



# Magyarország felsőrendű magassági alaphálózatának helyzete és jövőbeli szerepe

Dr. József István egyetemi tanár,  
NyME Geoinformatikai Főiskolai Kar

Az országos felsőrendű geodéziai alaphálózatok létrehozásának és fenntartásának kifejezett célja, hogy biztos alapot szolgáltatson az adott ország egész területén később sorra kerülő geodéziai és felmérési munkákhoz, továbbá elősegítse a Föld főbb jellemzőinek (méret, alak és nehézségi erőter) tudományos vizsgálatát, megismerését.

Ez a megfogalmazás egyaránt vonatkozik mind a vízszintes (2D), és magassági (1D), továbbá a műhold-geodézia eszközeivel kifejlesztett 3D hálózatokra.

A mostani összeállítás tárgya elsősorban a felsőrendű magassági alaphálózat helyzetének áttekintő bemutatása és a továbbfejlesztés lehetséges irányainak vázolása. Ez egyúttal azt jelenti, hogy ebből az alkalomból nem foglalkozunk sem a vízszintes, sem pedig a 3D-hálózatokkal, kivéve a gravimetriai hálózatokat, továbbá azon eseteket, amikor ez nem kerülhető el; de ilyeneknél is csupán a szükséges mélységig.

A továbbiakban nagy vonalakban bemutatjuk a korábbi és a jelenlegi használatban lévő magyarországi felsőrendű magassági (másképpen szintezési) hálózatokat, azok főbb jellemzőit; beleértve a folyamatban lévő Egységes Országos Magassági Alaphálózati (EOMA) munkálatokat; EOMA II. és III. rendű hálózatokat, továbbá a kéregmozgás-vizsgálatok céljára készült ún. 0-ad rendű hálózatot; amely ma már az EOMA I. r. hálózatoként hasznosul.

A leírtak szerint a következő fejezetekben vázlatosan áttekintjük a magyar magassági alaphálózatok kialakulásának történetét. Itt azonban részletesebben foglalkozunk a két utóbbi hálózat jellemzőivel (a Bendefy-féle hálózat; a 0-ad rendű hálózat és EOMA).

Külön fejezetben foglalkozunk a szabatos szintezéssel, illetve a műholdmegfigyelésekből levezethető meghatározások megbízhatóságával. Áttekintjük a GPS-sel mért magasságokból (átalakítással nyerhető) geoid-feletti (tengerszint-feletti) magasságok megbízhatóságát, és ezt összevetjük a szabatos szintezéssel nyerhető értékek megbízhatóságával. Ezek birtokában aztán már választ

tudunk adni arra a kérdésre is, hogy a műholdas technikák révén feleslegessé válik-e a szabatos szintezés, pontosabban mikor és milyen rendű szintezések esetében; figyelembe véve a geoidundulációk bizonytalanságának ma még magas értékét!

Ugyancsak külön fejezetben foglalkozunk a Magyarországon már több tíz éve folyó jelenkori vertikális felszínmozgások geodéziai vonatkozásaival, az így nyert információk lehetséges hasznosításával; például:

- a magasságértékek időfüggése,
- az emelkedések és süllyedések helyfüggésének megismerése,
- a geológiai törésvonalak és a szintezési vonalak találkozása földrajzi helyének pontosabb megismerése.

Ezeken túlmenően a szintezési adatok és a földtani/geofizikai jellemzők együttes kvantitatív elemzése (regressziók és korrelációs együtthetők), továbbá azok modellezése révén lehetőség nyílik azon szintezési vonalak (vonaldarabok) felismerésére, amelyeknél a vizsgálathoz végzett szintezéseket (vagy azok egyikét) nagyobb szabályos hiba terhelheti.

A sorra kerülő fejezetekben leírtak alapján – figyelembe véve a műholdas magasságmeghatározás, továbbá a geoid-kép meghatározás megbízhatósága lehetséges korlátait – realisabb álláspontot tudunk kialakítani.

## A magyarországi országos szintezések és azok jellemzői

A magyar történelem sajátos alakulása eredményeképpen hazánkban (eddig) már négy országos szintezés történt. Ezek közül az első az I. világháború előtti osztrák-magyar szintezés, majd a két világháború közötti szabatos szintezés (Gárdonyi Jenő-féle), aztán pedig a II. világháború befejezése utáni harmadik szintezés (Bendefy-féle) és a kéregmozgás-vizsgálatok céljára készült ún. 0-ad rendű szintezés és az arra kapcsolt EOMA II. és III. r. hálózat.

Az első országos színtezés már több mint száz esztendővel ezelőtt készült (Bécsi Katonai Földrajzi Intézet; 1873-tól 1899-ig; magassági 0-pontként a trieszti Molo Sartorio-n elhelyezett mareográf adatai szolgáltak). Ennek a színtezésnek a megbízhatósága (mai szemmel) gyengének minősíthető, figyelemmel a következőkre:

- régebbi műszerek és lécek,
- rossz vonalvezetés (vasutak mellett),
- vitatható állandósítási módok stb.

