

TISZTELT KOLLÉGÁK!

Tisztelt Kollégák! — Gratulálunk Tóth Lajosnak..... 1

MGE

Beszámoló az 1999. április 9-i közgyűlésről — Koszorúzás Eötvös Loránd sírjánál 2

SZAKCIKKEK

Földrengések fraktálanalizise. Az ismétlődési időtartamok eloszlásáról
Bodri Bertalan 12

Budapest valószínűségi földrengés-veszélyeztetettsége
Zsíros Tibor 23

CIKKEK

Az Eötvös-inga története — *Szabó Zoltán* 26

Geofizikai kutatások Mongóliában III. rész — *Karas Gyula, Zsille Antal* 39

HÍREK, BESZÁMOLÓK

Nemzetközi tudományos konferencia Ádám Antal, Bencze Pál és Wallner Ákos tiszteletére 44

40. évfolyam 1. szám



1999

Tisztelt Kollégák!

A Magyar Geofizikusok Egyesületének 1999. évi tisztújító közgyűlésén már a harmadik választási ciklusra újjították meg Tisztelt Kollégáim főszerkesztői megbízatásomat. Nagyon köszönöm bizalmukat a Magyar Geofizika teljes szerkesztőbizottsága nevében. Úgy érzem, ez egyben azt is jelenti, hogy a lap tetszik, a lappal kapcsolatban az Egyesület tagságának nincsenek alapvető kifogásai. Ez örömmel és meglelégedéssel tölt el. Viszonzásként ígérem: erónk és lehetőségeink szerint a jövőben is arra fogunk törekedni, hogy a lehető legjobb színvonalú, a legérdekebb, lehetőleg minden, bennünket érintő kérdéstről tájé-

koztató lapot adhassunk Kollégáink kezébe.

Szeretném felhasználni még a lehetőséget, hogy nyilvánosan megköszönjem mind a szerkesztőbizottság tagjainak, mind szerzőinknek, hogy az elmúlt években munkájukkal illetve cikkeikkel járultak hozzá a Magyar Geofizika eredményes megjelentetéséhez. Köszönöm önkéntes és áldozatos munkájukat!

Bodoky Tamás
főszerkesztő

GRATULÁLUNK TÓTH LAJOSNAK

Tagtársaimnak és lapunk olvasóinak büszkén jelentem, hogy lapunk munkatársát, TÓTH Lajos szerkesztőt a Magyar Tudományos, Üzemi és Szaklapok Újságírói Egyesülete

Bronz Toll oklevéllel

tüntette ki.



Gratulálunk neki ehhez a szép elismeréshez és egyben megragadom az alkalmat arra is, hogy megköszönjem kiváló és lelkiismeretes munkáját, amelyet a Magyar Geofizika színvonalának javításáért 1992 óta folyamatos lelkesedéssel végez.

Bodoky Tamás



Virágok ... Közgyűlés '99

BESZÁMOLÓ A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK 1999. ÁPRILIS 9-ÉN TARTOTT KÖZGYŰLÉSÉRŐL

Mielőtt rátérnénk a beszámolóra, emlékeztetnünk kell arra, hogy 1998 őszén egyesületünk elnyerte a *közhasznú* minősítést, ez pedig az alapszabály módosításával járt. A közgyűlést érintő változtatás abban állt, hogy a jogszabály nem teszi lehetővé a levélben történő szavazást, illetve a közgyűlés határozatképességéhez a tagok 50%-a plusz egy fő jelenléte szükséges.

A közgyűlés előkészítése természetesen már a módosított alapszabály alapján történt. A Jelölő Bizottság előkészítette a három évenként esedékes nagyobb mértékű tisztújítást. A meghívóban az elnökség jelezte, hogy amennyiben a közgyűlés határozatképtelen, akkor ennek megállapítása után rövid idővel újabb közgyűlést hív össze, ahol már nincs ilyen szigorú kikötés a résztvevők számával kapcsolatban.

A közgyűlés színhelye a MTESZ Kossuth téri Konferencia Központja volt, mégpedig a várható érdeklődésre való tekintettel az első emeleti nagyterem. A 13 óra 30 percre meghirdetett közgyűlés határozatképtelen volt, mivel a szükséges több mint 300 résztvevő helyett csak nagyjából százan voltak jelen. Ezért a meghívóban is jelzett 14 órakor kezdődött a megismételt közgyűlés.

igazgatóját.

A hivatalos teendőkhöz tartozott még, hogy felkértük BELLÉR Évát, ügyvezető titkárunkat a jegyzőkönyv vezetésére és két tagtársunkat, MOLNÁR Károlyt és POSGAY Károlyt a hitelesítésre.

Miután a jelenlévők az előre meghirdetett napirendet elfogadták, megkezdődött a közgyűlés érdemi része.

Először vendégeink üdvözölték a közgyűlést. MICHELBERGER Pál bevallotta, hogy életében először van geofizikusok között, de az iparban eltöltött élete során megtanulta, hogy az igazi alkotás az, ami kézbe fogható, működik, hasznot hoz és munkahelyet teremt. Ebben a szellemben mondta el gondolatait a tudomány és az ipar fejlődéséről, EÖTVÖS Lorándról, majd sok sikert kívánt a közgyűlésnek. MAJOR György egyben az Asztronautikai Társaság nevében is köszöntötte a közgyűlést és az általa képviselt tudományágak és a geofizika kapcsolatáról beszélt (*érdemes itt megemlíteni, hogy még a világháború után is egy ideig létezett a Meteorológiai és Földmágnességi Intézet*). Megemlítette a MTESZ szinte valamennyi egyesületét sújtó gondokat, a gazdasági háttér hiányát és az előadói ülések iránti csökkenő érdeklődést, kivéve a továbbképzés jellegű előadássorozatokat. ÓSZ Árpád, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Köolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Szakosztálya nevében levélben köszöntötte a közgyűlést.



MICHELBERGER Pál, HEGYBÍRÓ Zsuzsanna, PÁLYI András

A közgyűlést HEGYBÍRÓ Zsuzsanna elnök nyitotta meg, majd üdvözölte vendégeinket: MICHELBERGER Pált, a MTESZ új elnökét, MAJOR Györgyöt, a Magyar Meteorológiai Társaság főtitkárát, illetve jogi tagjaink és támogatóink megjelent képviselőit — FARKAS Istvánt, a Magyar Geológiai Szolgálat főigazgatóját, BODOKY Tamást, a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet igazgatóját, MESKÓ Attilát, az Eötvös Loránd Tudományegyetem és DOBRÓKA Mihályt, a Miskolci Egyetem Geofizika Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanárát, SZANYI Bélát, a Coastal Magyarország Kft. képviselőjét, SZÜCS Istvánt, a Geopard Kft. és LIPTÁK Ernőt, a Geoinform Kft. ügyvezető



MICHELBERGER Pál, a MTESZ elnöke

HEGYBÍRÓ Zsuzsanna megnyitó beszédében elmondta, hogy egyéves elnöki tevékenységének kezdete és befejezése is EÖTVÖS Lorándra való emlékezés volt. Ez alatt az év alatt az egyesület élete a megszokott mederben folyt, szakos rendezvényeinket megtartottuk. Gazdasági helyzetünk változatlan. Két rendkívüli eseményt kell megemlíteni, a közhasznú minősítés elnyerését, amivel magát a MTESZ-t és a tagegyesületek túlnyomó többségét is megelőztük, illetve a Környezet- és Mémnökgeofizikai Egyesület Európai Szekciója szeptemberi budapesti konferenciájának előkészítő munkálatait. Megköszönte az elnökség egész évi munkáját és reményét fejezte ki, hogy az új/régi rendszerű szavazáson sokan vesznek majd részt.

VERŐ László titkári beszámolójában a hároméves ciklusról való beszámolás kötelezettsége és az időbeli korlát közti ellentmondást úgy vélte feloldani, hogy feltételezte, tagtársaink elolvasták az írásos anyagot, ismerik a Magyar Geofizikában megjelent beszámolókat, így csak kiegészítéseket kell azokhoz fűzni. Az egyesület 637 fős tagságával a MTESZ kis egyesületei közé tartozik. (Azóta elkészült a MTESZ 1998. évi statisztikai adatainak elemzése. Ebből kiderül, hogy az összes taglétszám 81 107, az átlagos taglétszám 1931 fő. A legnagyobb taglétszám 6940, a legkisebb 72 fő. Kis egyesületnek számítanak az 1000 fő alatti taglétszámúak, a 42 tagegyesületből 17 ilyen. Egyesületünk a létszám szerinti rangsorban a 31. helyet foglalja el.) A tisztújítás a szakosztályokban és a területi csoportoknál már lezajlott, viszonylag kevés az új tisztségviselő (velük és az új posztra került régi tisztségviselőkkel lapunk egy más helyén ismerkedhetnek meg az olvasók). Az írásos beszámoló elkészítése után lezajlott az Ifjú Szakemberek Ankétja, a díjak átadása a közgyűlésen történik. Itt hangzott el információ a Magyarhoni Földtani Társulattal közösen rendezendő vándorgyűlés időpontjáról és programjáról. A gazdasági beszámolóhoz csak annyi kiegészítést kellett fűzni, hogy az 1997-es szolnoki ankét pénzügyi lezárása 1998-ban történt meg, ez némiképp torzítja a két év adatait. Májusban kerül sor a tavaly elhalasztott ankétra. A titkári beszámolót egészítette ki a jogszabály által előírt közhasznúsági beszámoló, amely elsősorban gazdasági adatokat tartalmaz. A jutalmakhoz annyi magyarázatot kellett hozzátenni, hogy 52 különféle jogcímen majdnem ugyanannyi tagtársunk kapott juttatást.

A titkári beszámoló közben emlékeztünk meg elhunyt tagtársainkról, BÁN Istvánról és CSIGÓ Józsefről.

JÁNVÁRI János, a Felügyelő Bizottság elnöke elmondta, hogy az 1998-ról szóló gazdasági beszámoló — figyelembe véve a közhasznúság előírásait is — megfelelt a követelményeknek. Az 1999. évi költségvetés reális, teljesítéséhez szoros költséggazdálkodás és sikeres rendezvényszervezés szükséges.

(Az alábbiakban mellékeljük az egyszerűsített éves beszámoló 1998. évi mérlegét és eredménykimutatását.)

1	9	8	1	5	7	7	8	9	1	1	2	3	3	7	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Statisztikai számjel vagy adószám

TARSADALMI SZERVEZET, KÖZTISZTULET MEGNEVEZÉSE: Magyar Geofizikusok Egyesülete

TARSADALMI SZERVEZET, KÖZTISZTULET CÍME: 1027 Budapest, Fő utca 68.

EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓ MÉRLEGE

1998 ÉV

oldalak: 6/11 oldal

Sor-szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző évek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
1.	A. Befektetett eszközök (2-5 sorok):	501		666
2.	I. IMMATERIÁLIS JAVAK	136		144
3.	II. TÁRGYI ESZKÖZÖK	365		522
4.	III. BEFEKTETETT PÉNZÜGYI ESZKÖZÖK			
5.	IV. BEFEKTETETT ESZKÖZÖK ÉRTÉKELÉSEK TÖBBSZÖRÖSÍTÉSÉVEL			
6.	B. Forgóeszközök (7-10 sorok):	40.762		42.654
7.	I. KÉSZLETEK	2		2
8.	II. KÖVETELÉSEK	16		100
9.	III. ÉRTÉKPAPÍROK	36.261		40.119
10.	IV. PÉNZESZKÖZÖK	4.483		2.433
11.	C. Aktív időbeli elhatárolások	1.342		2.530
12.	ESZKÖZÖK (AKTÍVAK) ÖSSZESEN (1+6+11 sor)	42.605		45.850

13.	D. Saját tőke (14-16 sorok):	40.147		44.535
14.	I. INDLÓLÓ TŐKE	6.473		6.473
15.	II. TŐKEVÁLTOZÁS	33.674		38.062
16.	III. ÉRTÉKELESI TARTALÉK			
17.	E. Céltartalék			
18.	F. Kötelezettségek (19-20 sorok):	2.458		1.315
19.	I. HOSSZU LEJÁRATU KÖTELEZETTSÉGEK			
20.	II. RÖVID LEJÁRATU KÖTELEZETTSÉGEK	2.458		1.315
21.	G. Passzív időbeli elhatárolások			
22.	FORRÁSOK (PASSZÍVAK) ÖSSZESEN (13+17+18+21 sor)	42.605		45.850

Kelt: Budapest, 1999. május 19.

C. Terv: T/2000. (XII. 16.) Korm. rend. 10/2000. (XII. 16.) Korm. rend.

Előző évek) helyesbítései

Előző évek) helyesbítései



JÁNVÁRI János

EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓ EREDMÉNYKIMUTATÁSA

1998 ÉV

oldalak: 6/11 oldal

Sor-szám	A tétel megnevezése	Változási tevékenység			Tevékenységük célja szerinti		
		előző évi	előző évek) helyesbítései	tárgyév	előző évi	előző évek) helyesbítései	tárgyév
a	b	c	d	e	f	g	h
1.	A. Összes tevékenység				17,081		20,085
2.	B. Összes költség (redukció)				11,977		15,698
3.	C. Átlagos évi eredmény				5,104		4,387
4.	I. Adózási kötelezettség						
5.	D. Adócsökkentés						
6.	I. Állapottartás						
7.	E. Tervezés				5,104		4,387

Kelt: Budapest, 1999. május 19.

C. Terv: T/2000. (XII. 16.) Korm. rend. 10/2000. (XII. 16.) Korm. rend.



A Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriuma nevében NEMESI László elnök számolt be tevékenységükről. Az alaptőke csak azért növekedett, mert az ifjú szakemberek közül kevesebben kértek támogatást. Az egyéb kifizetések a szokásos mértékűek voltak, többletként az Eötvös Loránd Emlékkiállítás támogatása jelentkezett. Az Alapítványnak még nem sikerült elnyerni a közhasznú minősítést. Az alapszabályt azonban már módosították és mivel ennek értelmében a Kuratórium tagjait egyszer s mindenkorra kell választani, a Kuratórium tagjai valamennyien lemondtak, hogy a tagság már ennek figyelembevételével választhasson újakat. Megköszönte a tagoknak a végzett munkát, külön is TAKÁCS Ernőnek és HURSÁN Lászlónak, akik egyéb elfoglaltságukra való tekintettel nem vállalták tovább a tagságot.



NEMESI László

A közgyűlés elfogadta a titkári beszámolót, a Felügyelő Bizottság beszámolóját, tudomásul vette a Kuratórium beszámolóját és elfogadta a Kuratórium tagjainak lemondását.

MESKÓ Attila az alapszabály módosításért felelős alelnökként ismertette, hogy a rendkívüli közgyűlésen elfogadott alapszabály a Magyar Geofizikában már megjelent. Ennek módosítására írásbeli javaslat nem érkezett. Az ügyrenden is némi változtatást kell végrehajtani a közhasznúság előírásai miatt. A közgyűlés az ügyrendet elfogadta, így nem volt szükség FERENCZ Lujza jogász helyszíni segítségére, akinek korábbi sikeres munkáját MESKÓ Attila megköszönte.



MESKÓ Attila

FERENCZY László hozzászólásában arra figyelmeztetett, hogy a közgyűlésnek a közhasznúsági jelentésről is döntenie kell. Ezért ismét szavazás következett, a közhasznúsági jelentést a közgyűlés elfogadta.



FERENCZY László

Az 1999. évi költségvetés fő számainak VERŐ László ismertette. Változatlanul intő jel, hogy bevételeink nem növekednek, a szakértői tevékenység továbbra is szünetel, kiadásaink viszont növekednek. A részletes költségvetést az Elnökség megtárgyalta és annak elfogadást kérte a közgyűléstől, amely a szavazás alapján ezt a kérést teljesítette.



VERŐ László

HEGYBÍRÓ Zsuzsanna felkérésére JESCH Aladár, a Jelölő Bizottság elnöke ismertette az Elnökség és Kuratórium új tagjaira vonatkozó javaslatot:

Alelnök: SZÜCS István és TÓTH József.

Titkár: VERŐ László és GOMBÁR László.

A Magyar Geofizika főszerkesztője: BODOKY Tamás és TÓTH Lajos.

A Felügyelő Bizottság elnöke: JÁNVÁRI János és RAKONCZAI Gábor.

A Felügyelő Bizottság tagjai: MOLNÁR Károly, SZEIDOVITZ Győzőné és KESZTHELYI Zoltán (kettő választható).

A Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriuma: (ki-

lenc választható): ACZÉL Etelka, ÁBELE Ferenc, DOBRÓKA Mihály, DRAHOS Dezső, HORVÁTH Ferenc, KÉSMÁRKY István, MARKOS Tünde, NEMESI László, PÁLYI András, SZENDRŐI Judit, VARGÁNÉ TÓTH Ilona, VÁRHEGYI András.

vizsgálta egy Kelet-Magyarországon létesített észak-déli irányú szelvény mentén.



Megszavaztuk...

A közgyűlés nem élt a helyszíni jelöltállítás jogával. HEGYBÍRÓ Zsuzsanna ismertette a szünetben történő szavazás módját és közölte, hogy a Kuratórium újonnan megválasztott tagjai közül kell majd megválasztani az elnököt. Ennek módjával kapcsolatban több vélemény is elhangzott, végül az a megoldás született, hogy a kuratóriumi tagok megválasztásuk után egy vagy két jelöltet javasolnak az elnöki posztra, ezt a közgyűlés jóváhagyja és a szavazás ezután történik.

Ezzel a közgyűlés első része véget ért. A szünetben zajlott le a szavazás első fordulója és a résztvevők némi frissítőt is vehettek magukhoz.

A szünet után következett a különböző kitüntetések és díjak átadása. Ebben HEGYBÍRÓ Zsuzsanna elnöknek BÉRCZI István, a Magyarhoni Földtani Társulat elnöke segédkezett. Az alábbi indoklásokat VERŐ László titkár olvasta fel.

Eötvös Loránd emlékérem

A Magyar Geofizikusok Egyesülete a geofizika területén kifejtett kimagasló munkássága, tudományágunkat önálló kutatásokkal lényegesen gazdagító életműve alapján az 1999. évi Eötvös Loránd emlékérmét

TAKÁCS Ernő professzor emeritusnak

ítélte.

TAKÁCS Ernő 1927. február 1-én született Dorogon. 1947-től a Soproni Műszaki Egyetem bányakutató szakán tanult. Oklevelét 1952-ben kapta meg, de közben már aszisztensként részt vett az újonnan szervezett Geofizikai Tanszék munkájában is.

KÁNTÁS Károly professzor és ÁDÁM Antal társaságában 1955 őszén a tellurikus kutatómódszert mutatta be Kínában. 1959-ben tért haza Magyarországra. Eközben a Geofizikai Tanszéket Sopronból Miskolcra helyezték át. TAKÁCS Ernő az alkalmazott geofizika minden módszeréről tartott előadásokat geofizikus, geológus és bányászhallgatóknak. Kutatásainak súlypontja a magnetotellurikus módszer hazai bevezetésére tevődött át, műszert tervezett és 1960-ban elvégezte az első magnetotellurikus méréseket Mezőkeresztesen, majd a magnetotellurikus módszer lehetőségeit



TAKÁCS Ernő átveszi a kitüntetést

1965-ben szerezte meg a tudomány kandidátusa fokozatot a magnetotellurika problémáiról írott értekezéssel. Magnetotellurikus méréseinek legjelentősebb eredménye a dunántúli vezetőképesség-anomália felfedezése volt 1966-ban, ezt az anomáliát mind a mai napig kutatják. Összefüggést talált az impedancia-ellipszisek iránya és a függőleges mágneses térösszetevő maximális változásaihoz tartozó elektromos összetevő iránya között. Bevezette a gyakorlatba a rádiófrekvenciás szondázást. Magyarországon elsőként alkalmazta a geofizikai kutatásban a nagyfeszültségű távvezetékek terének jellegzetességeit.

1968-ban mesterséges forrással végzett elektromágneses frekvenciaszondázást, a megfelelő berendezések és feldolgozási módszerek kifejlesztése után. Később ezt a módszert használta a szénbányákban feszültség hatására keletkező vetődések és repedések kimutatására. Több műszert és eljárást dolgozott ki közt fizikai paraméterek mérésére, részben oktatási céllal.

A bányabeli frekvenciaszondázásokkal foglalkozó értekezése alapján a Magyar Tudományos Akadémia 1991-ben a tudomány doktorává avatta.

1973-tól a Miskolci Egyetem professzora, 1974 és 1984 között háromszor választották meg a Bányamérnöki Kar dékánjává. 1983 és 1991 között a Geofizikai Tanszék vezetője volt, 1996 óta professzor emeritus. Legfontosabb tisztiségei: a Magyar Tudományos Akadémia közgyűlésének választott tagsága és a Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai Tudományos Bizottságának elnöksége (kétszer), továbbá a Tudományos Minősítő Bizottság tagsága. Budapesten és Miskolcon több tudományos ülést szervezett. Szerzője vagy társszerzője több mint tíz tankönyvnek és mintegy száz tanulmánynak.

Munkásságának nemzetközi elismertségét mutatta az, hogy a 70. születésnapja alkalmából rendezett szakmai konferencián a hazaiak mellett egyesült államokbeli, finn és orosz szakemberek, az elektromágneses kutatások terén vezető szerepet játszó geofizikusok is tartottak előadásokat.

A kínai Barátsági Érem kitüntetettje (1959), a Munka Érdemrend ezüst (1978) és arany (1984) fokozatát, valamint a Magyar Geofizikusok Egyesületének Egyed László emlékérmét (1989) is elnyerte.

Tiszteleti tagság

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége tiszteleti taggá választotta

Lothar DRESEN professzort.

Lothar DRESEN tagtársunk a bochumi Ruhr Egyetem Földtudományi Karának dékánja, Geofizikai Intézetének a European Association of Exploration Geophysicists által adományozott Conrad Schlumberger-díjjal kitüntetett, nemzetközi tekintélyű professzora. Húsz esztendeje került szoros kapcsolatba a magyar geofizikusokkal, majd tíz esztendeje lett tagja Egyesületünknek.



Lothar DRESEN, imár az MGE tiszteleti tagja

Ezen két évtized alatt a tudományos életben, a kutatás és oktatás területén jelentősen támogatta a magyar geofizikusokat. Az együttműködésnek keretet adó számos, *Magyar Tudományos Akadémia – Deutsche Forschungsgemeinschaft* közös, illetve *PHARE TEMPUS* és *International Association for the Exchange of Students for Technical Experience* projekt külföldi vezetését vállalta. Ezen kölcsönös kapcsolat eredményességét négy diplomamunka, hat PhD, két kandidátusi és egy akadémiai doktori fokozat, valamint 46 publikáció és konferencia előadás — ezek közül több a Magyar Geofizikusok Egyesülete szervezésében — is fémjelzi. Az együttműködés keretében rendszeresek voltak a kutatók, oktatók és hallgatók kölcsönös látogatásai. A közös munka során nem csupán szakmai eredmények születtek, hanem mély barátságok is szövődtek.

DRESEN professzort a bányá-, mérnök és környezetgeofizika területén elért tudományos teljesítményéért, valamint oktatás- és tudományszervezői tevékenységéért a Miskolci Egyetem 1989-ben díszdoktorává fogadta. A *European Association of Exploration Geophysicists*-ben 1989 és 1992 között elnökségi tagként, majd ezt követően a *Society of Exploration Geophysicists*-ben Európa-Ázsia-referensként hatékonyan támogatta magyar tagtársait és a Magyar Geofizikusok Egyesületét a mára már megvalósult integrálódásunkban.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége tiszteleti taggá választotta

Sierd Auke Pieter Leonard CLOETINGH professzort.

CLOETINGH professzor munkássága jelentősen hozzájárult a litoszféra folyamatainak és ezek felszíni geológiával való

kapcsolatának megértéséhez. Egyik alapvető publikációja, mely a *Nature*-ben 1982-ben jelent meg, elsőként tárgyalta, hogyan függ össze a litoszféra reológiája aktív kontinenspek kialakulásával. Hasonlóan alapvető eredményei vannak a lemezek belsejében kialakuló feszültségtér, a feszültség által létrehozott vertikális mozgások, az óceáni lemezek deformációja vizsgálatában. 1988-ban az *Amszterdami Egyetem* tectonika professzorának nevezték ki. Azóta a vezetésével működő csoport a kvantitatív medenceanalízis vezető tudományos iskolájává vált és a szintén irányításával tevékenykedő *Netherlands Research School of Sedimentary Geology* a földtudományokban Európa legnagyobb intézményévé fejlődött.

Több mint 120 tudományos publikációja jelent meg és tíznél több monográfiában írt fontos fejezeteket kutatásairól. Számos nemzetközi folyóirat — többek között a *Tectonics*, a *Tectonophysics*, a *Journal of Geophysical Research* — szerkesztője vagy szerkesztőbizottsági tagja. Számos nemzetközi kitüntetés közül csak néhányat felsorolva: a *Holland Tudományos Társaság* tagja, az *Academia Europaea* tagja, az *Orosz Tudományos Akadémia* külföldi tagja, a *Bukaresti Egyetem* tiszteletbeli doktora. Három éven át volt a *European Union of Geophysics* alelnöke, nemrégiben nagy többséggel választották meg a *European Geophysical Society* elnökévé.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszékének CLOETINGH professzorral egy évtizedre visszanyúló aktív munkakapcsolata van. 1991 és 1994 között az Európai Közösség TEMPUS programja keretében sikeres közös oktatási projektet valósítottak meg, amelynek ő volt a vezetője. 1994 és 1996 között az ő kezdeményezésére kapott a Tanszék meghívást az *Integrated Basin Studies* című nagy európai kutatási projektbe, amely hatékony pénzügyi támogatással járt együtt. 1999 tavaszán a Geofizikai Tanszék három PhD hallgatója védte meg Amszterdamban doktori dolgozatát, akiknek HORVÁTH Ferenc mellett ő volt a szakmai vezetője. Egyesületünk meghívására 1998 novemberében nagy érdeklődéssel kísért előadást tartott a Stegena Lajos-emlékülésen.

CLOETINGH professzor személyében Egyesületünk gazdag tudományos életművű, a nemzetközi tudományos életben is vezető szerepet betöltő tiszteleti taggal erősödött.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége tiszteleti taggá választotta

KÖRÖSSY Lászlót.



KÖRÖSSY László átveszi a tiszteleti tag kitüntetést

KÖRÖSSY László több évtizedes geológiai munkássága után tevékenyen bekapcsolódott a Magyar Geofizikusok Egyesületének munkájába is. A Szeniorok Bizottságának keretében rendezett tanulmányi kirándulásokon évek óta vállalja a szakmai-tudományos ismeretterjesztést. A földtani szakismereteken túlmenően előadásai a művészettörténet, irodalom, történelem és helytörténet témaköreire is kiterjednek.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége tiszteleti taggá választotta

ORMOS Tamást.

ORMOS Tamás 1948. október 23-án született Salgótarjában. 1972-ben szerzett oklevelet a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen. 1996-tól a műszaki tudományok kandidátusa, ugyancsak 1996-tól PhD fokozattal rendelkezik.



ORMOS Tamás tiszteleti tagunk

A Magyar Geofizikusok Egyesületének 1972 óta tagja, 1995-től 1998-ig az Egyesület alelnöke, illetve elnöke volt. Jelenleg az *Elektronikus kapcsolatok* munkabizottság vezetője. 1987-től a *European Association of Exploration Geophysicists*, majd a *European Association of Geoscientists & Engineers*, 1993-tól a *Deutsche Geophysikalische Gesellschaft*, 1994-től az *Environmental and Engineering Geophysical Society* tagja.

Az Észak-magyarországi Csoport titkáráként, majd az elnökség tagjaként kiemelkedő munkát végzett a nagyrendezvények (European Association of Exploration Geophysicists konferenciája, vándorgyűlések) szervezésében, az Egyesület nemzetközi kapcsolatainak alakításában és fejlesztésében. Elévülhetetlen érdemeket szerzett a Deutsche Geophysikalische Gesellschafttal folyó kooperáció elmélyítésében.

A tiszteleti tagok nevében DRESEN professzor az alábbi szavakkal köszönte meg a kitüntetését:

„Elnök asszony, kedves Zsuzsanna, Hölgyeim és Uraim!

Több mint húsz esztendeje annak, hogy dr. BODOKY Tamás a krakkói Geofizikai Szimpózium alkalmával

felvette velem a kapcsolatot abból a célból, hogy egy tudományos együttműködést kezdeményezzen egyrészt az akkori Nehézipari Műszaki Egyetem, valamint tudományos, és ipari partnerei, másrészt a bochumi Ruhr Egyetem között.



Lothar DRESEN köszönő szavai

A nemzetközileg is jól ismert magas színvonalú magyar geofizikának, a nagyon őszinte megbeszélések óráinak, és valószínűleg BODOKY Tamás meggyőzően barátságos megjelenésének is köszönhetően én csak igent mondhattam a javaslatra. Visszatekintve a húszesztendős magyar-német együttműködésre bevallom, hogy életem legjobb döntéséhez segített BODOKY Tamás.

Az együttműködést ötletek, programok és kutatók cseréjével kezdtük el. Elsőként Németországba a Ruhr Egyetemre dr. CSÓKÁS János professzor, dr. GYULAI Ákos és dr. BODOKY Tamás látogatott el, akiket dr. ORMOS Tamás és dr. DOBRÓKA Mihály követett. A mi oldalunkról én voltam az első bochumi, aki Miskolcra utazott, és akit Monika BREITZKE, Dieter KROLLPFEIFER, Christian SCHNEIDER és Ulrich WEBER követett.

A két évtized folyamán CSÓKÁS, TAKÁCS és STEINER professzorokkal kerültem közeli kapcsolatba, akik a Geofizikai Tanszékot vezették, és természetesen GYULAI Ákossal, ORMOS Tamással és DOBRÓKA Mihállyal, aki jelenleg a tanszék vezetője, és akivel együtt Ákos és Tamás a magyar-német team „kemény magját” alkotják.

Engedjék meg, hogy további neveket és tényeket ne említsek. Időközben sokan integrálódtak az együttműködésbe, abban a magyar alkalmazott geofizika képviselőjeként BODOKY Tamást már említettem, de sorolhatnám az egyetemek és más kutatóközpontok képviselőit is.

Engedjék meg, hogy egy nagyon fontos eseményről, és egy számomra új szemléletről ejtsek szót.

A magyar-német együttműködés egyik fontos eseménye ugyan a tudományos kapcsolat szülőtte, de még sincs ahhoz köze: Mária Emese, dr. GYULAI Ákos és dr. GYULAI Ákosné leánya, a menyem lett.

