állt, aki felelősséggel és jelentésbeli kötelezettséggel tartozott diáktársai viselkedését illetően, beleértve az órák látogatását is. Ennek következtében a csoporttagoknak minden előadáson egy kupacban kellett ülniük azért, hogy kellőképpen szem előtt legyenek. Ez a szigorú előírás azonban nem gátolt meg bennünket abban, hogy sok esetben máig tartó jó barátságot ne alakítsunk ki a rokon szakmák képviselőivel, akikkel közös óráink voltak.

Az újonnan létrehozott tanszék vezetője EGYED László lett, aki ezt megelőzően a Földtani (Vadász-) Tanszéken már tartott geofizikai tárgyú előadásokat, elsősorban geológus hallgatók részére. A tanszékhez tanársegédként 1952-ben SZEMERÉDY Pál, majd 1953-ban VARGA Imre csatlakozott. 1954-ben félállású oktatóként, adjunktusi beosztásban STEGENA Lajos oktatta a szeizmikát és a geokémiát.

EGYED László bemutatkozó találkozáson alkalmával közölte, hogy tanulmányaink végére nekünk félig fizikussá, félig geológussá, de mindenekelőtt geofizikussá kell válnunk. Úgy igyekezzünk, hogy tanulmányaink végére mindhárom kritériumnak megfeleljünk. Új tanszékvezető lévén bennünket, első diákjait kissé saját gyermekeinek tekintett és mint mentorunk folyamatosan figyelemmel kísérte előmenetelünket. Ha valami neki nem tetsző dolgot művelünk, akkor raportra rendelt bennünket. Szobájában felsorakoztatva, fel-alá járva előttünk dörögte el kifogásait. Az volt az ambíciója, hogy a keze alól diplomásként kikerülők az ő Geofizikai Tanszékének jó hírnevét vigyék szét a szakmában.

Tudománytörténeti szempontból talán nem érdektelen felsorolnunk, hogy tanulmányaink során milyen tárgyakat milyen óraszámban hallgattunk (előadás+gyakorlat) és kik voltak előadóink. Indexünkben a tantárgyak felsorolása természetesen az ideológiai tárgyakkal kezdődött.

I. évfolyam	
1. félév	Óraszám
Marxizmus-leninizmus	2+2
Kísérleti fizika (PÓCZA Jenő)	4+2
Ásványtan (SZÉKYNÉ FUX Vilma)	4
Ásványtan gyakorlat (BARABÁS Andor)	3
Analízis I. (CSÁSZÁR Ákos)	4+3
Algebra és geometria (VINCZE István)	2+2
Kémiai alapismeretek (NYILASI János)	3
Honvédelmi ismeretek	3
2. félév	
Marxizmus-leninizmus	2+2
Kísérleti fizika (PÓCZA Jenő)	4+2
Ásványtan (SZÉKYNÉ FUX Vilma)	4
Ásványtan gyakorlat (BARABÁS Andor)	3
Analízis I. (CSÁSZÁR Ákos)	3+3
Algebra és geometria (VINCZE István)	3+2
Kémiai alapismeretek (NYILASI János)	3
Honvédelmi ismeretek	3
II. évfolyam	
1. félév	
Marxizmus-leninizmus	2+2
Kísérleti fizika II. (PÓCZA Jenő)	4+2
Közettan (SZÁDECZKY KARDOSS Elemér)	4
Analízis II. (CSÁSZÁR Ákos)	5+3
Fizikai laboratórium (GÉMESI József)	5
Elemző földtan (VADÁSZ Elemér)	3
Orosz nyelv	2
Honvédelmi ismeretek	3
2. félév	
Marxizmus-leninizmus	2+2
Kísérleti fizika II. (PÓCZA Jenő)	4+2
Közettan gyakorlat (BARABÁS Andor)	4
Analízis II. (CSÁSZÁR Ákos)	5+3
Fizikai laboratórium (GÉMESI József)	5
Elemző földtan (VADÁSZ Elemér)	3
Orosz nyelv	2
Honvédelmi ismeretek	3
III. évfolyam	
1. félév	
Politikai gazdaságtan (JÓZSEF Róbert)	2+2
Geofizika (EGYED László)	4
Geodézia (L' AUNÉ Ottó)	3+1
Elméleti fizika (NAGY Károly)	3+1
Kőolajföldtan (KERTAI György)	2
Numerikus&grafikus módszerek (HAJÓS György)	2+1
Földtörténet (MEISEL Jánosné)	2
Fizikai laboratórium (BARNA Péter)	5
Orosz nyelv	2
Honvédelmi ismeretek	3
2. félév	
Politikai gazdaságtan (JÓZSEF Róbert)	2+2
Geofizika (EGYED László)	4
Geodézia (L' AUNÉ Ottó)	1+2
Elméleti fizika (NAGY Károly)	3+1
Kőolajföldtan (KERTAI György)	2
Kiegyenlítő számítás (L' AUNÉ Ottó)	2+1