A második, a két világháború közötti színtezés; (1921–1949) kiemelkedő pontosságával tűnt ki. Itt már közlekedési útvonalak mellett vezették a vonalakat. Elvégezték a nyers mérési adatok ortométeres javítását (normál nehézségi értékekkel!), de a harcok miatt a hálózat kiegyenlítésére már nem kerülhetett sor. Emellett a pontok jelentős része a háborús események során elpusztult. A leírtak miatt kellett a II. világháború után mielőbb hozzáfogni a harmadik országos színtezéshez (Bendefy-féle; 1948–1964).

A hálózat legfőbb jellemzői a következők:

- többségében Wild N3 műszerek használata, továbbá
- invárbetétes színtezőlécek és léckomparálás;
- az ortométeres javításokhoz már mért nehézségi gyorsulási adatokat használtak;
- az egymással párhuzamosan végzett terepi munkák közül az I. r. hálózat mérése 1956-ban fejeződött be, a II. r. hálózat mérése 1950–1958 között történt, a III. r. hálózaté pedig 1950–1964. között;
- a Nadap ősjegyen kívül további nyolc magassági főalappont létesült;
- az I., II. és III. r. vonalak együttes hossza mintegy 27 000 km (ezen belül az I. r. hálózat 6143 km, a II. r. 6175 km);
- az I. r. hálózat a kiegyenlítés utáni km-es középhibáinak átlaga:  $\pm 0,78$  mm (megjegyezzük, hogy ugyanez a Gárdonyi-féle hálózatban  $\pm 0,46$  mm volt);
- a km-es középhibák átlaga a II. r. hálózatban  $\pm 0,97$  mm, a III. rendűnél pedig  $\pm 1,50$  mm.

A fenti adatok birtokában a következő megállapításokat tehetjük:

- a II. világháború után készült Bendefy-féle hálózat még nemzetközi viszonylatban is elfogadható minőségű;
- a teljes felsőrendű hálózat együttesen jó alapot nyújtott számos ezekre épülő magasságmeghatározáshoz.

Ugyanakkor a műszaki és tudományos igények tovább növekedtek. Erre tekintettel (továbbá fi-

gyelemmel a nemzetközi ajánlásokra) kezdődtek meg azok a munkálatok, amelyek eredményeként végül is egy – közel 4000 km összhosszúságú, de a Bendefy-féle hálózatnál jobb minőségű – ún. 0-ad rendű hálózat született, amely később az EOMA I. r. hálózatoként hasznosult.

Ennek a – kiemelkedően magas igények szerint – létrehozott hálózatnak a legfontosabb jellemzői a következők:

- a teljes vonalhossz (a nemzetközi csatlakozásokkal együtt) megközelíti a 4000 km-t (3930 km);
- a mérési eredményeket a mért nehézségi gyorsulási értékek felhasználásával javították, de alkalmazták a csillagászati javítást is (árapály-hatás);
- a közép szabályos hibák átlaga  $\pm 0,068$  mm  $\times \sqrt{L}$  [km], a közép véletlen hibák átlaga pedig  $\pm 0,311$  mm  $\times \sqrt{L}$  [km]; ez utóbbinak a max. értéke  $\pm 0,331$  mm  $\times \sqrt{L}$  [km] volt;
- a zárt poligonok száma 11;
- a poligonok átlagos hossza 497 km;
- a poligon-záróhibák előjel helyes átlaga - 1,14 mm; az abszolút értékek átlaga pedig 10,39 mm.

A leírt jellemzők alapján megállapítható, hogy Magyarország 0-ad rendű hálózata a legigényesebb követelményeket is kielégíti. Ezt még tovább fokozza az a tény, hogy a hálózat tervezése, továbbá az alappontok állandósítása még inkább körültekintő volt; hiszen a 4773 db alappontból 1564 db új pont volt (3209 db pedig régebbi), és ezeknél újabb mélyalapozású főalappontok létesültek (maximálisan 18 m mélységig; egymástól 50–80 km távolságra. Továbbá úgynevezett köz- benső kéregmozgás-vizsgálati pontok (**K**) készültek 4–6 kilométerenként, amelyeknél az állandósítás mélysége max. 5,5 m volt (csömöszölt betonból vagy pedig földbe vert 25 mm-es acél; felül betonban rögzítve).

A kéregmozgás-vizsgálati hálózat (tervezése, mérése, kiegyenlítése) egészen 1978-ig tartott.

A rendelkezésre álló kiemelkedő megbízhatóságú új alaphálózat jó alapot adott az arra épülő új II. és III. r. hálózat létrehozásához. Így indultak 1978-tól az Egységes Országos Magassági Alaphálózat (EOMA) munkálatai.

Mint már említettük, a felsoroltak végrehajtását megkönnyítette, hogy a 0-ad rendű hálózat már elkészült. Így lehetett a munkákat a II. r. és III. r. mérésekkel kezdeni. Ez azt jelenti, hogy Magyarországon az EOMA I. r. hálózatot – a nemzetközi követelményeket is meghaladó minő-

ségű – kéregmozgás-vizsgálati hálózatra (0-ad r.) lehetett építeni.

