

GRAVITÁCIÓS ÉS MÁGNESES MÉRÉSEK, ADATOK, FELDOLGOZÁSOK EÖTVÖS UTÁN, NAPJAINKIG

GRAVITY AND MAGNETIC MEASUREMENTS, DATA, AND PROCESSING, AFTER EÖTVÖS, UNTIL TODAY

Kiss János

PhD, Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, Budapest
janos.kiss@sztfh.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

175 évvel ezelőtt született az az ember, akinek a geofizikát mint tudományágat köszönhetjük. Az ő tudása, munkássága mutatta meg, hogy a felszín alatt rejtőző különböző földtani képződményeknek a felszínen is mérhető hatásuk van, aminek az észlelésére, a földi erők (mágneses és gravitációs) vizsgálatára mi is képesek vagyunk, csak ehhez nagyon érzékeny műszerek megépítése szükséges. Eötvös birtokában volt mindazon képességeknél, amelyekkel ezt el lehetett érni, meg lehetett valósítani. Alapos felkészültsége, műveltsége és kitartása el is hozta számára a sikert, amelynek babérjait már nem ő, hanem az őt vagy az azokat követő nemzedék aratta le. Eötvös elsősorban tudós volt és nem üzletember, aki mindennapi létünk helyszínét, a Földet kutatta, annak fizikai jellemzőit, természeti jelenségeit, minden általa elkészített eszközzel – az emberiség érdekében. Az eötvösi útnak azonban nincs vége, még ma is azon járunk, az általa létrehozott intézetben kutatjuk világunkat, próbáljuk megfejteni a fizikai erők és a földtan kapcsolatát. Cikkünk a kezdetekről és napjaink néhány eredményéről szól röviden.

ABSTRACT

It was 175 years ago that the man to whom we owe the discipline of geophysics was born. It was his knowledge and work that showed that the various geological formations hidden beneath the surface have a measurable effect on the surface, which requires the construction of very sensitive instruments capable of measuring the Earth's potential fields (magnetic and gravity fields). Eötvös had all the capabilities to achieve this. His thorough training, education, and perseverance brought him success, the laurels of which were not his, but those of the generation that succeeded him or his successors. Eötvös was first and foremost a scientist, not a businessman, who explored the Earth, the place of our everyday existence, its physical characteristics and natural phenomena, using all the tools he had created for the benefit of humankind. But Eötvös's journey continues to date as we are exploring the world in the institute he created, trying to understand the relationship between physical forces and geology. This article provides a brief overview of the beginnings and some of the current achievements.

Kulcsszavak: Eötvös Loránd, geofizika, gravitáció, mágnesség, mélyföldtan

Keywords: Loránd Eötvös, geophysics, gravity, magnetics, subsurface geology

BEVEZETÉS

Az Eötvös Loránd által 1906-ban Budapesten, az MTA székházában, a Földmérők Nemzetközi Konferenciáján bemutatott előadás, majd az Aradon terepi mérésekkel alátámasztott eredmények hatására, a nemzetközi tudóstársaságok felkérésére, az akkori magyar kormány pénzügyi támogatást biztosított Eötvös Lorándnak a kutatásaihoz. Ennek köszönhetően, a világon elsőként és egyedülálló módon, 1907-ben megalakult a később róla elnevezett Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) (Polcz, 2003). A kutatás célja az eltemetett földtani felépítés megismerése felszíni geofizikai mérésekkel.

Ekkor már a Magyar Királyi Földtani Intézet (MÁFI) 1869 óta működött. Ettől kezdve a földtani kutatások kiegészültek geofizikai – először csak gravitációs, később mágneses, elektromos és szeizmikus mérésekkel.

2012-ben a két intézetet összevonták, először Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) néven, majd 2017-től a Magyar Bányászati és Földtani Hivatallal (MBFH) kiegészítve Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) néven. 2022 hozta a következő változást, amikor a bányászat és a geológia is bekerült a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) szervezeti rendszerébe mint Földtani és Bányászati Igazgatóságok. Eötvös intézete tehát tovább él, csak mélyen elrejtve... Az átalakulásokat nem a földtani feladatok csökkenése, hanem a megváltozott finanszírozási feltételek és gazdasági környezet megváltozása idézte elő.