Egy fontos szemlélet, amellyel a magyar-német együttműködés keretében megismerkedtem a következő: *A változásokkal úgy együtt élni, hogy azokat a tudomány szolgálatába állíthassuk.*

Tudományos és gyakorlati oldalról nézve megtanultam, hogy partnereim hogyan kezelték a változásokat: kiderült, hogy — a mi kooperációnkban — nem elegendő csupán egyszerűen megbirkózni a változásokkal, vagy reagálni azokra. Megmutatták nekem, hogyan kell azt kezelni, és adott esetben még irányítani is. Magyar partnereim felkészülten álltak a történésekkel szemben. Különböző forgatókönyveket terveztek meg, és az aktuális eseményeknek megfelelően képesek voltak a változásokból előnyt kovácsolni. Ily módon az övék és intézményeiké volt a kezdeményező szerep. Tudományos pályájuk és mindennapi életük során sohasem a pihenést keresték, mondjuk egy kerti padon üldögélve. Ők tudják, hogy csak egy olyan hely van, ahol néhány pad található: közvetlenül a munkahelyükkel szemben. Az alkalmazott és tudományos munkában nincs lehetőség üldögélni, pihenni valamely kerti padon. Ez a változások kezelésének feltétele, és az állandó folyamatos megújulás záloga.

Miközben partnereim megmutatták nekem, hogyan kell kezelni és irányítani a változásokat az együttműködés húsz esztendejében, a saját tudományos jövőjüket is kialakították. Ennek eredményei közül néhányal szembesülhetünk ma is, amikor kitüntéseiket TAKÁCS professzor, dr. GYULAI és dr. ORMOS átveszik.

Elnök asszony, kedves Zsuzsanna, Hölgyeim és Uraim!

A mai napon az én életemben is változás történt. A Magyar Geofizikusok Egyesülete kilencéves rendes tagságomat tiszteletivé változtatta. Nagyon örülök, és ezért hálás vagyok az Egyesületnek. Minden tölem telhetőt megteszek a jövőmben, hogy méltó legyek erre a kitüntetésre.”

Renner János emlékérem

Az Egyesületben és annak érdekében hosszabb időszakban végzett kiemelkedő tevékenysége elismeréséül a Magyar Geofizikusok Egyesülete Renner János emlékérmeket adományoz

PÁLYI Andrásnak.



PÁLYI András

PÁLYI András egyetemistaként lépett be a Magyar Geofizikusok Egyesületébe. Résztvevője volt a 70-es évek

pezsgő egyesületi életének. Rendszeres hallgatója az előadóüléseknek, vitafórumoknak, rendezvényeknek. Mintegy összekötő szerepet töltött be munkahelye — az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Központja — és a Magyar Geofizikusok Egyesülete között.

Az 1981 és 1986 közötti időszakra a Magyar Geofizikusok Egyesületének Oktatási Bizottságába választották, ahol STEGENA Lajos elnök mellett a titkári funkciókat látta el. Ezen időszak sokirányú bizottsági munkájának egyik leglényegesebb tevékenysége a geofizikus szakemberek közzgazdász képzési lehetőségének elindítása, előkészítése volt.

1986 és 1990 között a Magyar Geofizikusok Egyesülete egyik választott titkáráként az Elnökség tagja volt. Az intenzív társadalmi-gazdasági változások időszaka az egyesületi életben is megnyilvánult. Az általános titkári teendőkön túl a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségével, a Központi Földtani Hivatallal és egyéb szakmai és társadalmi szervezetekkel való kapcsolattartás volt a feladata.

1990 és 1992 között a Magyar Geofizikusok Egyesülete Nemzetközi Kapcsolatok Bizottságának elnöki funkcióját látta el. A nemzetközi kapcsolatrendszer átalakulásának intenzív időszaka volt ez, melyben egyre dominánsabbá vált az európai szakmai szervezetekkel való integrálódás.

1996 és 1998 között a Magyar Geofizikusok Egyesületének választott alelnöki-elnöki tisztét töltötte be. Hivatali ideje alatt, az elmúlt három évben az Egyesületnek vagyonszerzése nem volt, gazdálkodásával kapcsolatban gond nem volt, köztartozása nincs. Bővült jogi tagjainak és támogatóinak köre, valamint tagtársaink publikációs lehetősége. Fejlődtek Egyesületünk külkapcsolatai és elnyerte a közhasznú szervezet státuszt. Mindebben PÁLYI Andrásnak jelentős szerepe volt.

Az Egyesületben és annak érdekében végzett kiemelkedő tevékenysége elismeréséül a Magyar Geofizikusok Egyesülete Renner János emlékérmeket adományoz

SÁTORI Gabriellának.

SÁTORI Gabriella az elmúlt hét évben a Soproni Csoport titkáráként tevékenykedett, emellett három éven át az Általános Geofizikai Szakosztálynak is titkára volt.



SÁTORI Gabriella

Közel negyven előadói ülést szervezett, amelyek közül kiemelendő a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének eredményeit ismertető budapesti előadássorozat, az 1997. évi soproni vándorgyűlés, valamint az 1998-as Nemzetközi Schumann-rezonancia Konferencia. Ez utóbbi talán tudománytörténeti jelentőségű, hiszen a világon ez volt az első nemzetközi rendezvény ebben a témakörben és nem véletlen, hanem SÁTORI Gabriella személyes tudományos érdeme, hogy erre éppen Magyarországon kerülhetett sor.

A Soproni Csoport számára általa rendezett hagyományos évenkénti kirándulások, ünnepélyes év végi záróülések is a Magyar Geofizikusok Egyesülete iránti elkötelezettségét jelzik.

Egyesületi Emléklap

A Magyar Geofizikusok Egyesülete az Egyesületben vagy annak érdekében végzett társadalmi vagy szakmai tevékenység elismerésére emléklappal tünteti ki

BARANYAI Pált

KOPCSA Józsefnét

OROSZ Józsefet

PATTANTYÚS-Ábrahám Miklóst

Wallner Ákost.

Az Év Cikke

A Magyar Geofizikusok Egyesülete Tudományos és Oktatási Bizottsága által készített javaslat alapján *Az Év Cikke* elismerő címet és az ezzel járó pénzjutalmat két szerző két cikke kapja, mégpedig

GYULAI Ákos: A geoelektromos üregkutatás néhány kérdése amely a Magyar Geofizika 39. évfolyamának 2. számában a 36-42. oldalakon jelent meg, és

ORMOS Tamás: Üregkutatás Rayleigh-hullámokkal amely a Magyar Geofizika 39. évfolyamának 2. számában a 43-50. oldalakon jelent meg.

Az Ifjú Szakemberek Ankétjának díjazottjai

Elméleti kategória

I. díj: TÓTH Zoltán (ELGI): Geoelektromos szelvények vizsgálata a térfrekvencia tartományon,

II. díj: PAZONYI Piroska (ELTE Őslénytani Tanszék): A Kárpát-medence késő-neogén és kvarter emlősfajta közösségeinek paleoökológiai vizsgálata,

III. díj megosztva: GULYÁS-KIS Csaba (ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék): Kőzettani és paleobotanikai vizsgálatok a mecseki miocén konglomerátum karbon kaviccsaiból,

KISS Ada, GELLÉRT Balázs, ZÖLD Attila (ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék): A Porvai-

medence szerkezetalakulása a Bakony tektonikai viszonyainak tükrében.

Gyakorlati kategória

I. díj megosztva: WÓRUM Géza (ELTE Geofizikai Tanszék): A mecseki térség szerkezete szeizmikus szelvények alapján

VIDA Róbert, TÓTH Tamás, SZAFIÁN Péter, HORVÁTH Ferenc (ELTE Geofizikai Tanszék): Nagyfelbontású sekélyszeizmikus mérések a Dunán

II. díj: nem került kiosztásra

III. díj: STANKÓCZY Attila, TICHY Ágnes (ELTE Geofizikai Tanszék): Összesült tufák paleomágneses vizsgálata a Börzsönyben

Poszter kategória

I. díj: BUZOGÁNY Péter (ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék): Környezet geokémiai és hidrológiai vizsgálatok a Tiszai Vegyi Kombinát területén

II. díj: nem került kiosztásra

III. díj: nem került kiosztásra

Közönségdíj

VIDA Róbert, TÓTH Tamás, SZAFIÁN Péter, HORVÁTH Ferenc (ELTE Geofizikai Tanszék): Nagyfelbontású sekélyszeizmikus mérések a Dunán

Különdíjak

Szilárd József-díj, adományozza az *Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány*: GRENERCZY Gyula (ELTE Geofizikai Tanszék és FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatórium): Úrgeodéziai kéregmozgás vizsgálatok és eddigi eredményei a Pannon-medencében és tágabb környezetben

GES-díj: VIDA Róbert, TÓTH Tamás, SZAFIÁN Péter, HORVÁTH Ferenc (ELTE Geofizikai Tanszék): Nagyfelbontású sekélyszeizmikus mérések a Dunán

MÁFI-díj: JUDIK Katalin, KUCSORA Sándor, NÉMETH Péter, VÁCZI Tamás (ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék): Ásványtani vizsgálatok a Balaton-felvidéki zeolitokon

MGSZ-díj: KASZÁS István, STICKEL János (ELGOSCAR Kft.): Geofizikai módszerek alkalmazása a környezetvédelemben

MOL-díj: WÓRUM Géza (ELTE Geofizikai Tanszék): A mecseki térség szerkezete szeizmikus szelvények alapján.

A díjak átadását követően BÉRCZI István üdvözölte a közgyűlést és kiemelte a közös rendezvények hasznosságát.

Miután a Kuratórium tagjai előtt még egy választás állt, REZESSY Géza, a Szavazatszámoló Bizottság elnöke először a rájuk adott szavazatokat ismertette. Ezek szerint az új Kuratórium tagjai (a kapott szavazatok sorrendjében): DOBRÓKA Mihály, ACZÉL Etelka, NEMESI László, PÁLYI

András, VÁRHEGYI András, ÁBELE Ferenc, DRAHOS Dezső, MARKOS Tünde, KÉSMÁRKY István.

HEGYBÍRÓ Zsuzsanna egyik utolsó elnöki teendőjeként az egész tagság nevében köszönte meg BELLÉR Évának és SZIKORA Hildának egész évi munkáját, majd szokás szerint következett az Elnökség azon tagjainak búcsúja, akiknek lejárt három éves megbízatása. PÁLYI András elmondta, hogy a három év élete nagyon szép időszaka volt, megköszönte az Elnökség tagjainak a segítséget, a kritikát és a közös munka örömét. Felhívta a figyelmet arra, hogy az Egyesület fennmaradása érdekében mindenki tehet valamit. Ezután VERŐ Lászlóval együtt távozott az Elnökségből.

Ezzel egyidejűleg a Kuratórium is tanácskozott és REZESSY Géza bejelentése szerint az elnöki tisztségre NEMESI Lászlót javasolta. NEMESI László ezt elvállalta, majd a közgyűlés a jelölést jóváhagyta.



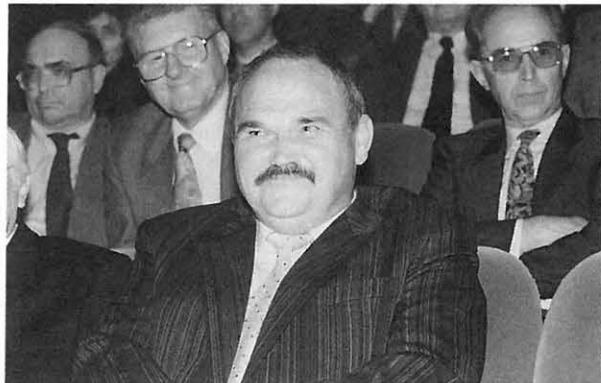
A hallgatók tömege

REZESSY Géza ezután a szavazás eredményét ismertette. Eszerint a Felügyelő Bizottság két tagja MOLNÁR Károly és SZEIDOVITZ Győzőné lett, elnöke pedig JÁNVÁRI János. A Magyar Geofizika főszerkesztőjévé BODOKY Tamást, titkárrá VERŐ Lászlót választotta a közgyűlés, új alelnökké pedig SZÜCS Istvánt. SZÜCS István székfoglaló beszédében megköszönte a Mecseki Csoportnak a bizalmat és kifejezte azt a reményét, hogy a szakmának segítségére lehet a harcművészet terén szerzett tapasztalataival.

Az Elnökségben lezajlott minden helycsere. HEGYBÍRÓ Zsuzsanna még egyszer megköszönve, hogy két éve elnöknek választották, átadta helyét MESKÓ Attilának és elfoglalta alelnöki posztját, SZÜCS Istvánnal együtt. VERŐ László pedig helyet cserélt önmagával, hiszen újabb három évre kapott bizalmat.

MESKÓ Attila zárszavával ért véget az évezred utolsó közgyűlése. Először kifejezte örömét, hogy egy évvel ezelőtti vetélytársa, SZÜCS István lett az új alelnök és biztosra vette, hogy kitűnően fogja ellátni feladatát. Miután egy korábbi hozzászólásban az hangzott el, hogy MOLNÁR Károly, aki hosszú időn át volt Egyesületünk elnöke, harminc évvel ezelőtt nyert első díjat az akkori Ifjúsági Ankéton, ezt kénytelen volt pontosítani: ez az esemény negyven éve történt. A most díjat nyert ifjú szakemberek előtt legyen példa az ő életútja. Befejezésül pedig külföldi tiszteleti tagjaink tevékenységét, a magyar geofizikában játszott szerepüket méltatta.

Az már a közgyűlést követő vacsorán hangzott el, hogy a szavazás eredményeként a Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriumának elnöke NEMESI László lett.



Ez is tömeg (már egyszemélyesen is ...)

Talán nem ünneprontás és nem homályosítja el a kellemes emlékeket, ha szót ejtünk a költségekről. Néhány egyesület azért nem pályázta meg a közhasznú státuszt, mert nem kívánt közgyűlést vagy küldöttgyűlést tartani a nagy költségek miatt. Többeket érdekelt, mennyibe is kerül egy ilyen gyűlés? Álljanak itt a számok: a gyűlés közvetlen költségei — nyomda, posta, ügyelet, technika, fényképek — közel 250 000 Ft-ot tettek ki (terembérlés nem volt), a vacsorához nyújtott támogatás és egyéb költségek meghaladták a 150 000 Ft-ot, a jutalmakkal járó pénzzutalmak pedig a 350 000 Ft-ot, azaz összesen majdnem 800 000 Ft volt a teljes költség. Csak összehasonlításképp: a MTESZ-nek juttatott állami támogatásból Egyesületünk ennél lényegesen kevesebbet kap.

Verő László

MEGEMLEKEZÉS ÉS KOSZORÚZÁS EÖTVÖS LORÁND HALÁLÁNAK 80. ÉVFORDULÓJÁN

Több évtizedes hagyomány, hogy a magyar geofizikusok minden év április 8-án megkoszorúzzák a nagy magyar fizikus és geofizikus nyughelyét. A megemlékezéshez évről évre csatlakoznak az EÖTVÖS Loránd nevet viselő intézmények, szervezetek is. A budapesti Kerepesi temetőben ebben az évben PÁLYI András, a Magyar Geofizikusok Egyesületének alelnöke méltatta EÖTVÖS Loránd érdemeit. Megemlékező beszédében a következőket mondta:

„Tavaly ünnepeltük báró EÖTVÖS Loránd születésének 150. évfordulóját, idén emlékezünk halálának 80. évfordulójára. Olyan világhírű magyar tudós kiemelkedő munkássága előtt hajtunk fejet, aki újat alkotó tudományos tevékenysége mellett a szó legnemesebb értelmében véve valódi polgári erények és értékek hordozója és megtestesítője volt. Élete és munkássága eleven példa az utókor számára, hogy hogyan



PÁLYI András ünnepi beszédet mond



A síremlék a virágokkal

lehet és hogyan érdemes egy bonyolult és rendkívül dinamikus korban élni, és maradandót alkotni. Báró EÖTVÖS Lorándra emlékezünk, akinek érdemei elvéghetetlenek a geofizika területén. Emlékezünk arra a tudósra, aki a fizika tudományát világszínvonalon művelte és fejlesztette. Emlékezünk az oktatás ügyét szíven viselő tanárra, a tudományszervezőre és emlékezünk a kiváló sportemberre.”

PÁLYI András alelnök tisztelő szavai után az ünnepségen részt vevő küldöttségek elhelyezték a síremléken a tisztelet, a nagybecsülés és az emlékezet virágait. A *Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet* nevében dr.

BODOKY Tamás igazgató, a *Magyar Geológiai Szolgálat* nevében dr. FARKAS István főigazgató koszorúzott. Az *Eötvös Loránd Fizikai Társulat* koszorújával RADNAI Gyula róttá le tiszteletét. A *Magyar Geofizikusok Egyesülete* nevében HEGYBÍRÓ Zsuzsanna elnök, majd a *Magyar Sportturisztikai Szövetség* nevében MÉSZÁROS János főtitkár és KIS Domokos Dániel történész helyezte el a megemlékezés virágait.

Az ünnepi megemlékezésen részt vett és elhelyezte a tiszteletadás koszorúját a celldömölki *Eötvös Loránd Általános Iskola* küldöttsége: LAMPÉRT Kálmánné igazgatóhelyettes, VIOLA István tanár, valamint a VIII. osztályos tanulók közül BALI Veronika, DÖMÖLKI Anikó, HORVÁTH Veronika, LÓRÁNT Gábor és VÉGH Mária. A tanulók valamennyien az 1848-as forradalom és szabadságharc tiszteletére rendezett vetélkedő győztesei.

Éppen azokban a percekben, amikor a celldömölki iskola küldöttsége a budapesti Kerepesi temetőben helyezte el EÖTVÖS Loránd síremlékén a tisztelet koszorúját, Celldömölkön KESZEI Nóra tanulónak abban a megtiszteltetésben volt része, hogy az Eötvös-alapítvány által odaítélt első díj nyerteseként az EÖTVÖS Loránd nevet viselő iskola udvarán emlékfát ültetett.

Aczél Etelka

Földrengések fraktálanalízise. Az ismétlődési időtartamok eloszlásáról¹

BODRI BERTALAN²

Vizsgáljuk a szeizmicitás időbeli változásának sajátosságait két szeizmotektonikailag jelentősen eltérő környezet; a lemezen belüli Kárpát–Pannon térség és az aktív lemezszegélyekre eső Égei térség példáján. A rengések ismétlődési időtartamai klaszterekbe, csoportokba tömörülnek, lényegesen erősebb fokú klaszteresedéssel a Magyar-medencében és környezetében. Az ismétlődési idők egyéb statisztikus jellemzőiben is jelentős eltérések tapasztalhatók. Mindkét adatrendszerben fraktáljelleg mutatkozik, az ismétlődési idők méret szerinti eloszlását jellemző Korčák-kitevő értéke a két területre fenti sorrendben $\sim 1,0$, illetve $\sim 1,5$. Míg az első kitevő jól értelmezhető a földrengések keletkezését önszerveződő kritikus folyamatként (ÖKF) magyarázó egyszerűbb, BAK, TANG [1989]-féle modell keretében, a második, nagyobb számérték szoros egyezést mutat a BROWN et al. [1991] tanulmányában közölt, regionális hajtóerőt is figyelembe vevő ÖKF-földrengésmodellel. Röviden utalunk eredményeinknek a szeizmikus veszélyzetettséggel lehetséges összefüggéseire.

B. BODRI: A fractal study of earthquakes. On the distribution of earthquake recurrence times

In present work the temporal variation of seismicity is investigated on the example of two seismotectonically different areas; the "mid-continent" Carpathian basin, Hungary, and the Aegean region, Greece, a zone of active plate boundaries. The recurrence times of earthquakes are shown to be a clustering process, with much higher degree of clustering for the previous region. Other established recurrence times statistics exhibit similar differences. Both data sets possess fractal properties with Korčák exponents of ~ 1.0 and ~ 1.5 , respectively. While the former value can be interpreted in the frames of a simple self-organised criticality model by BAK, TANG [1989], the latter, higher exponent coincides with the corresponding value from the model by BROWN et al. [1991] including also a regional driving force. Finally, some implications of the results for seismic hazard and predictability are discussed.

Bevezetés

Egy földrengés helyének, idejének és méretének pontos (vagyis reálisan kicsiny hibahatárokon belüli és a tisztán véletlen eseményeket reprezentáló Poisson-folyamattól statisztikailag szignifikánsan eltérő) előrejelzése a geofizikának egyik legrégebben „megálmodott”, de idáig nem teljesült célja. A sikertelenségnek két oka lehet. Egyrészt nem kizárható, hogy a rengéseket megelőzően léteznek azonosítható előjelek, de jelenlegi műszerezettségünk nem alkalmas, nem képes kimutatásukra. Lehetséges azonban, hogy rengésre utaló előjelek nem is léteznek (helyesebben nem azonosíthatók), mivel szeizmikus események keletkezése és lezajlása minden bizonnyal nem lineáris dinamikájú jelenség [pl. KAGAN 1994]. A nemlineáris dinamika alapvető jellegzetessége, hogy a kérdéses folyamat rendkívül érzékeny a kezdeti feltételek változásaira. Így igen nehéz vagy inkább lehetetlen feladat gyakorlatilag hasznosítható prognózist adni, ugyanis csak közvetett módon és nem kellő pontossággal vagyunk képesek detektálni e feltételek (erőterek, geometriai jellemzők, stb.) változásait egy potenciálisan kialakulható rengés helyén.

Az utóbbi évtizedben előtérbe került a szeizmogenezis folyamatának statisztikus fizikai kutatása, mely, úgy tűnik, képes magyarázattal szolgálni arra a gazdag hierarchiára és bonyolult eloszlási mintázatra, amelyet a földrengés-fenomenológia számos különböző tér- és időskálán kohe-

rensen mutat. A statisztikus analízis itt nagy, de véges számú diszkrét elemből összetevődő, lokális kölcsönhatásokat és véletlen fluktuációkat, továbbá visszacsatolást is magukban foglaló komplex rendszerek dinamikájának numerikus vizsgálatát jelenti. A probléma matematikailag determinisztikus abban az értelemben, hogy pontosan ismert dinamikai egyenletről van szó. Lineáris dinamika esetében a rendszer viselkedése (a rendszerparaméterek változása) pontosan leírható, prognosztizálható. Azonban már a legegyszerűbb, mindössze néhány szabadsági fokú nemlineáris rendszerek is meglepően változatos viselkedést mutatnak, ami lehet akár szabályos, megjósolható is, de gyakrabban teljes mértékben kaotikus, előreláthatatlan. A determinisztikus káosz koncepciója egyre szélesebb körben bizonyul eredményesnek jelenségek egyszerűsített modelljeinek vizsgálatára, az alkalmazási területek olyannyira eltérőek lehetnek, mint pl. populáció-dinamika a biológiában vagy földrengés-dinamika a geofizikában.

Jelen tanulmányban olyan szabályszerűségeket keresünk a földrengések eloszlásában, melyek alkalmasnak bizonyulhatnak a tektonikával kapcsolatos rengésdinamikai állapot jellemzésére. Ehhez természetesen célszerű szeizmotektonikailag jelentősen eltérő területek földrengéseit kutatni. Így választásunk a lemezen belüli Kárpát-medencére és környezetére, továbbá az aktív lemezszegélyek menti Peloponnészosz–égei-tengeri térségre esett, ahol is vizsgáljuk a földrengések ismétlődési időtartamainak (a kipattanási időpontok közötti intervallumok hosszának) egyes statisztikus jellemzőit és az időtartamok skálázottsági (méret szerinti eloszlási) tulajdonságait. Az ismétlődési idők skálázottságát (különböző mérettartományokban mutatott strukturáltságát) a Korčák-féle méret-gyakorisági

¹ Beérkezett: 1998. július 29.

² MTA Geofizikai és Környezetfizikai Tanszéki Kutatócsoport (ELTE Geofizikai Tanszék), H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

törvény [HASTINGS, SUGIHARA 1993]:

$$Pr(A > a) = ka^{-b} \quad (1)$$

alapján jellemezzük, ahol Pr annak a valószínűsége, hogy egy A méret (hossz, terület, térfogat, vagy egyéb tetszőleges fizikai/kémiai változó mérete) meghalad egy bizonyos a minimális méretet, k arányossági tényező, és b az ún. Korčak-kitevő. Ez utóbbi paramétert azért célszerű használni, mert ez általánosan alkalmazható különböző adatsorozatok közötti összehasonlításra [MANDELROT 1983]. A kapott méret szerinti gyakoriság-eloszlásokat az önszerveződő kritikus folyamat fogalma alapján értelmezzük, ez a folyamat ugyanis az utóbbi évtized kutatásai szerint [pl. SCHOLZ 1990; HUANG, TURCOTTE 1990; KAGAN 1992; MAIN 1996] oksági tényező lehet vetők, törésvonalak keletkezési és növekedési szabályszerűségeinek, továbbá földrengés-populációk statisztikus sajátosságainak kialakításában. Számos nemlineáris dinamikájú természeti jelenség rendelkezik az önszerveződés képességével, ami azt jelenti, hogy egy egyensúlyi helyzetéből konstans energiafluxussal kimozdított rendszer spontán módon rendezett geometriai konfigurációjú állapot felé törekszik, előbb-utóbb ilyen állapotot vesz fel. Ez az állapot marginálisan stabil (apróbb dinamikai fluktuációkra viszonylag érzéketlen) határ, kritikus pont a rendszer rendezett és rendezetlen, kaotikus fázisai között (képletesen úgy is mondhatjuk, hogy választóvonal a rend és káosz között). Nagyon fontos tulajdonság, hogy a kritikus pontban az említett geometriai konfiguráció az (1) kifejezéssel adott hatványtörvénynek megfelelő méret-gyakorisági eloszlást jelent mind térben, mind időben [pl. TURCOTTE 1992; MAIN 1996]. Így kapcsolódik a szeizmogenezis a fraktál objektumokhoz, a fenti eloszlás ugyanis a fraktáloknek olyannyira alapvető tulajdonsága, hogy némileg pontatlanul akár a fraktálok definiálására is szolgálhat [TURCOTTE 1992]. BAK és TANG [1989] egy viszonylag egyszerű cellaautomata modell dinamikájának vizsgálatával megmutatta, hogy a földrengés-fenomenológia alapvető tulajdonságai nagyrészt leírhatók egymással mechanikai kölcsönhatásban álló cellák, elemek halmazának kritikus állapotban jelentkező viselkedésével. Elgondolásukat finomabb modellek követték [BROWN et al. 1991; ERZAN, SINHA 1991], és mi is ismertetjük egy általunk végzett, a kölcsönhatások anizotropiájának figyelembevételével történő további finomítás eredményét.

Szeizmotektonika

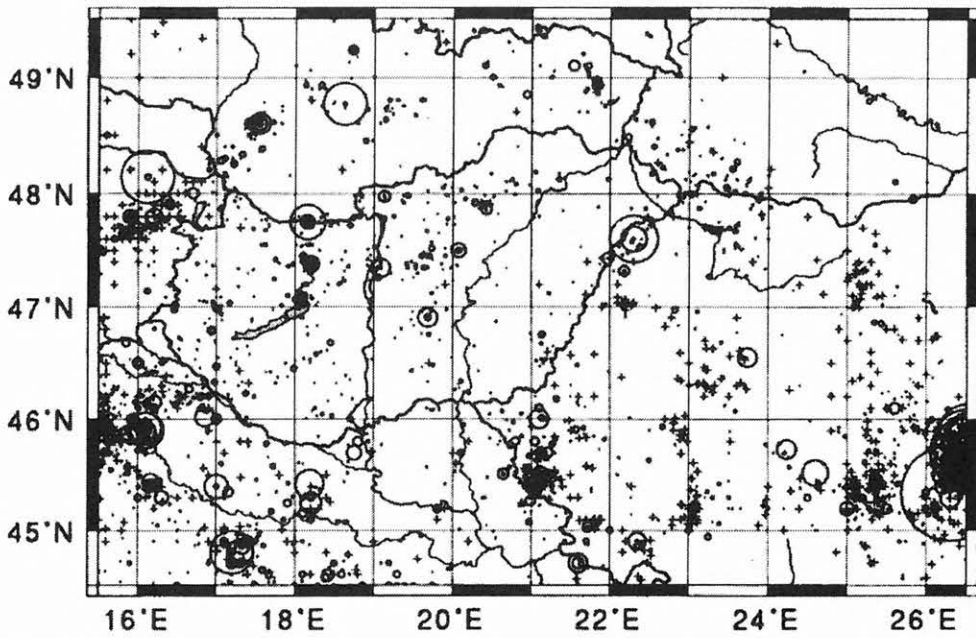
A Kárpát–Pannon térség nagy általánosságban, egy kontinentális kérgen kifejlődött és az Alpok–Kárpátok–Dinaridák vonulataival közrefogott ív mögötti extenziós medence [ROYDEN, BÁLDI 1988]. Bár nagytektonikailag a terület az afrikai és eurázsiai kontinensek ütközési zónájának részét képezi, szeizmikus aktivitása a kollíziós öv egyéb szegmenseivel összehasonlítva kétségtelenül alacsony. A térségben a földrengéseloszlás meglehetősen szórt (1. ábra), a szeizmikus aktivitás általában nem mutat korrelációt szerkezeti vonalakkal, törésvonalakkal, vagy egyéb olyan földtani jellemzőkkel mint pl. a neogén–negyedkori üledékvastagság [GUTDEUTSCH, ARIČ 1988]. Csak a peremeken, az Alpok, Dinári-hegység és DK-i-Kárpátok vidékén mutatkozik koncentráció az epicentrumok eloszlásában. A szórt rengéseloszlás és a geológia összetettsége

miatt azonban nem beszélhetünk általánosan érvényes kapcsolatokról a tektonika és szeizmicitás között. Mélyszeizmikus kéreg- és felsőköpeny-kutatási eredmények, valamint egyéb földtani információ alapján valószínűsíthető, hogy a területen a kéreg több, egymástól eltérő kiterjedésű blokkra, tektonikai elemre tagolódik. Ezen egységek relatív mozgásával kapcsolatos deformációk minden bizonnyal meghatározók lehetnek a szeizmicitás eloszlása szempontjából. A fenti szerkezeti sajátosság miatt a lemezen belüli deformációktól eltekintő, merev litoszférát feltételező tektonikai modellek csak nagy óvatossággal alkalmazhatók a Kárpát-medencére, és általában nem bizonyulnak „működőképesnek” [GUTDEUTSCH, ARIČ 1988].

