

Mint minden új irányzat esetén itt is szükséges a fejlődés követése. Az új irányzat új lehetőségeket nyújt a kevésbé tőkeerős, de kreatív vállalkozásoknak.

Bár nem tartozik szorosan az informatikához, érdemes felhívni arra a figyelmet, hogy a szolgáltatások igénybevételehez elengedhetetlennek tűnik az angol nyelvtudás. Ezért a sikerhez nemcsak kreativitásra, hanem angol nyelvtudásra is szükség van.

Irodalom

- ArcNews* (2010): The New Age of Cloud Computing, Vol. 32 No 1, pp. 3.
Clarke, K. C. (2010): Getting Started with Geographic Information Systems, Prentice Hall, Boston, Columbus etc. pp. 1-369.
Detrekői, Á. (2010): Az információs társadalom technológiai távlatai, Geodézia és Kartográfia LXII Évf./5. pp. 3-6.

- Krauth, P.* (2008): Közműszerű IT-szolgáltatás, In: Égen-Földön Informatika, Szerk.: Dömölki, B., Typotex, Budapest, pp. 357-398.
Leymann, F. (2009): Cloud Computing: The Next Revolution in IT. In. Photogrammetric Week '09, Ed.: D. Fritsch, Wichmann, Heidelberg, pp. 3-12.
Longeley, P. A. et al. (2010): Geographical Information Systems & Science, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, pp. 1-537.
Seifrin, M. (2010): Vom Netz zur Wolke// From the Net to the Cloud, GIS: Trends+Markets, 6/2010, pp.12-19.

Summary

New tendency in Informatics: The Net will be followed by the Cloud?

In the last years it is possible read more and more about a new tendency of informatics. This new tendency is the "Cloud". The paper discussed some characteristics of the Cloud computing.

These characteristics are the core options of the service model (SaaS, PaaS, IaaS), the properties of "cloud computing (virtualization, elasticity, scalability), the kinds of Cloud (public, private, hybrid). The most important signs of using of cloud computing in the GI field are presented too. In the end of the paper a special Hungarian problem was discussed.



Dr. Detrekői Ákos

akadémikus

BME Fotogrammetria és
térinformatika
tanszék

Az abszolút g méréseket befolyásoló hatások elemzése

Csapó Géza – Kenyeres Ambrus – Papp Gábor – Völgyesi Lajos

Bevezetés

Magyarországon a gravimetriai kutatásoknak világviszonylatban is kiemelkedő hagyománya és történelme van, amiben elsődleges szerepe volt Eötvös Loránd munkásságának [Zempléni-Egyed 1970]. A hagyományok és a gyakorlati munkák továbbvivője elsősorban az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI), ahol létrehozták és folyamatosan gondozzák gravimetriai alaphálózatunkat és a nyersanyagkutatások, valamint a geodéziai felhasználás céljából végzett, jelenleg mintegy 387 427 mérés adatait tartalmazó gravitációs adatbázist [Csapó-Sárhidai, 1990].

Jelenleg a modern gravimetriai kutatás-fejlesztés kulcseszközei az abszolút graviméterek, amelyek ballisztikus módszerrel határozzák meg az adott ponton a nehézségi térerősség *abszolút* értékét. Ezeknek a műszereknek a terepi alkalmazhatósága és mérési pontosságuk olyan új lehetőségeket teremt

gravimetriában, amely indokoltá teszi az eddigi szemléletünk átfarmálását.

Az MTA Geodéziai és Térinformatikai Tudományos Bizottságának Felsőgeodézia és Geodinamika Albizottsága a 2010. június 16-án tartott bizottsági ülésén megtárgyalta az abszolút gravimetria jelenlegi magyarországi helyzetét, áttekintette az ezzel kapcsolatos igényeket, terveket és lehetőségeket. Az ülésen elhangzott előadásokat a szakmai közönség tájékoztatása céljából két cikkből álló tanulmányban foglaljuk össze. Mostani első cikkünkben azokat a geofizikai, geodéziai, földtudományi folyamatokat és jelenségeket tárgyaljuk, amelyeket ismételt abszolút mérésekkel nyomon követni és értelmezni tudunk. A soron következő második tanulmányunkban áttekintjük a hazai gravimetriai hálózat fejlesztési lehetőségeit, az abszolút gravimetria alkalmazásával kapcsolatos terveinket, és egy A10 típusú terepi abszolút gravimétert is bemutatunk.

A nehézségi térerősség mérésére szolgáló technika fejlődése

Az első fonálinga mérésekkel mindössze három értékes jegyre, azaz csupán 10^{-3} m/s² pontossággal sikerült meghatározni a nehézségi térerősség értékét. Később speciális fizikai ingákkal sikerült elérni a mGal pontosságot (1 Gal = 1 cm/s²; az elnevezés Galilei tiszteletére született). A nehézségi erőter mérésében az igazi előretörést az asztatizáció alapelveit felhasználó kvarc- és fémrugós graviméterek alkalmazása jelentette, ezekkel a mérési pontosság 10^{-6} ÷ 10^{-7} m/s² értékre javult. Napjainkban az abszolút lézergaviméterekkel elérhető a μ Gal, sőt a szupravezető graviméterekkel akár a nGal pontosság. Az abszolút lézergaviméterek kiemelten fontos jelentőségét az adja, hogy a relatív graviméterekkel ellentétben a g abszolút értékét igen nagy pontossággal méri. A mérési technika fejlődését az *I. táblázatban* követhetjük nyomon.