ELŐZMÉNYEK

Eötvös Loránd, a Heidelbergben megszerzett tudás birtokában kezdte meg kísérleteit, azaz a megismert fizikai törvényszerűségek gyakorlati vizsgálatát. Ehhez a fizika ismeretén túl nagy érzékenységű eszközökre, műszerekre is szüksége volt, amelyek akkoriban még nem álltak rendelkezésre, tehát ilyeneket is fejlesztenie kellett.

Eötvös az erőterek vizsgálata során megtapasztalta a felszíni domborzat (a hegyek és a geoid forma), valamint az eltemetett tömegek kicsiny, de mérhető gravitációs hatását. Ez pedig kezébe adta a kulcsot a Föld mélyének kutatásához.

Műszereivel, méréseivel, gyakorlati tapasztalataival megteremtette a *földtani-fizika*, azaz a *geofizika* tudományágát. Ettől a pillanattól beszélhetünk önálló geofizikai kutatásokról. Kutatásának főbb lépései a következők:

- fizikai alaptörvények és erők vizsgálata (például súlyos és tehetetlen tömeg);
- műszerépítés (érzékenység és pontosság növelése);
- a gravitáció és a földtan összekapcsolása (tengerszint feletti, majd mélybeli hatások kimutatása);
- a fizikai alap- és a gyakorlati kutatások összekapcsolása, a geofizika mint alkalmazott kutatás, azaz önálló tudományág megteremtése.

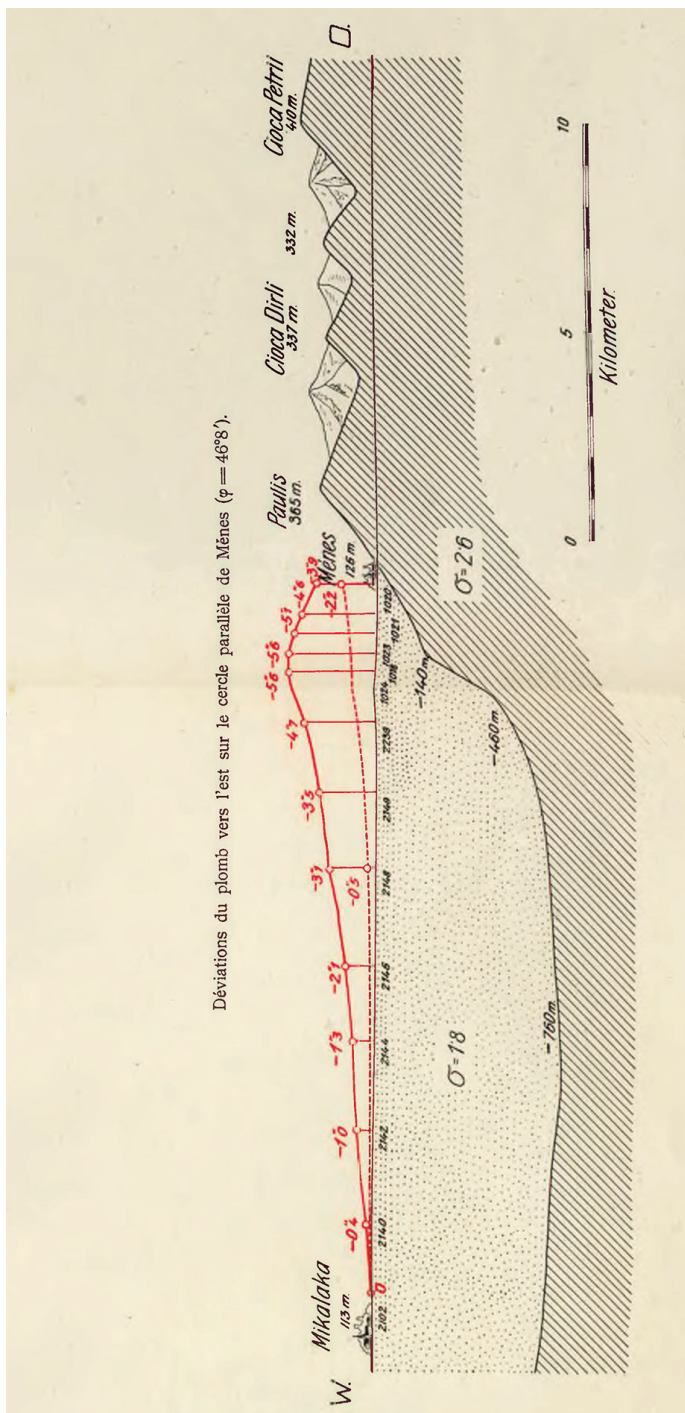
A földtani kutatást előmozdító vizsgálatok laboratóriumi körülmények között indultak, majd szép lassan kimerészkedtek a természetbe, először lokális, egyszerű geometriájú hegycsúcsok mellé, majd a mérések finomodásával a nagy síkságokra, az eltemetett földtani képződmények kutatására. A vizsgálatok időrendisége, a torziós ingák fejlődése (Szabó, 1999) a következő volt:

- laboratóriumi mérések (1890, Coulomb-típusú inga);
- a Gellért-hegy tömeghatásának kimutatása (1890, görbületi variométer);
- a Ság-hegy tömeghatásának kiszámítása és megmérése (1891, horizontális variométer);
- balatoni mérésekkel mélybeli hatások vizsgálata a domborzati hatások kizárásával (1901, nehézségi variométer, avagy a balatoni inga);
- Arad környéki mérések (1902, nehézségi variométer);
- a kecskeméti földrengés környezetének vizsgálata (1911, kettős inga);
- erdélyi só- és gázkutatások (1912, kettős inga);
- az egbelli olajmező feltérképezése (1913, kettős inga).

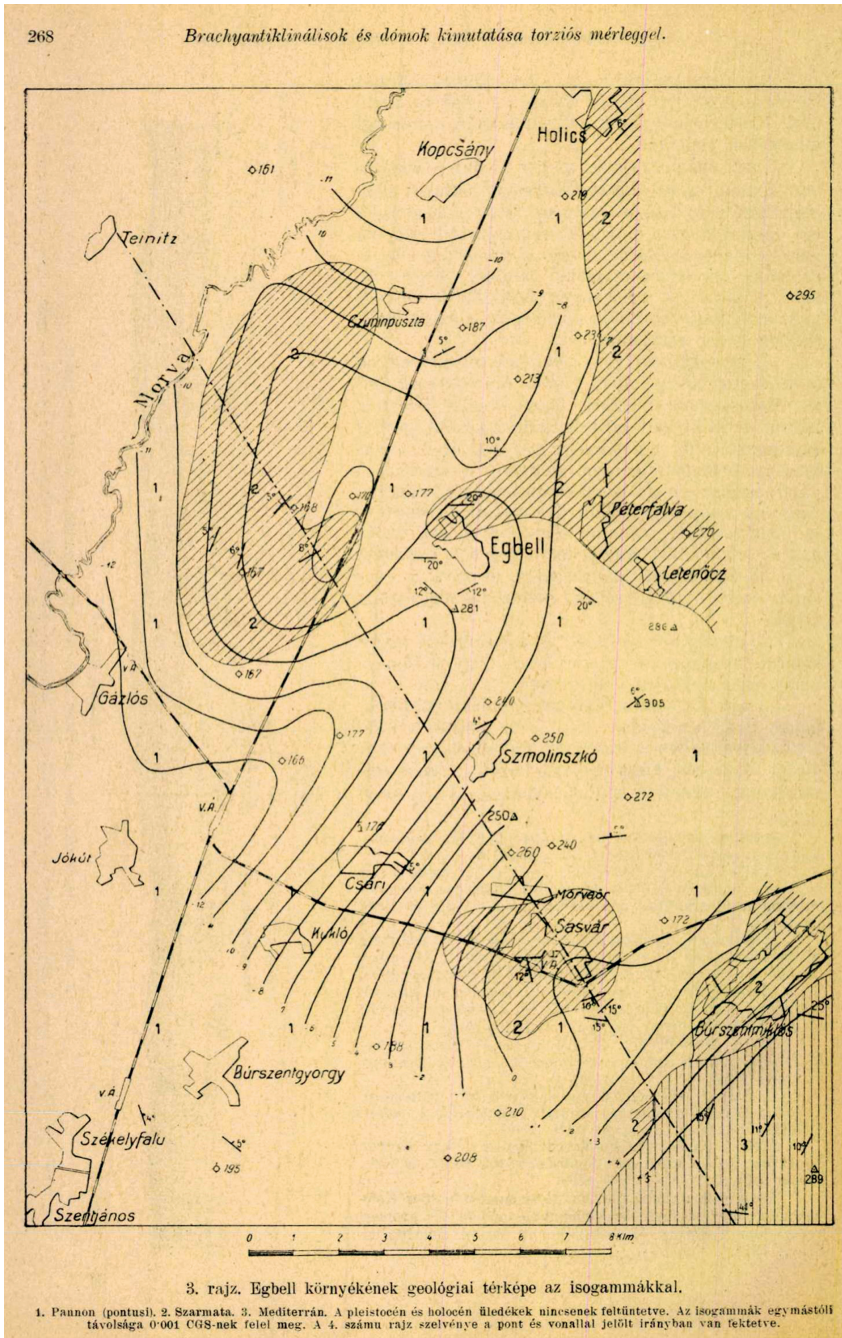
A kutatás első tíz éve után megjelentek az első nagy pontosságú, de nehézkes terepi mérőműszerek, a különböző típusú torziós ingák. A kezdeti sikerek után indult el a műszerek tökéletesítése, amihez szintén nagyjából tíz évre volt szükség.