A tervezési, építési, majd mérési munkálatok 1979-ben kezdődtek. A mérések hagyományos eljárás szerint folytak, de a III. r. vonalak méréseibe bekapcsolódott a GPS-eljárás is. A II. r. szintezési vonalaknál (különösen a csomópontoknál), a K-pontoknál (a már kialakított gyakorlat szerint) ugyancsak közbenső mélyalapozású állandósítás történt, továbbá újabb fajta – és kevesebb költségű – mélyebb alapozású állandósítások is készültek.

Az EOMA II. és III. r. vonalait természetesen csatlakoztatni kellett az EOMA I. r. vonalaihoz.

Az A4 (EOMA) Szabályzat fontosabb előírásai a II. r., illetve a III. r. mérésekre vonatkozóan a következők voltak:

- az átlagos vonalhosszak 35–40 km;
- a szakaszok hossza 1,2, ill. 0,7 km;
- max. léctávolság 35 m;
- a legkisebb lécleolvásás 50 cm;
- az oda- és visszamérések eltérései  $\pm 2,0 \times \sqrt{L}$  mm, illetve (a III. r.-nél)  $\pm 3,0 \times \sqrt{L}$  mm;
- a megengedett „beillesztési” hiba  $\pm 1,2 \text{ mm} \times \sqrt{L}$  [km] (I. r.);  $\pm 2,0 \text{ mm} \times \sqrt{L}$  [km] (II. r.) és  $\pm 3,0 \text{ mm} \times \sqrt{L}$  [km] (III. r.).

Az EOMA-program – a szűkös pénzügyi forrásokra tekintettel – csak vontatottan haladt (különösen a 10. sz. poligonnál). Így a munkálatok csak napjainkra fejeződtek(fejeződnek) be.

A további I. r. munkálatok (ismereteink szerint) ebben az évben (2006) kezdődnek, és remélhetőleg néhány év alatt be is fejeződnek; hiszen már kiépített vonalak újraméréséről van szó! Amikor a program ezen része is megvalósul, akkor lehet (akkor kell) sort keríteni a teljes magyar felsőrendű magassági alaphálózat rendbehozatalára.

Ebben a fejezetben felsoroljuk azokat a munkálatokat, amelyek elvégzése mindenképpen szükséges. Ezek a következők.

Az EOMA I. r. vonalainak újramérése tervezésénél (és természetesen a vonalak kiépítésénél) figyelembe kell venni az eredeti (0-ad r.) hálózat tervezési hibáját. Ugyanis a vonal-hálózat kialakításánál néhány poligon túl nagyra sikerült; nevezetesen: a 09. és 10. sz. poligonok (a Dunától keletre), továbbá a Dunántúlon a 04. sz. poligon (döntően Somogy és Baranya), esetleg még a 02. számú is.

Mivel (ismereteink szerint) az EOMA I. r. vonalainak újramérésének első üteme nagyjára a Duna-Tisza közöttől keletre lévő területekre terjed ki, és itt – a magyar-szlovák határ mentén – található a 10. és 09. sz. poligon. Ezen két poligonnal kapcsolatban nem csupán az a baj, hogy

a poligonok túl nagyok (672, ill. 586 km), hanem főképpen az, hogy mind a két poligon egyik része az Északi-középhegység területére esik; a másik (déli) része pedig az Észak-Alföldre. Így a két poligon északi és déli részét összekötő mindhárom vonal az Alföldről indul, majd „felkapaszkodik” a hegyvidékre. Így feltételezhetjük, hogy a néhány száz méteres magasságkülönbség miatt ezeket a méréseket jelentős léckomparálási és refrakciós hiba terheli. E hatások mérséklése végett indokolt a 10. és 09. sz. poligonokat kettéosztani; egy újabb vonallal (Dunakeszi–Tokaj). Ezzel legalább annyit elérünk, hogy az Északi-középhegység mérésénél (szinte kikerülhetetlen) nagy magassági refrakció (és léckomparálási hiba) hatásától mentesítjük a két poligon déli (laposabb) részein végzett méréseket.

Az EOMA I. r. vonalainak újramérése és kiegyenlítése során lehet felszámolni azt a problémát is, hogy a II. és III. r. vonalakat (a szakmai előírásnak megfelelően) úgy csatlakoztatták az I. r. hálózat megfelelő pontjaihoz, hogy nem vették figyelembe azokat a tapasztalatokat, amelyek pedig akkorra már ismertek voltak. Figyelmün kívül hagyták nevezetesen, hogy a magassági alaponatok a két mérés között eltelt idő alatt (a földfelszínrel együtt) változtatják magassági helyzetüket. Az emelkedések vagy süllyedések mértéke +1,5 mm/évtől –4,4 mm/év (sőt –7,1 mm/év) is lehet.