A nehézségi erőter időbeli változása

Bármilyen céllal is végezzük a nehézségi térerősség méréseket, a legújabb műszerek mérési pontossága elérte azt a határt, amely mellett már alapvető követelmény valamennyi elképzelhető időbeli változás vizsgálata és hatásának figyelembevétele. Mivel a különböző változások a mérésekben egyidejűen, összedadva jelentkeznek, bármely összetevő különválasztása és vizsgálata megköveteli valamennyi összetevő lehetőség szerinti pontos ismeretét is. Amennyiben pl. abszolút lézergraviméterrel geodinamikai vizsgálatokat kívánunk végezni, az egyéb zavaró hatások eltávolításához pontosan ismernünk kell az árapály, a légnyomásváltozás, talajvízszint ingadozás és minden további lehetséges változás nagyságrendjét és időbeli alakulását. Ennek okán az alábbiakban röviden áttekintjük az időbeli változások lehetséges okait és nagyságrendjét.

Az időbeli változások lehetséges okai

A Föld tetszőleges pontjában valamely m tömegű testre ható \mathbf{G} nehézségi erő (azaz a test súlya):

$$\mathbf{G} = \mathbf{F} + \mathbf{F}_f + \mathbf{F}_a, \quad (1)$$

ahol \mathbf{F} az m tömegre ható Newton-féle tömegvonzás, \mathbf{F}_f a forgási centrifugális erő és \mathbf{F}_a a Földön kívüli égitestektől származó árapálykeltő erő. Az ennek megfelelő térerősség, illetve gyorsulás [Völgyesi, 2005a]:

$$\mathbf{g} = \mathbf{g} + \mathbf{g}_f + \mathbf{g}_a. \quad (2)$$

A tömegvonzási, a forgási centrifugális és az árapálykeltő erő hatását figyelembe véve megállapítható, hogy melyek azok a mennyiségek, amelyek időbeli változása a nehézségi erőter időbeli változását eredményezheti. Jelöljük (t) -vel azokat a tagokat, amelyeknek valamilyen okból szerepe lehet a nehézségi erőter időbeli változásában [Völgyesi, 2005b], az *1. ábra* jelöléseinek megfelelően: *3. képlet*.

A (3) összefüggés alapján a *II. táblázatban* összefoglaltuk az időbeli változás lehetséges okait.

Az árapály a Földön kívüli égitestek elsősorban a \odot Hold és a \ominus Nap által okozott tömegvonzás következménye, mely sokfajta különböző periódusú és

mérési eszközök	módszer	felbontóképesség [m/s ²]	nagyságrend
egyszerű fonálinga	abszolút	10 ⁻³ ÷ 10 ⁻⁴	
speciális fizikai ingák, reverziós ingák	abszolút / relatív	10 ⁻⁵	(mGal)
korábbi kvarc- és fémrugós graviméterek*	relatív	10 ⁻⁶ ÷ 10 ⁻⁷	
újabb (LaCoste-Romberg) graviméterek	relatív	10 ⁻⁷ ÷ 10 ⁻⁸	
abszolút lézergraviméterek	abszolút	10 ⁻⁸	(μGal)
szupravezető graviméterek	relatív	10 ⁻⁹ ÷ 10 ⁻¹⁰	(nGal)

*(Worden, Askaniá, Sharpe, GAG, Scintrex)

I. táblázat A nehézségi térerősség mérési technikájának fejlődése

δg_a	árapály $\{k(t), r(t), M_{\odot}(t), r_{\odot}(t), \zeta_{\odot}(t), M_{\ominus}(t), r_{\ominus}(t), \zeta_{\ominus}(t), \dots\}$
$k(t)$	gravitációs együttható feltételezett időbeli változása
$\omega(t)$	lassuló forgási szögsebesség
$\psi(t), \lambda(t)$	pólusmozgás
$r(t)$	a Föld feltételezett méretnövekedése
$\rho(r', \psi', \lambda', t)$	sűrűségváltozások
$r(t)$	felszínmozgások
$r'(t)$	tömegátrendeződések

II. táblázat. A nehézségi erőter időbeli változásának lehetséges okai.

amplitúdójú hullámból tevődik össze és a nehézségi erőter rövid periódusú tized mGal nagyságrendű változásait okozza. Az árapály a nehézségi erőter valamennyi más változásnál markánsabb, így – ellentétben a többi egyéb időbeli változással – meglehetősen részletesen kutatott és feltárt jelenség,

