

## A KELETEURÓPAI ORSZÁGOK EGYSÉGES MÁGNESES SZINTJÉNEK PROBLÉMÁI

ACZÉL ETELKA – STOMFA I RÓBERT

Э. АЦЕЛ – Р. ШТОМФАН

О ПРОБЛЕМАХ ЕДИНОГО МАГНИТНОГО УРОВНЯ СТРАН ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

В работе излагаются результаты измерений, проведенных аппаратурой Тиханьской обсерватории при различных температурах. Температурные постоянные приборов QMZ и BMZ дают удовлетворительные поправки даже при больших разностях температуры.

Для уточнения магнитного уровня обсерваторий авторы предлагают Европейским обсерваториям проводить одновременные сравнительные измерения в одном и том же пункте.

E. ACZÉL – R. STOMFAI

THE PROBLEMS OF THE UNIFORM GEOMAGNETIC LEVEL OF THE EASTERN  
EUROPEAN COUNTRIES

In the paper, the results of measurements carried out on different temperatures with the instruments of the Observatory of Tihany are presented. It is constated that the temperature constants of the QHM and BMZ instruments furnish good correction values even in case of large temperature differences.

It is suggested by the authors that in order to determine the magnetic level of the observatories with a higher degree of accuracy simultaneous comparative measurements should be made by the European observatories in the same point.

A keleteurópai országok geofizikus szakemberei 1963-ban térképszerkesztő munkabizottságot alakítottak, amely azóta többízben foglalkozott az egységes mágneses térképszerkesztés kérdéseivel. A bizottság körvonalazta a résztvevő országok feladatait, és egységes pontosságú követelményeket állított fel.

A munkabizottság határozata értelmében a  $D$ ,  $H$  és  $Z$  földmágneses elemek egységes értékszintjének, ezek szekuláris változásának meghatározására össze kell mérni a résztvevő országok obszervatóriumait, szekuláris alappontjait, csatlakoztatni kell az országos alaphálózatmérések eredményeit.

Az 1963-ban Potsdamban tartott első munkaiülésen az obszervatóriumok szintjének összemérésében

<i>D</i> -ben	$\pm 0,5'$
<i>H</i> -ban	$\pm 5\gamma$
<i>Z</i> -ben	$\pm 20\gamma$

a szekuláris pontok összemérésénél pedig

<i>D</i> -ben	$\pm 1'$
<i>H</i> -ban	$\pm 10\gamma$
<i>Z</i> -ben	$\pm 25\gamma$

pontosságban állapotnak meg.

Az 1966-ban megtartott budapesti megbeszélésen megvitatták a mérések-nél elérhető pontosság fokozásának technikai lehetőségeit, és megállapodtak abban, hogy az obszervatóriumok és a szekuláris pontok összemérése során az egyes földmágneses elemek meghatározásánál

<i>D</i> -ben	$\pm 0,5'$
<i>H</i> -ban	$\pm 2\gamma$
<i>Z</i> -ben	$\pm 5\gamma$

pontosságra kell törekedni.

Ahhoz, hogy a fenti szűkebb hibahatárokon belül maradjunk, összes műszerünket alapos ellenőrzésnek kellett alávetni.

A fenti szövegben az „összemérés” pontosságát úgy kell érteni, hogy a mért különbségek hibája nem lehet nagyobb a határozatban megszabottnál. Az „egységes értékszint” megállapításánál viszont kézenfekvő az a törekvés, hogy azok a térerősséértékek, amelyekben végül is mint egységesekben megállapodunk majd, ne egyszerűen csak valamilyen középértékek legyenek, hanem lehetőleg közel álljanak a fizikai mértékrendszerekben definiált értékükhöz. Olyan megbízható adatrendszert kell nyerni, amely később lehetőleg nem szorul újabb korrigálásra.

### Abszolút mérések az obszervatóriumok mágneses szintjének meghatározására

Egy obszervatórium mágneses elemeinek pontos értékszintjét akkor ismernénk, ha valamennyi földmágneses összetevő értékét rendszeresen abszolút méréssel határoznánk meg.