Húsz év műszerépítési tapasztalatai és terepi méréseinek eredményeképpen elindult az Eötvös-ingák sorozatgyártása. A fejlődési eseménysort talán így lehetne jellemezni:

- laboratóriumi mérések után pontszerű terepi mérések, jól azonosítható, egyszerű objektumok vizsgálatával (Gellért-hegy, Ság-hegy);
- a pontszerű mérések összekötése, szelvények mérése és értelmezése például Arad környékén (*l. ábra*);
- végül területi mérések, térképek szerkesztése, például az Egbell melletti olajmezőn.



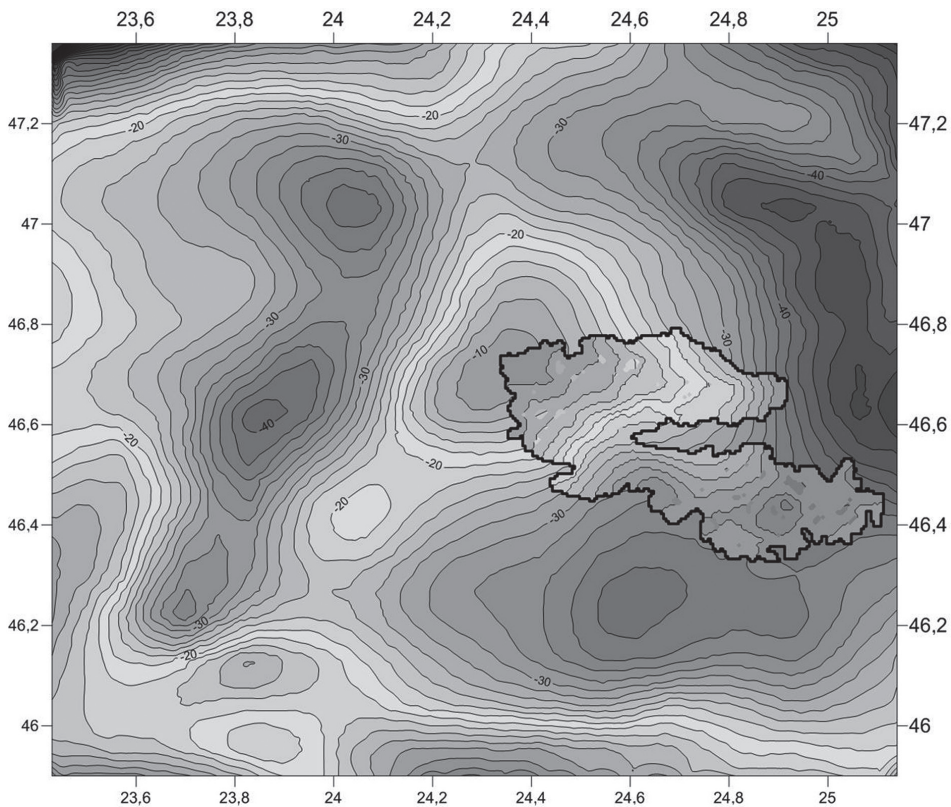
1. ábra. Az Arad környéki mérések földtani értelmezése (Eötvös, 1909)



2. ábra. Az egbelli területi mérések eredménye (Böckh, 1917)

Az egbeli mérési eredményekből meghatározták a gravitációs tér horizontális gradiensének vektorait és az azokból szerkesztett anomáliatérképet (2. ábra). Az eredmények alapján a méréseket déli irányban is folytatták, és értelmezett földtani szelvényt is szerkesztettek belőle. Ez volt elismerten a világ első kőolajkutató geofizikai mérése.