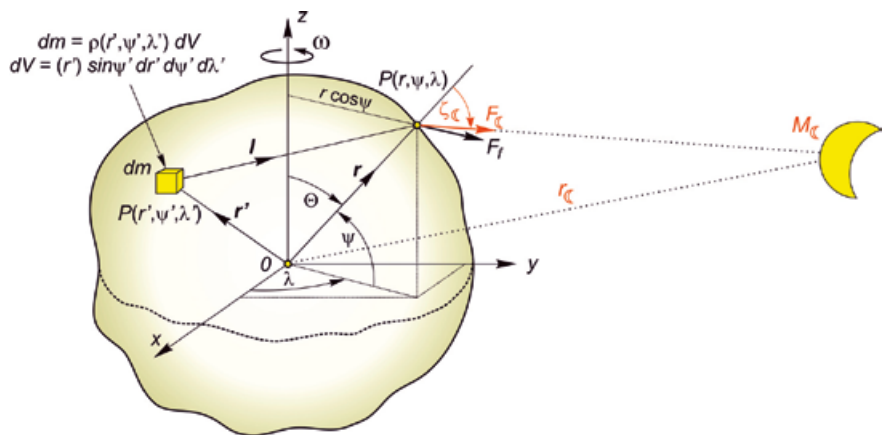
amit különböző modellekkel többé-kevésbé jól le tudunk írni.

A gravitációs "állandó" feltételezett időbeli változása a fizika és a földtudományok egyik legizgalmasabb kérdése napjainkban. Dirac Nobel-díjas fizikus korábban arra a következtetésre jutott, hogy a gravitációs együttható

$$g(t) = k(t) \int_{r'(t)} \int_{\psi'(t)} \int_{\lambda'(t)} \frac{\rho(r', \psi', \lambda', t) [r'(t)]^2 \sin[\psi'(t)]}{[r(t) - r'(t)]^2} dr' d\psi' d\lambda' +$$

$$+ [\omega(t)]^2 [r(t)]^2 \cos^2 \psi(t) + \quad (3)$$

$$+ k(t) M_{\odot}(t) \frac{r(t)}{[r_{\odot}(t)]^3} \{3 \cos^2 [\zeta_{\odot}(t)] - 1\} + k(t) M_{\ominus}(t) \frac{r(t)}{[r_{\ominus}(t)]^3} \{3 \cos^2 [\zeta_{\ominus}(t)] - 1\}$$



1. ábra Jelölések a földi nehézségi erő összetevőinek számításához

$t [10^9 \text{ év}]$	0	0.5	1	2	3	4
$g [\text{m/s}^2]$	9.8	10.3	10.8	12.1	13.7	15.9

III. táblázat A g értékének változása a gravitációs együttható csökkenése következtében az időben visszafelé haladva Nielsen (2003) szerint

értéke fordítottan arányos a világegyetem (vagy a világegyetem egy részének) korával, vagyis a gravitációs állandó értéke az időben csökken. Ez ma még nem bizonyított, de az elméleti és asztrofizikusok körében jól ismert hipotézis. Egyes elképzelések szerint a gravitációs együttható értékének csökkenése kapcsolatba hozható a csillagászati megfigyelésekből jól ismert *Hubble-effektussal*. A III. táblázat adatai szerint a g változása nem egyenletes, a csökkenése egyre lassúbb, a g értéke az utóbbi 1 milliárd évben kb. 1 m/s^2 értékkel változott, ami *évente* $0,1 \mu\text{Gal}$ csökkenésnek felel meg.

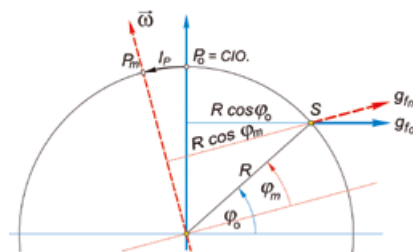
Elképzelhető tehát, hogy a jelenleg alig néhány tizedes pontossággal ismert gravitációs együttható feltételezett rendkívül csekély éves változását ilyen módon hamarosan ki lehet mutatni, – feltételezve, hogy helyesek az elméleti megfontolásaink, továbbá a gravitációs együttható változásának hatását sikerül különválasztani több más egyéb gravitációs hatástól.

A Föld tágulásának hatása a gravitációs együttható Dirac-féle feltételezett csökkenéséhez kapcsolódik. A tágulási hipotézis Egyed László nevéhez fűződik [Egyed, 1970], mely elképzelés ma még nem bizonyított, pontos és minden apró részletre kiterjedő igazolása a jövő egyik nehéz feladata. Egyed elképzelése szerint a gravitációs együttható csökkenése esetében csökken a Föld belsőjében a g értéke, emiatt pedig hidrosztatikai nyomást feltételezve csökken a nyomás értéke is. A nyomás csökkenése miatt 5000 km mélységben az instabil nagyobb belső energiájú II. ultrafázisból az I. ultrafázisba, 2900 km mélységben pedig a Gutenberg-Wiechert felület mentén az I. ultrafázisból a normál fázisba alakul vissza az anyag, miközben mindkét fázisátalakulás sűrűségcsökkenéssel és így a térfogat növekedésével jár. Egyed számításai szerint a sugárnövekedés évente mintegy $0,6 \text{ mm}$, amelyhez hasonló eredményre jutott Carey (1976) földtani vizsgálatok során. A vertikális gradiens normálértékével számolva ez a sugárnövekedés a nehézségi erőtér

