

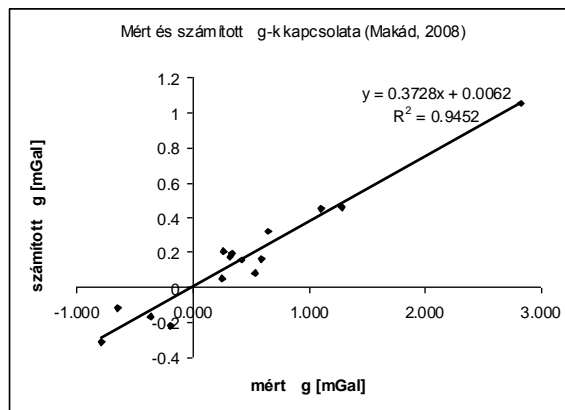
A Föld alakjának és belső szerkezetének egyre részletesebb ismerete mind tudományos, mind gyakorlati szempontból igen fontos. Minél jobban ismerjük a belső szerkezet eloszlását, annál pontosabban határozhatjuk meg a Föld valódi alakját. A Föld belső szerkezete szoros összefüggésben van a nehézségi erőterrel. Részben a geodinamikai folyamatok, részben az emberi tevékenység következtében a nehézségi erőter időben és térben is folyamatosan változik és ezek a változások hatással vannak a Föld aktuális alakjára. A kozmikus geodézia fejlődése jelentős előrelépést jelent a földalaknak és a tömegeloszlásnak műholdas méréseken alapuló modellezési lehetőségével, azonban a fölfelszíni mérések továbbra is elkerülhetetlenek a finomszerkezet megismerésében. Pontosabb globális geofizikai térképek (Bouguer, Faye rendellenességi térképek) szerkesztésének határt szab egyrészt az, hogy nagy területeken hiányosak a gravitációs felmérések, másrészt, hogy nem ismerjük kellő pontossággal a vertikális gradiens területi változásait és azok mértékét. Magyarországon a világon egyedülállóan nagyszámú (cca. 60000) Eötvös inga mérés eredménye áll rendelkezésre. Korábbi vizsgálataink bizonyították, hogy ezek a mérések a hazai adathiányos síkvidéki területeken finomíthatják a graviméteres mérések alapján szerkesztett anomália-térképeket.

A pályázati munkák egyik célja annak vizsgálata volt, hogy a kétféle módszerrel nyerhető nehézségi térelemek: nehézségi gyorsulás különbségek (Δg), és horizontális gradiensnek hogyan és milyen mértékben helyettesíthetők egymással, illetve kezelhetőek e együttesen, továbbá, hogy az Eötvös ingával nem meghatározható vertikális gradiens (VG) területi változásai milyen mértékben befolyásolják a mért, vagy számított Δg értékek pontosságát? *A munka másik célja* a hazai nehézségi erőter regionális és lokális változásainak vizsgálata az eddigi – és a pályázat támogatásával végzett további – ismételt abszolút módszerű nehézségi gyorsulási mérések eredményeinek értékelésével.