Erdélyben, Marosvásárhely környékén is történtek földgáz- és sókutatások az Eötvös-ingával. Eötvös mérései (3. ábra, belső poligon) napjaink gravitációs felméréseivel megjelenítve (3. ábra, alaptérkép) ma is használhatóak, és kisebb eltérésekkel ugyanazt mutatják.



3. ábra. Marosvásárhely Eötvös-ingás (belső poligon) és graviméteres (alaptérkép) felmérései eredményeinek összevetése (a szerző szerkesztése)

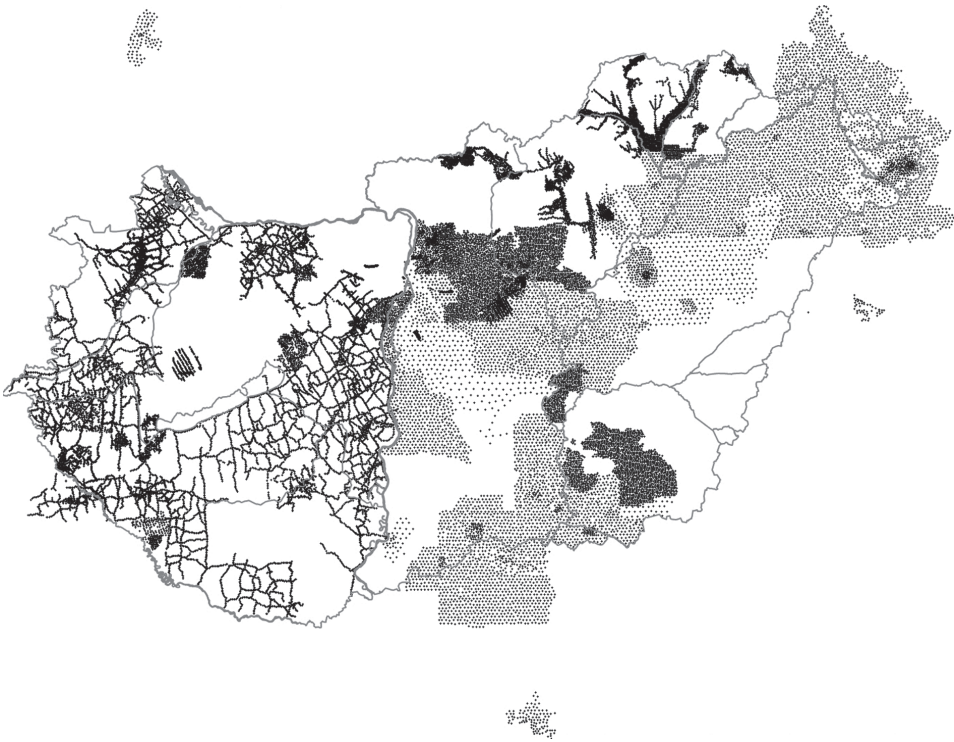
Eötvös Loránd felismerte, hogy vannak olyan fizikai erőterek (paraméterek), amelyeket mérőeszközeinkkel észlelni tudunk, és ezek fontosak lehetnek a mélyföldtani kutatásokban. Innentől kezdve ezeket az eddig „rejtett fizikai paramétereket” is vizsgáltuk, amelyek lehetővé tették a mélybeli földtani értelmezéseket.

A fizikai erők mérésének segítségével a felszín alá láttunk, ennek köszönhetően kialakult a geofizika mint önálló tudományág. Eötvös indította el ezt, de ő csak a gravitációs és a mágneses térrel foglalkozott részletesebben, ezekhez készített mérőműszereket a torziós inga¹ alapjén.

NAPJAINKBAN

Az 1950-es évek óta az Eötvös-ingák helyett a sokkal gyorsabb gravimétereket használjuk, és mára megjelentek a hordozható abszolút graviméterek is (de a terepi mérések nagyobbik része ma is relatív mérés).