csaknem $0,2 \mu\text{Gal}$ nagyságú éves csökkenését eredményezi. A Föld sugarának feltételezett növekedése a ma rendelkezésre álló műszerekkel megfelelő mérési módszert alkalmazva egy-két évtizedes ismételt mérések során akár kimutatható lehet, amennyiben más egyéb gravitációs hatásoktól külön tudjuk választani [Biró-Völgyesi, 1981; Biró, 1983].

A Föld lassuló forgási szögsebessége következtében a centrifugális erő megváltozása miatt is változik a nehézségi erőtér. A nehézségi erőtér ezen változása a forgástengelytől mért távolság függvénye, ezért a Föld felszínén az egyenlítő mentén a legnagyobb, ettől északra és délre haladva csökken, a pólusoknál pedig már nem észlelhető. A Föld forgási szögsebességének vannak szekuláris (paleoszekuláris), rövid periódusú és hirtelen bekövetkező, szabálytalan változásai. A forgási sebesség lassulása következtében a nehézségi erőtér csökkenése közelítőleg 2 nGal/év , ami kb. 500 év $1 \mu\text{Gal}$ értékű az egyenlítő vidékén.

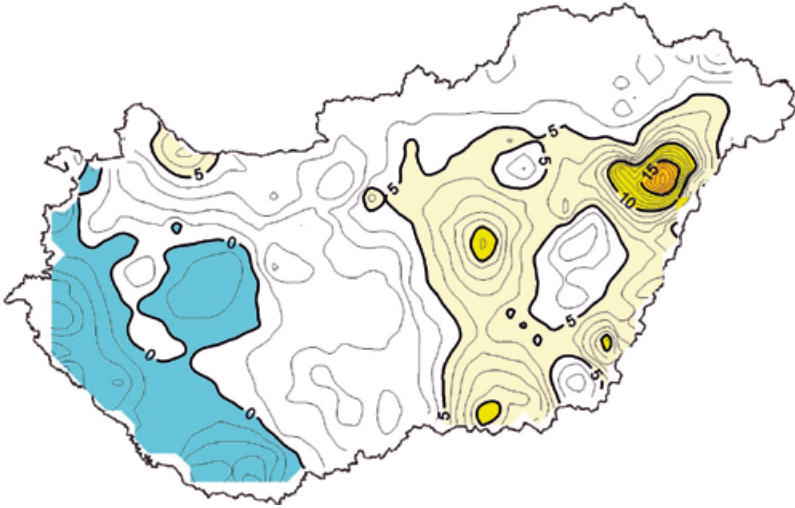
A pólusmozgás hatása abban nyilvánul meg, hogy a Föld forgástengelyének a tömegéhez viszonyított elmozdulása miatt a pontok koordinátái, a földrajzi szélesség és a hosszúság kis mértékben folyamatosan változnak. Ennek megfelelően a 2. ábrán látható l_p nagyságú pólus-elmozdulás esetén az S megfigyelési pont eredetileg φ_0, λ_0 koordinátái φ_m, λ_m értékre változnak. A pólusmozgás legfontosabb következménye, hogy megváltozik az S pont forgástengelyhez viszonyított helyzete, emiatt pedig a 2. ábrán látható módon a nehézségi térerősség vektorának eredetileg g_{f0} centrifugális gyorsulás összetevője a g_{fm} vektorösszetevőre változik.



2. ábra A pólusmozgás hatása

A pólusmozgás két összetevője a pólusingadozás és a pólusvándorlás [Völgyesi, 2002]. A pólusingadozás következtében a forgástengely évi $10\text{--}20 \text{ m}$ nagyságrendű közel periodikus elmozdulását tapasztaljuk. Ennek megfelelően a 2. ábra alapján egyszerűen kiszámítható, hogy ez a centrifugális gyorsulásnak a $\varphi = 45^\circ$ szélesség környékén – így Magyarország területén is – évente $5 \mu\text{Gal}$ nagyságrendű kvázi-periodikus változását eredményezi, mely érték jó összhangban van korábbi mérésekkel [Amalvict-Debeglia-Hinderer, 2003]. A pólusvándorlásnak a földtörténeti korok folyamán van jelentős hatása. Az eddig rendelkezésre álló mérések szerint az utóbbi 110 év alatt a közepes pólus több mint 10 métert mozdult el Kanada irányába, ami a nehézségi erőtérnek a $\varphi = 45^\circ$ szélesség környékén mintegy $2\text{--}3 \mu\text{Gal}$ nagyságrendű változását eredményezte ezen időtartam alatt.