Az égei-tengeri térség és környezete (2. ábra) Földünk egyik szeizmikusan legaktívabb területe. Nagyléptékben a terület az afrikai-eurázsiai kollízió egyik frontzónája, ahol is az Afrikai lemez ütközik Euráziával és ez alá tolódva lemerül a földrengésekkel markánsan kirajzolt Hellén ív mentén [KIRATZI, PAPAACHOS 1995]. Fókuszmechanizmus-megoldások és egyéb információ (pl. GPS-mérések [REILINGER et al. 1997]) alapján finomabb kép is alkotható a térségben zajló geodinamikai folyamatokról és a velük kapcsolatos aktív feszültségterekről. A vizsgálatunk tárgyát képező területen (mely majdnem pontosan négyzet alakú, mintegy 440 km-es élhosszal) geodinamikai szempontból legfontosabb jellegzetesség a tektonikus deformáció stílusában ÉNy-ről DDK-i irányban mutatott változás. Az albán–Ny-görögországi partvonal mentén áttolódásos tektonika jellemző (melynek oka az Apuliai lemeznek Euráziával történő ütközése), és itt nincsenek szubdukcióra utaló jelek. Az ütközési zóna Cephalonia szigete (~38 °É; 20 °K) környékén véget ér és itt már jobbos oldaleltolódás dominál. Ezután DK-i irányban továbbhaladva újból kompressziós feszültségtérű zóna következik, mely ezúttal az Afrikai lemez szubdukciójával kapcsolatos [PAPAACHOS et al. 1991]. Az összetett tektonika miatt az általunk vizsgált területen a szeizmikus aktivitás még a tágabb Égei térség egészéhez viszonyítva is határozottan erős. E tény mellett választásunkat az is motiválta, hogy a terület nagyjából azonos a VAN-predikciók teszt-területével, és az utóbbi időben szeizmológus körökben élénk érdeklődés tárgyát képezi [pl. Tectonophysics 224 (1993); Geophys. Res. Lett. 3, 11 (1996); EOS 79, 47 (1998)].

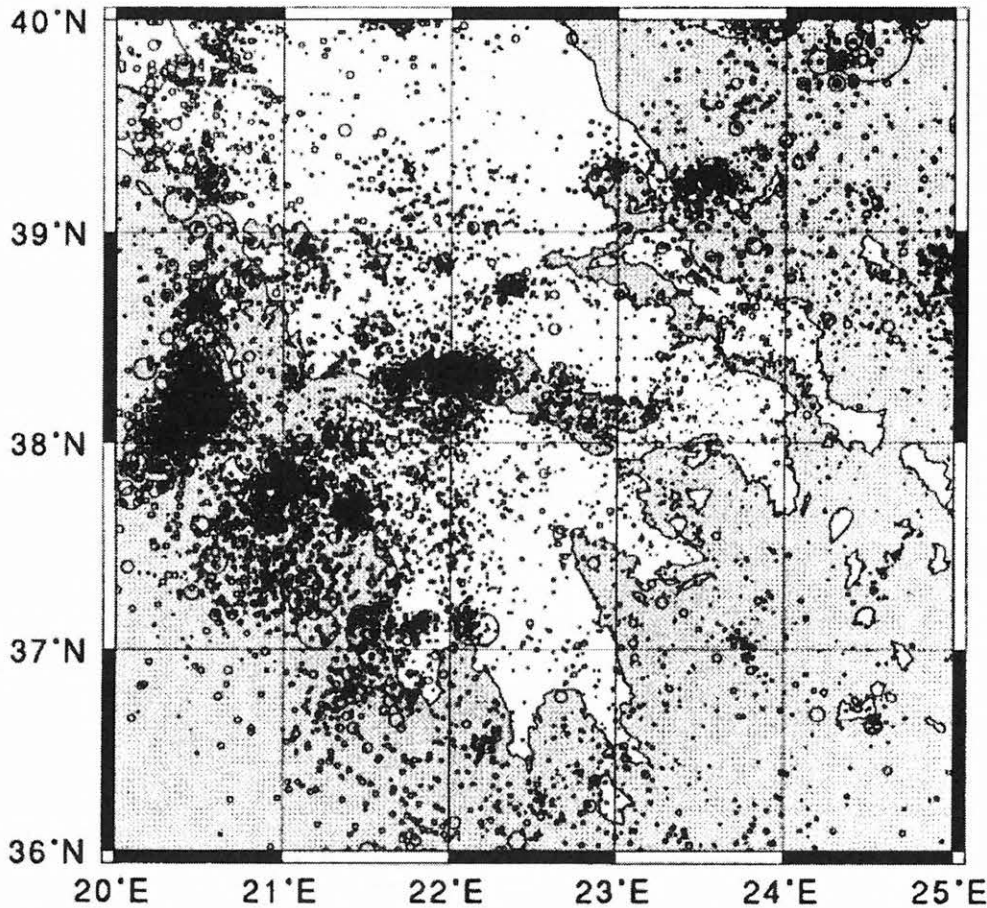
Földrengésadatok

A kárpát-pannon térség rengési adatait a ZSÍROS et al. [1988]-féle Hungarian Earthquake Catalog (456–1986) szolgáltatta, melyet ZSÍROS Tibor szíves jóvoltából [ZSÍROS 1997; személyes közlés] módunkban állt kiegészíteni az 1987–1994. évekre vonatkozó további adatokkal. Ez a mintegy másfélezer évet felölelő adatsor természetesen nem tekinthető sem teljesnek, sem homogénnek. A történelmi rengések adatai időben visszafelé haladva egyre szórványosabbak és megbízhatóságuk romlik. Minden valószínűség szerint sokkal több rengés fordulhatott elő térségünkben a 20. századot megelőző időkben, mint amennyit a katalógus tartalmaz. A műszeres észlelőhálózatok kiépítése utáni korszakban is, az adatok homogenitása (megfigyelési módszerek változása, műszeres pontosság, feloldóképesség javulása stb. miatt) bizonyosan kétséges. A



1. ábra. Rengési epicentrumok eloszlása a Kárpát–Pannon térségben. A körök d átmérője a rengések M magnitúdójával exponenciálisan arányos ($d = \text{const} \cdot e^M$), az ismeretlen erősségű rengéseket keresztetk jelölik. Az ábrázolt rengések száma $n = 5594$. Az adatok forrása: Hungarian Earthquake Catalog (456–1986), és Zsíros T. személyes közlése

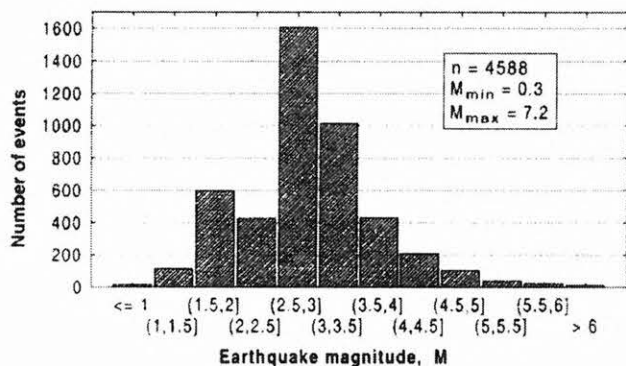
Fig. 1. Distribution of earthquake epicentres in the Carpathian–Pannonian region. Diameter d of circles is exponentially proportional to earthquake magnitude M ($d = \text{const} \cdot e^M$), symbols + denote quakes with unknown magnitudes. The total number of quakes n is 5594. Data sources: Hungarian Earthquake Catalog (456–1986), and personal communication with T. Zsíros



2. ábra. Ugyanaz, mint előző ábrán, csak a Peloponnészosz–Égei térségre vonatkozóan, $n = 11\,092$. Az adatok forrása: SI-NOA katalógusból, E. DOLOGLOU személyes közlése alapján

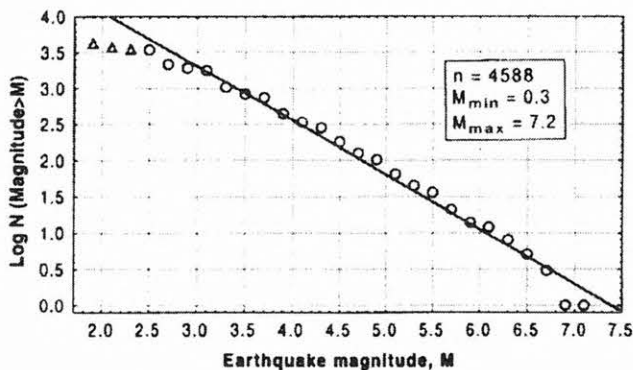
Fig. 2. Same as previous figure, but for the Peloponnese–Aegean region, $n = 11\,092$. Data source: from SI-NOA Catalog, by personal communication with E. DOLOGLOU

3.a és 3.b ábrák sorrendben a diszkrét, illetve kumulatív rengésgyakoriság eloszlását szemléltetik a rengési magnitúdó függvényében. A rengéserősség jellemzésére azért alkalmazunk magnitúdót, mert a katalógus által lefedett területen ez néhány százal több rengésre ismert, mint az epicentrális intenzitás. Az utóbbi két ábra bármelyikén látható, hogy a rengésméret csökkenésével a rengésgyakoriságnak a Gutenberg–Richter-összefüggés szerinti exponenciális növekedési üteme az $M \sim 2,6$ -os küszöbértéktől lefelé határozottan megtörik, így adatrendszerünk csak az $M \geq 2,6$ rengésekre tekinthető teljesnek. Mindemellett várható, hogy a gyakoriság-eloszlás időben nem marad állandó, hiszen a műszertechnika folyamatos fejlődése lehetőséget nyújtott gyengébb és gyengébb rengések egyre nagyobb számban történő észlelésére, továbbá a történelmi rengésekről is későbbi időkből egyre bővebb dokumentáció áll rendelkezésre. Eredményeink szerint az $M \geq 2,6$ rengésekre a stacionaritás feltétele 1880-tól kezdődően teljesül abban az értelemben, hogy az évente kipattant rengések száma mint idősor variációiban nem mutatkozik lineáris trend (a 4. ábrán látható függvényhez illesztett egyenes meredeksége $0,05 \pm 0,07$). További vizsgálataink így az 1880–1994. évi időszak $M \geq 2,6$ rengéseire vonatkoznak, ezek száma $n = 2626$.



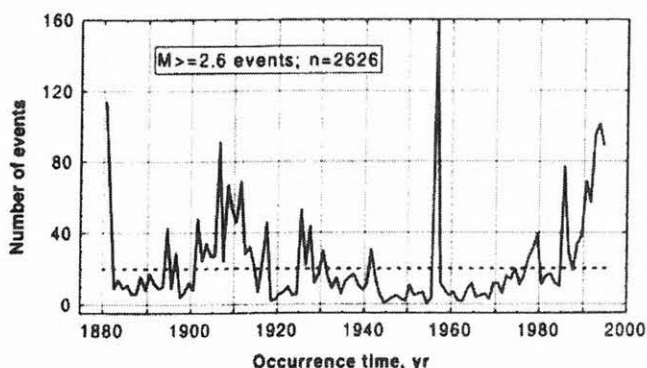
3a. ábra. Ismert magnitúdójú rengések méret szerinti diszkrét gyakorisági eloszlása a Kárpát–Pannon térségben

Fig. 3a. Discrete earthquake frequency versus magnitude in the Carpathian–Pannonian region



3b. ábra. Méret szerinti kumulatív rengésgyakoriság a Kárpát–Pannon térségben. Az adatrendszer a háromszögekkel jelzett magnitúdókra nem tekinthető teljesnek

Fig. 3b. Cumulative earthquake frequency versus magnitude in the Carpathian–Pannonian region. Data set is not complete for magnitudes shown by triangles

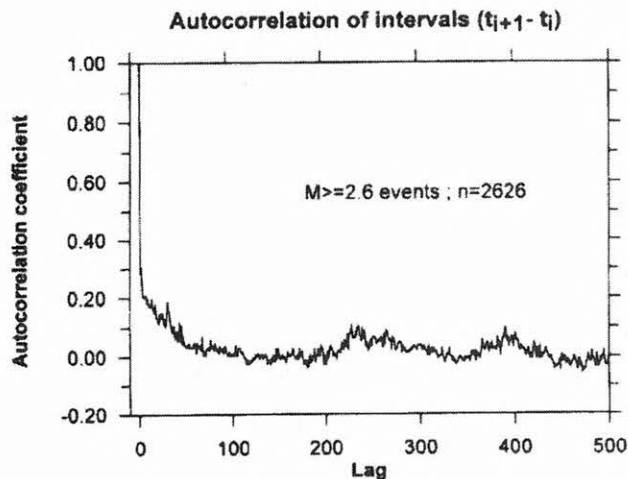


4. ábra. Évente előfordult $M \geq 2,6$ magnitúdójú rengések számának változása a Kárpát–Pannon térségben. A szaggatott vonal az idősorhoz illesztett regressziós egyenest szemlélteti

Fig. 4. Yearly variation of the number of $M \geq 2.6$ earthquakes in the Carpathian–Pannonian area. Dashed line indicates the slope of regression line fitted to data

Az Égei térség földrengésadatainak forrásául a görög SI-NOA (Seismological Institute, National Observatory of Athens) katalógus szolgált, melyből az utóbbi másfél évtizedre vonatkozó adatrendszert DOLOGLOU [DOLOGLOU 1997; személyes közlés] bocsátotta rendelkezésünkre. A kiválasztott területen ($20\text{--}25^\circ\text{K}$ és $36\text{--}40^\circ\text{E}$) fenti időszakban előfordult összes ismert magnitúdójú rengés közül az $M_S \geq 3,5$ eseményekre ($n = 7951$) teljesül a már említett stacionaritási feltétel, azzal az egyetlen eltéréssel, hogy a tesztelt idősort itt a havonta előfordult rengések számából képezzük.

A szeizmikus aktivitás jellemzésére szóba jöhető paraméterek közül jelen esetben az ismétlődési idők (a sorban következő rengések közötti Δt időtartamok) néhány statisztikus sajátosságát vizsgáljuk, ezeknek ugyanis közvetlen kapcsolódásuk lehet az előrejelezhetőség, illetve szeizmikus veszélyeztetettség kérdésköréhez. Fenti stacionaritási vizsgálatot kiegészítendő, sorban egymást követő és egyenként 500 Δt adatból álló szakaszokon számítottuk a közepes Δt értéket, továbbá az autokorrelációs függvényt. Így a magyar és görög adatrendszerekre 5, illetve 16 ilyen szakasz adódik. Az 5. ábrán egy, a legtöbb vizsgált esetre jellemző autokorrelációs függvény látható, ahol is az auto-



5. ábra. Ismétlődési időtartamok jellegzetes autokorrelációs függvénye a Kárpát–Pannon térség földrengéseire

Fig. 5. Characteristic autocorrelation function for earthquake recurrence time intervals in the Carpathian–Pannonian area

korrelációs együttható az első néhány egységnyi késleltetés után $\sim 0,2$, mintegy 50–100-as késleltetés után pedig zérus körüli értékre csökken, majd tovább már csak a nullszint körül ingadozik. Ez a viselkedésmód annak a következménye, hogy a Δt idősor véges hossza miatt a varianciának nem valódi, hanem csak bizonyos torzult értéke becsülhető [DAVIS 1986]. A Student-féle statisztikus tesztet elvégezve kiderül, hogy mindkét adatrendszer esetében a közepes Δt érték az említett intervallumokon 5%-os szignifikanciaszinttel állandónak tekinthető. Ami az autokorrelációs függvényt illeti, ez csak a késleltetés értékétől függ, de független az egyes szakaszok idősoron belüli helyzetétől, sorrendjétől. Így megállapítható, hogy adatainkra teljesülnek az ún. „gyenge” stacionaritás feltételei [COX, LEWIS 1966].

Variációs együttható

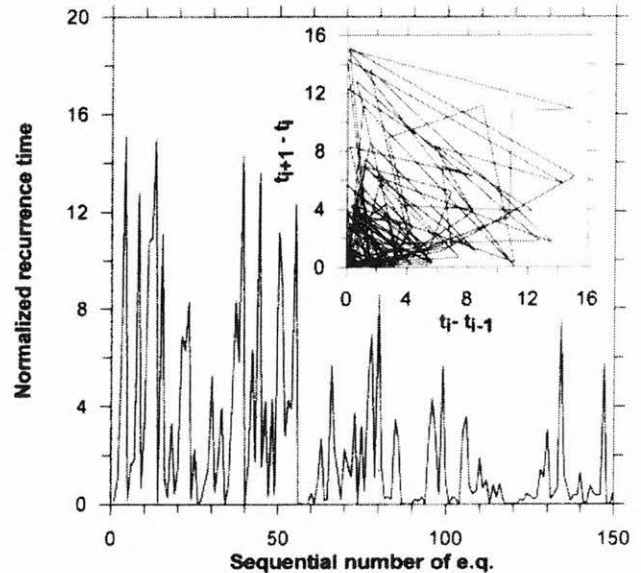
Az ismétlődési időtartamok egy területen mutatott változékonysága legegyszerűbben a V variációs együtthatóval jellemezhető, mely definíció szerint a szórás és az aritmetikai közép hányadosaként értelmezendő [COX, LEWIS 1966]. A közös Poisson-folyamatra, amikor is a szeizmikus veszélyeztetettség (pontosabban szeizmikus esemény bekövetkezésének valószínűsége) időtől és/vagy adott időpontot megelőző szeizmikus aktivitás mértékétől független, $V=1$. A Poisson-folyamat határesetet képez két lehetséges alternatíva között. Ezek egyike a kvázi-periodikus folyamat, amikor földrengés bekövetkezésének valószínűsége kicsi, ha az utolsó rengéstől eltelt időtartam kisebb, mint T , ezután viszont gyorsan növekszik a valószínűség. Kvázi-periodikus folyamatokra $V < 1$. Egnél nagyobb variációs együttható klaszteresedő, csoportokba sűrűsödő eseményekből álló folyamatokra jellemző. Szeizmikus folyamat esetében a klaszteresedés azt jelenti, hogy adott területen földrengést követő időszakban a veszélyeztetettség fokozott. Minél erősebb a klaszteresedés, annál nagyobb a V együttható értéke. Az 1. táblázat adatai szerint mindkét vizsgált térségben a rengések időbeli eloszlása határozottan klaszterjellegű. A Kolmogorov-Smirnov-féle statisztikus teszt [DAVIS 1986] alapján számszerűen kimutattuk, hogy a Poisson-folyamat hipotézise (5%-os szignifikancia mellett) kizárható. A variációs együttható értékei a Kárpát-medencére szisztematikusan nagyobbak, ami a területen erősebb klaszteresedésre utal. Az ismétlődési időtartamok klaszterjellege összhangban van KAGAN és JACKSON [1991] azon következtetésével, miszerint nagy valószínűséggel megállapítható, hogy recens szeizmikus aktivitás helyszíneinek veszélyeztetettsége fokozott mértékű.

A klaszteresedésben kimutathatók továbbá finomabb szerkezeti szabályosságok is. A 6. ábrán látható, hogy az átlagosnál nagyobb ismétlődési időtartamokat általában az átlagosnál kisebb idők követik, és fordítva, a függvény képe igen „tüskés”, menete rapszodikus. Ez a tény az adatok antiperszisztens sajátosságára utal, ami azt jelenti, hogy a vizsgált mennyiség fluktuációi nem túlságosan nagyok, a változás függvénye nem „bolyong el”

Data sets	No. of Δt_i intervals	Mean recurrence time (days)	Coeff. of variation	Korçák exponent
<i>Carpathian-Pannonian region</i>				
Whole data ($M \geq 2.6$)	2625	16.0±0.7	2.19	1.08±0.09
Subsets: $M \geq 3.0$	1497	28.0±1.4	1.93	0.78±0.07
$M \geq 3.5$	760	53.9±3.2	1.63	0.79±0.08
$M \geq 4.0$	374	106.1±7.1	1.30	0.59±0.08
$M \geq 4.5$	187	222.9±28.2	1.73	0.56±0.06
<i>Aegean region</i>				
Whole data ($M \geq 3.5$)	7950	0.69±0.01	1.48	1.55±0.16
Subsets: $M \geq 4.0$	2794	1.96±0.06	1.57	1.08±0.12
$M \geq 4.5$	598	9.2±0.5	1.40	0.67±0.08
$M \geq 5.0$	137	39.8±4.3	1.25	0.39±0.05

1. táblázat. A vizsgált adatrendszerek néhány statisztikus jellemzője
Table 1. Some statistical characteristics of the considered data sets

túlságosan távol a közepes értéktől, az adatokban gyakorlatilag nincsenek lineáris trendek. Az ábra betétdiagramja, melyben az átlós vonalak dominanciája kétségtelen, még szemléletesebben érzékelteti az antiperszisztens jellegét.



6. ábra. Közepes értékkel normált ismétlődési időtartamok jellegzetes váltakozása a Kárpát-Pannon térségben 150 rengés sorozatának példáján. Sorozat kezdete 1959. január 29., vége 1976. június 14. Betétdiagram: szomszédos értékek közötti viszony (sorozati korreláció)

Fig. 6. Characteristic alteration of normalised by the mean recurrence times in the Carpathian-Pannonian region, on the example of 150 earthquakes. Beginning of series: January 29, 1959, end of series: June 14, 1976. Inset: relation between neighbouring recurrence time intervals (serial correlation of recurrence times)

Az ismétlődési időtartamok strukturáltságának részletesebb ismerete minden bizonnyal nem érdektelen a rövidtávú előrejelzés szemszögéből. A havonta keletkező napfoltok számában talált hasonlóan diagonális szerkezetű váltokozást kutatva KOONS és GORNEY [1990] numerikus kísérletet végzett a napfoltok várható maximális számának előrejelzésére. A vizsgálat a neurális hálózatok számítástechnikai módszerének alkalmazásával történt, mely módszer lényege az, hogy korrelál bizonyos paramétereket a vizsgált jelenség aktivitásának előző időszakából a következő aktivitási maximum várható nagyságával, illetve az aktivitási minimum és maximum közötti időtartam várható hosszával. Az algoritmus egy sokelemű hálózat egymással meghatározott módon és áttételesen is konnektivitást mutató elemei (neuronok) között lezajló kommunikációt szimulálja úgy, hogy a kérdéses paraméter egyik neuron kimenetén kapott értéke a másik neuron bemenetére kerül, és a szimulációs folyamat kezdetén az elemek közötti konnektivitás eloszlása teljesen véletlenszerű. A rendszer tanulásra képes, vagyis olyan mintázatfelismerő tulajdonsággal rendelkezik, hogy a szimuláció folyamatában egyre pontosabban illeszkedik a valós mérési adatokra jellemző mintázathoz, és tapasztalatok szerint reálisnak mutatózó predikciókat eredményez. A természeti folyamatok bizonyos fokú univerzalitását feltételezve, a módszer talán alkalmazható lehet földrengések ismétlődéseinek előrejelzésére is. Ez irányú vizsgálatunk eredményeit egy későbbi dolgozatban szándékozunk ismertetni.

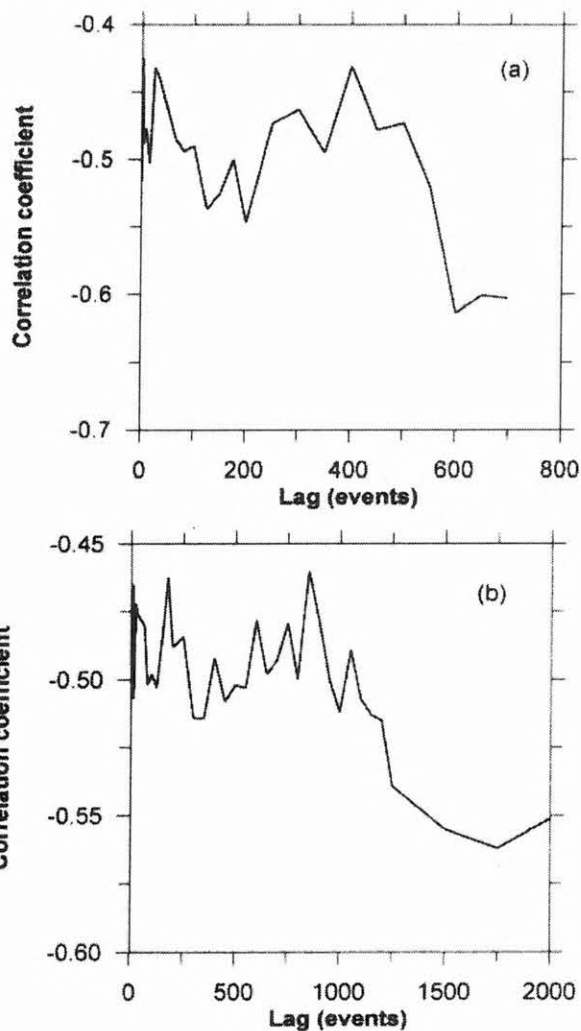
Antiperszisztencia, vagyis egy változó mennyiség sorban következő értékei közötti negatív korreláltság a Fourier-transzformált teljesítménysűrűség-spektrumának számításával is kimutatható. A teljesítménysűrűség-spektrumot a frekvencia függvényében log-log skálán ábrázolva, a D fraktáldimenzió meghatározható a kapott görbéhez illeszkedő regressziós egyenes meredekségéből mint $D = (5 - \text{meredekség})/2$ [MANDELNBROT 1983]. Az $1,5 < D < 2,0$ tartományba eső fraktáldimenziók antiperszisztens folyamatra jellemzők [MANDELNBROT 1983]. A Kárpát–Pannon térség rengéseinek ismétlődési időtartamaira például ily módon $D = 1,97$ adódik, ami az adatok közötti erős antiperszisztenciára utal.

Spektrális módszerrel antiperszisztencia léte vagy nemléte egy folyamatot bizonyos mérettartományban implicite átlagosan jellemző tulajdonságként állapítható meg. Helyi változások kimutathatók a lokális variancianövekedés vizsgálatával [HASTINGS, SUGIHARA 1993]. Ez a művelet az ismétlődési idők egymás utáni, szomszédos növekményei közötti ρ korreláció számítását jelenti:

$$\rho = \frac{E[[T(t+2\Delta t) - T(t+\Delta t)][T(t+\Delta t) - T(t)]]}{[E[T(t+2\Delta t) - T(t+\Delta t)]^2 E[T(t+\Delta t) - T(t)]^2]^{1/2}}, \quad (2)$$

ahol $T(t)$ az ismétlődési időtartamokkal alkotott idősor, Δt a késleltetés, és E a várható érték. Mint a 7. ábrán látható, a korreláció határozottan negatív és a korrelációs együttható értéke kis késleltetések mellett 0,45–0,5 körül ingadozik. Bizonyos nagyságú késleltetést elérve (melynek hossza a Magyar-medencére 600, az Égei térségre mintegy 1200 egységnyi; ami időben kb. 26, illetve 3 évnek felel meg) a korreláció gyorsan erősödik. Fentiek is antiperszisztenciára, az ismétlődési időtartamok reverziós tendenciájára utalnak úgy, hogy ez a tendencia 26, illetve 3 éves periódusok felett határozottan erősödik. Az antiperszisztencia

jellemzőinek további részletesebb vizsgálata is egyfajta közelítési módot jelenthet a predikció problémájának kutatásában.



7. ábra. Az ismétlődési idők sorban következő növekményei közötti korreláció a magyar (a) és görög (b) adatrendszerre

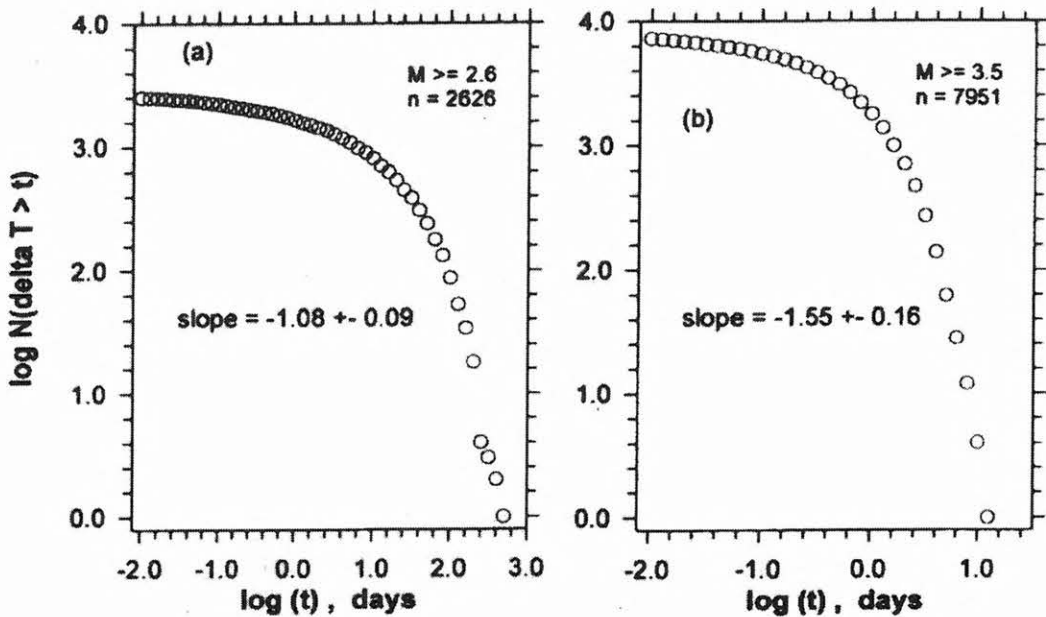
Fig. 7. Correlation between successive increments in the recurrence time values for the (a) Hungarian and the (b) Greek data sets

Korčak-kitevő

Az ismétlődési időtartamok változékonyságának jellemzésére alapvető statisztikaként az időtartamok méretgyakorisági eloszlását alkalmazzuk, mely az ún. Korčak-féle empirikus törvényben fogalmazódik meg. Standard eljárással [pl. HASTINGS, SUGIHARA 1993] számítottuk a földrengések közötti időtartamok eloszlását leíró b Korčak-kitevő

$$n(\Delta t > \Delta t_i) = \text{const}(\Delta t_i)^{-b}, \quad (3)$$

értékét, ahol n a Δt_i -nél hosszabb ismétlődési időtartamok száma, és a (3) görbe log-log transzformált változatának dőlt lineáris szakaszához illesztett egyenes meredeksége adja a b kitevőt. A 8.a ábrán látható, hogy a Kárpát–Pannon térségben az ismétlődési időtartamok méret szerinti eloszlása skálainvariáns a kb. 2,5–500 napos mérettarto-



8. ábra. (a) Az ismétlődési idők méret szerinti kumulatív gyakorisága a Kárpát–Pannon területen. A meredekség (b érték) a görbe 2,5–500 napos intervallumnak megfelelő dőlt lineáris szakaszához történő illesztéssel adódott. (b) Ugyanaz, mint fenti ábra, csak az Égei térségre meghatározva. Meredekség a 0,1–12,5 napos méretskálára vonatkozik

Fig. 8. (a) Cumulative frequency of the recurrence time intervals versus their lengths in the Carpathian–Pannonian region. Slope of distribution (b -value) is obtained by fitting to the inclined linear section of the curve in the 2.5–500 days interval. (b) Same as figure (a), but for the Aegean area. Slope corresponds to the 0.1–12.5 days scaling interval

mányban, ahol is a Korčák-kitevőre $b = 1,08 \pm 0,09$ adódik. A mérettől való függetlenség tartománya tehát mintegy 200-szoros, ami határozott fraktálszerkezetre utal a vizsgált adatsorban. Az Égei térségre végzett analóg számítás eredményeként $b = 1,55 \pm 0,16$ nagyságú kitevőt határoztunk meg a 0,1–12,5 napos méretskálán (8.b ábra).

