

Protonprecessziós mágneses mérések a Balatonon*¹

HEGYMEGI LÁSZLÓ – KÖRMENDI ALPÁR –
SZÜLYOVSKY IMRE

A cikk ismerteti az 1967–68. évi balatoni totális mágneses méréseket. Tárgyalja a protonprecessziós magnetométerrel vizen végzett mérések technikáját, valamint a kiértékelés során jelentkező speciális problémákat és azok egy lehetséges megoldását. Végül az eredményeket összehasonlítja az ELGI által végzett légi mágneses mérések adataival.

Статья сообщает об измерениях полной напряженности магнитного поля, проведенных в 1967–68 годах на Балатоне. Обсуждается техника проведения ядерных магнитных измерений на воде, возникающие специальные проблемы при обработке данных и одно из возможных решений их.

В заключении результаты сравниваются с данными аэромагнитных измерений, проведенных Геофизическим Институтом.

Es werden die in 1967–68 über dem Balaton geführten Messungen der magnetischen Totalintensität besprochen; die Messungen erfolgten mit einem Protonprezessions-Magnetometer. Die Technik der Messungen über der Wasseroberfläche, sowie die sich bei der Auswertung ergebenden speziellen Probleme werden ausführlich erörtert und eine mögliche Lösung wird mitgeteilt. Weiter wurden die Resultate der Messungen mit denen der aeromagnetischen Aufnahme verglichen.

Az ELTE Geofizikus Diákköre 1966 és 1967 nyarán mágneses méréseket végzett a Balaton területén és partvidékén. A mérések célja a protonprecessziós magnetométer terepi kipróbálása, és áttekinthető totális mágneses anomáliatérkép készítése volt. A Balatonról mindezideig ilyen térkép nem készült. Ennek oka, hogy klasszikus eszközökkel vízi mérések nem végezhetőek. A protonprecessziós magnetométer a totális térerősséget méri és használatánál nincs szükség színtezésre és az égtájaknak megfelelő irányításra. A mérés a műszer mozgása közben is elvégezhető. Ezért a balatoni mérésekhez protonprecessziós magnetométert használtunk, amely az ELTE Geofizikai Tanszékén dr. Szemerédy Pál irányításával készült.

Műszerünket a VITUKI Balaton nevű kutatóhajóján helyeztük el, a szonda pedig egy tutajon volt. A szonda magassága 1,5 m volt a vízszint fölött, hogy elkerüljük a tó vizének zavaró hatását a protonjelre. Az elég nagy méretű vas-hajó zavaró hatásának csökkentése céljából a tutajt a hajóval egy 60 m-es árnyékolt kábel kötötte össze. Az árnyékolt kábel ellenére rádiózavarok jelentkeztek, ezek jeleit egy sávszűrővel szűrtük ki.

Bár a szonda csak hozzáfetőleges tájolást igényel, a jel/zaj viszony növelése érdekében tengelyét a hajó menetirányára merőlegesen és vízszintesen rögzítettük. Mindig párhuzamos szelvényeket húztunk, amelyek iránya $\overline{ENy-DK}$ volt.

Szelvényeink átlagos távolsága 500 m. A hajó sebessége átlag 167 m/min volt és a szelvény mentén ötpercenként végeztünk geodéziai méréseket.

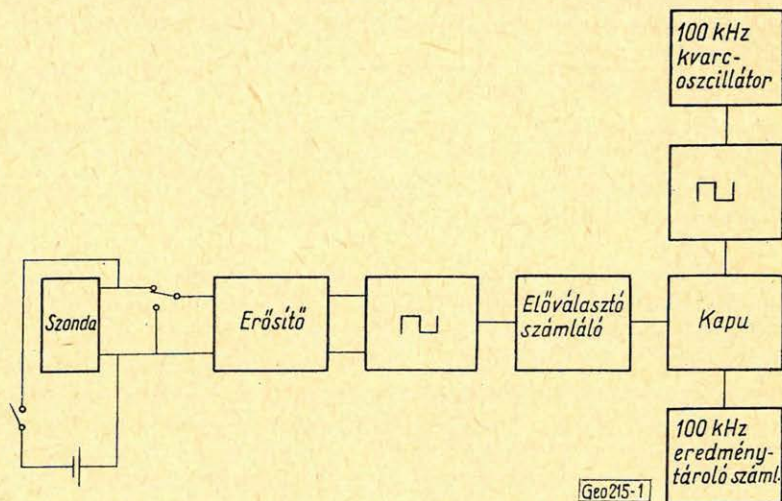
Három parti geodétacsoport a hajóról leadott zászlójelzésre mérte a hajó szögadatait.