A felszínmozgások következtében szintén megváltozik a g mért értéke, ugyanis a pontok a Föld nehézségi erőtérben más potenciálértékű helyre kerülnek. Adott Δh nagyságú felszínmozgás mellett a Δg változása a vertikális gradiens függvénye, amelynek jól ismert normálértéke $\partial g / \partial h = -0.3086 \text{ mGal/m}$. A valóságban azonban a VG értéke ettől jelentősen eltérhet, magyarországi mérések és modellszámítások alapján [Csapó-Papp, 2000] pl. $-0,25$ és $-0,34 \text{ mGal/m}$ között változik [Csapó, 2001] [Csapó-Völgyesi, 2002]. A térben változó VG értékek miatt ugyanakkora Δh mértékű felszínmozgás esetén különböző pontokban más és más lehet a nehézségi erőtér Δg megváltozása. Magyarország területén a függőleges felszínmozgások átlagos értéke 1 mm/év , bár helyenként ez lehet $4\text{--}5 \text{ mm/év}$ is, sőt pl. Debrecen területén eléri a 8 mm/év értéket. Ezért 10 éves időtartam alatt a felszínmozgások miatt átlagosan $2\text{--}4 \mu\text{Gal}$, de bizonyos területeken akár $10\text{--}20 \mu\text{Gal}$ változásra is lehet számítani. Ennek megfelelően Joó (1996) mozgástérképe alapján meghatároztuk a nehézségi erőtér ezekből eredő megváltozását Magyarország területére, mely értékek a 3. ábrán látható módon átlagosan -5 és $+20 \mu\text{Gal}/10\text{év}$ érték között változnak [Völgyesi-Csapó-Szabó, 2005].



3. ábra A nehézségi erőtér változása a felszínmozgás következtében $\mu\text{Gal}/10$ év egységben

A sűrűségváltozások hatása szintén jelentős lehet. Földünk óriási területein laza fiatal üledékes kőzetek találhatóak a felszínen vagy a felszín közelében. Ezekre a kőzetekre jellemző a nagy pórustérfogat, ami lehetővé teszi, hogy jelentős mennyiségű vizet vagy akár különféle szénhidrogéneket tartalmazzanak. A nagy pórustérfogat és a laza kőzetszerkezet miatt bekövetkezhet a kőzetek további tömörödése, a kőzetkompakció, különösen abban az esetben, ha ezekből a kőzetekből szénhidrogén kitermelés vagy vízkivétel is történik. A kőzetek tömörödésével egyrészt megváltozik a kőzetek sűrűsége, másrészt a térfogatcsökkenés miatt felszíni süllyedések keletkezhetnek. (A nagyságrendi tájékozódás kedvéért pl. ha az Alföld területén mintegy 400 m mélységben 10 m vastagságú vízadó rétegből kiszivattyúzzuk a vizet, emiatt a sűrűség kb. $200 \text{ kg}/\text{m}^3$ értékkel, a felszínen a g értéke pedig közel $80 \mu\text{Gal}$ értékkel lehet kisebb.)

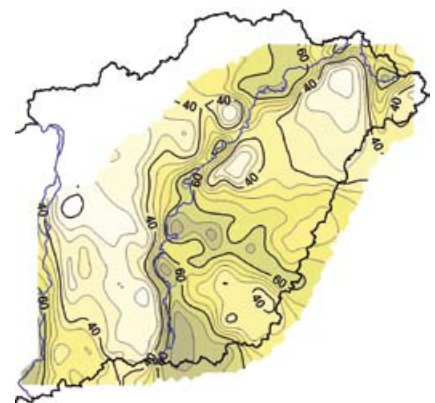
Az időbeli változások legjelentősebb forrása a Föld különböző tömegeinek átrendeződése. Az átrendeződési folyamatokban résztvevő tömegek nagyságának, sűrűségviszonyainak és mozgási sebességének megfelelően lehetnek lokális, regionális és globális változások; a mozgások jellegének megfelelően pedig lehetnek szekuláris, rövidperiódusú és rendszertelen (egyszeri) változások.

- **Geológiai, geotektonikai folyamatok:** a Föld felszínén, vagy a felszín közeli tartományokban lejátszódó geológiai, tektonikai folyamatok a nehézségi erőtér tetszőleges idejű lokális, regionális vagy akár globális

változásait eredményezhetik. Az eróziós folyamatok, üledékképződés, vulkáni működések, lokális és globális tektonikai folyamatok, lemeztektonika, kontinensvándorlás, ocean floor spreading mind olyan jelenségek, amelyek hosszabb időtartam alatt a nehézségi erőtér számottevő változását okozhatják.