A Korčák-kitevő értékének adatsorunk egymás utáni kisebb részintervallumaira történő számításával képet alkotunk a paraméter lokális változásairól. Ez pedig végső soron információt szolgáltat b -nek egy rengési ciklus elejétől végéig tartó evolúciójáról, más szóval adataink multiskálázottságáról, multifraktalitásáról. A 9.b ábra szerint a görög adatsor gyakorlatilag semmilyen vagy legalábbis igen gyenge multiskálázottságot mutat, ami arra utal, hogy a szeizmicitás stílusában nem tapasztalhatók eltérések különböző időszakok folyamán. Ez a homogenitás minden bizonnyal annak a következménye, hogy az adatsor viszonylag rövid időszakot fog át. Míg a görög adatrendszerre b értéke viszonylag állandó az egész megfigyelési időtartamon, a magyar adatokra (9.a ábra) lényegesen nagyobb változások jellemzők. Az első 23 évben mutatott kicsi, 0,75-ös érték a következő 10 év során mintegy 50%-kal megnövekszik, majd újabb alacsony b kitevőjű időszak (mely az $M = 5,6$ -es dunaharaszti föregést is magában foglalja) után pozitív fluktuációk következnek. Ez a változékonyság időbeli multiskálázottságra utal a szeizmikus aktivitásban. Az $M = 6,2$ -es zágrábi és $M = 5,2$ -es erdélyi rengések a kezdeti alacsony b kitevőjű időközre esnek. Olyan időszakokban, amikor b értéke magasabb, a szeizmikus aktivitás a területen általában gyengébb.

Görögországra hasonló szabályszerűséget állapíthatunk meg azzal az eltéréssel, hogy a változékonyság (mind b -

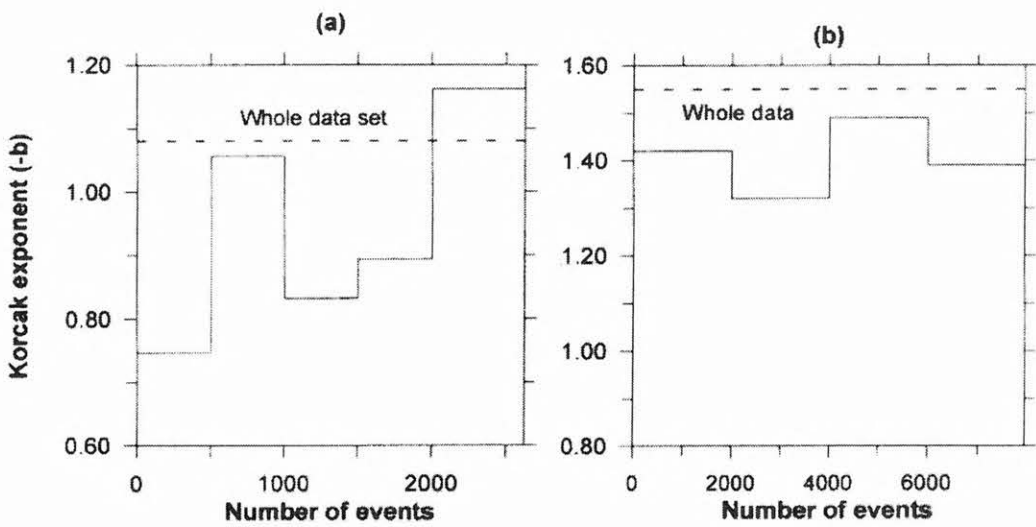
ben, mind a szeizmikus aktivitásban) lényegesen kisebb. Földrengések magnitúdó szerinti gyakoriságát vizsgálva hasonló trendeket mutatott ki pl. WYSS [1990], továbbá KEMÉNY és HAGAMAN [1992], akik szerint b kitevő értéke szeizmikusan aktív időszakokban csökken, nagyobb kitevők pedig általában csendes időszakokra jellemzők.

Az ismétlődési időtartamokból meghatározott b kitevők és a szeizmikus aktivitás között a jelen munkában mutatkozó inverz kapcsolat, hasonlóan a rengések magnitúdó szerinti gyakoriságának említett vizsgálati eredményeihez, lehetőséget nyújt a szeizmikus aktivitás fluktuációinak lokális b értékekkel történő számszerű jellemzésére. A kérdés részletesebb vizsgálatához természetesen szükség lenne több eltérő szeizmotektonikus környezetből származó, kiterjedtebb adatrendszerek vizsgálatára.

Teszteltük továbbá a Korčák-kitevő olyan esetben mutatott viselkedését, amikor adataink csak egyre nagyobb és nagyobb magnitúdójú rengéseket tartalmaznak. Az 1. táblázat eredményeiből egyértelműen kitűnik b értékének csökkenése a küszöbmagnitúdó növekedésével, ami szintén az adatok multifraktál jellegét valószínűsíti.

Értelmezés

Az ismétlődési időtartamok fentebb ismertetett struktúráltsága, skálázottsága értelmezhető az önszerveződő kritikus jelenség fogalma alapján. A világosabb tárgyalást talán elősegíti, ha előljáróban megadunk néhány rövid meghatározást. *Kritikus folyamat* vagy jelenség alatt másodfokú fázisátalakuláson átmenő rendszer kritikus pontjában előálló jelenséget értünk, amikor is a rendszer két fázisa, állapota egyidejűleg létezhet (pl. mágneses anyag viselkedése



9. ábra. A Korčák-kitevő lokális, rövidebb időszakokon mutatott változékonysága a Kárpát–Pannon (a) és az Égei térségben (b)

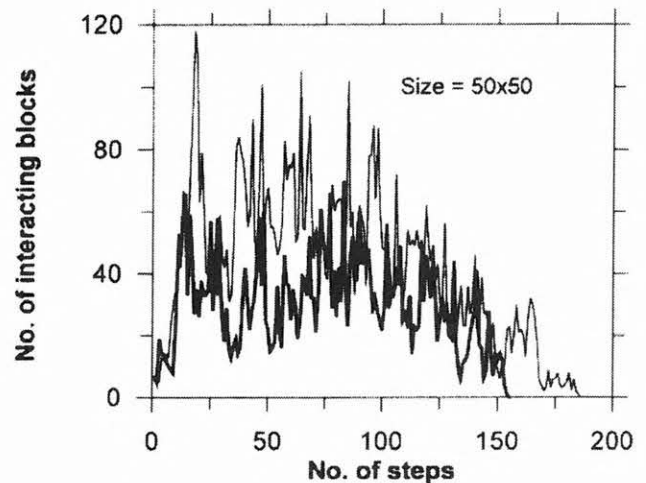
Fig. 9. Local variability of Korčák exponent for the (a) Hungarian and the (b) Greek data sets

Curie-hőmérsékleten). *Önszerveződés*: egyensúlyi állapotából konstans energiafluxussal kimozdított nem lineáris rendszer olyan képessége, hogy önmagát spontán módon rendezett geometriai konfigurációba strukturálja. Ez a rendezett geometriai mintázat pedig nem más, mint skála-invariáns fraktálszerkezet. *Önszerveződő kritikus jelenség*: az a jelenség, amikor egy összetett, számos elemből álló rendszer spontán módon kritikus ponthoz jut, és ott marginálisan stabil állapotban marad. Fontos tulajdonság, hogy ez az állapot viszonylag érzéketlen a dinamika kisebb változásaira.

BAK és TANG [1989] mutatott rá először földrengések genesisének, valamint a rengések tér- és időbeli eloszlásának, továbbá bizonyos dinamikai sajátosságainak egy viszonylag egyszerű cellaautomata modellben fellépő önszerveződő kritikus jelenséggel lehetséges magyarázatára. A modell álljon egy sűrűlódó felületet reprezentáló, (i,j) négyzetráccsal adott kétdimenziós cellák, elemek rendszeréből. Minden egyes elem csak a vele szomszédos négy másik cellával van dinamikai kapcsolatban. Legyen t időpontban a rendszer marginálisan stabil $z(i,j)$ állapotban, ahol z az (i,j) -ik cellában fennálló deformáció (vagy feszültség) mérőszámával arányos mennyiség. A stabilitás feltételének megfelelően minden cellában $z(i,j) < F$, ahol F egy bizonyos kritikus deformáció (BAK és TANG modelljében $F = 4$ egység). Perturbáljuk a rendszert egy véletlenül és a többitől függetlenül kiválasztott cellában Δ mennyiség hozzáadásával realizált $z_{ij} \rightarrow z_{ij} + \Delta$ állapotátmenettel ($\Delta = F/4$). Az eljárás eredményeként $t+\Delta t$ időpontban a rendszerben deformációnövekedés keletkezik. Ha az adott cellában a deformáció mérőszáma eléri a kritikus F értéket, lokális relaxáció kezdődik, vagyis a $z_{ij} \rightarrow z_{ij} - F$ átmenetnek megfelelően a deformáció átadódik a szomszédos cellákba (tektonikai értelemben a cella „megcsúszik”, törés, kőzetmegsemmisülés történik). Mielőtt a $t+2\Delta t$ időpontban az eljárást megismételjük, ellenőrizzük, hogy a deformáció-átadás következtében nem alakul-e ki kritikus állapot valamelyik szomszédos cellában. Igen gyakran a deformáció lavinaszerűen végigvonul a cellák nagy többségén, mielőtt a rendszer lassan újból marginálisan stabil állapotba kerülne. A fenti ciklus képez egy rengési eseményt. A

ciklus folyamán kölcsönhatásban részt vett cellák száma a rengés alkalmával kioldódott E teljes energia mértékének tekinthető. Az energia méret-gyakorisági eloszlásából adódó Korčák-kitevő értéke információt nyújt E skálázottságáról, strukturáltságáról.

Mint már utaltunk rá, a fenti statisztikus modellben csak az egymással közvetlenül szomszédos cellák között van konnektivitás. Egy rengési esemény alatt azonban így is a rendszer elemeinek nagy része kölcsönhatásba kerülhet egymással (10. ábra). A modell statisztikus jellege fokozható véletlen eloszlású kritikus feszültség, továbbá a cellák között véletlenszerű konnektivitás feltételezésével.



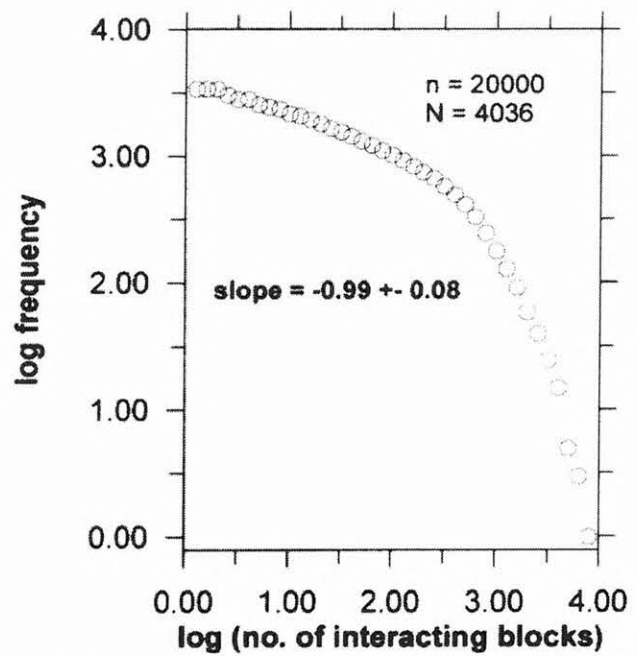
10. ábra. Egymással kölcsönhatásba kerülő elemek számának (melyet arányosnak tekintünk az energiakioldódással) változása tipikus földrengés alkalmával egy 50x50-es elemű BAK, TANG [1989]-féle cellaautomata modellben, izotrop (vastag vonal) illetve anizotrop (vékony vonal) kölcsönhatás esetén

Fig. 10. Variation of the number of communicating with each other cells during a typical earthquake in the cellular automata model by BAK, TANG [1989] of size 50x50, for isotrope (thick line) and anisotrope (thin line) interaction between cells. This number can be considered as a quantity proportional to the energy release in the earthquake

BAK és TANG [1989] numerikus modellvizsgálatai szerint a fenti statisztikus modell a választott modellparaméterektől és esetleg további statisztikus feltevésektől eléggé függetlenül viszonylag állandó, $b \sim 1$ körüli Korçak-kitevőket eredményez. Ez a számérték igen jó egyezést mutat az ismétlődési időkből a Kárpát-Pannon térségre meghatározott eredménnyel (1. táblázat). Így levonható a következtetés, hogy a BAK, TANG [1989]-féle földrengésmodell keretében igen jól értelmezhető a lemezen belüli, külső hajtóerő általi „behangolás” nélkül kipattanó rengések időstatisztikája. Szükségesnek tartottuk azonban fenti földrengésmodellt olyképpen finomítani, hogy az képes legyen vetők, törésvonalak, gyenge zónák szerepének anizotrop energiakioldódás útján történő figyelembevételére az egyes elemek közötti kölcsönhatásban. Ez úgy valósult meg, hogy $F = 6$ egységnyi kritikus deformációt véve, a kitüntetett észak-déli irányban 2–2 egységnyi, rá merőlegesen viszont fele akkora energiaátadást tételeztünk fel.

A 10. ábra jól szemlélteti, hogy a „kommunikáló” elemek száma egy tipikus rengési esemény alkalmával igen szabálytalanul változik. Az aktivitás többször is majdnem egészen megszűnik, majd újból felerősödik, még mielőtt teljesen kialudna. A kölcsönhatás evolúciója a modellben általában egymástól egészen távoli elemekre is kiterjed, vagyis a szeizmikus aktivitás tovaterjedése nem független a kéreg finomszerkezeti sajátosságaitól, még távol a kiindulási helytől sem. Ebből az a nem túl megnyugtató következtetés vonható le, hogy például egy földrengés méretének pontos előrejelzéséhez szükség lenne a legapróbb kéregszerkezeti sajátosságok pontos ismeretére, a kipattanási helytől igen nagy távolságokon is. Ha tehát földrengések valóban az ismert mechanizmus útján keletkeznek és szűnnek meg, még reményünk sem lehet, hogy konkrét előrejelzés egyáltalán megvalósítható lenne.

A 10. ábrán látható, hogy a homogén, illetve anizotrop kölcsönhatású modellekben a szeizmikus aktivitás evolúciója egymáshoz nagyban hasonló. Egyetlen lényeges eltérés, hogy utóbbi esetben a kölcsönhatásba kerülő elemek száma általában nagyobb és az aktivitás lecsengése lassabb, egyenletesebb folyamat. A 11. ábra a rengés során kioldódó energia méret szerinti gyakoriságának numerikusan modellezett eloszlását szemlélteti egy 50×50 cellából álló és fentiek szerint anizotrop modellre vonatkozóan. A számítás során 20 000-szer perturbáltunk véletlenszerűen kiválasztott cellát egységnyi feszültség hozzáadásával. Fizikai analógiát keresve úgy is mondhatnánk, hogy ez a számérték arányos a rendelkezésre álló megfigyelési sorozat hosszával. Az eljárás során a 20 000-ből 4036 esetben indult be a fentiekben ismertetett lavinajelenség, az önszerveződő kritikus folyamat. Az aktivitás megszűnése végén mindegyik esetben kaptunk bizonyos értéket a lavinaszerű kölcsönhatásban résztvevő elemek teljes számára (ami természetesen nagyobb is lehet, mint 50×50 ; egy-egy elem ugyanis többször is kölcsönhatásba kerülhet szomszédaival). Ezen mennyiségek gyakorisági eloszlását szemlélteti a 11. ábra. Az eloszlás kielégíti az $N(E) \sim E^{-b}$ hatványfüggvényt, ahol $b \sim 1$ mind az anizotrop, mind az izotóp modell esetében.



11. ábra. Egymással kölcsönhatásba lépett elemek számának gyakorisága egy 50×50 cellából álló anizotrop modellben. n a modellezési eljárásban végzett ismétlések száma (megfigyelési sorozat hossza), N a lavinajelenség ismétlődésének (rengési események) száma

Fig. 11. Frequency distribution of the number of interacting elements in an anisotropic cellular automata model of size 50×50 . n is the number of repetition of the modelling procedure (length of observation series), N is the number of occurrences of avalanche events (number of earthquake occurrences)

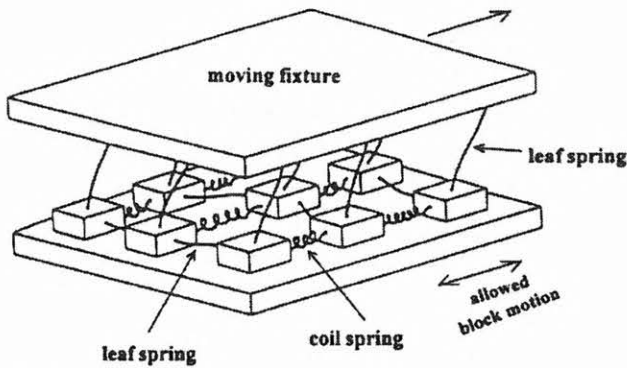
A földrengések genesisét ugyancsak önszerveződő kritikus folyamatként kezelő BROWN et al. [1991]-féle rengésmodell szerzői fenténél jelentősen nagyobb, $b = 1,5$ körüli kitevőt határoztak meg modellszámításaikban a rengések során kioldódott energia méret szerinti strukturáltságára. Ez a modell is kétdimenziós és egymással kölcsönhatásban álló, súrlódó felületen elmozdulásra képes cellák, elemek rendszeréből áll (12. ábra). A modell mechanikai megfelelőjében az elemek rugókkal kapcsolódnak egymáshoz, egy blokk megcsúszásakor kioldódó feszültség így megoszlik és átadódik a szomszédos négy elemhez. Bármely elem csak egyetlen irányban mozdulhat el, mely megegyezik a felső merev lemez mozgásának irányával. Az előzőekben ismertetett BAK, TANG [1989]-féle egyszerűbb földrengésmodellhez viszonyítva leglényegesebb eltérés itt a felső lemez mozgásából adódó és regionális tektonikus hajtóerőként értelmezett erőhatás jelenléte. Kezdeti időpillanatban az elemek feszültségi állapota, feszültségük nagysága véletlenszerű. A fedőlemez mozgásából származó erőhatás laprugókon keresztül átadódik az egyes elemeknek. Egy (i,j) elemre ható F_{ij} erő felírható mint

$$F_{ij} = K_L e_{ij} + K_T (4e_{ij} - e_{i-1,j} - e_{i+1,j} - e_{i,j-1} - e_{i,j+1}), \quad (4)$$

$$e_{ij} = v \Delta t - x_{ij},$$

ahol K_L és K_T sorrendben a lap- és tekericsrugók effektív rugalmassági állandói, v a fedőlemez sebessége, x_{ij} az adott elem pillanatnyi helyzete, és Δt a kezdeti időponttól eltelt idő. Az előző modellhez hasonlóan törés, egy blokk elmozdulása a rendszerben akkor következik be amikor a rá ható

feszültség elér vagy meghalad bizonyos F kritikus értéket. Az elmozdulás lokális feszültségkioldódással jár, a szomszédos elemekre ható feszültség növekszik. Ha a növekmény valamelyik szomszédos elemében elegendő a kritikus feszültség eléréséhez, az előbbi jelenség ismétlődik és megtörténhet, hogy a dinamikus folyamat lavinaszerűen végigvonul a rendszer egészen, vagy legalábbis nagyobb részén.



12. ábra. A BROWN et al. [1991]-féle földrengésmo-
dellek mechanikai rendszerének szemléltetése (BROWN et al. [1991] után módosítva)

Fig. 12. Mechanical scheme for the BROWN et al. [1991] model of earthquakes as critical point phenomena. Modified after BROWN et al. [1991]

Földrengések keletkezését és lezajlását fenti modellel szimulálva, BROWN et al. [1991] vizsgálták a rengések közötti időtartamok néhány statisztikus sajátosságát, továbbá a rengések energia szerinti eloszlását. Mint már utaltunk rá, utóbbi modellben a méret szerinti gyakoriság eloszlása hatványtörvényű, és nem érdektelen, hogy a hatványkitevőre a modellparaméterek kisebb változásaival szemben viszonylag stabilan 1,5 körüli érték adódik. Ez jelentősen eltér a BAK, TANG [1989]-féle modellre jellemző eredménytől és igen jó egyezést mutat a teljes görög adatrendszerre ($M \geq 3,5$; $n = 7951$) általunk meghatározott kitevővel.

Összefoglalás

Két eltérő szeizmotektonikai környezetből származó adatrendszeren végzett vizsgálatunk szerint a földrengések ismétlődési időtartamainak statisztikája jelentősen eltér a lemezen belüli, illetve az aktív lemezszegélyeken keletkező rengésekre vonatkozóan. Mindkét esetben a rengések előfordulása csoportokba sűrűsödő, klaszteresedő folyamat. Ennek következménye, hogy valamely rengést követő időszakban a szeizmikus veszélyeztetettség, újabb rengés keletkezésének valószínűsége a területre jellemző átlagos szintnél nagyobb. A klaszteresedés mértéke aktív lemezhatárokon kisebb (a Poisson-folyamathoz inkább közeledő), mint lemezen belül. Az egyes klaszterek szerkezete igen szabálytalan, predikció szempontjából valószínűleg csak olyan komplex eljárásokkal történő vizsgálatuk jöhet számításba, mint pl. a neurális hálózatok [pl. KOONS, GORNEY 1990] módszere. Mind a Magyar-medence, mind az Égei térség rengéseinek kipattanásai fraktáljellegű mutatnak, az ismétlődési időkre adódó Korčák-kitevő értéke a sorrendnek megfelelően $\sim 1,0$, illetve $\sim 1,5$. A $b = 1,0$ körüli

kitevők jól értelmezhetők a szeizmogenezis mint önszerveződő kritikus folyamat BAK, TANG [1989]-féle, csak belső szabályozást magában foglaló modellje keretében. Eredményeink szerint vetők, törésvonalak szerepének megfelelő anizotrópia figyelembe vétele a modellben nem befolyásolja jelentősen a Korčák-kitevő nagyságát. Az aktív Égei térségre kimutatott magasabb b kitevő igen jól egyezik a BROWN et al. [1991]-féle földrengésmo-
dellel elméletileg adódó értékkel. Utóbbi modellben az önszerveződő kritikus folyamat „behangelését” regionális hajtóerő irányítja. Vizsgálatunk arra utal, hogy nagy földrengések előrejelzése szempontjából célszerűnek tűnik a Korčák-kitevő lokális változásainak kutatása, hasonlóképpen a rengésméret-gyakoriság változásainak [WYSS 1990] kérdéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki dr. ZSÍROS Tibornak (MTA GGKI), hogy jelen munkához rendelkezésére bocsátotta a Magyar Földrengés-katalógus eddig még nem publikált részének rengésadatait. Hasonló okból köszönettel tartozom dr. E. DOLOGLOUNAK (Dept. of Physics, University of Athens, Greece), akitől megkaptam az SI-NOA görög földrengés-katalógus 1982–1996. évi időszakra vonatkozó adatait. Nagyon hasznosnak bizonyultak számomra egy közelmúltban volt japáni tartózkodásom során prof. S. UYEDÁVAL és dr. T. NAGAOVAL (Earthquake Prediction Research Center, Tokai University, Shimizu, Japan) folytatott beszélgetéseink az önszerveződő kritikus folyamatokról és a szeizmogenezis káoszelméleti vonatkozásairól.

Jelen munka elvégzését az OTKA Iroda által a T 022954 sz. kutatási szerződés keretében nyújtott anyagi támogatás tette lehetővé.

HIVATKOZÁSOK

- BAK P., TANG C. 1989: Earthquakes as a self-organized critical phenomenon. *J. Geophys. Res.* **94**, 15, 635-15, 637
- BROWN S. R., SCHOLZ C. H., RUNDLE J. B. 1991: A simplified spring-block model of earthquakes. *Geophys. Res. Lett.* **18**, 215-218
- COX D. R., LEWIS P. A. W. 1966: The statistical analysis of series of events. Methuen, London
- DAVIS J. C. 1986: Statistics and data analysis in geology. Wiley, New York
- ERZAN A., SINHA S. 1991: Spatiotemporal intermittency of the sandpile. *Phys. Rev. Lett.* **66**, 2750-2753
- GUTDEUTSCH R., ARIČ K. 1988. Seismicity and neotectonics of the East Alpine–Carpathian and Pannonian area. *In: ROYDEN L. H., HORVÁTH F. (Eds), The Pannonian Basin — A study in basin evolution. AAPG Memoir 45, Am. Assoc. Petrol. Geol. Publ., Tulsa, Oklahoma, 183-194*
- HASTINGS H. M., SUGIHARA G. 1993: Fractals. A user's guide for the natural sciences. Oxford Univ. Press, Oxford
- HUANG J., TURCOTTE D. L. 1990: Are earthquakes an example of deterministic chaos? *Geophys. Res. Lett.* **17**, 223-226
- KAGAN Y. Y. 1992: Seismicity: The turbulence of solids. *Non-linear Sci. Today* **2**, 123-134
- KAGAN Y. Y. 1994: Observational evidence for earthquakes as a non-linear dynamic process. *Physica D*, **77**, 160-192

- KAGAN Y. Y., JACKSON D. D. 1991: Seismic gap hypothesis: ten years after. *J. Geophys. Res.* **96**, 21, 419-21, 431
- KEMÉNY J. M., HAGAMAN R. M. 1992: An asperity model to simulate rupture along heterogeneous fault surfaces. *PAGEOPH* **138**, 549-567
- KIRATZI A., PAPAACHOS C. B. 1995: Active crustal deformation from the Azores triple junction to the Middle East. *Tectonophysics* **243**, 1-24
- KOONS H. C., GORNEY D. J. 1990: A sunspot maximum prediction using a neural network. *EOS, Trans. Am. Geophys. Un.* **71**, 677-688
- MAIN J. 1996: Statistical physics, seismogenesis, and seismic hazard. *Rev. Geophys.* **34**, 433-462
- MANDELBROT B. B. 1983: *The fractal geometry of nature*. W. H. Freeman, San Francisco, Calif.
- PAPAACHOS B., KIRATZI A., PAPAACHOS E. 1991: Regional focal mechanism for earthquakes in the Aegean Sea. *PAGEOPH* **136**, 405-420
- REILINGER R., MCCLUSKY S., ORAL B., KING R., TOKSÖZ M., BARKA A., KINIK I., LENK O., SANLI I. 1997: GPS measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia Plate collision zone. *J. Geophys. Res.* **102**, B5, 9983-9999
- ROYDEN L. H., BÁLDI T. 1988: Early Cenozoic tectonics and paleogeography of the Pannonian and surrounding regions. *In: ROYDEN L. H., HORVÁTH F. (Eds), The Pannonian Basin — A study in basin evolution*. AAPG Memoir **45**, Am. Assoc. Petrol. Geol. Publ., Tulsa, Oklahoma, 1-16
- SCHOLZ C. H. 1990: Earthquakes as chaos. *Nature* **348**, 197-198
- TURCOTTE D. L. 1992: *Fractals and chaos in geology and geophysics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge
- WYSS M. 1990: Changes of mean magnitude of Parkfield seismicity: A part of the precursory process? *Geophys. Res. Lett.* **17**, 2429-2432
- ZSÍROS T., MÓNUS P., TÓTH L. 1988: Hungarian Earthquake Catalog (456-1986) *Seismol. Observ., Geod. Geophys. Res. Inst. Hung. Acad. Sci., Publ., Budapest*

Budapest valószínűségi földrengés-veszélyeztetettsége¹

ZSÍROS TIBOR²

A főváros valószínűségi földrengés-veszélyességének vizsgálata szerint 50 év alatt 6,0-6,2, 100 év alatt 6,5-6,7, 200 év alatt 6,9-7,1 és 400 év alatt 7,3-7,5 a várható legnagyobb (elméleti) intenzitásérték, melynél nagyobb 75 százalékos valószínűséggel nem fordul elő.

T. ZSÍROS: Probabilistic seismic hazard assessment of Budapest

The maximum expected (theoretical) earthquake intensities with 75 % probability of not being exceeded in 50, 100, 200 and 400 years are 6.0-6.2, 6.5-6.7, 6.9-7.1 and 7.3-7.5, respectively for Budapest.

A földrengések direkt előrejelzését a tudomány minden erőfeszítése ellenére mind a mai napig nem tudta megoldani. Ezért egy adott hely vagy terület földrengés-veszélyességének megítélését a múltban tapasztalt szeizmikus aktivitás jövőbeni kivetítésével oldja meg. A ma használatos statisztikus módszerek alapját CORNELL [1968] fogalmazta meg, melynek alapján több — a gyakorlatban jól alkalmazható — számítógépes eljárás [pl. MCGUIRE 1976, ALGERMISSSEN, PERKINS 1976, BENDER, PERKINS 1987] született.

A statisztikus földrengésveszély meghatározásának módja a következő. Kijelöljük a vizsgált térségben azokat a forrásterületeket, ahol várhatóan a jövőben is jelentős földrengések keletkeznek. A forrásterületeken meghatározzuk a különböző erősségű földrengések eddig tapasztalt gyakoriságát. A rengések gyakoriságáról feltételezzük, hogy az a vizsgálandó időszakban nem fog megváltozni. A gyakoriságnak megfelelő forráshelyeket a forrásterületeken egyenletesen vagy valamilyen súlyozással elosztjuk. Meghatározzuk a veszélyeztetettségi paraméter (pl. földrengés-intenzitás) távolság szerinti gyengülésének mértékét, amely a vizsgált térségre jellemző. Ezek után, ismerve a forráshelyet s a gyengülési modellt, bármely pontban kiszámíthatjuk, hogy egy adott földrengésnek mekkora a hatása. Ha a fenti számítást az összes forráshellyel elvégezzük, akkor megkaphatjuk a földrengések okozta megrázottság (intenzitás) gyakoriság-eloszlását a vizsgált pontban. Továbbá, ha a földrengések időbeli eloszlását Poisson-folyamatnak tételezzük fel, akkor egyszerű kapcsolat áll fenn egy adott nagyságú megrázottság valószínűsége, visszatérési periódusa és a vizsgálandó időtartam között.