Csillagászat (HERCZEG Tibor)	2
Földtörténet (MEISEL Jánosné)	2
Fizikai laboratórium (BARNA Péter)	5
Orosz nyelv	2
Honvédelmi ismeretek	3
Földtani térképezés (VARGA Imre)	2
Geofizikai számítások (EGYED László)	2

IV. évfolyam

1. félév

Marxista filozófia	2+2
Geofizika (STEGENA Lajos)	4
Elméleti fizika (NAGY Károly)	2
Csillagászat (HERCZEG Tibor)	2
Meteorológia (DÉSI Frigyes)	2
Gyakorlati elektromosságtan (FARAGÓ Péter)	2+1
Alkalmazott földtan (VITÁLIS Sándor, PANTÓ Gábor)	3
Magyarország földtana (VADÁSZ Elemér)	2
Geofizikai laboratórium (SZEMERÉDY Pál, STEGENA Lajos)	8
Orosz nyelv	2
Honvédelmi ismeretek	3

2. félév

Marxista filozófia	2+2
Geofizika (EGYED László)	4
Elméleti fizika (NAGY Károly)	2
Általános geofizika (EGYED László, BARTA György)	3
Gyakorlati elektromosságtan (FARAGÓ Péter)	2+1
Alkalmazott földtan (VITÁLIS Sándor, PANTÓ Gábor)	3
Magyarország földtana (VADÁSZ Elemér)	2
Geofizikai laboratórium (SZEMERÉDY Pál, STEGENA Lajos)	8
Orosz nyelv	2
Honvédelmi ismeretek	3
Atommag fizika (SZAMOSI Géza)	2

Utólag visszagondolva tantervünk szinte minden olyan tárgyat tartalmazott, amire későbbi pályánk során szükségünk volt. Mai szemmel feltűnhet a számítástechnika hiánya, de abban az időben a kibernetika „imperialista áltudomány” minősült, az analóg számítógépek létezéséről is csak informális úton szerezhettünk tudomást.

A felsorolásból látható, hogy számos neves előadónk volt, de sok nagy tudású szakember nem feltétlenül jó előadó. Volt, akinek óráit kifejezetten élvezettel hallgattuk, volt, akinek óráit nehéz volt ébren átvészelnünk és voltak olyan órák is, amelyeken kifejezetten szenvedtünk. Néhány szót kedvenc tanárainkról. Becsültük EGYED Lászlót, aki nem tartozott a jó előadók közé, de mindent elkövetett azért, hogy megszerettesse velünk szakmánkat, amelybe valamennyien úgy csöppentünk bele, mint Pilátus a Credóba. E törekvését siker koronázta, mert most, ötven év távlatából visszatekintve megállapíthatjuk, hogy senki sem bánta meg, hogy geofizikus lett. Szerettük SZÉKYNÉ FUX Vilmát, aki jóságos szigorúsággal kalauzolt bennünket az ásványok birodalmában. Tiszteltük CSÁSZÁR Ákost kimért precizitásáért, NAGY Károlyt elegáns levezetése miatt. Kedveltük STEGENA Lajost önróniát sem nélkülöző lezserségéért, NYILASI Jánost kémiaiával kapcsolatos praktikus tanácsaiért. Sokat köszönhetünk a különböző labor-foglalkozásoknak, ahol megtanultuk, hogy alig