A kétféle gravitációs módszer eredményeinek összehasonlításához egyidejű és azonos pontokon végzett mérésekre van szükség. A pályázat kezdetekor nem állt rendelkezésre mérésekre alkalmas Eötvös inga. Tekintettel arra, hogy az ingamérések hazánkban a 60-as évek közepén abbamaradtak, az elmúlt 40-50 évben ezek az eszközök vagy elkallódtak, vagy kisebb-nagyobb mértékben tönkrementek. Ezért először egy E-54 típusú eszközt kellett mérőképessé tenni. Az E-54 típusú Eötvös inga eredetileg – egy mechanikus óraszerkezettel – automatikus ingakar forgatást is lehetővé tett, a különböző azimutokhoz tartozó skálaleolvasásokat pedig üveglemezre fényképezte. Az ELGI által a kísérleti mérésekhez biztosított ingájának óraszerkezete hibás volt, amit nem tudtunk megjavítani, ezért az inga forgatását léptetőmotor alkalmazásával oldottuk meg. (Az így átalakított inga terepi üzembe helyezéséhez még mechanikai munkák szükségesek, amire a pályázat támogatási összegéből már nem futotta). A skálaleolvasásokhoz szükséges üveglemezek, vagy megfelelő filmek pedig ma már nem kaphatók. Azt a megoldást választottuk, hogy az optikai mikroszkóp szemlencsési elé kisméretű videokamerákat szereltünk. Megfelelő mérésvezérlő és feldolgozó program készítésével sikerült az ingát mérőképessé tenni. A videokamerás észlelés lehetővé teszi a műszerbe épített torziós szálak viselkedésének tanulmányozását, például az egyes azimutokban a torziós szálak teljes csillapodásához szükséges idő pontos meghatározását, vagy az inga közelébe helyezett mintegy 70 kg-os tömegnek a leolvasási értékekre gyakorolt hatását. Ugyanis ezzel a módszerrel akár másodpercenkénti mintavétel is lehetséges a mérőskálák képéről. A terepi mérések megkezdése előtt egy megfelelő hőszigetelést, gyors felállítást és könnyű szállítást is lehetővé tevő észlelőházat is kellett tervezni és építeni. A kísérleti mérésekhez a Csepel-szigeti Makád község külterületén telepítettünk mérési ponthálózatot. Ezen a területen az 50-es években számos Eötvös inga mérést végeztek, a kiválasztott terület beépítettsége pedig semmit nem változott az évtizedek során. Az Eötvös ingás mérésekkel párhuzamosan valamennyi ponton graviméterekkel is végeztünk

horizontális gradiens mérést helyettesítő Δg méréseket, három lépcsős vertikális gradiens (VG) meghatározásokat és megmértük az egyes pontok közötti Δg értékeket. (Ez utóbbi mérésekhez – az országos hálózathoz levezetett – 3 bázispontot létesítettünk).

A kétféle módszerrel nyerhető Δg értékek vizsgálatához az Eötvös inga mérések horizontális gradienseinek felhasználásával *számított* értékeket hasonlítottuk össze a graviméterekkel közvetlenül *mért* értékekkel. A vizsgálat eredménye alapján megállapítottuk, hogy síkvidéki területeken (a csepeli teszt-területen a maximális magasságkülönbség néhány méter volt csupán) az Eötvös inga mérésekből számított nehézségi gyorsulás különbségek a pontok „g” értékei nagyságának függvényében lineáris mértékben térnek el a graviméterekkel mért értékektől (lásd: ábra). A lineáris függvénykapcsolat regressziós együtthatójára igen jó, $R^2=0.9462$ értéket kaptunk.



Napjainkig mintegy 25000 Eötvös inga mérés eredményét rögzítettük az ELGI digitális adatbázisában. E vizsgálatok eredménye alapján – a fellelhető valamennyi mérési eredmény adatbázisba vitele után – a kétféle adathalmaz együttes alkalmazásával részletesebb rendellenességi térképek lesznek szerkeszthetők.

Megvizsgáltuk, hogy graviméteres mérésekkel milyen megbízhatósággal lehet reprodukálni az Eötvös ingával meghatározott horizontális gradienseket. Az Eötvös inga mérési megbízhatósága mintegy 2-4 E (0.2-0.4 μGal). A horizontális gradiens vektor, melyet nagysága és iránya jellemez. Egy LCR graviméterrel bármely azimut irányban meghatározott Δg érték megbízhatósága méréseink eredménye alapján nem jobb 5 μGal -nál. Ebből következik, hogy graviméteres mérésekkel nem helyettesíthetők az ingával végzett gradiens mérési eredmények, vagyis *graviméteres mérések eredményeivel nem szerkeszthetők megbízható gradiens-térképek.*