- **Föld belső tömegátrendeződései:** a Föld belsejében lejátszódó tömegátrendeződésekről egyelőre még rendkívül keveset tudunk. A köpenyáramlások, esetleg a belső földmag feltételezett mozgása a nehézségi erőtér hosszú periódusú globális változásait okozhatják. Éppen az ismételt g mérések eredményei adhatják az egyik lehetőséget ezek kutatására és megismerésére.
- **Külső tömegátrendeződések, légköri meteorológiai változások** folyamatosan zavarják a nehézségi erőtér méréseket. A tapasztalat szerint 1 mBar légnyomásváltozás kb. $0,3 \mu\text{Gal}$ nagyságú g változást eredményez. Mivel a legkisebb és a legnagyobb légnyomás közötti különbség akár 50–60 mBar is lehet és 10–20 mBar értékű változás akár fél nap alatt is bekövetkezhet, ezért a g mérések során a légnyomás változását mindenképpen figyelembe kell venni, a graviméteres méréseket az árapály és a műszerjárási javításokkal egy időben el kell látni a légnyomás javítással is.
- **A víztömegek mozgása** a tömegátrendeződések legfontosabb összetevője. A csapadékvíz, a felszíni és a felszín alatti vizek mozgása, az óceánok és

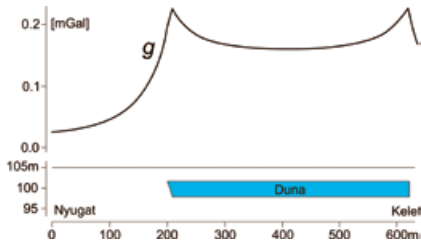
tengerek globális méretű szekuláris, vagy a földtörténeti korokra kiterjedő ún. paleoszekuláris euszatikus változásai [Völgyesi, 1996] egyaránt rendkívül jelentősek a nehézségi erőtér időbeli változása szempontjából, hiszen a mérőműszerek mai mérési pontossága mellett már egyik hatása sem elhanyagolható. A talajvízszint ingadozásának gravitációs hatása is évtizedek óta közismert. Alföld területén a talajvíz szintje néhány év alatt több méterrel is megváltozhat a talajviszonyoktól és az időjárástól függően, a nagyobb folyók közelében a szintváltozás eléri, sőt helyenként meg is haladja a 6 m-t is. Debrecen környéki graviméteres mérések eredményei alapján 1 m talajvízszint ingadozás átlagosan 10–15 μGal nehézségi erőtér változást eredményez [Csapó–Szabó–Völgyesi 2003]. Rónai és munkatársai által az Alföld területére megszerkesztett 1933–1955 közötti időszakban észlelt legmagasabb és legalacsonyabb havi közép-vízállások különbségének térképe alapján a sűrűség-változások figyelembe vételével 10 km-es négyzethálós sarokpontjaira meghatároztuk a talajvíz-ingadozás okozta gravitációs hatást, amelyek 20–80 μGal nagyságú változásokat mutatnak. Ezen adatrendszer alapján az Alföld területére megszerkesztettük a talajvíz-ingadozás okozta maximális gravitációs hatás területi eloszlásának 4. ábrán látható térképét [Völgyesi et al, 2007].



4. ábra Az 1933–53 között észlelt legnagyobb talajvízszint-változás gravitációs hatásának eloszlása az Alföld területén. Az izovonalköz $5 \mu\text{Gal}$.

Érdekes tájékoztatást ad a nehézségi erőtér változásának nagyságrendjéről a 2002. évi dunai árvíz hatásának vizs-

gálata. Számítással meghatároztuk és graviméteres mérésekkel ellenőriztük a mintegy 4 m magasságú víztömeg gravitációs hatását, amelyet a 5. ábrán a partvonalra merőleges szelvényben láthatunk Budapestnél a maximális vízszint felett 4 m magasságban. Látható, hogy a víztömeg gravitációs hatása közvetlenül a vízparton 0,2 mGal körüli érték, ami a vízparttól távolodva rohamosan csökken [Völgyesi-Tóth 2004].



5. ábra Dunai árvíz gravitációs hatása a partvonalra merőleges szelvényben Budapestnél

- **Technogén változások:** Az emberi tevékenység (a bányászat, óriási völgyzárógátak, felhőkarcok, és egyéb hatalmas építmények létrehozása) a nehézségi erőter jelentős mértékű *lokális* változásait okozhatja. Ma már rendelkezésre állnak olyan szoftverek, amelyekkel minden egyes speciális esetre ki lehet számítani az adott építmény lokális gravitációs hatását, amely akár néhány tized mGal nagyságú is lehet [Völgyesi-Tóth 2004].

Távoli, természetes zajforrások hatásának tanulmányozása és laboratóriumi műszervizsgálatok