használható eszközökkel és műszerekkel hogyan lehet jó mérési eredményeket produkálni. E mérési tapasztalatoknak nagy hasznát láttuk a későbbiekben. A matematikai és fizikai tárgyakat a fizikusokkal és meteorológusokkal, míg a földtani tárgyakat geológusokkal, ill. a földrajz-földtan szakosokkal együtt hallgattuk. Geodéziai gyakorlatra a Műegyetemre jártunk, az előadásokat is műegyetemi tanár tartotta.



Bányalátogatás után Dorogon. Ide kívánczik az NDK gyártmányú kobakban (vagy „Stabi”-sapkában) talált, remekre „műfordított” használati utasítás felidézése: „Kezesség érte biztosság, felé ütés, csak ha Stabi-sapka nem hideg-ba.” Mi a sapkát természetesen ezen utasításnak megfelelően nyomtuk a fejünkbe

Az egyetemi képzéshez szervesen hozzátartozott a honvédelmi oktatás, amelynek keretében légvédelmi géppuskás kiképzést kaptunk, és megtanultuk többek között a 48 mintájú maroklófegyver alkatrészeit, szét- és összeszerelését is, anélkül, hogy a fegyvert a markunkba adták volna. Kellems emlékként őrizzük viszont a múzeumkerti órák emléket, amikor a légvédelmi géppuskán a löelemek beállítását gyakoroltuk. A fiúk az I. és II. év után egy-egy hónapos nyári katonai táborban „nyaraltak” Nógrád mellett. A lányok részére a táborozást nem tudták megoldani, így IV. félévtől kezdve már az elméleti órák látogatása alól is felmentették őket (óh, női egyenjogúság!?). A fiúk minden táborozás után egy-egy fokozattal feljebb léptek a katonai ranglétrán. Az „élkatonák” két fokozatot is ugorhattak (a mi évfolyamunkon ilyen nem fordult elő). A honvédelmi nevelés betetőzése a diploma megvédése utáni 3 hónapos tartalékos tiszti kiképzés volt, amelynek végén a résztvevők tartalékos alhadnagyi vagy hadnagyi rendfokozatot kaptak. Ebből évfolyamunk férfitagjai a körülmények szerencsés alakulása (szeptemberi államvizsga) folytán egy-két kivételtől eltekintve megmenekültek, így többségük tartalékos tizedesként jutott el az obsitosságig.

A marxizmus-leninizmus oktatása előadásokból és szemináriumokból állt. Ez utóbbiakat általában diáktársaink tartották, akik előzetes felkészítésben részesültek. Az előadások és szemináriumok általában nem váltottak ki különösebb érdeklődést a résztvevőkből, de természetesen kerülhetetlen harcot vívtunk a „kémek, kártevők, szabotőrök, diverzánsok, szajtátik és gyilkosok elvtelen bandája” ellen. A szemináriumokra a klasszikusok (MARX, ENGELS, LENIN és SZTÁLIN) tanulmányozásával kellett (volna) felkészülnünk. Kezdeti keserves igyekezetünk azonban igen gyorsan

lelohadt, miután a klasszikus marxista irodalom számunkra emészthetetlennek bizonyult. A történethez tartozik, hogy egyes „szerencsés” kiválasztottak abban a megtiszteltetésben is részesültek, hogy Ifjú Gárda csoportok keretében, reggel 7 óra járva, külön ideológiai képzésben részesültek. A marxista szellemiség a szakterületeken is megnyilvánult. Néhány tanulságos, lelkesítő felirat a földtani nagyelőadóból: „A tanulás a tudás akarása, a vizsga a tanulási készség aratása” vagy a következő, talán még ennél is szebb: „A marxista geológus kalapácsa a haladás fegyvere” stb. A marxizmus-leninizmus órákon és szemináriumokon való kötelező részvétel, valamint a honvédelmi ismeretek órái feleslegesen sok időt raboltak el szabadidőnkől, bár az utóbbiaknak köszönhetően a fiúk, két hónap nyári tábort kivéve, megúszták a katonaságot.