A pályázati munkák keretein belül 3 lépcsős vertikális gradiens méréseket végeztünk a teszt hálózat pontjain és – a 2009-re tervezett külföldi konferencián való részvétel elmaradása miatt erre a célra átcsoportosított pénzből – az országos gravimetriai alaphálózat számos pontján. Azt vizsgáltuk, hogy milyen hatással van a mért Δg értékekre, ha a műszermagassági javítás számításánál általában alkalmazott normálérték (0.3086 mGal/m) helyett a pontokon méréssel meghatározott VG értékekkel számolunk. Kimutattuk, hogy Magyarországon a VG értékek akár 20%-kal is eltérnek a normálértéktől és még kis távolságokban is jelentősen változnak a pont közvetlen környezetének tömegviszonyai függvényében (a makádi szelvényhálózatnál a szomszédos pontok távolsága 150-300 m volt). Elvégzett Δg méréseink alapján megállapítottuk, hogy a kétféle VG alkalmazása esetén két pont között végzett mérés eredménye 0.006-0.01 mGal különbséget okozhat. Extrém mérési pontok mérésénél ennél nagyobb eltérések is lehetségesek (lengyelországi hegyvidéki területen végzett mérések irodalmi adatai alapján 40%-ot is elért a normál- és mért VG értékek különbsége). *E vizsgálatokból az a következtetés vonható le, hogy nagy pontosságú Δg méréseknél a mérendő pontok aktuális vertikális gradiens értékének ismeretére is szükség van.*

A pályázati munkák másik céljának teljesítése érdekében részben a pályázat támogatásával, részben korábban végzett – ismételt abszolút módszerű nehézséggyorsulási

értékek elemzésével vizsgáltuk a nehézségi erőtér hosszúidejű – nem árapály eredetű – hazai regionális és lokális változásait.

pont száma és neve	mérés éve	abszolút graviméter típusa	mérőcsoport	mért g érték (mGal)	mért VG (mGal/m)	változás (mGal/év)
81 Siklós	1978	GABL	szovjet	980678.288	- 0.341	+ 0.003
	1991	JILAg-6	osztrák	.321		0
	1995	JILAg-6		.323		- 0.001
	2007	AXIS-215	cseh	.310		
82 Budapest	1980	GABL		980824.318	- 0.252	- 0.001
	1991	JILAg-6		.310		- 0.007
	1993	AXIS-107	USA	.296		- 0.009
	1996	AXIS-107		.270		+ 0.001
	2000	AXIS-101	német	.275		0
	2007	AXIS-215		.278		
85 Kőszeg	1980	GABL		(980784.739)	- 0.266	?
	1993	JILAg-6		.713		
86 Szerencs	1980	GABL		980872.812	- 0.297	- 0.002
	1993	JILAg-6		.784		- 0.002
	2005	JILAg-6		.765		
88 Nagyvázsony	1993	AXIS-107		980765.813	- 0.256	+ 0.001
	1997	JILAg-6		.816		
89 Gyula	1987	GABL		980766.435	- 0.291	- 0.004
	1995	JILAg-6		.404		- 0.002
	2005	JILAg-6		.386		
90 Szécsény	1993	AXIS-107		980873.104	- 0.306	- 0.002
	1996	AXIS-107		.098		0
	2007	AXIS-215		.099		
91 Kenderes	1993	AXIS-107		980810.284	- 0.266	?
	2005	JILAg-6		(.229)		
92 Madocsa	1994	AXIS-107		980761.770	- 0.255	- 0.002
	2003	JILAg-6		.750		
93 Iharosberény	1994	AXIS-107		699.024	- 0.282	0
	2010	AXIS-215		699.021		
94 Öttömös	1994	AXIS-107		980725.911	- 0.263	0
	2003	JILAg-6		.909		
95 Tarpa	1995	AXIS-107		.427	- 0.271	+ 0.003
	2001	JILAg-6		980880.445		
96 Debrecen	1996	IMGC	olasz	980825.779	- 0.308	+ 0.005
	2001	JILAg-6		.803		
99 Sóskút	1999	JILAg-6		816.346	- 0.237	0
	2010	AXIS-215		816.346		
98 Penc	1998	ZZG	lengyel	980832.817	- 0.310	0
	2001	AXIS-206	francia	.819		0
	2007	AXIS-215		.820		