Mágneses mérési adataink időbeli javításához új módszert próbáltunk ki. Erre azért volt szükség, mert a tihanyi obszervatórium Z és H regisztrátumaiból a totális tér időbeli variációjának megszerkesztése (kiszámítása) hosszadalmas és kevésbé pontos eljárás.

A legkézenfekvőbb megoldás egy második magnetométer üzembehelyezése lett volna a bázisállomáson. Erre nem volt lehetőségünk, mert csak egy műszerünk volt.

Korrektíós méréseinket így a következőképpen végeztük: készítettünk egy második protonszondát, amelyet a mérés időtartamára a tihanyi Cserhegyen helyeztünk el. Az itt előállított protonjeleket erősítón keresztül egy rövidhullámú adó segítségével kisugároztuk. Ezeket a jeleket a hajón vettük és megfelelő szűrés után a magnetométerbe vezettük. Így ugyanazon a műszeren olvastuk le a szelvénymenti totális értéket és annak időbeli változását. A rádiók egyben összeköttetést is létesítettek a hajó és a part, valamint a geodéziai csoportok között.

A módszer pontosabb megértéséhez bemutatjuk a magnetométer blokkvázlatát az 1. ábrán.



1. ábra. Magnetométer blokkvázlata

Фиг. 1. Блок-схема магнитометра

Fig. 1. Blockschema des Magnetometers

Eljárásunk előnyei a következők: Olcsóbb, mint két önálló műszer elkészítése. Még inkább igaz ez, ha figyelembe vesszük, hogy a rádiókészülékekre egyébként is szükség van.

A módszer azonnali (kvalitatív) kiértékelést tesz lehetővé, így ha az anomália természete megkívánja, a szelvények és a mérési pontok sűrítése azonnal elvégezhető.

A vízi mágneses méréseket percenként, erősebben zavart területeken (pl. Badacsony) félpercenként végeztünk. A parti protonjelet 10 percenként sugároztuk a hajóra, egy-egy alkalommal hármat, 15 secos időközökkel. E három egymás utáni mérés elegendő mérési pontosságot nyújtott.

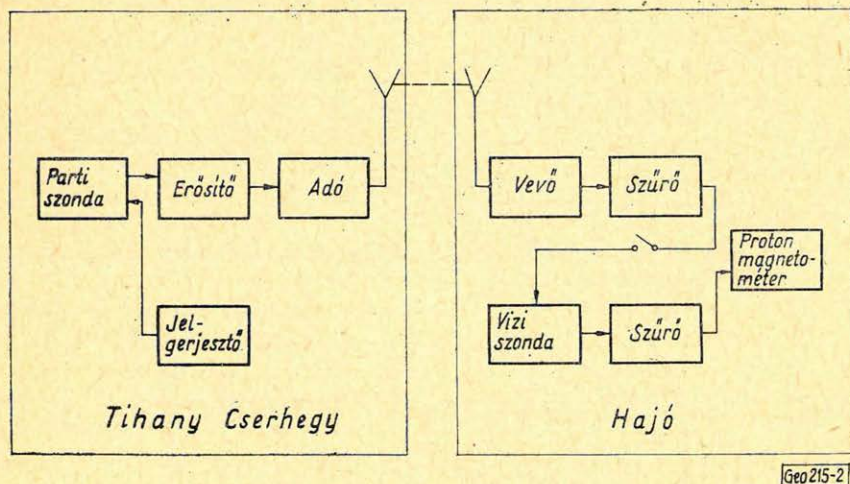
A mérések kiértékelése

A geodéziai mérések szögadataiból a teodolit-felállások és a hajó helyzetének koordinátáit az egyetemi számítóközpont Ural-2 számítógépével hatá-

roztuk meg. Az előre és hátrametszési feladatok gépi megoldása hazánkban újszerű volt.