Mi voltunk az utolsó középiskolai évfolyam, akik a latin mellett még nyugati nyelvet tanultunk. Így orosz nyelvi tanulmányainkat az egyetemen kezdtük, sok esetben olyan tanárok segítségével, akik érzésünk szerint egy-két leckével jártak előttünk. Az eredmény az oktatás színvonalát tükrözte, a szakszövegek körülbelüli megértéséig még csak-csak eljutottunk, de kommunikációs képességünk a nullával volt egyenlő. Ez utóbbi hiányát a későbbiekben, a szinte kizárólagosan orosz nyelvre korlátozódó nemzetközi kapcsolatokban igencsak megtapasztaltuk.

A szakmai tárgyakról aránylag röviden emlékeztünk meg. Egyrészt azért, mert azok oktatásának színvonala ugyanúgy, mint manapság, az előadó tudásától és habitusától függött, másrészt pedig azokra az emlékeinkre koncentráltunk, amelyek ma már, szerencsére, anakronisztikusnak hatnak. A tanulást nehezítette a tankönyvek és jegyzetek jelentős hiánya. Elsősorban saját jegyzeteinkre voltunk utalva, amelyeknek hiányosságait főleg a vizsgaidőszakban tapasztaltuk — ekkor aztán sokszor késő estébe nyúlóan folyt a jegyzetek egyeztetése.

A munkásosztállyal való kapcsolat ápolását volt hivatva szolgálni Sztálinváros (Dunaújváros) és a Népstadion építésében való közreműködésünk, ahol nem látszott kitörő lelkesedés a művezetők arcán, amikor munkára-harcra készen megjelentünk. Többnyire deszkákat és gerendákat kellett egyik helyről a másikra cipelnünk, miközben az volt a benyomásunk, hogy egy utánunk jövő társasággal ugyanezt fogják végeztetni, csak ellenkező irányban. Hasonló célt szolgált a Corvin áruház néptáncsoportjában való részvételünk, ami a nagy erőlködés ellenére néhány alkalom után hamvába holt.

Mint az ötvenes években mindenki, mi is nehéz körülmények között éltünk. Pénz és alkalom hiányában legfőbb szórakozásunk a műegytemi lemezestek látogatása volt, ahol klasszikus lemezek mellett Gershwin is lehetett hallgatni, ami az egyik legveszélyesebb imperialista méltelynek számított akkoriban. A tanulmányi osztály, annak ellenére, hogy a lemezestek a Műegytemen teljesen legális keretek között szerveződtek, nem vette jó néven az ilyen elhajlásokat.

Említést érdemel még az, hogy ezekre az évekre esett az egyetem fűtésrendszerének átalakítása, ezért hosszú ideig a kályhafűtés már nem, a központi fűtés meg még nem működött. Mindez természetesen a téli hónapokban, elősegítve a fagyálló új értelmiség kinevelését.

Hogy kellemtlenebb dolgokról is szó essék, az 50-es évek eleje lévén dühöngött az „osztályharc” és az „éber-

ség”. Ennek lett áldozata egyik szókimondásáról híres évfolyamtársunk, aki nem volt képes magában tartani véleményét. Sok más, nem éppen a Párt irányvonalának megfelelő kijelentése után az utolsó csepp az volt a pohárban, mikor kijelentette, hogy SZTÁLIN nem más, mint egy ravasz paraszt, ezért aztán zárt fegyelmi tárgyaláson kizárták az ország valamennyi egyeteméről. A kor körtünetéhez tartozott, hogy SZTÁLIN halálakor egyik Kossuth-díjas akadémikus előadónk könnyes szemekkel méltatta „a Nagy Vezér” érdemeit. Ugyanez az előadó „kozmpolita” elhajlásnak ítélte a lányok fru-fru hajviseletét és a barna kordbársony öltönyt.