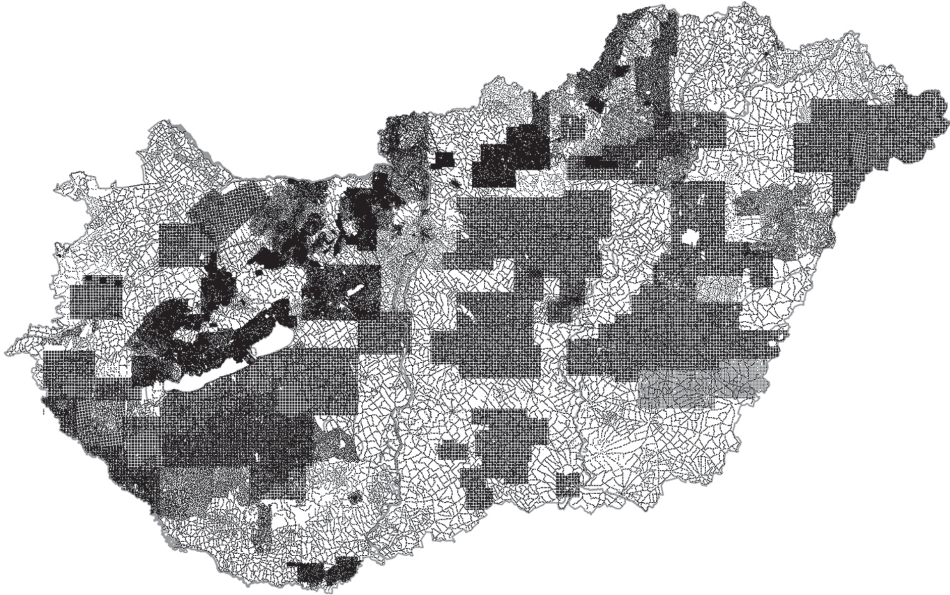
Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és jogutód intézményei (ma SZTFH) által kezelt országos gravitációs adatbázisban ma több mint 40 000 terepi ingával ka-



4. ábra. Hazai Eötvös-inga-mérések (41 982) helyszínrajza
(a szerző szerkesztése)

¹ Torziós inga – torziós szárra felfüggesztett vízszintes tengely, aminek a végein egységnyi tömegű testek vannak elhelyezve. A torziós inga egy rugalmas szálcsonk elcsavarodásán alapuló mérőműszer, amit 1777-ben talált fel, és 1784-ben tett közzé egy dolgozatában Charles Augustin de Coulomb.

pott mérési adat és közel 388 000 graviméteres mérési adat van (4–5. ábra) (Kiss, 2018). Az ingamérések száma a kevés működő inga és a mérések időigénye miatt már alig fog növekedni (kivétel talán a geodéziai, geodinamikai alkalmazások), de a hordozható, gyors graviméteres mérések kivitelezésére igény esetén most is megvan a lehetőség.



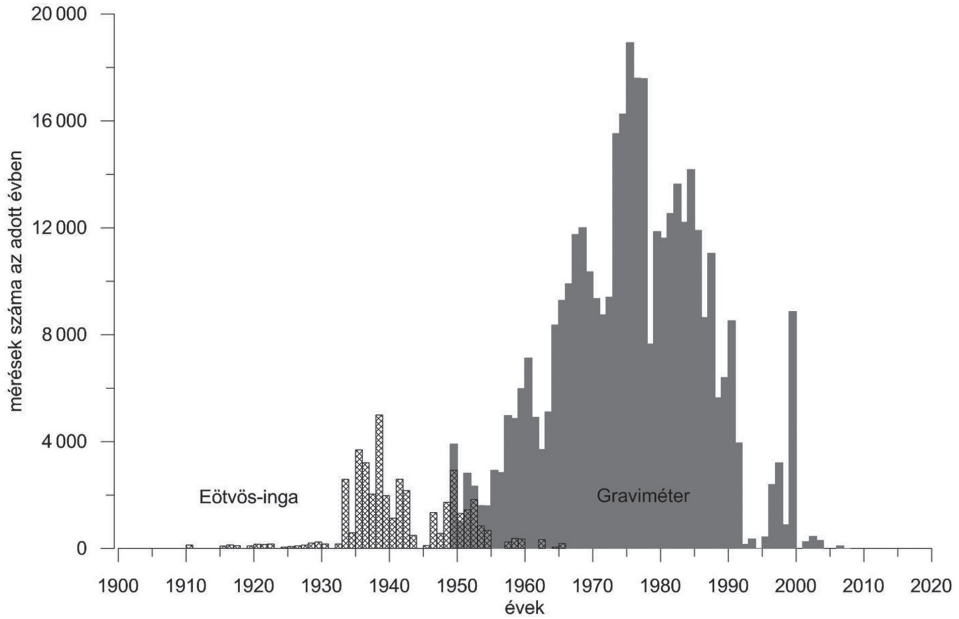
5. ábra. Hazai graviméteres mérések (387 614) helyszínrajza
(a szerző szerkesztése)