Az elemzés számára azt a 15 hazai „abszolút állomást” választottuk ki, ahol legalább két-három abszolút módszerű „g” meghatározás történt. A vizsgált időintervallum az 1978-2010 közötti időszak. A mellékelt táblázatban ezeknek a hazai abszolút állomásoknak a legfontosabb adatait állítottuk össze. A különböző időintervallumokban mért értékekből kiszámítottuk az adott pontra feltételezett időbeli változás (mGal/év) értékét. Tekintettel arra, hogy a mérések idején nem volt anyagi lehetőségünk a legfontosabb külső tényezők meghatározására (amelyek közül a legfontosabbnak a talajvízszint tükör magasságát és a talaj porozitását tartjuk), és ezek hatásának javításba vételére ezért feltételeztük, hogy a mérési eredmények eltérései csak az erőter időbeli változásából származnak. A táblázatból látható, hogy a méréseket különböző abszolút graviméterekkel végezték. A Sevresben 3 évenként tartott körvizsgálat eredményei szerint e graviméterek között nincs érdemi méretarány eltérés. A mérési eredmények megbízhatósága 2-4 μ Gal, ami pontonként változik a mérőpont és közvetlen környezete tulajdonságainak függvényében (pillér stabilitása, mikro szeizmikus tevékenység, stb.). *Megállapítottuk, hogy Magyarország területén a regionális időbeli változás nem haladja meg az 1-2 μ Gal/év értéket.* Kiütően nagy érték csupán Budapest és Debrecen pontokon volt tapasztalható. Budapest esetében az eocén program következtében fellépő karsztvízszint süllyedés okozta a korábbi ciklusok nagy változásait (a program befejezése után ez az érték az átlagosra redukálódott). Debrecenben a fokozott városi vízfelhasználás és az ennek hatására bekövetkezett talaj tömörödés a nagyobb változás oka. A graviméteres mérésekből számított értékek realitását az ismételt országos felsőrendű szintezések eredményei is igazolni látszanak.

A nehézségi erőter hosszúidejű változásainak tanulmányozása (nyomon követése ismételt abszolút mérésekkel) az országos gravimetriai hálózat stabilitásának szempontjából is fontos kérdés. A hazai graviméteres mérések keretétől szolgáló bázispontok „g” értékét ugyanis olyan kiegyenlítéssel határozzuk meg, amelynél a hálózat kényszerértékei az abszolút állomások „g” értékei. Amennyiben ezen kényszerértékek változása nem egyenletes az ország területén és a változások meghaladják a relatív graviméterekkel végzett mérések 10 μ Gal-os átlagos megbízhatóságát, akkor a pontatlan bázisértékek miatt hibásak lesznek a mért Δg értékek is. Ezért szükséges (többek között) a hazai abszolút állomások „g” értékének legalább 10 évenkénti újbóli meghatározása.

A pályázat keretében elvégzett munkák gyakorlati hasznosítása szempontjából a következőket tartom fontosnak:

- 1) Az elvégzett inga-rekonstrukcióval lehetővé vált, hogy 50 éves szünet után a földtani kutatásoknál ismét alkalmazzák az Eötvös ingát. Tapasztalatok szerint számos esetben a gradiens mérések több információval szolgálnak egy földtani szerkezetről, mint a graviméteres mérések,
- 2) az eddigi – és remény szerint a jövőben is folytatódó – abszolút mérések reálisnak tekinthető képet adnak a hazánk területére vonatkozó nehézségi erőter hosszúidejű változásainak lehetséges mértékéről,
- 3) a vizsgálatok eredménye egyrészt felhívja a figyelmet a relatív graviméterekkel végzett mérések bizonyos korlátaira, másrészt utal arra, hogy milyen kiegészítő mérések szükségesek a velük végzett mérések megbízhatóságának növeléséhez.