Civilben a „Károlyi-tanszéken”. Balról jobbra: BALATONI Antal, RUMPLER János, ACZÉL Etelka, PINTÉR Anna, KORDA Péter, SZABÓ Zoltán, DIVÉKY Adorján, ülnek: KÁDÁR József, VÁRFALVI Lajos

Egy másik, talán még elképesztőbb történet, hogy egy velünk párhuzamos évfolyamra járó fiút eltitkolt kulák származása miatt fosztottak meg a továbbtanulás lehetőségétől. Ez utóbbi eset élénken él valamennyiünk emlékezetében, mert — nyilván példastatuálási szándékból — a fegyelmi tárgyalását az „A” épület Ásványtani Nagyelőadó-jában tartották, ahol mindenkinek jelen kellett lennie. Az inkvizíciós légkörben lefolytatott eljárás a „bűnös” szülőfaluja párttitkárának kezdeményezésére indult. A párttitkár, értesülvén arról, hogy a falu egyik kulákká minősített gazdájának fiát felvették az egyetemre, azonnal jelezte e fantasztikus törvényteleniséget az egyetem párt-szervezetének. A tárgyalás legmegdöbbentőbb mozzanata az volt, hogy a bűnös arra a kérdésre, hogy miért hallgatta el kulák származását azt felelte: „mert tanulni akartam”. A tárgyalás nyomasztó légköre hosszú időkre befolyásolta közérzetünket.

Egy diákkori visszaemlékezés nem fejeződhet be néhány humoros történet felidézése nélkül. A számtalan esetből csak néhány gyöngyszemet emelünk ki. Egyik kollégánk marxizmus vizsgán nagyfokú tájékozatlanságot árult el. Miután az illető a „lehetőleg nem buktatandó” kategóriába tartozott, a vizsgáztató mentő kérdésként megkérdezte, hogy tudja-e mi a lenini hármasszó. (A marxizmus-leninizmus terén hiányos műveltségű olvasó kedvéért erre azt kellett volna válaszolni, hogy „Szilárd szövetségben a szegényparasztsággal, semlegesítve a középparasztokat, kíméletlen harc a kulákok ellen”.) Barátunknak a kérdés hallatán felcsillant a szeme, végre valami, amire tudja a

választ, kihúzta magát és rávágta: *Lenin élt, Lenin él, Lenin élni fog!* De hasonlóan idevaló a szakmai ismeretek terén kinyilvánított tájékozottsága is. Közvetlen vizsgán SZÁDECZKY professzor mentő kérdésére, hogy mi a struktúra és textúra közti különbség, válasza a következő volt: *Mindkettő leginkább északon fordul elő.* Mindez természetesen még a lemorzsolódások előtt történt.

Szakmai gyakorlatra harmadév nyarán került sor, amikor felváltva két-két hetet töltöttünk az ELGI terepi csoportjainál, nevezetesen REMÉNYI Gyurka graviméteres, ERKEL Bandi geoelektromos és ÁDÁM Oszsi szeizmikus csoportjainál. Nem hivatalos szakmai képzésünkhöz hozzátartozott az is, hogy nyaranta az ELGI, vagy a MASZOLAJ terepi csoportjaiban dolgoztunk terepi segédmunkás beosztásban. Az így szerzett terepi és szakmai tapasztalatok mellett az sem volt elhanyagolható, hogy a 2,40-Ft-os órábéréen felül az évtizedekig változatlanul hagyott 31 Ft napidíjat és 15 Ft szállásdíjat is kaptuk.