Tételezzük fel, hogy a kéregmozgás-vizsgálati hálózat mérése és a kérdéses II. r. vagy III. r. vonalak mérése között eltelt idő pl. 15 év, de lehetséges 25–27 év is. Továbbá az EOMA I. r. pontjainál az átlagos magassági elmozdulás  $\approx 2 \text{ mm/év}$ . Így az EOMA II. és III. rendű vonalainak mérési idejére ez az átlagos magassági elmozdulás 2, 3, ill. 5 cm-es elmozdulást jelent. Az *I. táblázatban* bemutatjuk az I. r. hálózat pontjai magassági változásainak mértékét; különböző mozgás-sebességekkel és eltérő időintervallumok esetére.

Az *I. táblázatban* megadott lehetséges magassági elmozdulások meggyőzhetnek bennünket arról, hogy a II. és III. r. vonalak mérési adatainak az I. r. hálózat kiválasztott pontjaihoz való csatlakoztatásánál helyesebb lett volna (az akkorra már ismert) kéregmozgási adatokat is figyelembe venni. Mivel ez nem így történt, az is megeshetett, hogy a II. r. vonalak egyébként jó mérési adatait rontotta el a csatlakozás.

Mindenesetre az EOMA I. r. hálózat újramérése befejezése után az új mérési adatokkal el kell végezni az I. r. hálózat kiegyenlítését; Nadap kiinduló pont ismert magasságának felhasználásával.

## I. táblázat

### Az EOMA I. r. pontjainak lehetséges magassági elmozdulásai

	Az elmozdulás sebessége [mm/év]	A két mérés között eltelt időben végbe ment magassági változás [cm]		
		10 év	15 év	25 év
Átlagos	2,0	2,0	3,0	5,0
Jelentősebb	4,4	4,4	6,6	11,0
Extrém	7,1	7,1	10,6	17,7

Megint más kérdés, hogy a kétszer megmért I. r. hálózat adatainak felhasználásával \*és a Bendfy-féle hálózat elhagyásával) vélhetően pontosabb mozgássebességekhez lehet jutni. De ezekre már egy következő fejezetben célszerű visszatérni, és ekkor kell a II. és III. rendű EOMA hálózatot újjólag csatlakoztatni az I. r. hálózathoz.

Mivel az egész mostani tanulmány arra a felfogásra épül, hogy a szélő pontosságú magasságmeghatározások egyedüli eszköze a klaszszikus szabatos szintezés, de az időközben kifejlesztett műhold-geodéziai technikákkal is lehetséges egyre megbízhatóbb magassági adatokhoz jutni, ezért összeállításunk következő fejezetében áttekintjük a kétféle magasságmeghatározás sajátosságait és az azokhoz tartozó megbízhatóságokat.

### A szabatos magasságmeghatározás két lehetséges módja

A szokásos geometriai szintezés eredményeképpen a **H**-val jelölt geoid-feletti magassághoz jutunk (ortométeres magasság), ugyanakkor a műholdas meghatározás ellipszoid-feletti magasságot szolgáltat (**h**). Mivel a nehézségi erőtér és ennek következtében a szintfelületek szabálytalan jellegűek, ebből eredően nehézségek adódnak az egyes felületi pontok magasságát kifejező geometriai mennyiségek között (ortométeres magasságok). Hiszen két azonos magasságú pont nem feltétlenül van ugyanazon a szintfelületen.

A szokásos geometriai szintezés révén a két pont közötti magasságkülönbséget kívánjuk megismerni. Ha pedig az egyik pont a geoidon van, akkor geoid-feletti (tengerszint-feletti) magassághoz jutunk. Az ilyen módon megismert magasságok (magasságkülönbségek), mint említettük, geometriai értelemben ellentmondásokat tartalmaznak. Hiszen a Föld nehézségi erőtere

által kialakított potenciál-felületek nem szabályos felületek.

A fizikai mennyiségek alapján definiált potenciál-érték, és a geometriai jellegű magasságok (magasságkülönbségek) közötti kapcsolat a geopotenciális érték bevezetése és felhasználása révén teremthető meg, amely:

$$K_B = W_0 - W_B = \int_0^B \mathbf{g} \cdot d\mathbf{m} \approx \sum_0^B \mathbf{g}_i m_i,$$

ahol

- $K_B$  = a B pont geopotenciális értéke ( $W_0$ -hoz képest),
- $W_0$  és  $W_B$  potenciálértékek,
- $\mathbf{g}$  = nehézségi gyorsulás,
- $\mathbf{m}$  = a szintezéssel mért magasságkülönbség.

Eszerint úgy jutunk a B-pont magasságához (vagy két pont magasságkülönbségéhez), hogy képezzük (és összegezzük) a mért rész-magasságkülönbségek és az ugyanott mért nehézségi gyorsulások szorzatát.

Mivel a geopotenciál-értékek megismeréséhez tényleges  $g$ -mérésekre is szükség van (és ezek tetemes költséggel járnak), ezért sok esetben a mért  $g$ -értékek helyett a könnyebben számítható normális nehézségi gyorsulási értékeket használják. (Megjegyezzük, hogy a normálmagasságok számítása is csak a geopotenciális értékek ismeretében lehetséges, viszont számításuk nem igényel további feltételezéseket, szemben az ortométeres magassággal, ahol a pont függővonala menti átlagos  $g$  értékkel kell osztani a geopotenciális értéket: *Biró P*, [2].