Az általunk használt forrásterület-beosztást (1. ábra) alapvetően a tapasztalt szeizmicitás alapján határoztuk meg. A forrásterületekre jellemző különböző erősségű rengések gyakoriságának vizsgálatához a Kárpát-medencét lefedő földrengés-katalógust [ZSÍROS 1998] használtuk fel. Mivel a későbbiek során felhasználjuk azt a feltételt, hogy a földrengések keletkezése Poisson-folyamatként írható le, szükség volt arra, hogy az adatbázisból az elő- és utórengéseket — melyek nem követik a Poisson-eloszlást — előzőleg meghatározott válogatási paraméterek [ZSÍROS 1993] szerint kiszűrjük. A veszélyeztetettségi paraméternek a

földrengés-intenzitást választottuk, mivel a Kárpát-medencében — szemben a műszeres adatokkal — e paraméterről áll rendelkezésünkre felhasználható megfigyelési adat [ZSÍROS 1996]. A Kárpát-medence sekély rengéseire és a Háromszék–Vrancea vidék középmély rengéseire jellemző intenzitásgyengülést a 2. ábra mutatja be. A veszélyeztetettségi számítások gyakorlati végrehajtását a SEISRISK III számítógépes program [BENDER, PERKINS 1987] segítségével végeztük. E módszernél az egyes forrásterületeken a források (epicentrumok) nem egyenletesen, hanem normális eloszlás szerint vannak szétosztva; ezáltal kiküszöbölhető a szeizmikus aktivitás hirtelen változása a forrászónák határán. Ha feltételezzük, hogy a földrengések véletlenszerűen keletkeznek — vagyis a Poisson-eloszlást követik — akkor annak valószínűségét, hogy adott T időszak alatt, a vizsgált pontban $I > I'$ intenzitású megrázottság keletkezik a következőképpen számíthatjuk:

$$P(I > I', T) = 1 - \exp(-NT),$$

ahol

N — azon intenzitások éves száma, melyek mértéke nagyobb, mint I'

T — vizsgálandó időtartam években.

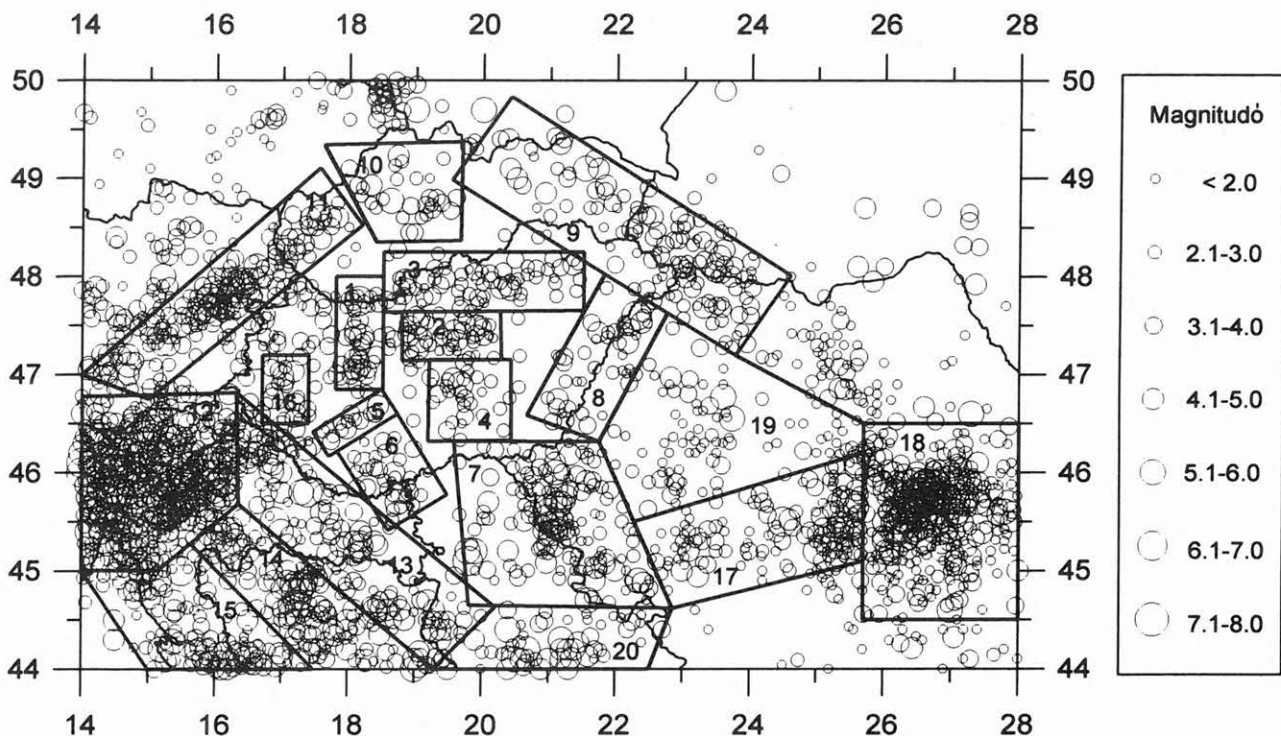
Budapest területére 75 százalékos valószínűségi szint mellett az 50, 100, 200 és 400 éves időtartamra meghatározott földrengés-veszélyességet a 3.–6. ábrák mutatják be. Az ábrák tanúsága szerint 50 év alatt 6,0–6,2, 100 év alatt 6,5–6,7, 200 év alatt 6,9–7,1 és 400 év alatt 7,3–7,5 a várható legnagyobb (elméleti) intenzitás érték, melynél nagyobb 75 százalékos valószínűséggel nem keletkezik. A főváros déli részén a szeizmikus veszély nagyobb, mint Budapest északi részén, melynek elsődleges oka a 2. forrászóna viszonylag magas szeizmikus aktivitása. Az eredményül kapott intenzitásértékeket — természetesen — a helyi földtani felépítés jelentősen módosíthatja.

Köszönetnyilvánítás

E tanulmány „A budapesti agglomeráció szeizmológiai viszonyainak és szeizmológiai kockázatának kutatása” című Akadémiai Kutatási Pályázat (96/2-447) támogatásával készült.

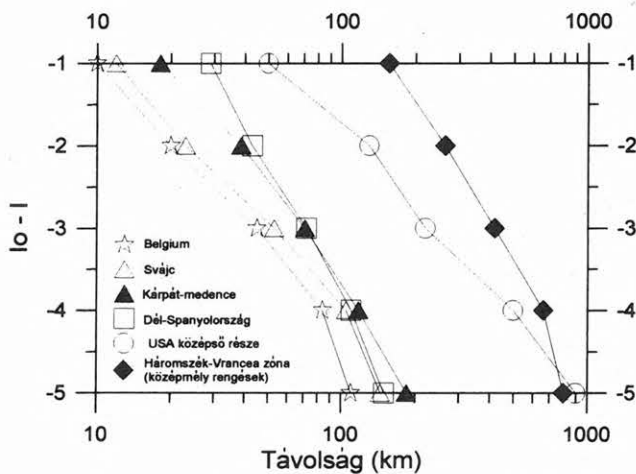
¹ Beérkezett: 1998. október 22-én

² MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet Földrengésjelző Observatórium, 1112 Budapest, Meredek u. 18.



1. ábra. Földrengés forrászónák a Kárpát-medence térségében

Fig. 1. Earthquake source zones in the region of the Carpathian Basin

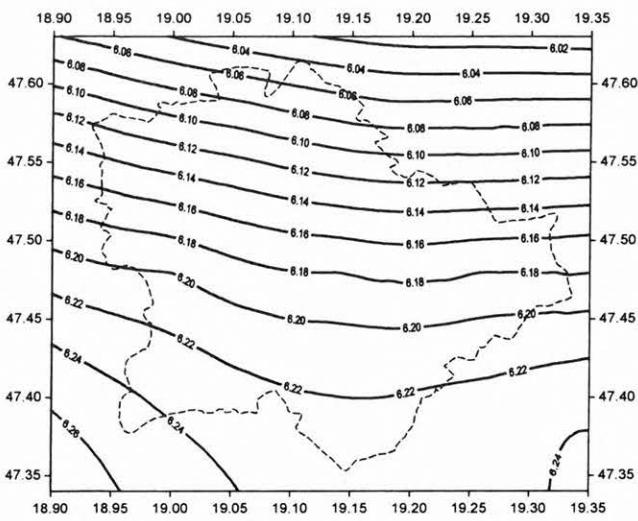


2. ábra. Néhány terület földrengésintenzitás-gyengülése az epicentrális távolság függvényében

Fig. 2. Intensity attenuation curves of some regions against the epicenter distance

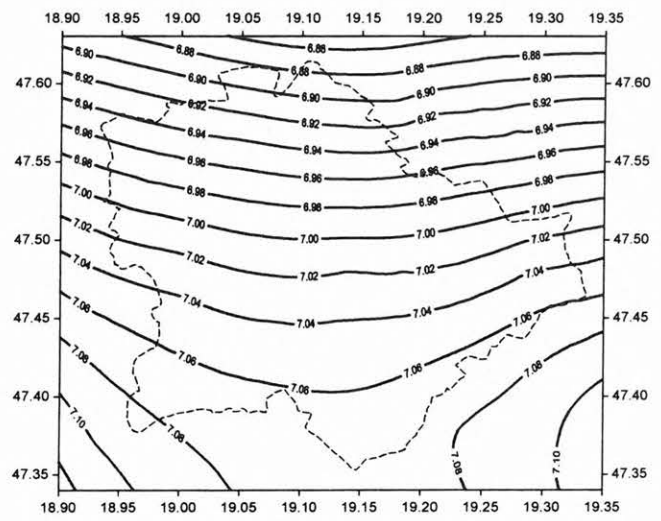
HIVATKOZÁSOK

- ALLGERMISSEN S., PERKINS D. 1976: A probabilistic estimate of maximum acceleration in rock in the contiguous United States. U.S. Geological Survey, Open-File Report, 76-416
- BENDER B., PERKINS D. 1987: SEISRISK III: a computer program for seismic hazard estimation. U.S. Geological Survey Bulletin 1772, 48 p.
- CORNELL C. 1968: Engineering seismic risk analysis. Bull. Seismol. Soc. Am., **58**, 1583-1606
- MCGUIRE R. 1976: EQRISK Fortran computer program for seismic risk analysis. U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-67
- ZSÍROS T. 1993: Földrengés forrászónák szerepe a Paksi Atomerőmű szeizmikus veszélyeztetettségében. Magyar Geofizika **34**, 7-20
- ZSÍROS T. 1996: Macroseismic focal depth and intensity attenuation in the Carpathian region. Acta Geod. Geoph. Hung. **31**, 115-125
- ZSÍROS T. 1998: Hungarian Earthquake Catalog, MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Földrengésjelző Observatórium, (számítógépes adatbázis)



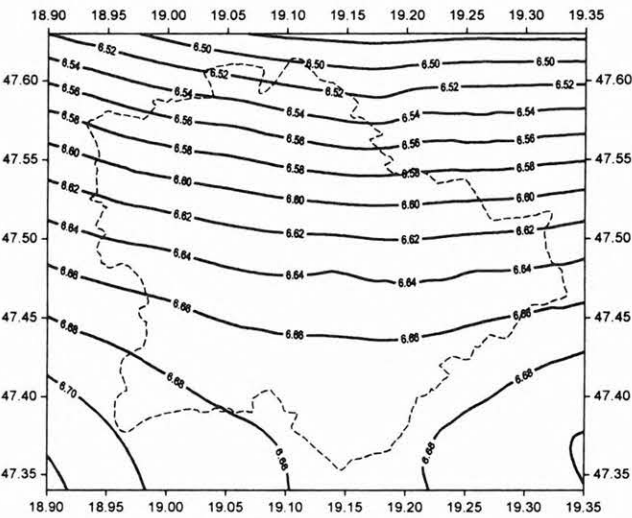
3. ábra. Maximális intenzitásértékek, melyeknél nagyobb 75%-os valószínűséggel nem várható 50 év alatt Budapesten

Fig. 3. The maximum expected intensities in Budapest with 75% probability of not being exceeded in 50 years



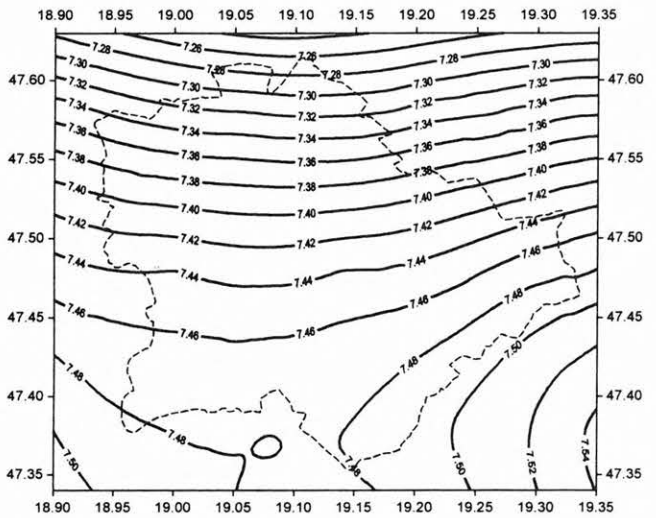
5. ábra. Maximális intenzitásértékek, melyeknél nagyobb 75%-os valószínűséggel nem várható 200 év alatt Budapesten

Fig. 5. The maximum expected intensities in Budapest with 75% probability of not being exceeded in 200 years



4. ábra. Maximális intenzitásértékek, melyeknél nagyobb 75%-os valószínűséggel nem várható 100 év alatt Budapesten

Fig. 4. The maximum expected intensities in Budapest with 75% probability of not being exceeded in 100 years



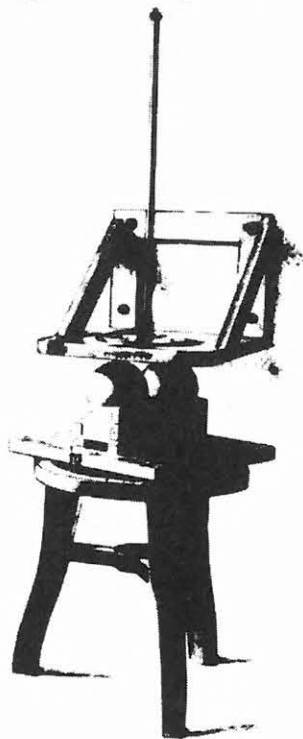
6. ábra. Maximális intenzitásértékek, melyeknél nagyobb 75%-os valószínűséggel nem várható 400 év alatt Budapesten

Fig. 6. The maximum expected intensities in Budapest with 75% probability of not being exceeded in 400 years

Az Eötvös-inga históriája

A kezdetek

EÖTVÖS Loránd 1886-ban kezdett gravitációs kutatással foglalkozni. Kísérleteihez a Coulomb-féle ingát alkalmazta, melynek megépítéséhez olyan torziós szálat készített, amelyet „öregbítési” eljárással megszabadított a szál gyári előállításánál kialakult feszültségektől. Az öregbítési eljárás segítségével sikerült olyan torziós szálat előállítani, melyeknek rugalmas járása minimális, ezáltal nagy pontosságú mérések céljaira alkalmassá váltak.



1. ábra. Gravitációs multiplikátor, 1887

Első gravitációs műszerét, a tömegvonzás szemléltetésére, 1887-ben építette meg. Ez a műszer a *gravitációs multiplikátor* kezdetleges alakja — klasszikus Coulomb-, ill. Cavendish-féle felépítés, torziós szálon függő vízszintes kar, két végén elhelyezkedő, azonos nagyságú tömeggel. A falra szerelt inga alatt kis asztalon két ólomgolyót helyezett el, melyeket kézzel kellett az inga egyik oldaláról a másikra áthelyezni (1. ábra). Ha az ólomgolyókat az inga lengésidejének periódusában helyezük át a lengő rúd egyik oldaláról a másikra, akkor az eltérítő golyók tömegvonzása következtében az inga — a meg-meglökött hintához hasonlóan — egyre nagyobb amplitúdóval leng. Később az ólomgolyók áthelyezését automatikusan működő szerkezet végezte,

az inga lengéseit pedig fotografikus úton regisztrálták.

1890-ben készült el a *görbületi variométer*, mely már önálló állványon működő szerkezet, de még mindig a Coulomb-féle inga (2. ábra). Ezzel a műszerrel végezte EÖTVÖS első kísérleteit a súlyos és tehetetlen tömeg arányosságának vizsgálatára [EÖTVÖS 1896]. A kísérletek lényege, hogy az inga lengőjére különböző anyagból készült, azonos súlyú tömegeket helyezett. Megállapította az inga egyensúlyi helyzetét, majd a műszert 180° -kal elfordítva megismételte a mérést. Amennyiben a két különböző anyagból készült tömegre ható nehézségi erő, amely a Föld tömegvonzásának és a földforgás következtében fellépő centrifugális erőnek az eredője, eltérő, akkor a két állásban a leolvasási értékek nem lesznek azonosak. EÖTVÖS azonban ilyen eltérést nem tapasztalt, következőképpen kimondhatta, hogy a vonzóerőben szereplő (súlyos) tömeg és a centrifugális erőben szereplő (tehetetlen) tömeg aránya legfeljebb műszerének érzékenységénél kisebb értékkel tér el egymástól. EÖTVÖS első kísérleteivel az ekvivalencia elvét $1/20\,000\,000$ pontossággal igazolta. FEKETE Jenővel

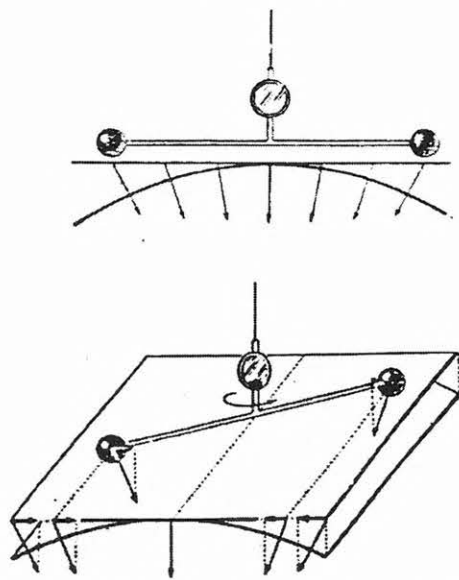


2. ábra. Görbületi variométer, 1890

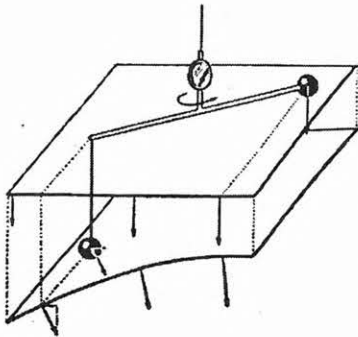
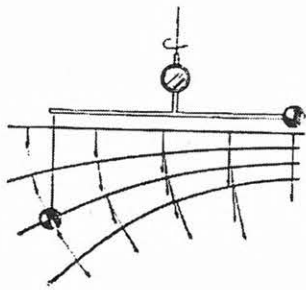
és PEKÁR Dezsővel végzett későbbi kísérletei során ezt a pontosságot még egy nagyságrenddel növelni tudták.

A görbületi variométer EÖTVÖS a Rudas-fürdő épületében is felállította és meghatározta lengési idejét két, a Dúnával párhuzamos, illetve arra merőleges, a Gellért-hegy tömege felé irányuló helyzetben. A két lengésidő között tapasztalt jelentős eltérés megfelelt a Gellért-hegy számított tömegvonzásának. Ezek a kísérletek adták az alapgondolatát annak az új dinamikus eljárásnak, amellyel EÖTVÖS később a gravitáció állandóját meghatározta.

A görbületi variométer egyébként a nehézségi erőter potenciálfelületének alakváltozásaira érzékeny. Ha olyan nívófelületet tekintünk, amelyet koncentrikus hengerpalástok alkotnak, ezeken belül a nehézségi erő értékének a nagysága nem változik, hiszen a nívófelületek sűrűsége állandó (3. ábra). Amint az ábrából kitűnik, mégis adódik forgatónyomaték, amely az ingarudat a hengeralkotó, tehát a legkisebb görbület irányába igyekszik beforgatni. Gömbszerű nívófelületek esetén nem lép fel forgatónyomaték. Az általános eset a két helyzet között van. A görbületi variométer tehát a görbületi eltérés értelmének megfelelően a potenciálfelület gömbfelülettől való eltérését méri.



3. ábra. A potenciálfelület alakjának hatása a görbületi variométerre

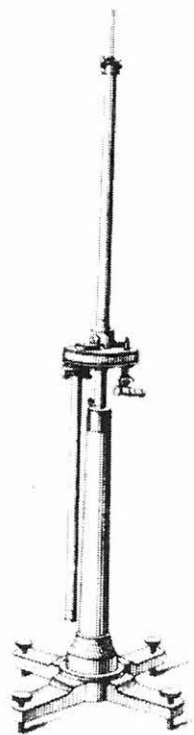


4. ábra. A neh z s gi erő horizontális gradiensének hatása a torziós ingára

Ebben az esetben a sík alatt levő szintfelületek nem párhuzamosak, hanem abban az irányban, amelyben a nehézségi erő értéke nő, összesűrűsödnek. Ennek következtében a mélyebben levő szintfelületek meggörbülnek. Ha az inga az ábrán látható helyzetet foglalja el, a felső tömegre ható erőnek nincs forgató összetevője. Az alsó tömegre ható vonzás felbontható az inga szálával (forgástengely) párhuzamos és arra merőleges összetevőre. A vízszintes összetevőnek van forgatónyomatéka, és ez a torziós szál ellenállásával szemben a lengőrudat elforgatja. Az elforgatásnál a lelógó tömeg mindig az erő növekedésének irányába mozdul el.

EÖTVÖS számításokkal is igazolta elgondolását és 1890-ben megépítette első igazi torziós ingáját, a később róla elnevezett Eötvös-ingát, melyet *horizontális variométernek* nevezett el (5. ábra). A műszer tulajdonképpen laboratóriumi célokra készült, tükrös leolvasása külön állványra helyezett skála és távcső segítségével történt. Műszeréről EÖTVÖS maga a következőket mondja:

„Egyszerű egyenes vessző az az eszköz, melyet én használtam, végein különösen megterhelve és fémtokba zárva, hogy ne zavarja se a levegő háborgása, se a hideg és meleg változása. E vesszőre minden tömeg a közelben és a távolban kifejti irányító hatását, de a drót, melyre fel van függesztve, e hatásnak ellenáll és csavarodásával a reá ható erőknek biztos



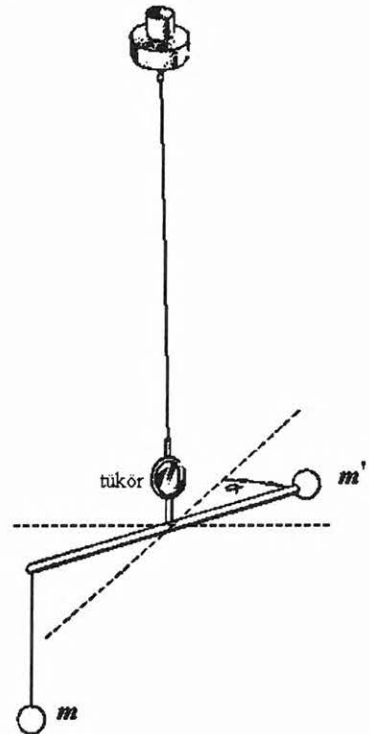
5. ábra. Horizontális variométer, az első Eötvös-inga, 1890

mértéket adván. A Coulomb-féle mérleg különös alakban, annyi az egész. Egyszerű, mint Hamlet fuvolája, csak játszani kell tudni rajta, és miként abból a zenész gyönyörködötető változásokat tud kicsalni, úgy ebből a fizikus, a maga nem kisebb gyönyörűségére, kiolvashatja a nehézségnek legfinomabb változásait. Ily módon a földkéreg oly mélységeibe pillanthatunk be, ahová szemünk nem hatolhat és fúróink el nem érnek.”

Az Eötvös-inga működési elve

Ahhoz, hogy az inga működését és a későbbi fejlesztési törekvéseket megértsük, röviden tekintsük át EGYED nyomán [EGYED 1955] az inga működési elvét.

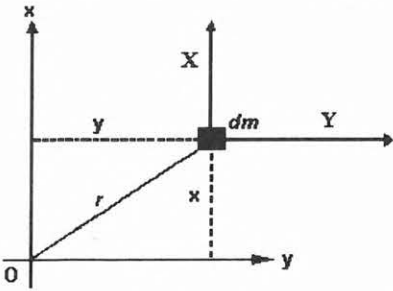
Az Eötvös-inga elvileg két egyenlő nagyságú, de különböző szintben levő tömeget tartó rúd, amely egy igen vékony, 0,02–0,03 mm átmérőjű wolfram- vagy platinaszálhoz van rögzítve és a szál maga egy tartóállványra van felfüggesztve. Az ingát alkotó két tömeg tehát csak vízszintesen tud mozogni, úgy, hogy a lengő elfordul a rugalmas szál körül (6. ábra).



6. ábra. Az Eötvös-inga működési elve

A nehézségi erő mindkét tömegre vonzást gyakorol. Miután a két tömeg egymással egyenlő és a felfüggesztő száltól vett vízszintes távolságok is egyenlők, ha a nehézségi erő értéke, tehát nagysága és/vagy iránya nem változik meg, akkor semmiféle erőhatás nem lép fel, mivel a két tömegre a forgatónyomatékok összege zérus. Ha azonban a nehézségi erő nagysága vagy iránya (esetleg mindkettő) a két tömeg helyén különböző, akkor forgatónyomaték lép fel a karon és ez a lengőt igyekszik elforgatni. A nehézségi erő folytán fellépő forgatónyomatékkal szemben működik a szál torziója. Ha a szál megcsavarodik, akkor feszültség lép fel benne, amely a deformációt meg akarja szüntetni. A nehézségi erő tehát legfeljebb addig forgathatja el a rudat,

amíg a szálaban fellépő csavarási feszültség forgatónyomatékával egyenlő nem lesz és az egyensúly be nem áll.



7. ábra. A torziós inga egy pontjára ható forgatónyomaték

Az Eötvös-inga elméletének vázlata a következő (7. ábra): tekintünk egy dm tömeget a vízszintes x - y koordinátasíkban. Erre a dm tömegrre hat egy P erő. E P erőt felbonthatjuk X és Y összetevőre. A P erőnek a koordináta-rendszer O közép-

pontjára vonatkoztatott forgatónyomatékát a dm tömegrre a következő összefüggés adja:

$$F = (Yx - Xy) dm$$

Az egész tömegrre vonatkozó forgatónyomatékokat az egyenlet dm szerinti integrálja adja.

A nehézségi erőnek az O pontban nincsenek vízszintes összetevői, mert itt az erő merőleges a síkra, de az O ponttól r távolságban már lesznek a nehézségi erőnek a síkba eső komponensei, melyek a potenciálfüggvény második deriváltjainak segítségével írhatók le. A megfelelő erőkomponensek behelyettesítése, és a műszer szimmetriájából következő egyszerűsítések után az inga alapegyenlete a következő alakot ölti:

$$n - n_0 = \frac{DK}{\tau} \left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \sin 2\alpha + 2U_{xy} \cos 2\alpha \right] + \frac{2Dmhl}{\tau} (U_{yz} \cos \alpha - U_{xz} \sin \alpha)$$

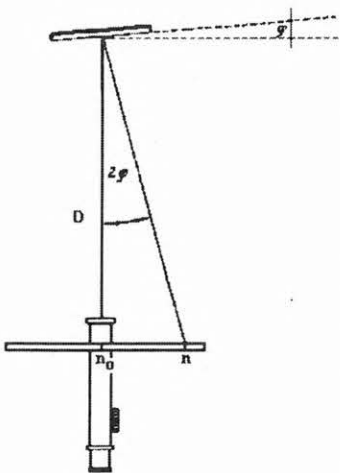
A képletben szereplő $\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$ kifejezést U_{Δ} -val szokás jelölni. U_{Δ} és $2U_{xy}$ a nehézségi erőter görbületének, U_{xz} és U_{yz} pedig gradiensek komponensei.

Az egyenlet megértéséhez a következőket kell tudni: a nehézségi erő F forgatónyomatéka miatt a szál φ szöggel megcsavarodik. A megcsavarodásból származó csavarási

feszültség értéke $\tau\varphi$, ahol τ a szál torziós együtthatója. Az F forgatónyomaték ezzel tart egyensúlyt.

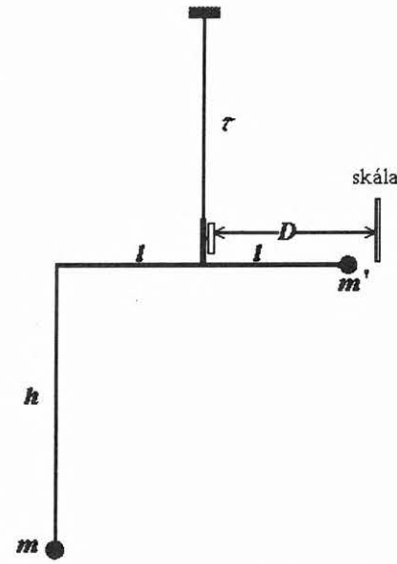
Miután a φ szöget valamilyen tükrös leolvasóberendezéssel, vagy fotografikusan észlelik, célszerű ezt a leolvasóberendezés skálaértékében kifejezni (8. ábra).

Az ábra szerint, ha elcsavarodás-mentesen a skála n_0 értékét olvastuk le, akkor a lengő φ szöggel való elcsavarodása után a távcsőbe bekerülő n skálaértékből



8. ábra. Az elfordulásszög és skálaérték összefüggése

kiinduló sugár a távcső tengelyének irányával már 2φ szöveget zár be, és ha a tükrö-skála távolságot D -vel jelöljük, akkor $(n - n_0)/D = \text{tg} 2\varphi$. Miután φ roppant kicsi, kifejezhető közvetlenül szögmértékben is, mégpedig $\varphi = (n - n_0)/2D$ alakban.



9. ábra. Az Eötvös-inga érzékenységet meghatározó adatok

Az inga egyenletében a DK/τ és a $2Dmhl/\tau$ értékek a műszer állandói, ismert, vagy meghatározható értékek (9. ábra). K a lengő tehetetlenségi nyomatéka. Az inga lengőjének az északi irányval bezárt α szögét mi állítjuk be. Az egyenletben ismeretlen a potenciálfüggvény négy komponense (U_{xz} , U_{yz} , U_{Δ} és $2U_{xy}$) és ismeretlen a torziós szál feszültségmentes helyzetének skálaértéke n_0 . Az öt ismeretlen meghatározásához 5 egyenletre van szükségünk. Miután az egyenletben α változtatható, az 5 különböző irányban való észlelés mellett adódó 5 egyenletből minden ismeretlen kiszámítható. A csavarásmentes egyensúlyi helyzetet az 5 észlelési érték középértéke adja.