A nehézségi erőter változásával kapcsolatos méréseket az MTA GGKI 2009-ben újította fel, amikor egy technológiai fejlesztés révén [Papp et al, 2009] az Intézet LCR G949 sz. graviméterét alkalmassá tették folyamatos észlelésre és kihelyezték a Bánfalvi Geodinamikai Obszervatóriumba (www.ggki.hu/tevekenyseg/obszervatoriumok/geodinamikai-obszervatorium/arapalygoerbek/). Az azóta csak rövid megszakításokkal folyamatosan működő rendszer hasznos adatokat szolgáltat az abszolút gravimetria számára, egyrészt a terepi méréseket

leginkább befolyásoló árapály hatás időbeli változásáról, de a regisztrálás olyan, a gravimetriai gyakorlatban eddig csak kvalitatív módon ismert jelenségeket is numerikusan tanulmányozhatóvá tett, mint pl. az Észak-atlanti óceán és az Északi tenger hullámtevékenysége és a mérési zaj közötti kapcsolat. Az eddigi leghosszabb (170 nap) időspanban mutatkozó időszakos zajszint növekedés jól összeegyeztethető az óceáni területek időjárásával, és amikor az ún. szignifikáns hullámmagasság 10–12 m körüli, vagy ugyan a hullámmagasság kisebb, de a vihar nagy területen ostromolja a kontinens nyugati partvidékét, jelentős, $\pm(5-10)$ μ Gal szórású zajt produkál a forrástól több ezer kilométerre is. Ezekben az időszakokban szabatos mérések kivitelezése lehetetlen.

Az egy helyben végzett folyamatos mérések a használt műszer tulajdonságaira (műszerjárás, belső pontosság, reológiai modell, barometrikus hatás stb.) vonatkozóan is hasznos információkat szolgáltatnak. A rendszer üzembe állításáig ezeket csak nehezen és esetenként nagy bizonytalansággal, rövid időbázison és erősen korlátozott időbeli felbontásban lehetett vizsgálni [Benedek-Papp, 2005]. Most pl. jól kimutatható, hogy ha a méréseket összehasonlítjuk egy elméleti (globális) árapály modelltől számítható időszorral, akkor a G949 sz. műszer esetén kb. 15 perces átlagos fáziskésés van. Ez a nemzetközi tapasztalatok alapján nagyobb, mint amit a modell helyi illeszkedésének pontatlansága okozhat, vagyis ennek a késésnek nagy része műszerjellemző (szabályos hiba), melynek elhanyagolása szintén a mérésből származó nehézségi adatok pontosságának csökkenéséhez vezet. Ezek a vizsgálatok további hasznos információkkal szolgáltattak a LCR graviméterekkel végzett mérések megbízhatóságáról [Csapó, 2006].

A következő számban folytatásként megjelenő cikkünkben összefoglaljuk a hazai abszolút gravimetria alkalmazási lehetőségeit, a vele kapcsolatosan felmerülő szakmai igényeket, a gravimetriai hálózatunk fejlesztési feladatait, és magát a terepi abszolút gravimétert is bemutatjuk.

Kutatásaink jelenleg a 76231 sz. OTKA támogatásával folynak.

Irodalom

- Amalvict M, Debeglia N, Hinderer J (2003): The absolute gravity measurements performed by Sakuma in France, revisited 20 years later. In: Gravity and geoid 2002, I N Tziavos (Ed.) Ziti editions 77–83.
- Benedek J, Papp G (2005): Graviméteres mérések kiértékelése műszervizsgálat céljából. Geomatikai Közlemények, VIII. 201–208.
- Biró P, Völgyesi L (1981): Geodynamic Interpretation of Repeated Gravity Observation. Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde, 63, 541–553.
- Biró P (1983): Time variation of Height and gravity. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Carey SW (1976): The expanding Earth. Elsevier Sci. Publ. Co.
- Csapó G, Sárhidai A (1990): Magyarország új nehézségi alaphálózata (MGH-80). Geodézia és Kartográfia, 42, 2, 110–116.
- Csapó G, Papp G (2000): A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és modellezése – hazai példák alapján. Geomatikai Közlemények, III. 109–123.
- Csapó G (2001): A nehézségi erő vertikális gradiensének (VG) mérése és szerepe nagypontosságú graviméteres méréseknél. Mérésügyi Közlemények, 2001/3, 67–72.
- Csapó G, Völgyesi L (2002): A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és szerepe a nagypontosságú graviméteres méréseknél – magyarországi példák alapján. Magyar Geofizika, 43, 4, 151–160.
- Csapó G, Szabó Z, Völgyesi L (2003): Changes of gravity influenced by water-level fluctuations based on measurements and model computation. Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, 64, 1, 143–153
- Csapó G (2006): Accuracy Tests of LCR Model G gravimeters. Geophysical Transactions, 45/3, 123–134.
- Egyed L (1970): A Föld belső szerkezetének új dinamikus felfogása. Fizikai Szemle XX. 354–364.
- Joó I. (1996): Vertical movements of the Earth's surface in Hungary. Geodézia és Kartográfia 48, 4, 6–12
- Nielsen L (2003): Holistic Quantum Cosmology with Decreasing Gravity, Denmark, www.rostra.dk/louis/
- Papp G, Battha L, Bánfi F (2009): CCD kamerás okulár-rendszer LaCoste-Romberg G típusú graviméterekhez. Geomatikai Közlemények, XII. 83–90.
- Völgyesi L (1996): A geoid időbeli változása a tengerszintváltozások alapján. Geodézia és Kartográfia, 48; 6, 26–33.
- Völgyesi L (2002): A pólusmozgás fizikai alapjai. Geomatikai Közlemények V, 56–73.
- Völgyesi L, Tóth Gy (2004): Modelling gravity gradient variation due to water mass fluctuations. IAG Intern. Symp. Gravity, Geoid and Space Missions, CD kiadvány, Porto, Portugal.
- Völgyesi L (2005a): A nehézségi erőterrel kapcsolatos fizikai alapfogalmak áttekintése. Geomatikai Közlemények VIII, 175–179.
- Völgyesi L (2005b) A nehézségi erőter időbeli változása. Geomatikai Közlemények VIII, 181–192.
- Völgyesi L, Csapó G, Szabó Z (2005): Relation between time variation of gravity and pannonian sediment thickness in the Carpathian basin. Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology, 73, Nr. 2. 255–262.
- Völgyesi L, Csapó G, Szabó Z, Tóth Gy (2007): A nehézségi erőter időbeli változása Magyarországi területén. Geomatikai Közlemények X. 159–166.
- Zemplén J, Egyed L (1970): Eötvös Loránd. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Summary