A térelemek közül a deklináció (*D*) és az inklináció (*I*) abszolút méréseire egyszerű módszereink és műszerünk van. A térerősség abszolút értékének mérése azonban részben igen hosszadalmas, részben pedig csak kerülő úton oldható meg.

A vízszintes térerősség (*H*) méréseire Gauss dolgozott ki eljárást, és bizonyos műszertechnikai tökéletesítésektől eltekintve az ő módszerét alkalmazzuk ma is. Az abszolút *H* érték néhány gammára pontos megmérése mérés technikai nehézségek miatt több hónapos munka, a legtöbb obszervatórium ezért nem végez abszolút *H* mérést, hanem relatív műszerekkel hasonlítja saját mágneses szintjét egy olyan obszervatórium szintjéhez, amely nagyobb felkészültséggel rendelkezik, és rendszeresen megismétli a Gauss-féle *H* mérést.

A függőleges térerősség ( $Z$ ) közvetlen mérésére egyáltalán nincs abszolút műszer, értékét a  $Z = H \operatorname{tg} I$  összefüggésből számítjuk. Természetesen ez a  $Z$  érték mind  $H$ -nak, mind pedig  $I$ -nek a mérési hibáját tartalmazza.

A Tihanyi Observatóriumban a deklinációt ( $D$ ) rendszeresen abszolút méréssel határozzuk meg. A horizontális intenzitás ( $H$ ) és az inklináció ( $I$ ) kellő pontosságú abszolút mérésére nincs lehetőségünk. Ehelyett  $H$ -t és  $Z$ -t mérjük, relatív műszerekkel.

### Relatív mérések az observatóriumok mágneses szintjének meghatározására

Mint az előzőekben láttuk, a földmágneses térerősségelemek abszolút mérése hosszadalmas, körülményes és nagy felkészültséget kívánó feladat. Az observatóriumok közötti különbségek meghatározására azonban rendelkezünk olyan műszerekkel, amelyeknek a kezelése egyszerű, működése gyors, pontossága pedig eléri, sőt meghaladja az abszolút mérésekét. Ezek a Dan la Cour által szerkesztett *QHM* (Quartz Horizontalforce Magnetométer) és *BMZ* (Balance Magnetic Zero) műszerek.

Hazai observatóriumainkban a  $H$  és  $Z$  térerősségkomponensek nagyságát a *QHM* és a *BMZ* műszerekkel végzett összehasonlító mérésekből ismerjük. A hozzánk legközelebb fekvő európai observatóriumok közül Rude Skov (Dánia) és Niemegek (NDK) a térerősség abszolút szintjét rendszeresen ellenőrzi. A dániai műszergyár a Rude Skov-i bázisponton állapítja meg a műszerállandókat; ott hitelesítik először a műszert. A további ellenőrző összehasonlításokat a Niemegeki Observatórium műszereivel végezzük.

A *BMZ* és *QHM* műszereket általában abszolút műszereknek nevezik és a velük végzett mérést abszolút mérésnek tekintik. Ez részben indokolt, mert ezekkel az eszközökkel nem kell naponta bázismérést végezni, és mégis azonnal a térerősség abszolút értékét kapjuk eredményül. Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a műszergyár a Rude Skov-i alapponton egy alapos bázismérést végzett, és minden további observatóriumi és terepi mérés tulajdonképpen ehhez a bázishoz viszonyított különbségmérés. Ezek az „abszolút” műszerek tehát csak annyiban különböznek a terepi méréseknél használt relatív műszerektől, hogy csak ritkán igényelnek bázismérést, mert állandóikat hosszú időn keresztül megőrzik.

### A műszerállandók felülvizsgálata az összemérések pontosságának fokozására

A bevezetőben ismertetett pontossági követelmények a *QHM* és *BMZ* műszerekkel történő mérésekre vonatkoznak. Observatóriumunk feladata ebben a munkában az, hogy összemérésekkel és egyéb módszerekkel törekedjék az abszolút mágneses szintek minél pontosabb megközelítésére és megtartására.