A hőskor, vagy platina korszak

Platina korszaknak nevezhetjük a torziós inga történetének azt a szakaszát, amely EÖTVÖS életéhez kapcsolódik. E korszak jellemzője egyrészt, hogy az inga lengőjén elhelyezett tömegek a lehető legkisebb kiterjedés érdekében nagy fajsúlyú platinából készültek, másrészt, hogy a műszerek egyedi példányok. Az ingák sorozatgyártása — platina helyett már arany súlyokkal — csak EÖTVÖS halála után kezdődött.

A laboratóriumi méréseket követően EÖTVÖS a pestlőrinci házának kertjében felállított vászonsátorban végzett méréseket, melyek nappal a nagy hőmérséklet-változások miatt megbízhatatlan eredményeket adtak, éjjel viszont az egyenletesebb hőmérséklet hatására jó eredményeket kapott. Ettől kezdve a terepi méréseket, egészen 1932-ig, kizárólag éjszaka végezték.

Az első tényleges terepi mérésre 1891 augusztusában került sor a Celldömölk melletti Ság-hegyen. Az akkor még szabályos csonka kúp alakú hegy gravitációs hatása ugyanis aránylag könnyen számítható, így alkalmas volt a mérési eredmények ellenőrzésére. Előzőleg STERNECK ezredes végzett relatív inga méréseket a hegytető mintegy 150 m távolságra levő két pontján és a két szomszédos pont között 33 mGal különbséget kapott, ami kb. 2200 eötvösnyi gradiensnek felel meg. EÖTVÖS mérései, melyeket KÖVESLIGETHY Radó, TANGL Károly és BODOLA Lajos — később neves egyetemi tanárok — közreműködésével

végzett (10. ábra), STERNECK eredményeit megcáfolták és a Ság-hegyen mindent „rendben” találtak.

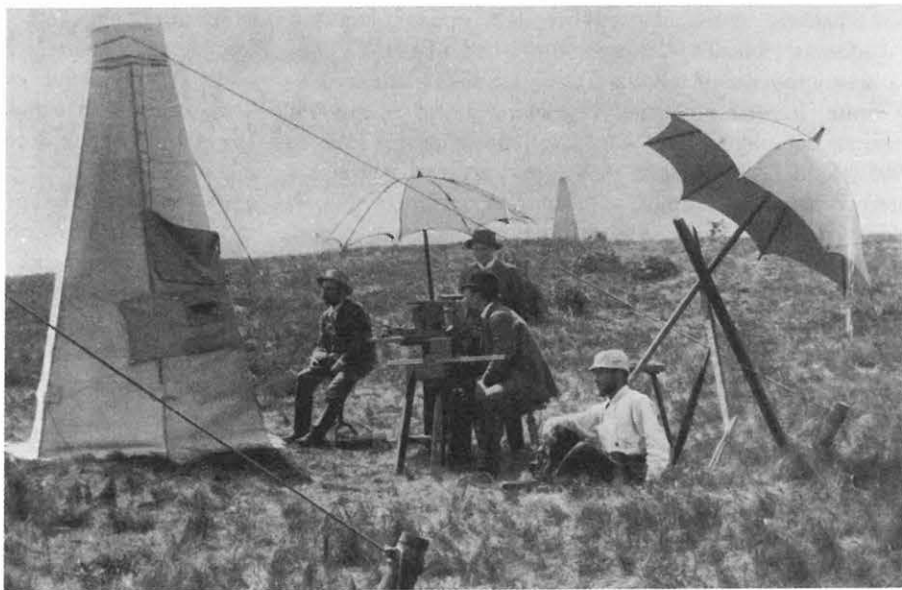
Az Eötvös-ingáról szólva okvetlenül meg kell emlékeznünk SÜSS Nándorról (11. ábra), aki mechanikus-dinasztia tagjaként a németországi Marburgban született 1848-ban.

SÜSS 1876-ban a Kolozsvári Egyetem meghívására települt át Magyarországra. A vallás- és közoktatási miniszter 1884-ben Budapestre rendelte és megbízta egy mechanikai tanműhely felállításával. A tanműhelyt a Mozsár utcában nyitotta meg, de már 1891-ben Budára költöztette, az akkor még a város peremén fekvő, mai Alkotás utca 7–9. számú lakóépületek helyére. A hely kiválasztásánál szempont volt egyrészt, hogy érzékeny műszereinek készítéséhez zavartalan környezetet biztosítson, másrészt, hogy a geodéziai műszerek hitelesítéséhez szükséges terepi alappontok rendelkezésére álljanak. Műhelye kezdetben mindenfajta mechanikai munkával foglalkozott, de hamarosan kizárólag finommechanikára specializálódott. Elsősorban geodéziai, erdészeti, bányászati, tengerészeti és csillagászati, valamint egyéb egyedi tudományos műszereket készített. A tanműhely állami segélyezése 1900-ban megszűnt és akkor a cég SÜSS Nándor magánvállalatává alakult. Kinőve az Alkotás utcai telephelyet, 1904-ben költözött a Csörsz utcába, a saját tervei alapján épült új gyárába.



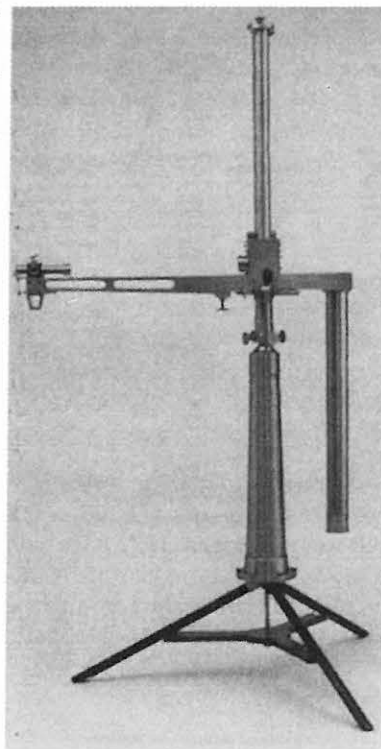
11. ábra. Süss Nándor

Amilyen kiváló szakember volt SÜSS Nándor, olyan rossz üzletembernek bizonyult: Annak ellenére, hogy gyára alig győzte a megrendelések teljesítését, mégis állandó anyagi nehézségekkel küzdött. Ezért 1918-ban gyárából részvénytársaságot alapított SÜSS Nándor Präcisiós-mechanikai és Optikai Intézet Rt. néven (a MOM — Magyar Optikai Művek — elődje), de a szakmai irányítás továbbra is kezében maradt. Nevéhez fűződik a magyar műszergyártás megteremtése. Tanműhelyében kiváló szakembereket nevelt, akik később, önállósodva, további sikereket értek el a műszerfejlesztés és -gyártás terén. Műszerei különféle kiállításokon számos aranyérmét és oklevelet nyertek és hamarosan nemzetközi hírnévre tettek szert. Munkássága elismeréseként FERENC JÓZSEF koronás arany érdemkereszttel tüntette ki. 1921-ben tragikus villamosbaleset következtében hunyt el.



10. ábra. A nevezetes Ság-hegyi mérés 1891-ben. A távcsövön észlel EÖTVÖS Loránd, előtte ül BODOLA Lajos, a földön KÖVESLIGETHY Radó, mögötte áll TANGL Károly

EÖTVÖS ingájának megszerkesztésekor került kapcsolatba SÜSS Nándorral, aki kiváló érzékénél és képzettségénél fogva ettől kezdve EÖTVÖS állandó partnereként részt vett az ingák mechanikai tervezésében és megépítésében. Gravitációs és mágneses kutatásairól írott alapvető dolgozatában [EÖTVÖS 1896] a következőképpen emlékezik meg SÜSS Nándor tevékenységéről: „Az új eszközöket, melyekre vizsgálataimhoz szükségem volt, mind Süss Nándor úr, az állami mechanikai tanműhely igazgatója itt Budapesten készítette, avval a kiváló gondnal, pontossággal

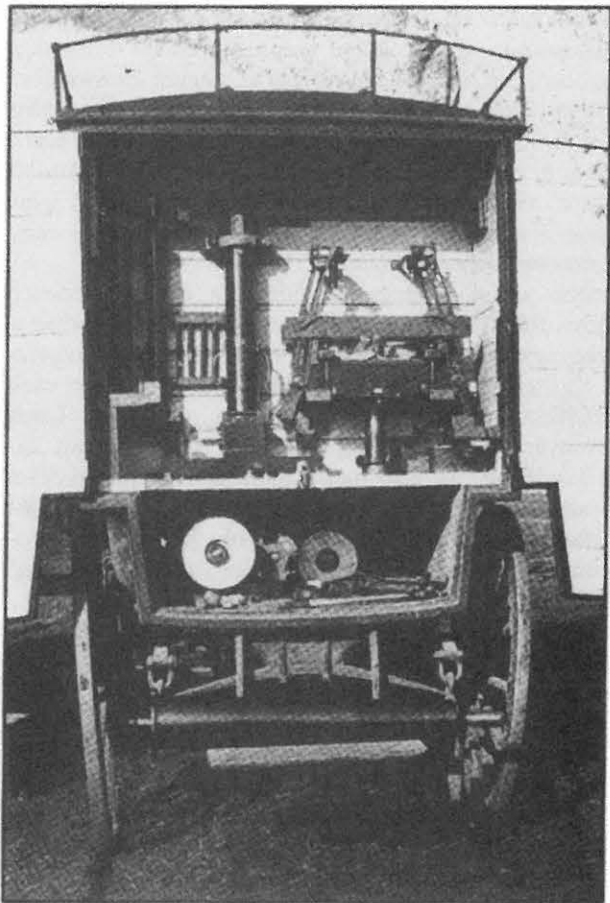


12. ábra. Balatoni inga, 1898

és csinnal, a mely keze munkáját jellemzi.” Elsősorban neki köszönhetjük, hogy EÖTVÖS megmaradt műszerei mind mechanikai, mind esztétikai szempontból páratlan alkotások.

EÖTVÖS a sikeres Ság-hegyi mérés után élete végéig műszere további tökéletesítésén dolgozott. Hogy eredeti célkitűzését, a nehézségi erőter potenciálfelületének minél részletesebb vizsgálatát, véghez tudja vinni, olyan műszerre volt szüksége, mely nemcsak a laboratóriumban, de terepen is könnyen kezelhető. Így született meg 1898-ban az egyszerű nehézségi variométer, mely a későbbiekben a balatoni inga nevet kapta (12. ábra). A műszer a könnyebb al-

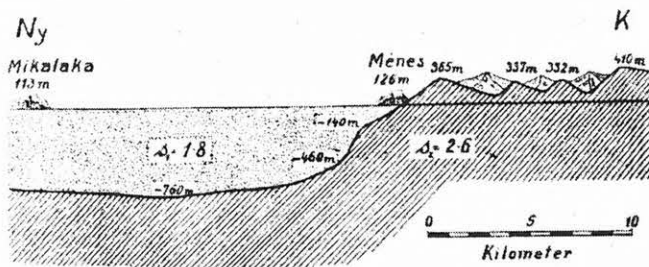
tották (16. ábra). A műszert minden állomáson újra össze kellett állítani, majd szét kellett szerelni. Részben ennek, részben a 60 perces csillapodási időnek köszönhetően éjszakánként csak egy állomást tudtak lemérni. A mérés megkövetelte az észlelő állandó jelenlétét, aki a mérési pont közelében felvert lakósátorban töltve az éjszakát, kénytelen volt a mérések előrehaladtával naponta költözni. A kocsi vontatására lovakat, vagy ökröket alkalmaztak. Ugyanakkor bevezették a manapság ismét divatosá váló kombinált fuvarozást, nagy távolságra a mérőkocsikat vonaton szállították.



16. ábra. Műszerkocsi az inga terepi szállítására

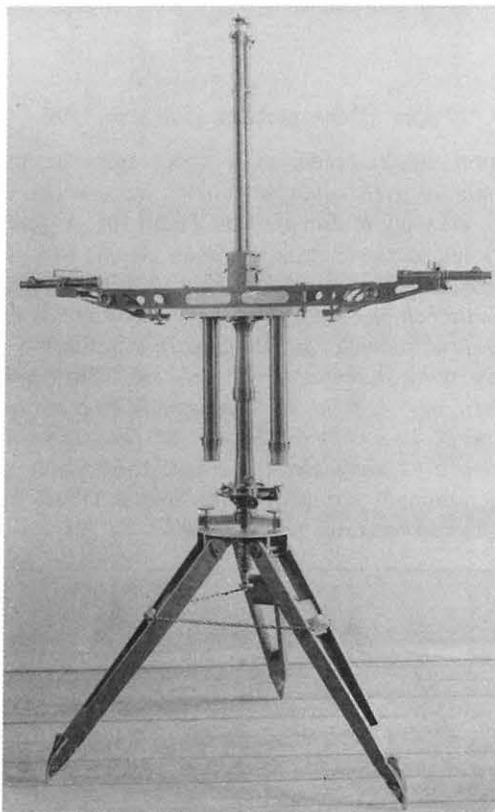
A rendszeres terepi mérések 1902-ben a Fruska Gora hegységtől északra levő területeken kezdődtek, majd Arad környékén folytatódtak. Az Internationale Erdmessung (a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió — IUGG — elődje) 1906-ban Budapesten tartotta XV. kongresszusát, ahol EÖTVÖS beszámolt terepi méréseiről. A résztvevők kételkedve hallgatták a nagy pontosságú terepi mérésekről szóló beszámolót, mire EÖTVÖS felajánlotta nekik, hogy személyesen győződjenek meg a mérések pontosságáról és látogassák meg az Arad vidékén PEKÁR vezetésével dolgozó terepi csoportot. A meghívást a résztvevők elfogadták és a látottak hatására beadvánnyal fordultak a magyar kormányhoz, hogy EÖTVÖS addig nagyrészt SEMSEY Andor nagyvonalú támogatásával végzett kutatásait az állami költségvetés is támogassa. A beadványnak köszönhetően 1907-től EÖTVÖS kutatásai önálló állami támogatásban részesültek. Ugyancsak az aradi mérésekhez kapcsolódik az első

gravitációs adatok alapján szerkesztett földtani szelvény (17. ábra).



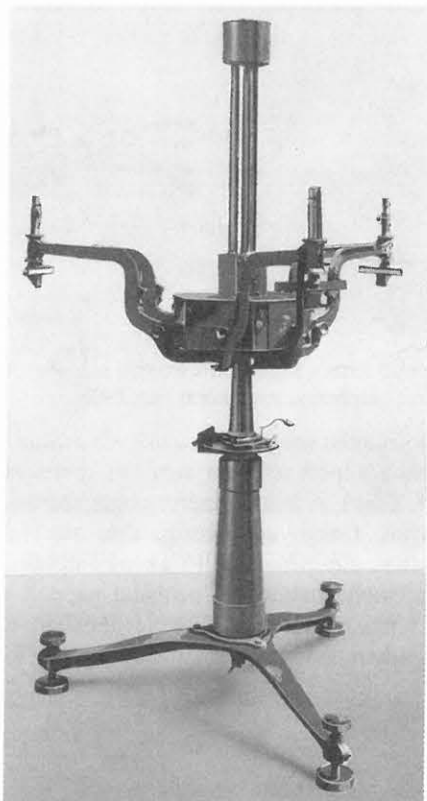
17. ábra. Az első torziós inga adatok alapján szerkesztett földtani szelvény, Arad környéke, 1906

1908-ban született meg az ún. *kettős kis eszköz*, amely az előző ingákhoz képest jelentős súly- és méretcsökkentést jelentett (18. ábra). A kisebb méret miatt azonban a külső zavaró hatások (talajnyugtalanág, szél stb.) jelentősen megnövekedtek. Említésre méltó az ugyancsak 1908-ban készült inga, mely vízhűtéssel próbálta nappali észlelésre alkalmassá tenni a műszert. Kivitele azonban túlságosan bonyolultra sikeredett, így zsákutcába vezető kísérletnek bizonyult.



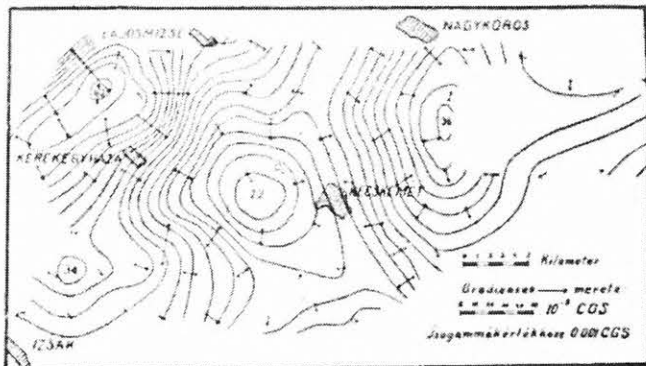
18. ábra. Kettős kis eszköz, 1908

1909-ben fejlesztették ki a *hármás görbületes variométert*, amely lelógó súlyok hiányában csak a görbületes mérésére volt alkalmas. A műszerbe három, egymáshoz képest 120° -kal elforgatott lengőszerkezet volt beépítve (19. ábra). Tekintettel arra, hogy a gyakorlati mérésekben egyre inkább a gradiens meghatározása vált uralkodóvá, a műszert csak speciális esetekben, főleg geodéziai célból végzett méréseknél alkalmazták. Továbbfejlesztésére nem került sor.



19. ábra. Hármas görbületi variométer, 1909

A korai mérési eredmények közül említésre méltó a Kecskemét környékén végzett torziós inga mérés, melyre az 1911. évi nagy földrengés után került sor. A gradiensek és a belőlük szerkesztett izogammák alapján (20. ábra) a következő megállapításra jutottak: „A sűrűbb altalajban tehát a középben egy mélyedés van, innen a szélek felé haladva a sűrűbb tömeg emelkedik, majd ismét leesik. Szóval egy kráterszerű alakulattal van dolgunk, illetve helyesebben szólva, egy oly fajta ‚körhegységgel‘, mint amilyenek a holdkráterek. Ez a különös alakulat kétségtelenül összefügg a kecskeméti földrengéssel.” A rengés C-vel jelölt epicentruma a minimum közepébe esik. Sokkal többet ma sem tudunk a kecskeméti rengés eredetéről.



20. ábra. Kecskemét környékének gradiens- és izogamma térképe, 1911

Az Internationale Erdmessung 1912. évi, Hamburgban tartott XVII. kongresszusára készített jelentésében a torziós inga gyakorlati alkalmazhatóságával kapcsolatban EÖTVÖS az alábbiakat írja: „A geológusok egyetérten látszanak abban, hogy a gázt tartalmazó területeken a legkiadósabb kiömlések

a gázokat tartalmazó és takaró rétegek antiklinálisai közvetlen közelében jönnek létre. Az Amerikában (Ohio) nyert tapasztalatok és maguk az erdélyi megfigyelések is emellett tanuskodnak, amennyiben ott a rétegek települési módja és gyűrődései földtani kutatások révén tisztázható volt. Ilyen geológiai ismertetőjelek azonban teljesen hiányoznak a nagy magyar Alföld homok és humusz borította felületéről. Aki itt és ehhez hasonló területeken gázokat tartalmazó antiklinálisokat keres, nem szabad, hogy elmulassza a torziós ingás megfigyelésekből adódó következtetések levonását.”

Hogy EÖTVÖS, a fizikus számára mennyire fontos volt méréseinek földtani értelmezése, azt a Magyar Tudományos Akadémia 1901. évi közgyűlésén mondott elnöki beszédének az alábbiakban idézett, költői szépségű részlete bizonyítja legszébben: „Itt, lábaink alatt terjed el, hegyek koszorújával övezve az Alföld rónasága. A nehézség azt lesimítván, kedve szerint formálta felületét. Vajjon milyen alakot adott neki? Micsoda hegyeket temetett el és mélységeket töltött ki lazább anyaggal, amíg létrejött ez az aranykalászkokat termő, magyar nemzetet éltető róna? Amíg rajta járok, amíg kényerét eszem, erre szeretnék még megfelelni.”

Ebben az időszakban kezdődött az Erdélyi-medence részletes földtani térképezése, melynek célja elsősorban a műtrágyagyártáshoz szükséges kálisótelepek felkutatása volt. Kezdetben a sós kutak vizét analizálták, de mivel ezek a vizsgálatok nem vezettek eredményre, id. LÓCZY Lajos indítványára 1908-ban Nagysármás határában fúrásos kutatás kezdődött. Az első fúrás különösebb eredményekkel nem szolgált, ezért Kissármás határában egy újabb fúrást mélyítettek, melyből földgáz tört fel oly erővel és mennyiségben, hogy a fúrótorony faváza is kigyulladt. Ezt az első sikeres fúrást hamarosan követték a többiek [BÖHM 1939].

Miután az erdélyi földgáz-előfordulások zöme antiklinális szerkezetekhez kötött, hamarosan felmerült az ötlet, hogy a kutatásokba célszerű bevonni az Eötvös-inga méréseket [SZILÁRD 1984]. Ez az az időszak, amikor a geológusok figyelme fokozatosan az inga mérések felé irányul. Ennek eredményeképp 1912 és 1914 között nagy arányú torziós inga mérések folytak az Erdélyi-medencében, melyek célja az antiklinálisokra utaló gravitációs maximumok, ill. esetleg sőtömszökre utaló gravitációs minimumok kijelölése volt. Az erdélyi méréseknek a világháború kitérése vetett véget. A terepi méréseket EÖTVÖS maga értékelte ki, de az eredményeket nem publikálta. Így arról nincs közvetlen tudomásunk, hogy a torziós inga mérések által nyert információkat a geológusok mennyiben használták fel további kutatásaikhoz. Közülük BÖCKH Hugó volt az, aki a legnagyobb érdeklődést tanúsította az Eötvös-inga mérések iránt és az ő ajánlatára 1915-től kezdődően a Pénzügyminisztérium is egyre nagyobb figyelmet fordított a gyakorlati célú torziós inga mérésekre.

BÖCKH Hugó (1874–1931, 21. ábra) — a neves geológus, BÖCKH János fia — tanulmányait a budapesti egyetemen végezte. Oklevelének megszerzése után a Műegyetem Ásványtani Intézetében dolgozott, majd Münchenben képezte tovább magát, ahol egy év után megszerezte doktorátusát.



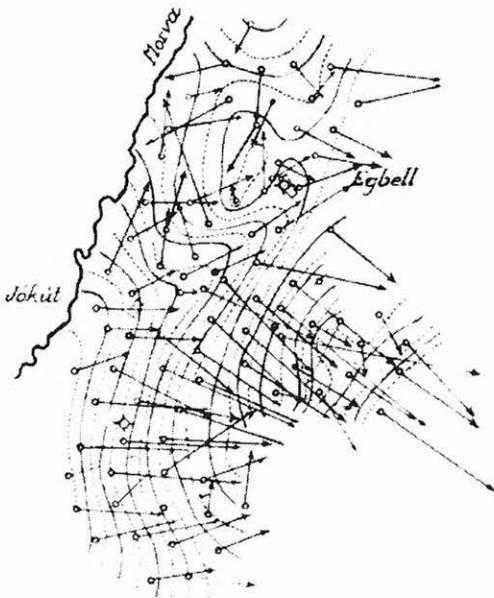
21. ábra. BÖCKH Hugó

Alig 26 éves, amikor a selmecbányai Bányászati és Erdészeti Akadémia tanára lett. A sármási földgáz megtalálása után, 1908-ban megbízták az állami szénhidrogén-kutatások vezetésével. Kezdeményezésére a Pénzügyminisztériumban az állami bányászati monopóliumok és kutatások részére külön ügyosztályt állítottak fel, melynek vezetésével 1914-ben őt bízták meg. Ebben az időben indítja el az Egbell környéki kőolajfúrásokat, amelyek eredményesnek bizonyultak.

BÖCKH Hugó hívta fel a figyelmet az Eötvös-féle inga mérések nagy gyakorlati lehetőségére és rámutatott arra, hogy az antiklinálisok és sódómok felkutatásával az eszköz kiváló szolgálatokat tehet a szénhidrogén-kutatásoknak. Az erdélyi és egbelli mérések az ő elképzelését igazolták, és neki köszönhető, hogy a torziós ingával végzendő terepi méréseket a Pénzügyminisztérium bányakutatási programjába felvette. 1921-ben megvált az állami szolgálatától és az Anglo-Persian Oil Company Ltd. szakértője és tanácsadója lett. Ebben a minőségben dolgozott kezdetben hazánkban, majd Perzsiában, Irakban, az USA-ban, majd ismét Perzsiában. A magyar kormány meghívására 1929-ben a MÁFI igazgatója lett. Külföldi tapasztalatait az Intézet újjászervezésében és új földtani eljárások bevezetésében értékesíti. Munkássága során ismételten rámutatott a torziós inga nagy gyakorlati jelentőségére és jelentősen közreműködött abban, hogy az inga mérések fontosságát világszerte tudatosítsa [PEKÁR 1932].

Az első aranykor

A „mérőföldkövek” egyik legjelentősebbje az Egbell (Gbely, Szlovákia) környéki mérés (22. ábra). BÖCKH Hugó, LÁZÁR Vazul és PAPP Simon földtani térképezése



22. ábra. Egbell környékének gradiens térképe, 1916

alapján Egbell környékén egy antiklinális alakja körvonala-zódott. A tetején létesített fúrás 1913 végén, meglepően kis mélységben, 70–160 m között földgázt, 160–250 m között kőolajat talált [BÖHM 1935]. A későbbi termelő fúrások alapján az antiklinális meglehetősen pontosan körvonala-zható volt. BÖCKH Hugó javaslatára, aki már korábban fi-

gyelemmel kísérte a terepi torziós inga méréseket, EÖTVÖS és munkatársai 1916-ban felmérték a területet. A mérési eredményeket PEKÁR az alábbiakban foglalta össze: „Egbell környékén, ahol olajok után kutattak, méréseinkkel teljesen, olyan alakulatot állapítottunk meg, mint amelyet a geológusok is meghatároztak.”

E mérés bebizonyította az Eötvös-inga alkalmazhatóságát a szénhidrogén-kutatásban és ezzel megteremtette a kőolajkutató geofizika alapjait. Ez a mérés alapozta meg az Eötvös-inga későbbi világhírét, mert segítségével szerte a világon, de főleg az Egyesült Államokban igen nagyszámú, kőolajat és földgázt tartalmazó antiklinális és sódómot fedeztek fel. Sódóm kutatására elsőként SCHWEYDAR alkalmazta az Eötvös-ingát. 1917-ben — BÖCKH Hugó egbelli publikációja alapján — végzett sikeres méréseket egy ismert északnémet (Nienhagen-Haenigsen) sótómsz területén.

Kőolajkutató terén az első külföldi kezdeményezők a Royal Dutch Shell és az Anglo-Iranian Csoport voltak [DE GOLYER 1938]. Tudomásunk szerint az első külföldi mérést az egyiptomi Hurghada mezőn végezték 1921 őszén, vagy 1922 tavaszán. Az Egyesült Államokban DE GOLYER rendelte az első ingákat a budapesti Süss-gyártól [PROUBASTA 1984]. Az első két inga 1922 novemberében érkezett meg és ezek voltak az első olajkutató geofizikai műszerek az amerikai kontinensen.

Az első méréseket az Amerada Petroleum Corporation keretében Donald BARTON vezetésével GILMOUR végezte a Spindletop (Texas) mezőn, ahol az ismert kőolaj-előfordulás sótómszhoz kapcsolódott. Az amerikai kontinensen ez volt az első geofizikai térképezés egy ismert olajmezőn, mely gyakorlatilag az egbelli mérés mintájára történt. Ebben az esetben azonban a kőolajtelep nem antiklinálishoz, hanem sótómszhoz kapcsolódott.

(GILMOUR színesen számol be a torziós ingával való megismerkedéséről. Fizikus végzettségű volt és kimondottan az Eötvös-inga mérésekre szerződtek. Miután hamarabb munkába lépett, mintsem az első ingák megérkeztek, főnöke, Donald BARTON megbízta hogy fordítsa le EÖTVÖS németül is megjelent dolgozatát. GILMOUR nyelvtudása a tanult latinon és görögön kívül francia volt, németül nem tudott, de ezt senki sem kérdezte tőle. Egy szótár és egy nyelvtankönyv segítségével látott neki a reménytelennek tűnő munkának. Mikor elkészült és nagy büszkén benyújtotta az angol fordítást, kiderült, hogy BARTON már előzőleg lefordította a cikket, neki csak azért adta oda, hogy legyen tennivalója.)

Az első sikeres kutatás, ahol a kőolajtelep megtalálása 1924-ben torziós inga mérés alapján kitűzött kutatófúrással történt, a Nash sódóm (Brazoria County, Texas) volt. Az első sikeres kutatást hamarosan követték a többiek. JAKOSKY szerint a 30-as évek elején több mint 125 inga dolgozott az Egyesült Államok területén és 1938 elejéig — csak a Gulf Coast-on — 79 olajmezőt fedeztek fel Eötvös-inga mérés alapján. (Szovjet adatok szerint a Volga és az Ural közötti területen 1934-ig több mint 400 sótómszöt találtak.)

A kezdeti sikerek egy csapásra a nemzetközi olajtársaságok érdeklődésének előterébe helyezték EÖTVÖS műszerét. Ugrásszerűen megnőtt a kőolaj- és földgázkutatással foglalkozó szakemberek érdeklődése, akik — EÖTVÖS halála után — a PEKÁR vezetésével megalakított Báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben (ELGI) sajátították el a műszer elméletét és gyakorlati alkalmazását. Az Eötvös-

inga méréseknek az amerikai földrészen történő elterjedéséhez nagy mértékben hozzájárult EÖTVÖS tanítványa, FEKETE Jenő, aki 1905-től tanársegédként ismerkedett meg a módszerrel. 1915-ben állami szolgálatba került, de szolgálati helye továbbra is a torziós inga mérésekhez kötötte. 1923-ban lemondott állásáról és a Royal Dutch Shell olajtársaság alkalmazottjaként 1926-ig Mexikóban és Venezuelában végzett torziós inga méréseket. 1927–34 között a Torsion Balance Exploration Co. alkalmazásában az USA Texas és Luisiana államában geofizikus tanácsadóként működött. Külföldi tartózkodása alatt több mint 80 kutatási projektben vett részt. Hazatérve, PEKÁR Dezső nyugalomba vonulása után, az ELGI igazgatójaként kamatoztatta külföldi tapasztalatait. Neki köszönhető az újabb geofizikai eljárások (szeizmikus, elektromos és mélyfúrású geofizikai módszerek) meghonosítása.