A geodéziai mérések pontossága a geodétacsoportoknak egymáshoz és a hajóhoz viszonyított helyzetétől függött. A hajó helyének pontjai 5–20 m-es oldalú hibaháromszögekbe estek. Ez a pontosság kielégítő.

A klasszikus mágneses mérési gyakorlathoz hasonlóan a protonprecessziós magnetométeres mérések eredményein is el kellett végezni az idő- és normálkorrekciót.



2. ábra. A teljes mérési elrendezés blokkvázlata

Фиг. 2. Блок-схема полной измерительной системы

Fig. 2. Blockschema der ganzen Messanordnung

Időkorrekció:

Az említett rádió-közvetítéses módszerrel csak 1967 közepétől mértünk. Az egyéb napokon a tihanyi obszervatórium ΔH és ΔZ regisztrátumaiból számítottuk a ΔF totális napi meneteket, az alábbi módszer szerint:

Ismeretes, hogy

$$dF = \frac{\partial F}{\partial H} dH + \frac{\partial F}{\partial Z} dZ,$$

mivel

$$F = \sqrt{H^2 + Z^2}$$

és

$$H = H_0 + \Delta H$$

ill.

$$Z = Z_0 + \Delta Z,$$

ahol H_0 , Z_0 a regisztrálási bázisérték, ΔH , ΔZ a variáció és $H_0 \approx H$, $Z_0 \approx Z$. Ezért írhatjuk, hogy

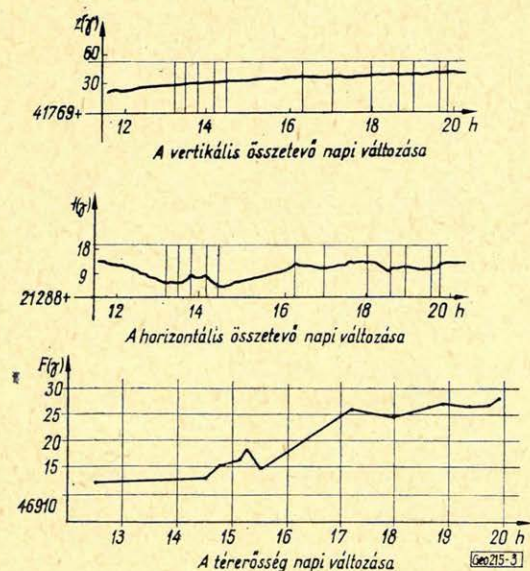
$$\Delta F(t) = A\Delta H(t) + B\Delta Z(t),$$

ahol

$$A = \frac{H_0}{\sqrt{H_0^2 + Z_0^2}}; \quad B = \frac{Z_0}{\sqrt{H_0^2 + Z_0^2}}$$

konstansok.

A 3. ábrán függőleges vonalak által határolt intervallumokban lineáris szakaszokkal közelítettük a regisztrátumot, a töréspontokban kiszámítottuk az $F = F(t)$ értékeket, majd megszerkesztettük a napi menetet. Ezt használtuk fel az időkorrekcióhoz.



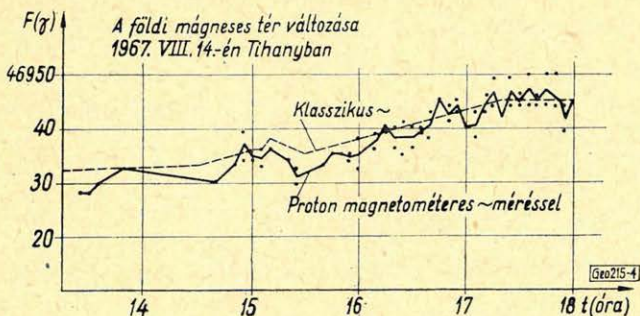
3. ábra. Az F napi menetének megszerkesztése
 Фиг. 3. Построение суточного хода F .
 Fig. 3. Konstruktion des Tagesganges von F

A 4. ábrán bemutatjuk a totális mágneses tér időbeli változásának különböző módszerekkel készített görbéit. Az összehasonlításból jól látható, hogy a protonszondával rádióan keresztül mért adatok pontosabban adják a tér pillanatnyi értékét.