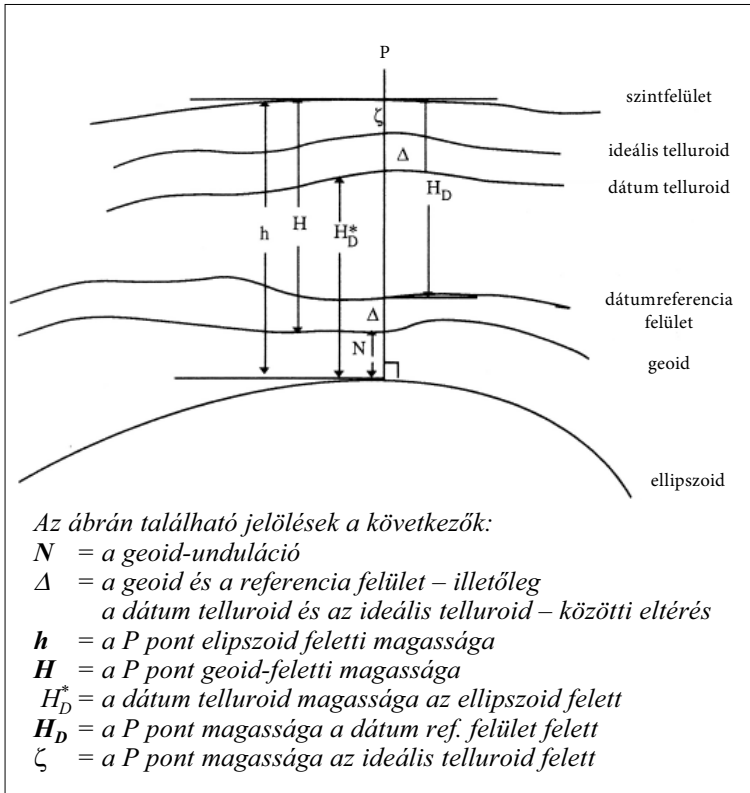
Az ortométeres magasságok használatának nehézségein úgy is lehet segíteni, hogy egy meghatározott földrajzi helyhez tartozó normális nehézségi gyorsulási értékkel dolgozunk. Ekkor dinamikai magassághoz jutunk.

Amennyiben a magasságmeghatározáshoz nem a szintezést alkalmazzuk, hanem a GPS-eljárást, akkor a műhold-geodéziához használt ellipszoid feletti magassághoz (**h**) jutunk.

Mivel a műszaki gyakorlat (és egyéb vizsgálatok is) mindenképpen a geoid-feletti magasságokat igényli, ezért az ellipszoid feletti magasságokat (**h**) geoid-feletti magassággá (**H**) kell átalakítani. Ezt a következő (egyszerűsített) összefüggés felhasználásával lehet elérni:

1. ábra

**Különböző magassági felületek ( Rapp, R. H., 1995)**



$$H = h - N,$$

ahol

- $H$  = geoid-feletti magasság;
- $h$  = ellipszoid-feletti magasság és
- $N$  = geoid-unduláció.

Az értelmezéshez tartozó 1. ábrát a [4] alatti publikációból vettük, amely azonban más felületeket is tartalmaz.

Visszatérve a fenti ( $H = h - N$ ) összefüggésre azt mondhatjuk, hogy a műholdas meghatározásokból nyert  $h$  (ellipszoidi) magasságok felhasználásával, továbbá a geoid-unduláció értékének ismeretében ismerhetjük meg azt a  $H$  magasságértéket, amelyhez a szintezések révén juthatnánk.

A továbbiakban – a szabatos szintezések és az ugyancsak szabatos GPS-mérések magassági irányú megbízhatóságának összevetése végett – (egészen nagyvonalúan) vizsgáljuk meg a GPS-sel végzett magassághatározások megbízhatóságát ( $m_{GPS}$ ), továbbá a rendelkezésre álló geoid-undulációk megbízhatóságát ( $m_N$ ). Ehhez

tételezzük fel, hogy a többórás (és differenciás eljárással végzett) GPS-meghatározásnál a koordináták megbízhatósága

$$m_X = m_Y = \pm (1,5-2,0) \text{ cm.}$$

A tapasztalatok szerint a magassági irányú meghatározás ennél valamivel rosszabb, azaz  $m_Z = \pm (2,0-2,5) \text{ cm.}$

Ugyanígy meg kell becsülnünk a geoid-undulációk várható megbízhatóságát is. Ezt a feladatot megkönnyítik a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszékének, az MTA GGKI kutatóinak, továbbá a FÖMI (Penc) szakembereinek vizsgálatai, amelyeket 2005 elején közös publikációban ismertettek a Geodézia és Kartográfia 2005/1. számában; 4–12. old. [7]. Eszerint a hazai geoid-undulációk becsült megbízhatóságai a következők:

a) GGKI: a függővonal-elhajlások felhasználásával  $m_N \approx \pm 10 \text{ cm}$ , a Magyarország 1:500 000 méretarányú földtani térkép alapján pedig  $m_N \approx \pm 11 \text{ cm}$ .

b) A BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék munkatársai az OGPSH 308 db szintezett pontjára számított unduláció-értékeket vették össze a „HGTUB 2000 geopotenciális modellek”-ből levezethető undulációkkal, s az eltérések átlagai (a negatív és pozitív tartományban is) több deciméter, szórása pedig méteregységben 0,41-től 0,094-ig terjedt.