Analysis of the influential effects of the absolute gravity measurements

The gravity field-related research has relevant tradition and history in Hungary. Nowadays the most important instruments of the modern gravimetry are the absolute gravimeters, which measure the gravity on the base of the law of the free fall. This paper gives a short summary about the related main research fields and applications, where an absolute gravimeter will provide essential contribution. Beyond some theoretical introduction the possible causes of the time-variable gravity are summarized, the importance of the equipment in the gravimetric and geodetic networks is emphasized.



Dr. Csapó Géza
szaktanácsadó

Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
csapo@elgi.hu



Dr. Papp Gábor
tudományos főmunkatárs

MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet
papp@ggki.hu



Dr. Kenyeres Ambrus
osztályvezető

FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium
kenyeres@gnsnet.hu



Dr. Völgyesi Lajos
egyetemi tanár

MTA-BME Fizikai Geodézia és Geodinamikai Kutatócsoport
<http://www.agt.bme.hu/volgyesi>

Hozzászólás

Kiegészítő gondolatok Busics György: Interjú Kovács Bélával című írásához

Mindig nagy élvezettel olvasom a Geodézia és Kartográfia hasábjain a szakmai életutak bemutatását, hiszen ezekből sokat lehet tanulni és a bemutatásra valóban érdemes életrajzok mindannyiunk számára iránymutatásul, adott esetben elérendő példaként jelenhetnek meg. Ennek megfelelően örömmel olvastam Busics György tanár úr dr. Kovács Bélával készített interjút is a lap 2010/12. számában. A korrekt és kiegyensúlyozott tájékoztatás érdekében azonban szeretném felhívni a figyelmet néhány, az interjúban a Leica Geosystems AG, a Geopro Kft. (a Leica Geosystems Hungary Kft. jogelődje) és annak alapítója és ügyvezetője Kovács Csaba úr vonatkozásában tett kijelentésekre, amelyek hamis képet alakíthatnak ki az Olvasóban.

Nem helyes az az állítás, hogy a „... Geopro természetesen nem tudta a Leica műszerek forgalmazását többszörösére növelni”. Ezzel szemben (a Cégbíróság hivatalos adataira támaszkodva) a Geopro Kft. kilenc éves története során az átlagos forgalma közel ötszöröse volt a Geodsystem Kft. 1992-től 2001-ig (a Geopro Kft. megalakulásáig) teljesített átlagos forgalmának. Hasonlóképpen félreértésre adhatnak okot a Geopro Kft. megalakulásának előzményit taglaló sorok: „... gyár...összekötője, aki eddig kedvelt bennünket, az új Leica vezetés elvárásait felénk úgy képviselte, hogy ezután meg kell kettőzni termékeink forgalmazását...Erre azt válaszoltam, hogy ez nem rajtunk múlik ...”.

A valósághoz tartozik, hogy a Leica Geosystems AG akkori vezetése alapvetően szervezeti változásokat várt el – legalábbis ezzel az igénnyel keresték meg Kovács Csabát. A várható magyarországi piaci potenciál növekedésnek megfelelően olyan képviselőt

támogatott a vállalat, ahol biztosítva látta az igényeknek megfelelő számú, fiatal, a műszaki tudás mellett a modern kereskedelmi és marketing ismeretekkel is rendelkező szakembergárda kialakítását. Ennek megfelelően – az akkor már sok éve a Leica Geosystems AG szolgálatában álló – Kovács Csabát felkérték (és nem „megengedték neki” valamiféle önálló kezdeményezést) a magyarországi képviselő kialakítására. Végül, de nem utolsó sorban, a Geopro Kft. létrehozásának idején a szereplők nem a Leica AG-val álltak kapcsolatban, hanem a Leica Geosystems AG-val, amely 1997-től a vállalat hivatalos megnevezése.

Remélem, hogy ezzel a kis helyreigazítással sikerült a valósághoz közelebb álló, kiegyensúlyozottabb képet nyújtani a történekről.

Gombás László
ügyvezető
Leica Geosystems
Hungary Kft.