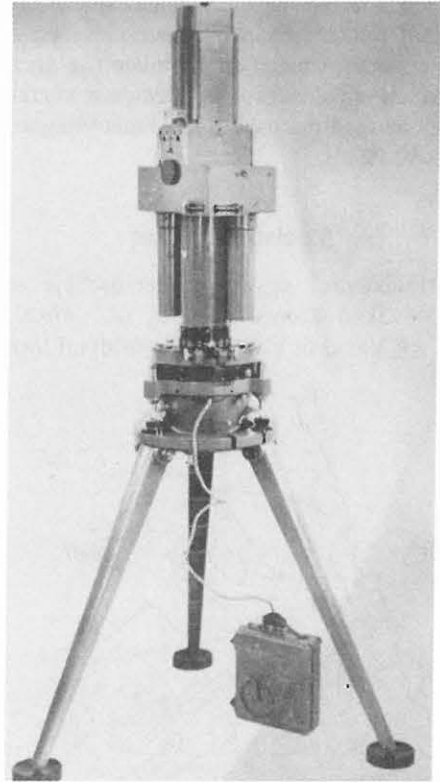
Míg az EÖTVÖS idejében épített ingák egyedi példányok voltak, halála után, az olajtársaságok hirtelen megnőtt igényeinek kielégítésére 1925-ben, az ekkor már részvénytársasági formában működő Süss Nándor-féle intézetben megkezdődött a kettős nagy ingák kissé módosított változatának sorozatgyártása. A módosítások lényege az alábbiakban foglalható össze: A műszer háza súlycsökkentés céljából sárgaréz helyett alumíniumból készült, az inga lengőjén elhelyezett tömegek platina helyett aranyból készültek és a felső, eredetileg henger alakú tömeg helyett a kedvezőbb légcillapítás érdekében lapos súlyt alkalmaztak. Az arretáló egységet átalakították, hogy a műszer tetszőleges helyzetben is szállítható legyen. Ezek a változtatások nagymértékben megkönnyítették az ingák terepi alkalmazását. A műszer „lelkét” jelentő torziós szálak készítése és a műszerek beszügyelése továbbra is az ELGI-ben folyt.

A sorozatgyártással párhuzamosan a volt tanítványok folytatták mesterük műszerének tökéletesítését. A legnagyobb problémát a hőmérsékleti zavarok okozták. A külső hőmérséklet változása két módon befolyásolja az inga méréseket. Az egyik a torziós szál hőmérsékletváltozás okozta elcsavarodása, mely jelenség aránylag könnyen kezelhetőnek bizonyult. Egyrészt meghatározták a torziós szálak hőmérsékleti állandóit és a nagy hőmérsékleti járást mutató szálakat kicserélték, másrészt pedig a kis hőmérsékleti együtthatójú szálak csavarodását az észlelések feldolgozásánál járásként (drift) vették figyelembe. Nagyobb nehézséget okoztak a műszer belsejében fellépő légáramlatok, amelyeket az egyenetlen felmelegedésből származó hőmérsékleti gradiens okozott. Ez a hatás műszerenként változó mértékű volt és nyilvánvalóan függött a műszer burkolatának megmunkálási és illesztési pontosságától. A hőmérsékletváltozás következtében fellépő légáramlatok teljesen tönkretelhetők az észleléseket. A probléma megoldása megkívánta a műszerek egyedi és aprólékos vizsgálatát. Több évig tartó kísérletezés után végül az alsó súlyt tartalmazó henger torkolatában elhelyezett, speciálisan kiképzett, terelőlemezek segítségével sikerült a légáramlatok hatását minimalizálni, illetve megszüntetni. A műszerek nagyfokú hőérzékenysége volt az oka, hogy a terepi észleléseket kezdetben csak éjszaka, jó hőszigetelő anyagból készült műszerházban végezték. A terelőlemezek alkalmazása tette lehetővé a nappali észlelések bevezetését.

A fejlesztés általános célkitűzése volt a műszer méreteinek csökkentése és az észlelési idő rövidítése. A méretek

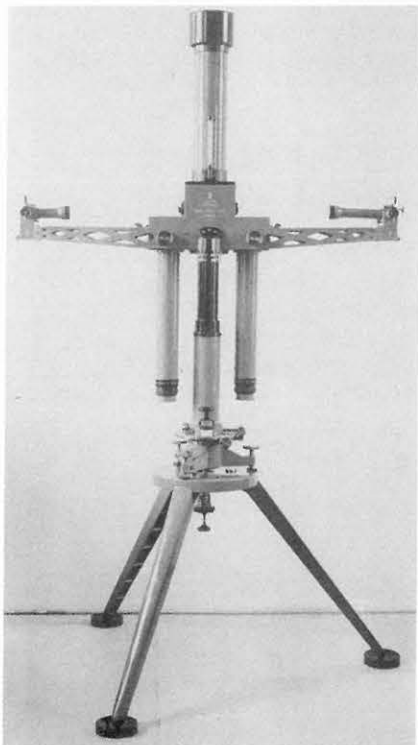
csökkentését a kisebb súly és könnyebb szállíthatóság mellett a torziós szál hosszának rövidítése is indokolta. A horizontális variométerben alkalmazott 100 cm, sőt még a sorozatban gyártott nagy ingákban használt 56 cm hosszúságú torziós szálak készítése és kezelése roppant körülményes volt, mert hosszúságuk miatt könnyen megsérültek.

Két eltérő fejlesztési irányzat alakult ki: RYBÁR István, EÖTVÖS későbbi utóda a Kísérleti Fizikai Tanszéken, a méretek csökkentése mellett az észlelések automatizálását igyekezett megoldani. Az általa a 20-as évek közepén kifejlesztett *Auterbal* (Automatic Eötvös–Rybár Balance) GR-5 típusú ingáknál (23. ábra) a 40 percre csökkent észlelési idő mellett a legjelentősebb változás a műszer forgatásának rugós óraszerkezettel történő megoldása és a műszer leolvasási értékeinek fotografikus rögzítése volt. Az észlelés automatizálása szükségtelenné tette az észlelő állandó jelenlétét, így lehetővé vált, hogy egy észlelő két ingával párhuzamosan végezzen méréseket. Kétségtelen azonban, hogy a kényes óraszerkezet folyamatos műszaki készenlétet igényelt.



23. ábra. Eötvös–Rybár inga (Auterbal), 1928

PEKÁR a méretek és a lengésideő csökkentésére helyezte a fő hangsúlyt és a műszerek egyszerűségének megőrzésére törekedve ragaszkodott a vizuális leolvasás megtartásához. E módszer kétségtelen előnye, hogy az észlelő addig folytathatta az észleléseket, amíg megfelelő eredményre jutott, ellentétben a fotografikus észlelésű ingákkal, melyeknél csak a fotólemez előhívása után derült ki a mérés jósága. A Pekár-féle ingák hazai használatban *Eötvös–Pekár*-ingaként szerepeltek (24. ábra), de hivatalos típusjelzésük *Small Original Eötvös G-2* volt. A műszernek három változata volt, melyek lényegében csak a torziós szál hosszában különböztek egymástól. Az 1926-ban gyártásra került ingában a szál hossza 50 cm volt, az 1928-as típusé 40 cm, míg az 1930-as ingáé 30 cm.



24. ábra. Eötvös-Pekár inga (G-2), 1928

A magyarországi kőolajkutatásban az EUROGASCO (a MAORT és a MOL jogelődje) 1933 októberében kezdte meg a geofizikai kutatást a Dunántúlon [PAPP 1939]. A kezdeti gravitációs méréseket torziós ingával végezték. A vállalat első fúrásponjtját, a Mihályi-1 fúrást, a torziós inga mérésekkel kimutatott gravitációs maximum tetőpontjára telepítették. A fúrás befejezésekor néhány szeizmikus szelvénnel ellenőrizték a maximum jelenlétét. Az inkei és görgetegi fúrásokat ugyancsak gravitációs maximumokra telepítették

Az első magyarországi szénhidrogénmező — a budafapusztai — megtalálása is Eötvös-inga mérésekhez kapcsolódott. Az első, meddőnek bizonyult budafapusztai fúrást PÁVAI VAJNA Ferenc felszíni geológiai térképezése alapján BÖCKH Hugó tűzte ki 1920-ban. Az 1737 m mély fúrás azonban jelentéktelen olajszerű gázyomon kívül semmi érdemlegeset nem talált. A területet 1934–35-ben Eötvös-ingával felmérték és annak ellenére, hogy a dímbesdombos topográfia nem ideális terepe az inga méréseknek, mégis körvonalazható volt a K–Ny irányú, mindkét végén záródó antiklinális, melyet később szeizmikus mérések is igazoltak. A maximum tengelyébe telepített Budafapuszta-2 fúrás 1937. november 21-én kőolajat talált. Ez a dátum jelzi a magyar kőolajipar születésnapját.

A továbbiakban folytatták a Dunántúl rendszeres torziós ingás felmérését. Az EUROGASCO, majd a MAORT keretében összesen mintegy 29 000 Eötvös-inga állomás lemérése került sor. Ezzel párhuzamosan az Alföldön az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet végzett hasonló mennyiségű torziós inga mérést

Az első aranykorban kb. 125 darab különböző típusú inga készült Magyarországon, melyet a világ 30 országában alkalmaztak.

Az 1930-as évek végére a kisméretű, könnyen kezelhető, sokkal termelékenyebb graviméterek, kisebb pontosságuk

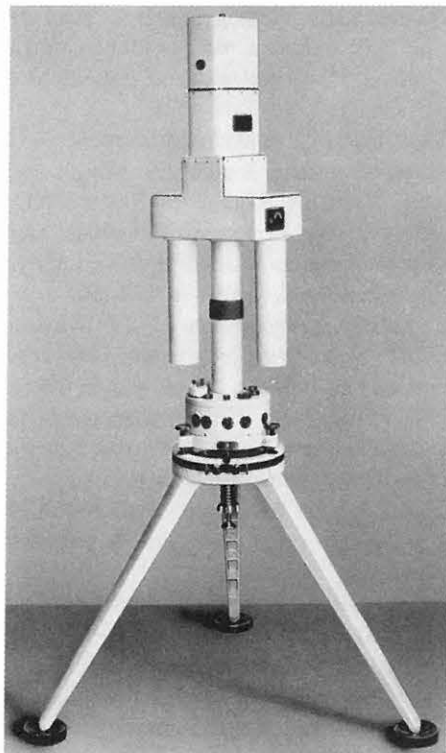
és kevésbé „intelligens” voltak ellenére, világszerte háttérbe szorították az Eötvös-ingát.

A második aranykor

A második világháborút követő években gyors fejlődés következett be a graviméterek építésében és gyártásában. Megjelentek a ma is legkorszerűbb első Worden és LaCoste-Romberg típusok. A hidegháborúnak köszönhetően azonban a modern gravimétereket stratégiai jelentőségűnek minősítették, így a vasfüggönytől keletre eső országok nem juthattak hozzá a korszerű műszerekhez. A Szovjetunióban folyt ugyan gravimétergyártás, de minőségük meg sem közelítette a nyugati gyártmányúakét. Nagyrészt ennek volt köszönhető, hogy 1952-ben elsősorban lengyel igényre felmerült egy korszerű torziós inga kifejlesztésének ötlete. A feladatot RYBÁR István és BANAI Gyula kapta. RYBÁRnak több évtizedes műszerszerkesztői tapasztalata volt, BANAI pedig közel két évtizedes terepi mérési tapasztalattal rendelkezett. Az új műszerrel szemben a következő követelményeket állították fel:

- nagy érzékenység, 2,5–3,0 E/skálárész,
- teljesen automatikus működés,
- rövid mérési idő,
- elhanyagolható hőmérsékleti járás.

Ezek a feltételek egy 40 perces csillapodású ingával tűntek megvalósíthatónak. A szerkesztők az Eötvös-Pekár-inga lengőjének méreteiből és az Auterbal-inga automatikus szerkezetéből indultak ki. BANAI, hosszú terepi gyakorlata alapján, jól ismerte a fotografikus és automatikus rendszer gyenge pontjait, ezért az új műszer szerkesztésénél üzembiztosabb megoldásokra törekedett. A műszer prototípusa az ELGI finommechanikai műhelyében készült HERBÁLY Imre szerkesztői közreműködésével. Az inga 1954 végére készült el, ezért kapta az E-54 típusjelölést (25. ábra).



25. ábra. E-54 típusú inga, 1954

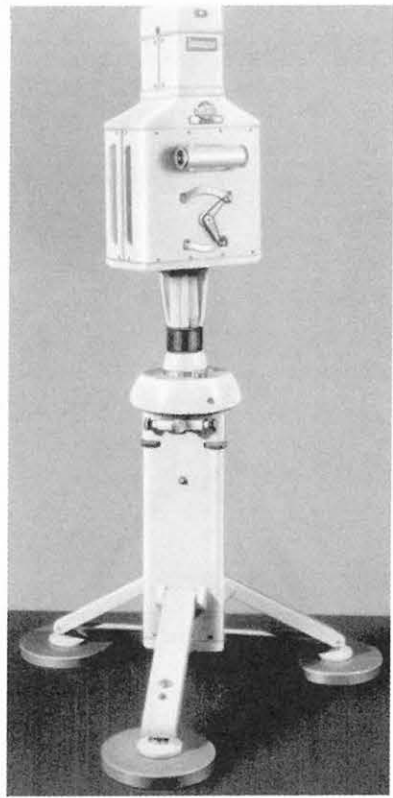
Ennél a típusnál alkalmazták először a skála és a fonálkereszt egyidejű fényképezését, ami nagymértékben egyszerűsítette a mérések kiértékelését. A fotolemezre ráfényképezeték a műszer gyári számát és egy állítható szerkezet segítségével az állomásszámot is. Ez a lépés megkönnyítette a mérések feldolgozását, mert nem fordulhatott elő a lemezek felcserélődése. A sorozatgyártást a FOK kisipari szövetkezet vállalta.

A torziós szálak készítése és a műszerek hitelesítése — a hagyományoknak megfelelően — az ELGI Eötvös-inga laboratóriumában történt. A típusból 1956–60 között 109 db készült, melyek 2 kivételével valamennyien exportra kerültek. Az ingát az 1957-es brüsszeli világkiállításon aranyéremmel tüntették ki. 1959-től a gyártással párhuzamosan kísérletek folytak az észlelési idő csökkentésére, ha máshogy nem, akár az érzékenység rovására. E kísérletekben több éves, Auterbal és E-54 típusú ingákkal végzett kínai mérési tapasztalat birtokában, már e sorok írója is részt vett. A kísérletek 1960-ban sikerre vezettek és megszületett az E-60 típusjelű, 20 perces csillapodási idejű inga, mely csak a torziós szál és a csillapítás tekintetében különbözött az előző típustól. Az E-60 típusból 1961–65 között 73 db készült, melyből 70 db került exportra. A típus a gyakorlatban beváltotta a hozzáfűzött reményeket, egyedül nagy súlya nehezítette terepi alkalmazását, különösen gépkocsival megközelíthetetlen terepi viszonyok között. Tekintettel arra, hogy e két típusból több készült, mint a háború előtti típusokból együttvéve, méltán nevezhetjük ezt az időszakot az Eötvös-inga második aranykorának.

A torziós inga újraindult gyártásának egyik eredménye a Kínai–Magyar Geofizikai Expedíció létrejötte 1956-ban. Az Expedíció keretében az ELGI és az OKGT szakemberei több mint hat éven keresztül sikeres kőolajkutatót végeztek a Kínai Népköztársaság területén. Az Expedíció feladatai között szerepelt jelentős létszámú kínai szakember kiképzése is, akik a mai napig — többen magas vezető állásban — elismeréssel emlegetik az Expedíció tevékenységét.

Az E-54-es inga gyártásával párhuzamosan a Geofizikai Mérőműszerek Gyárában SZECSÖDY Miklós vezetésével HAÁZ István, VARGHA Sándor és SZERDAHELYI József közreműködésével egy 15 perces csillapodási idejű, vizuális leolvasású torziós inga fejlesztése folyt, amelyet később fotografikus észlelőszerkezettel is elláttak. Az elkészült prototípus *Eötvös–Szecsődy-inga Y-59* típusmegjelölést kapta (26. ábra). Az inga lengőjének kiképzése eltért a hagyományostól, az ingakar 45° -os szöveget zárt be a vízszintessel, a felfüggesztő kar természetesen függőleges maradt. A lengő alakjáról kapta az inga az *Y* megjelölést. A szerkesztésnél figyelembe vették az E-54 típusú ingákkal szerzett tapasztalatokat és a mérési idő rövidítése mellett elsősorban a műszer súlyának csökkentésére összpontosítottak — sikeresen.

A műszer kis súlya ugyan előnyös volt, érzékenysége és mérési pontossága megközelítette az E-54 típusét, de a lengési intervallum szűkítése alapján működő manuális csillapító szerkezet a műszer kezelését túl bonyolulttá tette. A műszer előnyös tulajdonságai nem tudták ellensúlyozni a már sorozatgyártásban levő E-54 helyzeti előnyét, így gyártására nem került sor.



26. ábra. Eötvös–Szecsődy inga (Y-59), 1959

A 60-as években kísérletek folytak egy 4–5 perces csillapodási idejű, 4-lengős műszer kifejlesztésére is. A próbálkozások azonban, egyrészt a kísérleti eszköz nagyfokú zavarérzékenysége, másrészt a műszer iránt megnyilvánuló kereslet kétséges volta miatt félbeszakadtak. Az ELGI Eötvös-inga laboratóriumának 1969-ben történt felszámolása következtében a torziós inga fejlesztés és gyártás hazai története lezárult.

Magyarországon az utolsó Eötvös-inga terepi mérésre 1967-ben került sor. Az 1901–1967 közötti időszakban a MAORT, az ELGI és az OKGT összesen mintegy 60 000 állomáson végzett torziós inga mérést. Ebben a számban a határon túli területekre eső kb. 5000 állomás is bennfoglalatik.

Külföldi próbálkozások

Nem lenne teljes az Eötvös-inga története, ha nem foglalkoznánk — ha csak röviden is és a teljesség igénye nélkül — a külföldi ingafejlesztési próbálkozásokkal és törekvésekkel.

Ingájának megszerkesztésekor EÖTVÖST a tudományos érdeklődés vezette, nem gondolt annak esetleges gazdasági jelentőségére, így ingáját nem szabadalmaztatta. Ennek következtében már életében többen próbálták műszerét — több-kevesebb sikerrel — másolni. EÖTVÖS maga minden külföldi érdeklődőnek szívesen állt rendelkezésére [PEKÁR 1925]. Elsőként Németországból jelentkeztek érdeklődők, így többek között O. HECKER professzor, aki a Potsdami Geodéziai Intézetben M. FECHNER irányításával készítetett egy torziós ingát. Mintául EÖTVÖS kettős nagy ingája szolgált. HECKER

kérésére EÖTVÖS minden, ingával kapcsolatos információt és adatot rendelkezésére bocsátott, sőt még a torziós szálat is ő adta.

A Potsdamban készült műszer alapján szerkesztett W. SCHWEYDAR egy újabb típust, amelyet fotografikus észlelő berendezéssel egészített ki. Ez az inga szolgált a berlini Askania művek által gyártott műszer család alapjául. Az Askania-ingáknak alapvetően három változata volt. Az első, az ún. nagy inga megtartotta az Eötvös-féle lengőformát és nagyban hasonlított a kettős nagy ingához. A továbbiakban SCHWEYDAR egy Z alakú lengőjű ingát készített, a Z-40 típust. A későbbiekben ez az inga bizonyult az Askania-ingák közül a legsikeresebbnek és ez jelentette a Süss-gyár által készített magyar ingák legnagyobb konkurenciáját. A harmadik változatban (S-20 típus) ferde karú lengőt alkalmaztak. Az inga csillapodási idejét jelentős mértékben, 20 percre csökkentették, de a gyakorlatban nem érte el a Z-40 típus népszerűségét. A ferdekarú típusból NIKIFOROV tervei alapján készült egy háromkarú változat is, de ez sem terjedt el a gyakorlatban.

Tekintettel arra, hogy az első sorozatban gyártott fotografikus észlelésű ingák Askania gyártmányok voltak, a köztudatban úgy rögzült, hogy a fotografikus észlelés ötlete SCHWEYDARIÓL származik, aki ezt szabadalmaztatta. A valóságban azonban EÖTVÖS már a balatoni ingánál alkalmazta a folyamatos fotografikus észlelést, melyet az 1900. évi párizsi világkiállításon be is mutatott. Ugyanakkor azonban terepi célokra túl nehézkesnek és bonyolultnak tartotta a fotografikus regisztrálást és terepi ingáinál a későbbiekben nem alkalmazta. Kétségtelen azonban, hogy a SCHWEYDAR által alkalmazott fotografikus észlelési mód, mely folyamatos észlelés helyett csak az inga egyensúlyi helyzetét rögzítette, jóval egyszerűbbnek bizonyult.

Egy másik német ingaépítési törekvés J. KÖNIGSBERGER freiburgi professzor nevéhez fűződik, aki Magyarországon tanulmányozta a torziós inga méréseket. Kérésére EÖTVÖS kölcsönözte számára a kettős kis ingát, amellyel O. HECKERREL közösen több éven keresztül végeztek terepi méréseket Németországban. E műszer alapján fejlesztette ki HECKER a Gesellschaft für Praktische Geophysik, Freiburg részére a maga ingaváltozatát, amelyből később kisebb széria is készült. A londoni Oertling cég torziós ingájának megszerkesztésekor az eredeti Eötvös-modellt és az Askania medelljét is figyelembe vette, a fő hangsúlyt az automatikus regisztrálás ügyes megoldására helyezte. A műszer azonban nappali észlelésre alkalmatlannak bizonyult.

A külföldi kutatók legfőbb törekvése — a hazaiakhoz hasonlóan — a mérési idő csökkentése volt, ennek érdekében változatos megoldásokkal próbálkoztak [JUNG 1961]. HAALCK például ingájában két egymásra merőleges lengőt helyezett el.

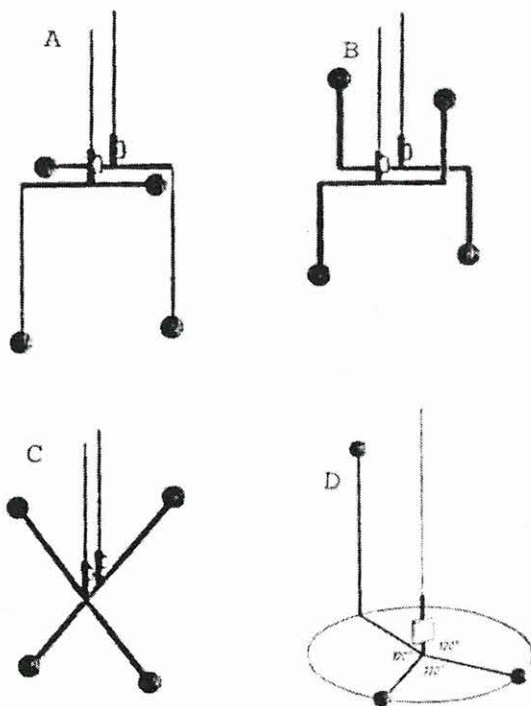
HECKER négylengőjű ingát tervezett, amelynél a két antiparallel elhelyezkedő lengőpár egymással 60° -os szöget zárt be. Ezzel a műszerrel két azimutban történő méréssel meghatározható volt a gradiens és a görbület értéke is. Gyártására azonban nem került sor.

KILCHLING egy forgó ingát tervezett, melynek helyzetét fotografikus úton folyamatosan észlelte. A műszer csillapodási ideje 40 perc volt, forgási ideje pedig 2 óra. Az így észlelt folyamatos görbéből a gradiens és görbület kompo-

nensei kiszámíthatók voltak. A műszerrel végzett kísérletek szerint azonban bebizonyosodott, hogy bonyolultsága ellenére semmivel sem bizonyult jobbnak a hagyományos ingáknál.

TSUBOI egy kis méretű inga szerkesztésével próbálkozott, melyhez kvarc torziós szálat alkalmazott. Ez sem tartozott a sikeres próbálkozások közé.

Voltak, akik csak a gradiens meghatározására törekedtek és gradiensmérőket próbáltak fejleszteni. Ezek közé tartozott SHAW és LANCASTER-JONES, akiknél a lengőn három, egymással 120° -ot bezáró tömeg helyezkedett el, melyek közül az egyik magasabban volt (27. ábra).



27. ábra. A torziós ingánál alkalmazott különböző lengőformák: A—Eötvös-féle, B—Schweydar-féle, C—Askania-féle, D—Shaw és Lancaster-Jones féle

Oroszországban már EÖTVÖS idejében élénken érdeklődtek a torziós inga mérések iránt. EÖTVÖS dolgozatait lefordították és műszer vásárlása iránt is érdeklődtek. A világháború kitörése miatt azonban a kapcsolatok megszakadtak. A Szovjetunióban NIKIFOROV és NUMEROV foglalkozott torziósinga-szerkesztéssel, műszereik azonban a Szovjetunióon kívül nem terjedtek el. A későbbi szovjet fejlesztések közül az 1950-es években a leningrádi Geologorazvedka által kifejlesztett, GRBM-2 típusú, négylengős gradiométer a legismertebb, a Szovjetunióon kívül azonban nem terjedt el. Közvetlen ismeretek hiányában csak következtethetünk arra, hogy a szovjet ingák nem bizonyultak használhatónak, mert az ötvenes években a szovjet fél vásárolta a legtöbb magyar ingát.

A külföldi torziósinga-fejlesztési törekvéseket áttekintve megállapíthatjuk, hogy a számos próbálkozás ellenére egyedül az Askania cég ingái váltak a magyar ingák valódi versenytársaivá. Befejezésül a következő táblázatban összeállítottuk a sorozatban gyártott, legismertebb torziós inga típusok legfontosabb fizikai paramétereit [HEILAND 1946, JAKOSKY 1940, JUNG 1961, MUDRECOVOJ 1981].

Típus	Magyar (Süss és FOK) gyártmányú ingák						Német Askania ingák		
	Nagy inga	Pekár G-2A	Pekár G-2B	Auterbal	E-54	E-60	Nagy inga	Z-40	S-2
Paraméte- rek	vizuális	vizuális	vizuális	foto- grafikus	foto- grafikus	foto- grafikus	foto- grafikus	foto- grafikus	foto- grafikus
<i>M</i>	29,5	8	12	15	9	9,0	32	22,6	40
<i>L</i>	20	10	10	7	10	10	20	20	10
<i>H</i>	66	32	32	22	30	30	60	40	30
<i>L</i>	56	40	30	20	20	20	54	26	26
<i>d</i>	0,040	0,020	0,020	0,017	0,019	0,022	0,040	0,030	0,039
τ	0,50	0,04	0,07	0,03	0,06	0,20	0,53	0,60	1,06
<i>D</i>	63	45	45	32	31	31	74	46	30
<i>K</i>	24500	1750	2450	1700	1900	1900	26100	18600	9150
<i>T</i>	60	40	45	40	40	20	60	40	20
1 <i>skr</i>	0,50	0,33	0,33	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5
<i>C</i> grad	2,5	2,7	2,4	2,8	2,3	7,7	2,3	4,5	18,4
<i>C</i> görb	4,6	5,0	4,3	6,9	6,6	21,9	6,8	8,8	48,3
φ/E grad	16,0	14,0	11,3	15,9	9,3	2,8	14,9	9,3	2,3
φ/E görb	9,7	8,8	7,1	10,0	6,2	1,9	10,9	8,2	1,6

I. táblázat. A legelterjedtebb torziós ingák paramétereinek összehasonlítása

M—tömeg [g]; *l*—fél karhossz [cm]; *h*—az ingakar és a lelógó tömeg súlypontjának távolsága [cm]; *L*—a torziós szál hossza [cm]; *d*—a torziós szál átmérője [mm]; τ —a szál torzó modulusa [cgs]; *D*—tükör-skála távolság [cm]; *K*—a lengő tehetetlenségi nyomatéka [cgs]; *T*—csillapodási idő [perc]; *skr*/1°—a lengő 1°-nyi kitérésének megfelelő skálárész; 1 *skr*—1 skálárésznek megfelelő kitérés mm-ben; *C* grad és *C* görb—a műszerek állandói gradiens ill. görbület esetén *E/skr* egységben; φ/E grad és φ/E görb—1 eötvös egységre eső szögkitérés másodpercben, gradiens ill. görbület esetén

HIVATKOZÁSOK

BÖHM F. 1939: Ásványolaj- és földgázbányászat Magyarországon 1935-ig. Bányászati és Kohászati Lapok **LXXII**, 9, 153–189

DE GOLYER E. 1938: Historical notes on the development of the technique of prospecting for petroleum. The science of petroleum I. 268–275. Oxford University Press

EGYED L. 1955: Geofizikai alapismeretek. Tankönyvkiadó, Budapest, 535 o.

EÖTVÖS L. 1896: Vizsgálatok a gravitáció és mágnesség köréből. Matematikai és Természettudományi Értesítő **XIV**, 4, 1–46

EÖTVÖS L. 1908: A Balaton nivófelülete s azon a nehézség változásai. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei I. 1. rész. Hornyánszky Viktor cs. és kir. udvari könyvnyomdája, Budapest

EÖTVÖS L. 1909: Über geodätischen Arbeiten in Ungarn, besonders über Beobachtungen mit der Drehwage. Hornyánszky nyomda, Budapest, 42 p.

FRÖHLICH I. 1930: Báró Eötvös Loránd emlékkönyv. Budapest, 317 p.

HEILAND C. A. 1946: Geophysical Exploration. New York, Prentice-Hall, Inc.

JAKOSKY I. I. 1940: Exploration Geophysics. Trija Publishing Co. Los Angeles, 1195 p.

JUNG K. 1961: Schwerkraftverfahren in der angewandten Geophysik. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 348 p.

MUDRECOVOJ E. A. 1981: Gravitazvedka. Moskva, Nedra, 397 p.

PAPP S. 1939: A Magyar Amerikai Olajipari Részvénytársaság földiolaj- és földgázkutatásai a Dunántúlon. Bányászati és Kohászati Lapok **LXXII**, 9, 203–241

PEKÁR D. 1925: Die Entwicklung, Empfindlichkeit und Verlässlichkeit der Eötvösschen Original-Drehwagen. Zeitschrift für Instrumentkunde **45**, 10, 486–493

PEKÁR D. 1932: Dr. Hugo von BÖCKH. Ergänzungs-Hefte für Angewandte Geophysik **2**, 4, 317–319

PEKÁR D. 1941: Báró Eötvös LORÁND. A torziós inga 50 éves jubileumára. Kis Akadémia, Budapest, 340 p.