Tanulmányaink végén 6 hónap állt rendelkezésünkre az ún. szakdolgozat elkészítésére és az államvizsgára való

felkészülésre. Elhelyezkedési problémákkal nem kellett foglalkoznunk, mert az egyetem döntötte el, kit hová helyeznek. Valószínűleg EGYED tanár úrnak köszönhetjük, hogy többé-kevésbé mindenki oda került, ahová szeretett volna.

Végezetül álljon itt az 50 éve végzettek névsora: ACZÉL Etelka, BALATONI Antal, DIVÉKY Adorján, KÁDÁR József, KORDA Péter, PINTÉR Anna, RUMPLER János, SZABÓ Zoltán, VÁRFALVI Lajos.

Emlékeinket kortársainkon kívül elsősorban a mai és a jövődöbéli ifjúságnak szántuk, hogy legalább valamennyire elképzelhessék, hogyan is zajlott az egyetemi ifjúság élete az 50-es évek első felében.

Ezen vissza nem térő kerek évforduló alkalmával szeretetteljes tisztelettel gondolunk oktatóinkra és fájdalommal emlékezünk azokra az évfolyamtársainkra, akik már nincsenek közöttünk.

Fentieket a kollektív emlékezet nyomán lejegyezte

Szabó Zoltán

In Memoriam:

WINDHOFFER GÁBOR

1977–2005

Pár napja kaptuk a megdöbbentő és hihetetlen hírt: WINDHOFFER Gábor kollégánk és barátunk egy tragikus barlangi balesetben életét veszítette. Azóta is lessük a híradásokat, várjuk a fájdalmas részleteket Spanyolországból. Emészjtük az emészthetetlen: már most nagyon hiányzol.

WINDHOFFER Gábor debreceni gimnáziumi tanulmányait követően került Budapestre, az ELTE geofizikus szakára. 2000-ben diplomázott, szakdolgozati eredményeit nyomban publikálta, és számos nemzetközi és hazai konferencián bemutatta. Doktori kutatásait az ELTE TTK Doktori Iskoláján kezdte meg, amelynek középpontjában a Pannon-medence aktív tektonikai folyamatai, a recens feszültségtér, reológia és deformáció kapcsolata álltak. Hazánk egyik legizgalmasabb területét — és egyben szűkebb páttriáját —, a Derecske-árok fiatal deformációját vizsgálta geofizikai és földtani adatokra támaszkodva. A klasszikus vizsgálati módszerek mellett hazánkban elsőként végzett analóg (homokasztalos) modellezést a vetők ismételt felújulását tanulmányozandó. Aktivitására jellemző, hogy egy hosszabb, amszterdami ösztöndíjon túlmenően rendszeresen járt külföldi konferenciákra,

továbbképzésekre, megbeszélésekre. Fialat kora és sajnálatosan rövid szakmai pályafutása ellenére számos tudományos közleménye jelent meg, ill. áll megjelenés alatt. Értékes szellemi hagyatéka — bár a doktori dolgozatát a tragédia miatt nem sikerült befejeznie — bizonyosan nem vész el.

Gábor szinte gyermeki szeretettel élvezte az életet. Sosem feledem, hogy két éve, az igen sikeres hollandiai tanulmányútjának búcsúestjét Európa legnagyobb vizes csúszdájában, a wassenaari akvaparkban töltöttük. Akkor 26 évével az egyik legidősebb vendég volt... Szenvedélye volt a barlangászás: a sors kegyetlen játéka, hogy életének legnagyobb kalandja az életébe került. Hítte, hogy minden napnak minden pillanata új lehetőséget rejt, melyeket igyekezett sosem elmulasztani. A legnagyobb adománnyal bírt: szerette az embereket, a társaságot, a körülötte lévő világot. Sok barátja volt itthon is és szerte a világban, Romániától kezdve Olaszországon át Hollandiáig. Közvetlen, nyugodt, szeretetre méltó természetéből angyali békesség és kedvesség áradt. Nem csoda, hogy oly sokan gyászoljuk őt mély fájdalommal a lelkünkben. Mindannyiunk nevében búcsúzom most tőled: Isten veled, Windy!

Bada Gábor