Normálkorrekció

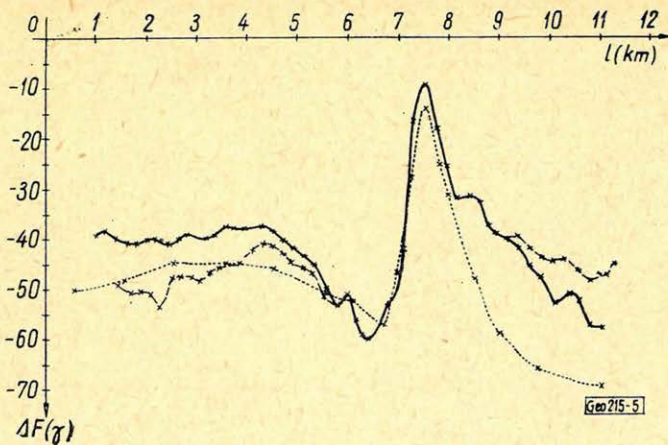
A mérési eredményekből ki kell küszöbölni a regionális anomáliát. Az országos mágneses normál érték meghatározásakor a mágneses térerősség értékeit a földrajzi koordináták másodfokú hatványpolinomjával egyenlítik ki. Kisebb területen végzett mérés esetén melegegkedhetünk elsőfokú közelítéssel is.

Méréseink korrekciójához szintén kielégítő volt az elsőfokú közelítés, a másodfokú tagok járuléka lényegesen a mérési hiba alatt maradt. A számításokhoz szükséges együtthatókat az ELGI Mágneses Osztályától kaptuk. A normáltér ekvidisztáns vonalrendszer alkotó izogammáit 5γ -ként felvittük a munkatérképekre. A mérési pontjainkban felvett értékeket lineáris interpolációval olvastuk ki.



4. ábra. Összehasonlítás a különböző módszerű időkorrekciós görbék között
 Фиг. 4. Сопоставление кривых поправки времени, построенных разными методами
 Fig. 4. Vergleich der mit verschiedenen Methoden erhaltenen Korrektionskurven

Tekintve, hogy a magnetométer mérési pontossága $\pm 1\gamma$, arra törekedtünk, hogy a korrekciók pontossága az interpolációknál is az 1γ -n belül legyen.



5. ábra. Légi és vízi mágneses mérések összehasonlítása

Két egymásmelletti vízi mérés folytonos vonallal és egy közte húzódo légi mágneses mérés szelvénye pontozott vonallal

Фиг. 5. Сопоставление магнитных измерений, выполненных в воздухе и по водной поверхности

Профили двух смежных измерений по водной поверхности указаны сплошной линией, а профиль аэромагнитной съемки между ними — пунктиром

Fig. 5. Vergleich der magnetischen Messungen auf Wasser und aus Luft. Zwei nebeneinander liegende Messungen auf Wasser figurieren mit kontinuierlichen Linie und die dazwischen fallende aeromagnetische Messung mit punktierter Linie.