Az Eötvös-inga mérte a gravitációs potenciáltér (U) görbületét (U_{Δ} , U_{xy}), valamint a vízszintes irányú változások (horizontális gradiensek, U_{xz} , U_{yz}) értékét és irányát. A több irányban elvégzett mérés alapján a gravitációs potenciál változásának mértéke pontosan követhető volt.

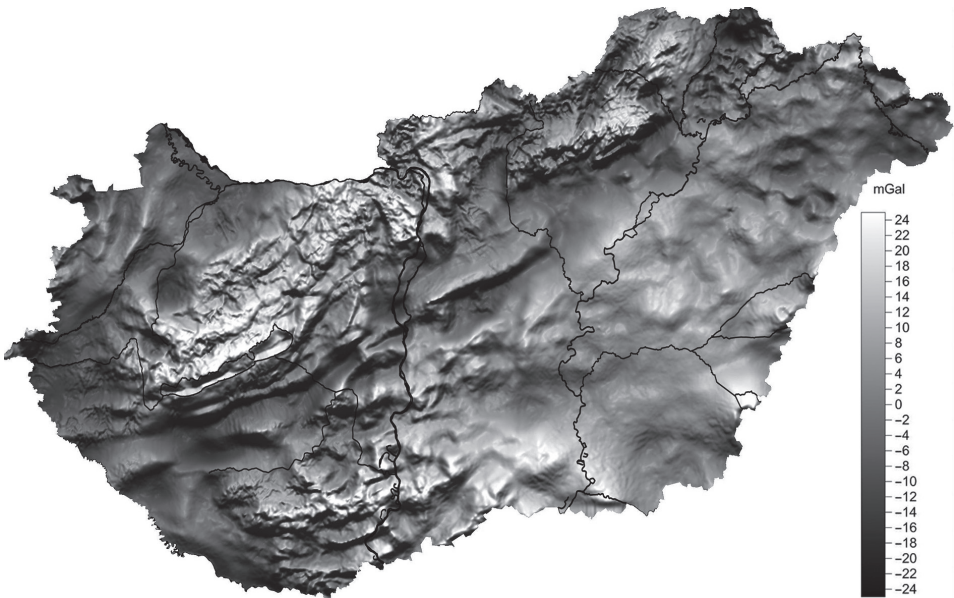
A modern graviméterek a gravitációs potenciál első vertikális deriváltját (U_z), a nehézségi erőt (egységnyi mérőtömeg esetén a gyorsulást) mérik, és persze ezekből a mérésekből is származtathatók a potenciáltér gradiensei (U_{xz} , U_{yz} , U_{zz}).

Mivel az Eötvös-ingával végzett mérések pontosabbak, de időigényesebbek, mint a graviméteres mérések, ezért az ipar az 1950–1960-as években a gyorsabb gravimétert kezdte alkalmazni (6. ábra).