Az a)- és b)-ben leírtak alapján a következőket fogalmazhatjuk meg. **A nagy költséggel járó szabatos szintezésekkel nyert magassághatározást egyelőre nem lehet felváltani a GPS-mérésekkel!**

A megfogalmazott állítást [7] publikációtól függetlenül is megbecsülhetjük. Legyen a GPS-sel mért ellipszoid feletti magasság megbízhatósága  $m_Z = \pm 2,5 \text{ cm}$ , a geoid-unduláció megbízhatóságánál pedig maradjunk az  $m_N = \pm 5 \text{ cm}$ -nél. Így – ha ezeknek négyzetes középértékét számítjuk –, akkor az

$$m \approx \pm 5,6 \text{ cm.}$$

Mivel azonban a szintezéseknél ismert közép-  
teljes hiba egy km távolságra vonatkozik, még  
vessük össze a szintezés (vonalhossz-függő) köz-  
épteljes hibáit a GPS-mérésekből levezethető  
geoid-magasságok (magasságkülönbségek) meg-  
bízhatóságával.

A II. táblázatban azt mutatjuk be, hogy a sza-  
batos szintezések közép-  
teljes hibája miként nö-  
vekszik ( $m_H = \pm 0,50 \text{ mm} \times \sqrt{L} [\text{km}]$ ), a vonal  
hosszának növekedésével arányosan.

II. táblázat

Vonalhossz (km)	A közép- teljes hiba (mm)
1	0,5
4	1,0
9	1,5
16	2,0
25	2,5
36	3,0
49	3,5
64	4,0
81	4,5
100	5,0

Láthatjuk, hogy a szintezések közép-  
teljes hibája csupán  $L = 100 \text{ km}$ -nél éri el az  $5 \text{ mm}$ -es érté-  
ket. Eszerint ( $L=100 \text{ km}$ -nél)  $m_H \ll m_{h-GPS}$ .

Ez a mintegy teljes nagyságrendű különbség  
természetesen a következő évek fejlesztéseinek  
eredményeként mérséklődhet. De ebben az eset-  
ben is a GPS-mérés megbízhatósági teljesítme-  
nyét továbbra is lerontja a geoid-unduláció nagy  
bizonytalansága.

Még tovább gondolkodva, a magyarországi  
geoid-kép javításának módjáról (és ennek révén  
bővítve a GPS-magasságmeghatározás lehetősé-  
gét) az a lehetőség mutatkozik, hogy az EOMA  
I. r. hálózat újramérése adatainak és a GPS ma-  
gasságmérések felhasználásával javítani lehet a  
geoid-kép megbízhatóságát.

A következő fejezetben néhány példán keresz-  
tül mutatjuk be a hazai vertikális felszínmozgá-  
sok eredményeinek jelentőségét elsősorban a sza-  
batos magassági alaphálózat szempontjából.

### A függőleges felszínmozgások vizsgálatának geodéziai jelentősége

A fejezet bevezetéseképpen szeretnénk elmon-  
dani, hogy most jó alkalom kínálkozna a több év-  
tizedes vertikális mozgás-vizsgálatok (már pub-

likált) eredményeinek kissé tömörített, de azért  
mégiscsak újbóli bemutatására. A szerző ezt az  
utat természetesen nem vállalhatja.

Ehelyett egy tömör felsorolást adunk a sokéves  
vizsgálat tipikus eredményeiről; annak érdeké-  
ben, hogy az ezen publikációkat kevésbé ismerő  
kollégák is rendelkezhessenek a minimális (de  
szükséges) információkkal.

A hazai vertikális mozgás-vizsgálatok (a to-  
vábbiakban „mozgás-vizsgálatok”) legfőbb cso-  
portjainak hazai eredményei a következők.

a) Több előzetes munka eredményeit is felhasz-  
nálva elkészült Magyarország jelenkori fel-  
színmozgásait bemutató „Nemzeti mozgástér-  
kép”; Jellemzői:

- digitális állomány és ennek alapján
- 1:500 000 méretarányú színes térkép, ahol  
az izovonalköz  $0,5 \text{ mm/év}$ .

Ez a térkép ma egyedülálló a környező orszá-  
gok anyagaihoz képest. Segítségével részletesen  
és jól áttekinthető képpel rendelkezünk az ország  
egész területére vonatkozóan; beleértve a moz-  
gások mértékét és azok földrajzi elhelyezkedését  
is.