Hajóhatás

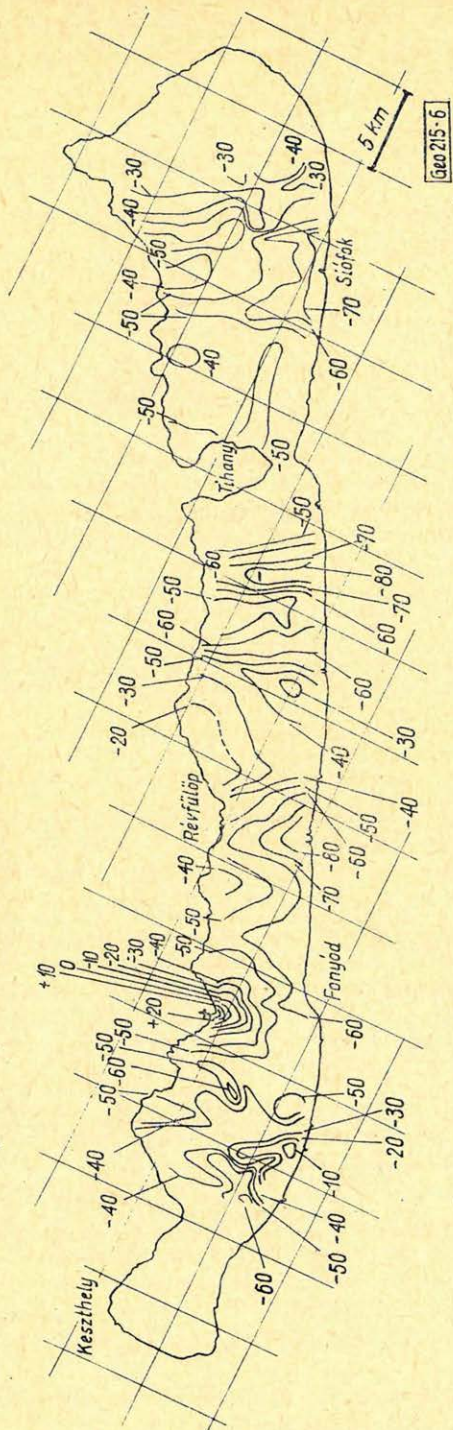
A hajó saját mágneses tere miatt a szonda 60 m-es távolsága ellenére is további korrekció alkalmazása volt szükséges. A hajó hatását a többféle és bonyolult kapcsolatú ható miatt matematikailag nem tudtuk leírni. Méréseink folyamán megállapítottuk, hogy ez a hatás irányfüggő: ez egyébként elméletileg is indokolható. Ezért húztunk mindig párhuzamos szelvényeket. A párhuzamosan húzott szelvények átlaga között mindig konstans különbséget találtunk. Így feltételeztük, hogy a tényleges (hajóhatás mentes) érték a kettő között helyezkedik el és az ettől való pozitív és negatív eltérést a hajó okozza. A kiértékelésnél ennek a konstansnak a felét vettük korrekcióba, mindig a megfelelő előjellel.

A mérési eredményeket a fenti korrekciók elvégzése után izovonalas térképen ábráztuk. A választott vonatkoztatási szint (tíhanyi közepes bázisérték) 46881 γ . A vonalak síma lefutásúak, a mágneses tér változása az egész Balaton területén viszonylag kicsi. Megemlítjük még, hogy kiegészítésként a parton is végeztünk méréseket. Ezek jól illeszkednek a vízi mérésekhez, kivételt csak néhány sűrűn lakott területen végzett kiértékelhetetlen mérés mutat.

Mérési eredményeinket összehasonlítottuk az ELGI Földmágneses Osztálya által rendelkezésünkre bocsátott légi mágneses felvétellel. Az összehasonlítást csak durván tudjuk elvégezni, mert a légi mérések szelvényei nem estek egybe a mieinkkel (5. ábra).

A bemutatott szelvények (és a két térkép is) azonos jellegűek. Méréseink nagyobb sűrűsége miatt a mi térképünk részletesebb.

Totális mágneses anomáliák a Balatonon 1967-68



6. ábra. A Balaton totális mágneses anomáliáinak áttekinthető térképe

Фиг. 6. Обзорная карта тотальных магнитных аномалий для оз. Балатона

Fig. 6. Übersichtskarte der totalen magnetischen Anomalien des Balatons

IRODALOM

Szemerédy P.: A protonprecessziós magnetométerről. Fizikai Szemle IX. 7. 1961.
 Szemerédy P.: Jelentés a „hordozható protonprecessziós magnetométer” tárgyban végzett kutatási munkáiról. 1964. (kiadatlan).