PROUBASTA D. 1984: Remembrance of geophysical things past. Geophysics, the Leading Edge of Exploration **3**, 10, 32–38

SZILÁRD J. 1984: EÖTVÖS Loránd csavarási ingájának bevezetése a földtani kutatásba. Földtani Kutatás **XXVII**, 3, 63–69

Szabó Zoltán

Geofizikai kutatások Mongóliában

III. GEOFIZIKAI MÉRÉSEK A FÖLDTANI TÉRKÉPEZÉS KIEGÉSZÍTÉSÉRE

A magyar–mongol kormányközi megállapodás alapján 1966–1975 között 4 földtani térképező expedíció működött Mongóliában. Az expedíciók feladata a kelet-mongóliai fennsík 1:200 000-es, szovjet normáknak megfelelő rendszerű földtani felvétele volt. A térképezés célja olyan területek áttekintő jellegű földtani kutatása, amelyek a legkülönbözőbb ásványi nyersanyagok előfordulása, ipari értéke és kitermelhetősége szempontjából kevésbé ismertek, vagy geológiai szempontból egyáltalán nem voltak megkutatva, ill. feltárva.

A földtani térképezést az expedíciók a mongol és a magyar fél között létrejött külkereskedelmi szerződésben foglaltaknak megfelelően, a Mongóliában érvényes előírások szerint végezték. Ez vonatkozott mind a földtani térképezés módszertani részére, mind az egyéb — szervezési, gazdasági stb. — kérdésekre is. A módszertani előírások meghatározták a földtani térképezés kiegészítésére végzendő geofizikai mérések módszereit és azok mennyiségét, amelyek azonban tudatosan nem feleltek meg az azonos léptékű geofizikai térképezésnek. A földtani térképezési munkákat megelőzően az azonos méretarányú légi mágneses felvételt a Mongol Geológiai Minisztérium végeztette el az expedíció munkájától függetlenül, de eredményeit a térképezés során felhasználásra átadta.

1. Az I. sz. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció keretében végzett geofizikai tevékenység

Magyarország 1965-ben kötötte meg Mongóliával azt a külkereskedelmi szerződést, amelynek alapján 1966 tavaszán 15 magyar szakember részvételével *Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció* elnevezéssel kezdte meg az eredetileg 3 éves időtartamra tervezett földtani térképező munkát Mongóliában. A térképező munka a *KGST* keretében indult, amelynek hazai szakmai irányítója a *Központi Földtani Hivatal*, kivitelezője a *Magyar Állami Földtani Intézet* volt, külkereskedelmi vonatkozásait pedig a *NIKEX Külkereskedelmi Vállalat* intézte. Az expedíció Magyarországot terhelő költségeit a hosszúlejáratú hitelegyezmény terhére számolták el.

A térképezendő terület kiválasztása, illetve kijelölése 1965 áprilisában történt meg a Központi Földtani Hivatal elnökhelyettese, MORVAI Gusztáv által megbízott szakemberek — dr. JANTSKY Béla geológus, expedícióvezető, KARAS Gyula geofizikus és a *NIKEX* Külkereskedelmi Vállalat részéről HARNOS Gyula — helyszíni bejárása és a mongol földtani adattár anyagainak tanulmányozása alapján.

A két fél között létrejött külkereskedelmi szerződés szerint a térképezés közel 17 000 km² területre terjedt ki. A kétoldali megállapodások meghatározták a földtani térképezés részletességét és formáját, ami az 1:200 000-es léptékű felvételt indokolta.

Az említett bejárás alapján került sor a terület lehatárolására, egyrészt olyan helyen, ahol addig csak 1:500 000-es, vagy ennél is átfogóbb térképezés volt, másrészt pedig olyan területrészen, ahol a korábbi eredmények és adatok birtokában a térképezési munka a legtöbb eredménnyel bíztatott.

Így esett a választás K-Mongólia középső részére, az Ulánbátortól 500–600 km-re K-re fekvő Szühebátor és Dornot ajmagok területének a Csojbalszan–Barún-Urt–Öndörhán városok által körülhatárolt terület részére. Ennek a területnek a D-i határvonalától kb. 200–250 km-re húzódik a Góbi-sivatag É-i szegélye.

A kijelölt terület morfológiailag a k-mongóliai magas fennsíkhöz tartozik, 900–1200 m tengerszint feletti magasságokkal. Összességében teljesen fátlan, füves pusztaság, viszonylag enyhe lejtőkkel és kiemelkedésekkel, ami egyes területrészeknek dombvidéki jelleget kölcsönzött.

A földtani szakirodalom szerint a terület a csendes-óceáni ón-wolfram-molibdén érces övezetbe tartozik, ahol regionális jellegű ércesedés a térképezés megindulás előtt is ismert volt.

Az expedíció geofizikai tevékenységeinek tervezésénél főleg felszíni geoelektromos és kisebb mértékben földmágneses méréseket vettek számításba. Ezeket a méréseket elsősorban lefedett szerkezetek kutatására, üledékvastagság megállapítására, regionális hidrogeológiai térképezésre, mélyszerinti víztározók vizsgálatára, mágneses anomáliák vonatkozásában haszonanyag felderítésére, vagy egyes effuzív összletek vizsgálatánál rétegtani kérdések eldöntésére kívánták felhasználni.

A kijelölt területen légi mágneses méréseken és 4–5 körzetben elszórtan végzett, konkrét vízkutató fúrás telepítését szolgáló geoelektromos ellenállás méréseken kívül korábbi geofizikai vizsgálatok nem voltak.

A terület vázlatos földtani felépítését az alábbiak jellemzik:

- az idős, paleozoós képződményeket főképp metamorfizált kőzetek és savanyú vulkáni összletek képviselik;
- a paleozoós képződmények után jurakorú terrigentufigén, savanyú effuzív és intermedier-bázisos effuzív kőzetek különíthetők el;
- a jura feletti alsó krétában terrigén, savanyú effuzívum, intermedier és bázisos effuzív összlet, a felső krétában pedig homokos-agyagos, homokos-kavicsos-konglomerátumos összlet található;
- a felső kréta és harmadkori üledékek nem különülnek el egymástól;
- a negyedkori képződményeket alluviális, diluviális, proluviális és tavi üledékek alkotják;
- területi eloszlásuk és nyersanyag-előfordulással kapcsolatos jelentőségük miatt különösen fontos szerepük van a különféle gránitoknak mint intruzív képződményeknek.

A földtanilag térképezett mintegy 17 000 km² területnek kb. 35–40%-a nem hegyvidéki terület, hanem kréta és fiatalabb kori üledékekkel kitöltött medencealakulat. Ennek a jelentős területnek a térképezését a ritkított menetvonalú és észlelési pontú geológiai bejárás mellett teljes egészében felszíni elektromos mérésekkel egészítették ki.

Módszerként a h vastagság- és ρ ellenállás-paramétert szolgáltató geoelektromos ellenállás-mérési (VESZ) eljárást alkalmazták. A méréseket Ge-20 típusú műszerrel végezték, AB = 4 m-től 800 m-es terítéshosszig. A mérési kapacitástól (500 pont/év) és a területnagyságtól függően a mérési sűrűség kb. 1 pont/5 km² volt. A mérési pontokat nem hálózatosan, hanem a területet térképező geológus megfigyelésével és főképpen a légi felvételek desiffrózása eredményeként kapott szerkezeti elemekkel összhangban jelölték ki. A VESZ mérések feladatszoportok szerinti megoszlása: kb. 70% átnézetes, ún. medencekutató és 30% lokális jellegű, sekélyebb kutatási mélységű mérés volt.

A geoelektromos mérések alapján a kutatás területén két fajta medencetípust lehetett elkülöníteni:

- a) nagyterjedésű kréta medencék, több 10 km-es szélességben és 50–100 km-es hosszúságban, több száz méteres üledékvastagsággal,
- b) nagyságrendekkel kisebb méretű, fiatalabb korú medencék, néhányszor 10 m-es üledékvastagsággal.

A geoelektromos mérések mellett — elsősorban lokális jellegű feladatok megoldására — földmágneses méréseket végeztek M-17 típusú, ΔZ -t mérő szovjet műszerrel. A méréseket döntően szelvények mentén végezték. A mérések földtani szempontból elsősorban a szarnkutató, másodsorban pedig az alsó kréta különböző effuzív összleteinek hovatartozását eldöntő rétegtani kérdések tisztázását szolgálták.

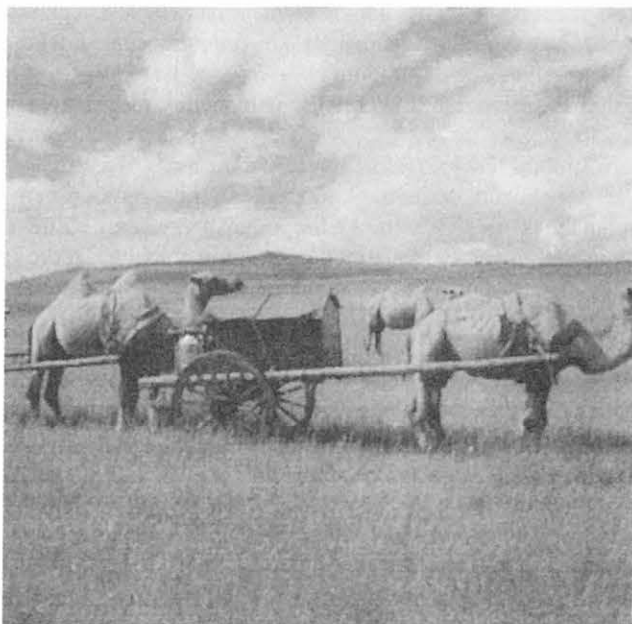
Az alábbiakban felsoroljuk azokat a feladatokat, amelyekben a geofizikai mérések nélkülözhetetlen segítséget tudtak adni a földtani felvételezéshez:

- síkvidéki területeken a medencealakulatok felmérése és lehatárolása, eltemetett szerkezetek kimutatása, szerkezeti vonalak nyomozása,
- hidrogeológiai térképezéshez nélkülözhetetlen adatok biztosítása regionális jellegű mélyszintű víztároló és víznyerési lehetőségek jelzése,
- torlatos nyersanyag-előfordulás kutatásánál sekélyszerkezeti és üledékvastagsági adatok szolgáltatása,
- szarnos területek kutatásánál a mágneses hatók eredetének tisztázása,
- a különböző effuzív összletek tagolásával rétegtani kérdések eldöntése,
- medencekutató térképező fúrások telepítési pontjának kitűzése.

Az eredetileg 3 évre tervezett tevékenységet nem lehetett a tervezett időben lezárni, mivel a terepi munkák csak 1968. október 31-én fejeződtek be. Az 1969-re is átnyúló feldolgozó munkák folytathatóságának a mongol fél azonban a következő évre további 720 km² terület térképezését is feltételül szabta. A terepi munkák júniusra tervezett befejezése azonban szeptemberre tolódott ki. Ebben a helyzetben a feldolgozó munkák és a jelentés elkészítése 1970-re tolódott át.

A jelentés a 17 575 km² terület térképezéséről 750 oldal terjedelmű volt, 100 ábrával és kb. ugyanennyi térképmelékkel. Végül a jelentést az I. sz. expedíció vezetője 1970. június 24-én nemzetközi fórum előtt sikerrel védte meg.

Az Expedíció geofizikai munkálataiban 1966–67-ben KARAS Gyula geofizikus, expedícióvezető-helyettes, 1966–70-ben BALLA Zoltánné geofizikus, 1968–70-ben FÁBIÁNCICS László geofizikus-mérnök, 1966-ban HARNOS László geofizikus technikus, 1967–69-ben SCHRAMEK Sándor geofizikus-technikus vett részt.



Halad a karaván ...

2. A II. sz. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció keretében végzett geofizikai tevékenység

A két fél között 1965-ben létrejött Kormányközi Hosszúlejárati Hitelegyezmény alapján, magyar szakértők irányításával 1970-ben kezdte meg munkáját a II. sz. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció, vezetője Jámbor Áron lett. Az expedíció munkaterülete a K-mongóliai Csojalszan várostól DNy-ra mintegy 2218 km² területre terjedt ki, és ÉK-i oldalon közvetlenül csatlakozott az előző, I sz. Térképező Expedíció által térképezett területhez. A II sz. Földtani Térképező Expedíció számára a geofizikai kiegészítést ebben az évben egy újonnan szervezett — de a következő években más irányú, fő feladatként az ércindikációk revíziós földtani kutatásait kiegészítő — Mongol–Magyar Komplex Geofizikai csoport végezte. Ennek a csoportnak feladata volt még komplex geofizikai kutatások végzése az Aren-Nur-i molibdénérc-indikáció területén, valamint a Baga-Gazrin-i ónércesedés környékén.

Szervezetileg a csoport a Mongol Népköztársaság Fűtőanyag-, Energetikai és Geológiai Minisztériuma fennhatósága alá tartozó Központi Geofizikai Csoporthoz tartozott. Hazai irányítója az ELGI, a csoport mongóliai vezetője és a kutatások irányítója ZSILLE Antal geofizikus-mérnök volt.

A geofizikai csoport 1970 évi fő feladata a 2 218 km² térképezendő terület tekintélyes részét (kb. 1600 km²) kitevő medencék felépítésének, depressziós vonulatok rétegsorának, szerkezetének, az üledékes összlet vastagságának a megállapítása volt. Az alkalmazandó geofizikai módszer-együttest a geoelektromos ellenállásmérés, a földmágneses, a gravitáció, a természetes gamma sugárzás és a szeizmikus refrakciós módszerek közül a térképezendő feladatok határozták meg. Más terület egységen, ahol az idősebb gránitok, permii és jura képződmények, bázisos effuzívumok, vagy intruzívumok voltak a felszínen, illetve ennek közelében rossz feltártságú helyeken voltak találhatóak, úgy ezek szerkezetére, horizontális és vertikális kiterjedésének meghatározására irányultak a mérések.

A térképezési feladatok megoldása és kiegészítése érdekében a graviméteres méréseket 5–10 km-es szelvény távolságban, 500 m-es állomás távolsággal 175 ponton, a földmágneses méréseket átlagosan 50 m-es állomásközzel 4062 mérési ponton, a geoelektromos ellenállás szondázást 250 helyen, szeizmikus refrakciós méréseket 16,56 km hosszúságban, radiometriai mérést (természetes gamma) 168 km-es szelvényhossz mentén végeztek.

A korábbi adatok szerint a K-Mongóliában található medencék mélysége nem haladja meg a 700 m-t. A kutatási területen a legnagyobb depresszió a Savarzsargalan-i medence volt, amely ÉK-i csapásirányban mintegy 40–50 km hosszúságban, s 10–15 km szélességben húzódott. A különböző módszerekkel végrehajtott méréseket többnyire közös szelvények mentén végezték, hogy ezáltal lehetővé váljék a mérések eredményeinek komplex értelmezése.

A szeizmikus refrakciós módszert — kísérleti jelleggel — a komplex geofizikai kutatás részeként ebben az évben alkalmazták először sikerrel Mongóliában. A robbantásokat fűróberendezés hiányában a felszínközélemben kb. 0,5 m–1 m mélységbe leásott gödrökben végezték. Kedvezőtlen körülményként kellett értékelniük a vártnál jóval nagyobb aljzatmélységet, ami a robbantópontok számának növelésével és a felhasznált robbanóanyag mennyiségének fokozott növekedésével járt együtt.

A kutatás legjelentősebb eredménye az volt, hogy K-Mongólia középső térségében első alkalommal kaptak felvilágosítást a medencéket kitöltő üledékösszlet valódi vastagságáról és szerkezetéről. A geofizikai eredmények értelmezése során igazolták, hogy a kréta medencealjzat mélysége eléri a 3000 m-t is. A mongóliai földtani kutatás során térképezési célra először alkalmazták a gravitációs, geoelektromos ellenállás mérés és szeizmikus refrakciós módszerekből álló komplexust, amely jól bevált, s jól kiegészítette egymást.

A térképezett terület más részein elsősorban geoelektromos ellenállás (VESZ) szondázásokat és földmágneses ΔZ méréseket végeztek, amelyek segítségével a rossz feltártságú területeken az egyes képződményhatárok horizontális és vertikális elterjedésének pontosításához nyújtottak segítséget.

Az expedíció magyar tagjai a következők voltak: ZSILLE Antal geofizikus-mérnök, expedícióvezető, SZALAY István és DRASKOVITS Pál geofizikus-mérnök, CSAPÓ Géza geodéta, DÉR István geológus, BÁTHORI István, FERENCZY János, KÖSZEGVÁRY András geofizikus-technikusok, MAJOR Imre szerelő technikus.

Ugyancsak a csoporttal dolgozott FÁBIÁNCSICS László geofizikus-mérnök is, aki szervezetiileg az Aren-Nur-i előforduláson dolgozó magyar szakértőkhöz tartozott, de az év folyamán részt vett a csoport valamennyi munkájában.



Ulanbátor. Csúcsforgalom a Béke sugárúton

3. A III. sz. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció keretében végzett geofizikai tevékenység

1971 januárjában a Központi Földtani Hivatal és a Mongol Energetikai Geológiai Minisztérium megállapodást kötött az 1971–75 közötti, ötéves tervidőszakban működő közös Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíciók felállítására. Az expedíciók ez évtől segélynyújtás keretében működtek.

Az új kétoldalú szerződésben a III. sz. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció számára a térképezendő terület nagyságát 16 000 km²-ben határozták meg, K-Mongólia azon részén, amely K-ről és D-ről a megelőző Mongol–Magyar Expedíciók működési területéhez csatlakozott.

A Kopek Gábor geológus által irányított expedíció két terepi szezonban (1971, 1972) 8436 km²-nyi területet térképezett, Szühebátor ajmagban Ulan-Bajan, Haldzan és Aszgat szomonok környékén.

Az 1:200 000-es földtani térképezés alapvető célja a területet felépítő földtani képződmények megismerése, települési helyzetének tisztázása és az ilyen léptékű térképezéssel elérhető nyersanyagok felkutatása és térképi rögzítése volt. A térképezést kiegészítő geofizikai tevékenység

során felszíni geoelektromos és magnetométeres méréseket végeztek. Az előbbi GE-20 és GE-27 típusú, egyenáramú műszerekkel (VESZ mérések), az utóbbit M-23 típusú, ΔZ mérésre szolgáló szovjet magnetométerrel.

A VESZ mérések eredményei elsősorban a rosszul feltárt üledékes kőzetösszetekkel borított depressziók, medencék tanulmányozásánál segítettek. A fúrásokon kívül csak a VESZ szelvények adtak információt a medencéket kitöltő üledékek rétegsorának, vastagságának és esetenként a medencealjat szerkezetének, illetve anyagának vizsgálatánál. A VESZ mérések adatait alkalmazták a medencekutató (térképező) fúrási pontok kitűzésénél is.

A földmágneses szelvényeket főleg a bázikus és helyenként az intermedier eruptívumok horizontális határainak kijelölésére, a szerkesztendő földtani térképek vulkáni eredetű kőzethatárainak pontosítására használták, egyrészt a geológiai menetvonalakkal nem érintett szakaszokon, másrészt a törmelékkel, üledékekkel borított, rosszul feltárt területrészekben. A mágneses szelvényeket azonban csak kvalitatív értelmezésre lehetett használni, mivel laboratóriumi vizsgálatokra (szuszceptibilitás, mágnesezettség irány) nem volt lehetőség.

A térképezést szolgáló és kiegészítő geofizikai mérések eredményeit és tapasztalatait az alábbiakban foglalták össze:

A két terepi szezon alatt térképezett 8436 km² nagyságú terület fele rosszul feltárt, különböző vastagságú kréta, vagy annál fiatalabb üledékes összetekkel takart képződmény. A terv által előirányzott fúrások mennyisége eleve nem volt elegendő a hegységek peremi részei geológiai problémáinak tisztázására. A medencék üledékeinek összetételéről, szerkezetéről, vastagságáról a legtöbb adatot a VESZ mérések szolgáltatták, annak ellenére, hogy csak AB=800 m-es terítésekkel végezték a méréseket. A mérések zöme csak a kréta üledékek problémáit tudta vizsgálni és részben felderíteni. Alaphegységi részeket — elsősorban a korlátozott terítési távolság miatt — csak ritkán és kisebb mélységeknél tártak fel.

Az elvégzett geofizikai mérések mennyisége: 5796 földmágneses mérési pont és 389 geoelektromos szondázási pont.

Az összefoglaló jelentésben a geofizikai értelmezésnél a saját méréseken kívül a területen a szovjetek által végzett légi mágneses, valamint a mongolok által végzett autós gamma méréseket is felhasználták. Az összefoglaló jelentés leadására 1973-ban került sor.

Az expedíció geofizikai munkáit: 1971-ben SAJTI László geofizikus-mérnök és CSETNEKI Imre geofizikus-technikus, 1972-ben VIRÁG Péter geofizikus-mérnök és CSETNEKI Imre geofizikus-technikus végezték.

4. A IV. sz. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció keretében végzett geofizikai tevékenység

Az 1971–75-ös ötéves tervidőszakra vonatkozó, a KFH és a Mongol Energetikai Minisztérium által aláírt egyezmény alapján 1973 januárjában Budapesten a NIKEX és a Mongol KOMPLEXIMPORT aláírták a IV. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció tevékenységére vonatkozó szerződést.

Az expedíció dr. TÖRÖK Kálmán geológus vezetésével két terepszezonban (1973, 1974) 8517 km²-nyi területet térképezett, döntően Szühebátor ajmag területén, Barún-Urt várostól K-i és D-i irányban. A térképezett területen lakott település nem volt. A legközelebbi két szomon, Halzan és Aszgat 6, ill. 10 km távolságban volt a térképezési területtől.



A Góbiban nemcsak homok van ...

Az 1:200 000-es földtani térképezés feladata — az előző évekhez hasonlóan — a területen található kőzetek tanulmányozása, települési viszonyainak tisztázása, szerkezeti helyzetük és kifejlődésük térképi ábrázolása, és az adott léptékű térképezés lehetőségének megfelelően a hasznos ásványi nyersanyagok értékelése volt.

Az expedíció geofizikai részlege a külkereskedelmi szerződés értelmében a korábbi évek gyakorlata szerint felszíni geoelektromos és földmágneses méréseket végzett. Ezen kívül néhány szelvényen SZRP-2 típusú radiométerrel kísérleti mérések is voltak, de érdemi anomáliákat nem találtak.

A terület feltártsága elég rossz volt, a felszínen rendszerint csak a vulkanikus kőzetek és az erózióval szemben ellenállóbb telérkőzetek voltak, így a természetes feltárásokban leggyakrabban ezek voltak találhatóak.

A VESZ méréseket főleg az üledékes medencék mélységének és felépítésének meghatározására, továbbá az érces előfordulások részletező vizsgálatára alkalmazták (például a Hutun-Ulun-i és Mohor-Obo-i előfordulás). A VESZ mérésekből a fajlagos ellenállás alapján a geológiai megfigyelésekkel egyeztetve esetenként a kőzetek kor szerinti elkülönítése is lehetővé vált.

A VESZ eredményeket szelvényekbe szerkesztve, azokat 2–3 szelvény együttesében értelmezve adták meg. A mérések alapján összeállították a legfontosabb földtani képződmények jellemző fajlagos ellenállásait is.

Földmágneses méréseket alapvetően az ércesedési zónákban és érces előfordulásokon végeztek. A mágneses hatók pontos számítására azonban nem volt lehetőség, mivel a legtöbb esetben a különböző mélységekben elhelyezkedő mágneses hatók összegzett értékeket adtak, így a hatók helyzetére csak közelítőleg lehetett becsléseket adni.

A szelvény menti mágneses mérések alapján megszerkesztették az adott terület mágneses izogamma-térképét is. A földmágneses és geoelektromos szelvények együttes analízise alapján szubvulkáni, illetve érces testek mélységi

jelenlétét lehetett több területen is egyértelműen kimutatni.

A geofizikai mérések feldolgozását és eredményeit a zárójelentés 42 mellékletben (25 geoelektromos, 17 földmágneses szelvényben) tartalmazta, a szöveges magyarázó értelmezéssel együtt.

Az expedíció vezetője a komplex jelentést 1975 végén védte meg és adta át a mongol félnek.

A geofizikai munkákat 1973–1974–1975-ben SZARKA Rudolf geofizikus, 1973–1974-ben pedig PENTELENYI Antal geofizikus-technikus végezte.

* * *

Mongóliában 1966 és 1975 között magyar szakemberek irányításával a négy földtani térképező expedíció mintegy 37 000 km² terület 1:200 000 léptékű felmérését végezte el. E munkák révén jelentősen hozzájárultak K-Mongólia földtani felépítésének és ásványi nyersanyag perspektíváinak megismeréséhez. Az előzőekben ismertetett területeken végzett kutatómunkák eredményeképpen nagyszámú ércindikáció és néhány nyersanyaglelőhely vált ismertté, mint pl. a Szalaii wolframérc-, az Aren-Nuri réz-molibdénérc- és a Dzun-Baini barnaköszén-lelőhely, valamint a szulfidos bizmut-molibdén ércesedés Aszgat szomon környékén. A földtani térképezés során a vulkáni és intruzív kőzetekből álló terület rétegsorára és tektonikájára új képet dolgoztak ki. Elkülönítettek négy különböző korú, egymástól diszkordanciával elválasztott vulkáni sorozatot. K-Mongólia területén először végeztek eredményesen komplex (gravitációs, geoelektromos ellenállásmérés és

refrakciós szeizmikus) geofizikai vizsgálatot a medencéket kitöltő üledékösszlet valódi vastagságáról, ami az addig feltételezett néhány száz m helyett helyenként elérte a 3000 m-t is.

IRODALOM

- JANTSKY Béla 1972: Az első mongóliai térképező expedíció tapasztalatai. MÁFI adattár
- JANTSKY Béla: A Mongol–Magyar Földtani Expedíció 1967. évi kutatási eredményeinek értékelése. MÁFI adattár, T 10911
- JANTSKY Béla: A mongóliai földtani expedíció összegző tanulmányai. MÁFI adattár, T 1255
- BALLA Zoltán: Előzetes jelentés a 3. számú térképező csoport 1967. évi munkájáról. Mongol–Magyar Expedíció. MÁFI adattár, T 10910
- JÁMBOR Áron et al.: A II. Mongol–Magyar Földtani térképező csoport jelentése 1970–71. MÁFI adattár, T 7720
- KOPEK Gábor et al.: A III. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció 1971–72. évi terepi munkálatainak összefoglaló jelentése. MÁFI adattár, T 11133
- PENTELENYI László: Kéziratok közlés a IV. Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíció tevékenységéről
- KARAS Gyula: Geofizikai tevékenység a mongóliai magyar földtani expedíció keretében. Magyar Geofizika IX, 3
- ZSILLE Antal: Jelentés a Mongol–Magyar Komplex Geofizikai Expedíció 1970. évi munkájáról. MGSZ Adattár

Karas Gyula, Zsille Antal

HÍREK, BESZÁMOLÓK

ÁBW'70

EREDMÉNYEK A MAGNETOTELLURIKÁBAN, AZ AERONÓMIÁBAN ÉS A GEOMÁGNÉSSÉGBEN

nemzetközi tudományos konferencia **ÁDÁM ANTAL**, az MTA rendes tagja; **BENCZE PÁL**, a
műszaki tudomány doktora és **WALLNER ÁKOS** tudományos munkatárs
70. születésnapja alkalmából

Sopron, 1999. október 14-15.

Előzetes program

1999. október 14, csütörtök

13.00–14.00 Regisztrálás

14.00–15.00 Megnyitó (VARGA Péter) és köszöntések

15.00–18.30 *Magnetotellurikus szekció: ÁDÁM Antal-szimposium.* Előadók: TAKÁCS Ernő, Mark N. BERDICHEVSKY, Sven Erik HJELT, Tomasz ERNST, Michel MENVIELLE, Gottfried PORSTENDORFER, Oldřich PRAUS, Dumitru STANICA, Pascal TARITS, Ivan VARENTSOV, SZARKA László (elnök: MESKÓ Attila)

19.00–19.30 Ökumenikus istentisztelet a Szent György templomban

19.30–19.50 A Fidelissima vegyeskar hangversenye a Szent György templomban (karnagy: ARANY János)

20.00–22.00 Fogadás a Pannonia Med Hotelben.

1999. október 15, péntek

08.30–09.45 *Aeronómiai szekció: BENCZE Pál-szimposium.* Előadók: ALMÁR Iván, APÁTHY István, Reinhart LEITINGER, German SOLÉ, SÁTORI Gabriella (elnök: MÁRCZ Ferenc)

10.15–11.45 *Geomágneses szekció: WALLNER Ákos-szimposium.* Előadók: MÁRTON Péter, Adolf BEST, Gerald DUMA, Rolf GUTDEUTSCH, Wilfried SCHRÖDER, WESZTERGOM Viktor (elnök: VERÓ József)

11.45–12.00 Zárszó (PANTÓ György).

A konferencia programja az MTA GGKI honlapján (<http://www.ggki.hu>) megtekinthető.

A konferencia színhelye: Best Western Pannonia Med Hotel, 9400 Sopron, Várkerület 75.

Regisztráció: Pénzügyi okok miatt rendezvényünk részvételi díjas. 1999. szeptember 15-ig történő befizetés esetén a részvételi díj 6000 Ft/fő, 1999. szeptember 15. után 7000 Ft/fő. Kérjük a mellékelt jelentkezési lapot mielőbb visszaküldeni.

Fizetési mód: átutalással, vagy készpénzes befizetéssel az MTA GGKI pénztárába, illetőleg a helyszínen.

A számla megnevezése: Magyar Tudományos Akadémia, Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron.

Számlaszám: 10033001-01717352-00000000 (kincstári számlavezetés esetén: KTK 310).

Közleményként kérjük feltüntetni: „ÁBW'70 részvételi díj”. Az összeg beérkezése után számlát küldünk a kezdeményező részére. Az átutalás lakossági folyószámláról is kezdeményezhető.

Szállás

Sopron szállodai kínálata a magyar résztvevők előtt közismert, így az egyéni szállásfoglalást javasoljuk. Szállásként mindenképp a *Pannonia Med Hotelt* ajánljuk, amely a konferencia résztvevőitől — kapacitása erejéig — igen kedvező, 6500 Ft/fő/éjszaka térítést kér. Az érkezési és elutazási időpont, valamint a választott szállodai kategória ismeretében a szállásfoglalásban tudunk segíteni. Fizetés a szállodában, egyénileg.

A konferencia szervezői: MTA Földtudományi Kutatóközpont
Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet

A szervezőbizottság címe: SZARKA László,

MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet

9400 Sopron, Csatka u. 6-8. (9401 Sopron, Pf. 5)

tel.: 99-314290, fax: 99-313267, email: szarka@ggki.hu

internet: <http://www.ggki.hu>