Ugyanakkor fel kell hívni a figyelmet arra is,  
hogy a levezetett sebességértékek egyrészt a II.  
világháború után készült Bendefy-féle hálózat  
adataira támaszkodnak, másrészt pedig az ún.  
0-ad r. hálózatra.

b) Még a magyar Nemzeti mozgástérkép meg-  
jelenése előtt, magyar koordinációval (*Joó I.*)  
elkészült a Kárpát–Balkán régió (KBR) moz-  
gástérképe (több változatban és 1:1 millió mé-  
retarányban), továbbá elkészült a vizsgálati  
vonalak menti mozgássebességek vonal menti  
horizontális gradienseinek számítása és ezek  
térképi ábrázolása; ugyancsak az egész KBR-  
re és 1:1 millió méretarányban.

Ez utóbbi anyag (horizontális gradiensek),  
továbbá a már említett mozgástérképek képezik a  
hidat a geodézia és a földtudomány többi területei  
között (földtan, geofizika, hidrológia).

Kifejezetten a horizontális gradiensek geo-  
déziai jelentősége elsősorban úgy fogalmazható  
meg, hogy jól érzékelhetővé és földrajzi érte-  
lemben azonosíthatóvá teszik a földkéreg egyes  
táblái közötti törésvonalak helyét és a vertikális  
elmozdulások hosszegységre eső mértékét.

Mindez nagy segítséget jelent a szintezési von-  
alak (továbbá más nagyobb pontosság-igényű  
meghatározások) helyének kiválasztásánál, a pon-  
tok állandósításánál, továbbá az ismételt mérések  
adataiból levezethető mozgások értelmezésénél.

c) A mozgásvizsgálatok harmadik (együttal „legfialabb”) csoportja az ismételt magasságmérésekből levezetett sebességek (országos értelemben sebesség-mező) és a (feltételezésünk szerint a mozgásokkal összefüggésbe hozható) földtani jellemzők (alapkőzet-mélység, más-képpen a szediments vastagsága (**K**), a nehézségi anomáliák (**G**) és földi hőáram (**H**)) együttes elemzése (regressziós-korrelációs analízis) és többváltozós kvantitatív lineáris modellek levezetése a kiválasztott vonalakon vagy a kijelölt területeken 3 km-es felbontással.

A vizsgálatok eredményei alapján – a szubjektív értelmezések helyett – képet kapunk a mozgássebességek és a földtani jellemzők kapcsolatáról. Ennek valószínűségét a levezetett korrelációs együtthatók (elemi értékek és ezek átlagértékei) fejezik ki.

A kérdéses területen (vagy vonalon) elvégzett vizsgálatok részadatai sokirányú lehetőséget nyújtanak az **S** (sebesség), **K**, **G** és **H** mennyiségek közötti kapcsolatok, illetve ellentmondások mértékének és helyének megismerésére. Ilyenek:

- a bemenő adatok átlaga, szórása és regressziók;
- a korrelációs együtthatók (kiegyenlítés előtt és után) értékei, azok szélső értékei, terjedelme, a javítások és jelek adatai;
- az 1+3 (1+4) változós modell **A**, **B**, **C** (esetleg **D**) paramétereinek értékei és azok szórásának aránya; továbbá
- a szórásértékek terjedelme és a paraméterek egymás közötti korrelációja.

Fel kell hívni a figyelmet a következőkre is.

A közel 4000 km összhosszúságú vizsgálati hálózat (ma EOMA I. hálózat) bár jó alapot nyújt a vertikális mozgások országos vizsgálatára; de az ország egész területéhez képest ez a poligonhálózat mégis ritkának számít. Ebből következik, hogy a mozgástérképek megszerkesztésénél (földtani, geofizikai, vízrajzi, továbbá morfológiai ismereteket felhasználó) interpolálásra is szükség volt. Természetesen ezeken a területeken a megszerkesztett izovonalak megbízhatósága nem éri el a vizsgálati vonalakét.

A vizsgálatok eredményeinek elemzése lehetőséget nyújtanak azon körzetek megismerésére, ahol a levezetett sebesség-adatok kevésbé illeszkednek a modell egészéhez. Ez lehetőséget nyújt egyrészt ahhoz, hogy ilyen helyeken javítani lehessen a mozgástérképet, másrészt vissza lehet nyúlni az ismételt mérések adataihoz is.

A hazai regressziós–korrelációs elemzések és modellezések előrehaladásáról; illetve eredményeiről a gazdag publikációs anyag részletes tájékoztatással szolgál. Ezek még részletesebb bemutatására itt nem vállalkozhatunk. Ezért csupán néhány jellemző adatot említünk:

- az eddig már megvizsgált vonalak száma tíz db (ezek hossza 60–70 km-től 180–200 km-ig terjed);
- a „területi vizsgálatok” összesített területe pedig meghaladta a 2000 km<sup>2</sup>-t.

Az eddig elvégzett elemzések–vizsgálatok alapján az szűrhető le, hogy az általunk kialakított (és használt) modell és eljárás elsősorban olyan területeken hatékony, ahol az alapkőzet mélysége legalább 3–3,5 m.

A másik tapasztalat pedig abból áll, hogy a vonalak menti vizsgálatokkal szemben a „területi” vizsgálatok révén határozottabb válaszokat kapunk arra, hogy a mért magassági elmozdulásokat alapvetően melyik ható (**K**, **G**, **H**) okozhatja.