E cél érdekében 1966 és 1968 tavaszán mérőszorozatot végeztünk *QHM* és *BMZ* műszereinkkel a Tihanyi Observatóriumban. Ellenőriztük azokat a hőmérsékleti állandókat, amelyeknek helyes értéke nemzetközi összemérés nélkül is meghatározható. Az alábbi megfontolás mutatja, hogy a hőmérsékleti hatások pontos korrigálása mennyire fontos.

Műszereink acélmágneseinek momentuma a hőmérséklet változásának hatására a következő összefüggés szerint változik:

$$M = M_0 - M_0 \mu t$$

ahol  $M_0$  a mágnes momentuma 0 °C-on,  $\mu$  egy anyagi állandó, amelynek értéke a *BMZ* műszereknél átlag

$$\mu = 3 \cdot 10^{-4} / \text{C}^\circ.$$

Ebből következik, hogy a hőmérséklet mérésében már 0,3 °C bizonytalanság egy tizedredrész bizonytalanságot okoz a momentum és ezen keresztül a térerősség meghatározásában. Hazánkban a függőleges térerősség értéke kb. 40 000 gamma, a hőmérséklet mérésében elkövetett 0,3 °C hiba tehát mintegy 4 gamma hibát eredményez a függőleges térerősség meghatározásában, majdnem annyit, mint amennyit az összemérésekre előírt hilahatár megenged. További nehézséget okoz az is, hogy a műszer főmágneseinek hőmérsékletét mérő hőmérő csak felületileg érintkezik a mágnessel, azaz sohasem pontosan a mágnes belső hőmérsékletét méri. A mágnes hőállapotára csak kerülő úton, a hővezetés sebességéből lehet következtetni.

### Az ellenőrző mérések eredményei

A hőmérsékleti állandók ellenőrzését úgy végeztük, hogy a műszerekkel először 15 °C, majd 30 °C körüli külső hőmérsékleten mértünk. A mérések kiértékelését a szokásos módon végeztük, azaz a gyári műszerállandókkal számítottuk a hőmérsékleti korrekciókat. Az eredmények azt mutatták, hogy a hőmérsékleti állandók megváltoztatására egyelőre nincs szükség. A hőmérsékleti javítást ezekkel az állandókkal végezve, még 15 °C hőmérsékletkülönbség mellett is olyan minimális eltéréseket kapunk, amelyek a bevezetőben említett szorosabb hibakorlátokon is belül maradnak.

A *BMZ* műszerekkel végeztünk olyan méréssorozatot is, amelynél a külső hőmérséklet gyorsan változott. A megfelelő korrekciós tagok alkalmazásával mindig ugyanazt az eredményt kaptuk. Ezzel kimutattuk, hogy a szekuláris pontokon történő méréseknél a külső hőmérséklet gyors változása sem okoz mérhető hibát.

### Javaslat egyidejű nemzetközi összemérésekre, a keleteurópai országok egységes mágneses szintjének megállapítására

A német, cseh és lengyel obszervatóriumok műszereivel már a múltban is összehasonlítottuk saját műszereinket. Az összemérések minden esetben azzal a megnyugtató eredménnyel zárultak, hogy a Tihanyi Obszervatórium mágneses szintje néhány gamma ingadozástól eltekintve állandó, szisztematikus időbeli

menetet nem mutat. E kisebb ingadozások okát eddigi mérésorozataink alapján nem lehet kideríteni, mert eddig minden összeméréskor csupán két obszervatórium műszereit hasonlítottuk össze. Ha eltérést tapasztaltunk, nem tudtuk megállapítani, hogy a mérésben résztvevő melyik fél műszerállandói nem megfelelőek. Az obszervatóriumok páronkénti összemérése néhány éven belül történt, de tekintve, hogy a műszerállandók időben lassan változhatnak, az ilyen összemérések nem szolgáltatnak egységesen értékelhető adatrendszert. Pl. a tihanyi, pruhonicei és niemegki  $QH\dot{M}$  műszerekkel 3 összemérés történt. Az eredmények a következők voltak:

1953-ban	$H_{Pr} - H_{Ti} = 33\gamma$
1954-ben	$H_{Pr} - H_{Ni} = 34\gamma$
1958-ban	$H_{Ti} - H_{Ni} = 10\gamma$

Látható, hogy a  $H_{Ti} - H_{Ni}$  különbség az első két összemérésből számítva  $1\gamma$ , a közvetlen összemérés szerint pedig  $10\gamma$ . Az obszervatóriumok ilyen körösszeméréséből tehát nem derül ki, hogy melyik műszer mikor és mennyivel változtatta meg az állandóit.

E tapasztalatokon okulva javasoljuk, hogy a jövőben ne csak ilyen páros összeméréseket szervezzünk, hanem legalább 4–5 obszervatórium műszereivel mérjünk egyidőben és ugyanazon a helyen. Egy ilyen közös mérés lehetővé teszi, hogy az eltérő eredmények okát azonnal megkeressük, a kiugró értékeket szolgáltató műszerekkel a mérést körültekintőbben megismételjük, és a legvalószínűbb szintben azonnal megállapodjunk.

### Újabb lehetőségek az egységes mágneses szint megállapítására

Az utóbbi évtizedben szerkesztettek olyan magnetométerekeket, amelyekben az acélmágnesek szerepét elemi részecskék veszik át. Az elemi részecskék mágneses momentuma nem függ a hőmérséklettől, amelynek ingadozása a klasszikus műszerekkel történő mérést erősen zavarja. E műszerek nagy előnye a klasszikus műszerekkel szemben, hogy a térerősségmérést sikerült időmérésre visszavezetni. Minthogy időmérésre igen pontos eszközeink vannak, a nukleáris magnetométerek a mágneses térerősségmérés érzékeny, pontos és valóban abszolút műszerei.

A protonrezonanciás magnetométerekkel sikerült 1 gammás mérési reprodukálhatóságot elérni. Így megvan a lehetőség arra, hogy ezek a műszerek jövőben a térerősség obszervatóriumi standardjaul szolgáljanak. A megbízható egységes mágneses szint megállapítása is az obszervatóriumi protonrezonanciás műszerek alkalmazásától várható. Ehhez természetesen el kell majd végezni az egyes obszervatóriumok protonrezonanciás műszereinek összemérését is. Az obszervatóriumok összemérése ilyen szempontból akkor válik majd aktuálissá, ha valamelyik obszervatóriumnak lesz olyan megbízható, hordozható protonmagnetométere, amelyet már összemértek saját obszervatóriumi műszerükkel.

A Tihanyi Obszervatórium rendelkezik obszervatóriumi protonrezonanciás magnetométerrel. Egyelőre azonban még nincs tapasztalatunk arról, hogy milyen pontossággal tartja a szintjét más obszervatóriumok hasonló műszereihez viszonyítva, mert összemérésre eddig még nem volt alkalmunk. Ezen a téren most kezdenek kibontakozni a nemzetközi együttműködés körvonalai.

Sajnos minden nehézséget a protonmagnetométerek sem oldanak meg. Ezek a teljes térerősséget,  $T$ -t mérik, abból pedig a vízszintes és a függőleges térerősség csak az inklináció ismeretében számítható ki a

$$H = T \cdot \cos I \qquad Z = T \cdot \sin I$$

összefüggések alapján.

Az inklinációmérés százalékos hibája jelenleg messze felülmúlja  $T$  hibáját, és a fenti képletekkel számított  $H$  és  $Z$  érték örökli az inklinációmérés pontatlanságát. Ezért a  $H$  és  $Z$  szintek tartásában még hosszú ideig a nemzetközi összemérésekre vagyunk utalva.