Áttekintettük a hazai felsőrendű magassági alaphálózat jelenlegi helyzetét, és vizsgáltuk az alaphálózat jövőbeli szerepét. Ennek alapján a következőket fogalmazhatjuk meg.

- a) Megállapítottuk, hogy a hazai geoinformatika harmadik elemének (magasság) jövőbeli szerepe nem csökken; inkább felértékelődik (térinformatika). Erre tekintettel Magyarországnak rendelkeznie kell egy olyan országos magassági alaphálózattal, amely megfelelő alapot biztosít mind a gyakorlati és műszaki, mind pedig a tudományos tevékenység számára.
- b) Megvizsgáltuk, hogy a felsőrendű magassági alaphálózat további munkálatainál megérett-e az idő arra, hogy a klasszikus (geometriai) szintezés helyett (vagy mellette) a GPS-technikát lehessen alkalmazni.

Az eredmény továbbra is az, hogy a GPS révén végzett igényes meghatározások legalább egy teljes nagyságrenddel kisebb megbízhatóságú magassági adatokkal szolgálnak, mint a szabatos szintezés.

- c) Figyelemmel arra, hogy a földfelszín (a rajta elhelyezett magassági alappontokkal együtt) változtatja magassági helyzetét, ezért meghatározott időközönként el kell végezni az I. r. hálózat szabatos újramérését. Tekintettel arra, hogy az EOMA I. r. hálózata létrehozása és mérése óta átlagosan mintegy 20 év telt

el, és az adott alappontok magassági helyzete 3,0–10,6 cm-rel is megváltozhattak, a hálózat újramérését nem lehet tovább halogatni, hanem azt még 2006-ban meg kell kezdeni.

- d) Áttekintettük a földfelszín vertikális irányú mozgásait meghatározó eddigi vizsgálatokat. Tekintettel arra, hogy a vertikális mozgásvizsgálatok fontos információkat szolgáltatnak az I. r. magassági alaphálózat minőségi állapotáról és a pontok magassági helyzetét befolyásoló tényezőkről, ezért e vizsgálatokat továbbra is folytatni kell.
- e) Megállapítható, hogy a kisebb költségigényű GPS-magasságmérések megbízhatósági teljesítményét ma elsősorban a magyarországi geoid-undulációs értékek jelentős bizonytalansága gátolja. Mivel pedig a nehézségi erőterre vonatkozó (továbbá egyéb, pl. földtani) adatok révén egyelőre nem lehet nagyságrenddel pontosabb geoid-képet elérni (lásd GGKI és BME vizsgálatokat), ezért a lehetséges út az EOMA I. r. hálózat nagy pontosságú újramérése. Ekkor a friss geoid-feletti magasságok és a GPS-mérések adatainak együttes felhasználásával van esély az undulációs értékek megbízhatóságát lényegesen növelni, és ezzel lehetővé válik a GPS-sel végzett magasságmeghatározások szélesebb körű alkalmazása a III. r. hálózatoknál előírt követelményeket meghaladó módon.

## IRODALOM

1. Rédey István: A dinamikai magasságról (MTA Műszaki Tudományok Osztály közleménye, VII. 1965. 4.)
2. Biró Péter: Felsőgeodézia (Műegyetemi Kiadó, Bp. 2000)
3. Joó István: The National Map of Vertical Movements of Hungary (Székesfehérvár, 1995)
4. Rapp, R. H.: A World Vertical Datum Proposal (AVN 8–9/1995, p. 297–304)
5. Ádám József–Tokos Tamás–Tóth Gyula: Magassági mérőszámok és azok kapcsolata Magyarországon (Geod. és Kart. 2002/1, 5–10. old.)
6. Joó István: A vertikális felszínmozgások sebességeinek és hanyadosainak hatók szerinti szétválasztása (Geod. és Kart. 2004/10, 16–20. old.)
7. Völgyesi Lajos – Kenyeres Ambrus – Papp Gábor – Tóth Gyula: A geoid-meghatározás jelenlegi helyzete Magyarországon (Geod. és Kart. 2005/1, 4–12. oldal)
8. Dr. Mihály Szabolcs: A Földmérési és Távérzékelési Intézet K+F tevékenysége és eredményei, mint a magyar téradat-infrastruktúra része (Geod. és Kart. 2004/8)

Megjegyzés: A magassági alaphálózathoz kapcsolódó kutatásokat támogatja az OTKA (49575)

### About the Hungarian Precise Levelling Network (Nowadays and Condition Protect)

Joó, I.  
Summary

A short review about the history of the Hungarian levelling networks from the 19th century till now has been done, moreover a more detailed presentation about the most important characteristics of the last two Hungarian levelling networks including the special „zero order” levelling net of Hungary (for example: total length of the lines » 4000 km; accuracy  $\pm 0.31$  mm and twice deep foundation benchmarks at every 40–80 km, with the maximum depth of 18 m) is included.

In the paper also the most important results of the Hungarian investigation on recent vertical crustal movements and the aspects of the question on the accuracy of classic levelling, of the GPS measured heights and of the accuracy of the geoid have been outlined.