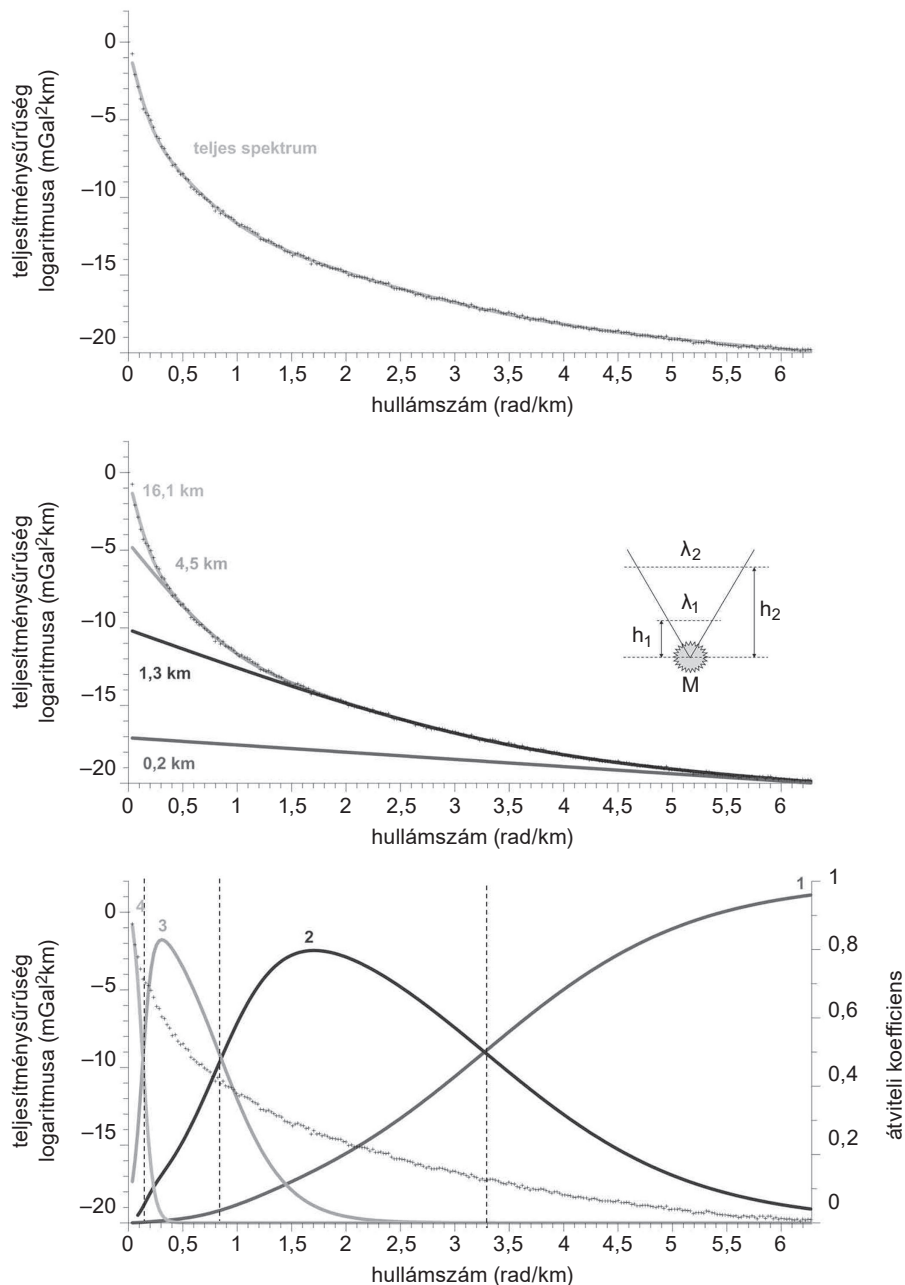
Földtani szempontból a gravitációs mérések eredménytérképe a Bouguer-anomália-térkép, ami mentes a Föld globális (normál) terétől, valamint a mérési pont környezetének változatos domborzatából származó hatásoktól, és csak a litoszférát felépítő földtani képződmények hatása tükröződik benne (7. ábra).



6. ábra. Inga- és graviméteres mérések éves eloszlásában
(a szerző szerkesztése)



7. ábra. Magyarország gravitációs Bouguer-anomália-térképe (korrekciós sűrűség: 2 g/cm^3)
(a szerző szerkesztése)



8. ábra. Bouguer-anomália-térkép teljesítménysűrűség-spektruma (fent), annak bontása ekvivalens hatókkal, mélység szerint (középen) és az átviteli függvények (lent) – 1 = 0,2 km, 2 = 1,3 km, 3 = 4,5 km, 4 = 16,1 km (a szerző szerkesztése)

A nehézségi erőtér (a tömegvonzás) három tényezőtől függ: a hatótest sűrűségétől, térfogatától és annak mélyégi helyzetétől. A sűrűség és a térfogat adja meg a közettömeget (az anomália amplitúdóját), a ható és a mérési pont távolsága a mélységet (az anomália hullámhosszát). Felszíni méréskor a közettérfogat állandónak tekinthető, csak a sűrűség és a mélység változik, e két paraméter határozza meg a Bouguer-anomáliát.

A sűrűségnek csak a szélső értékeit ismerjük, a mélységről azonban lehetnek közvetett információink, magából a terepi mérésekből, illetve azok teljesítménysűrűség-spektrumából (8. ábra, fent).

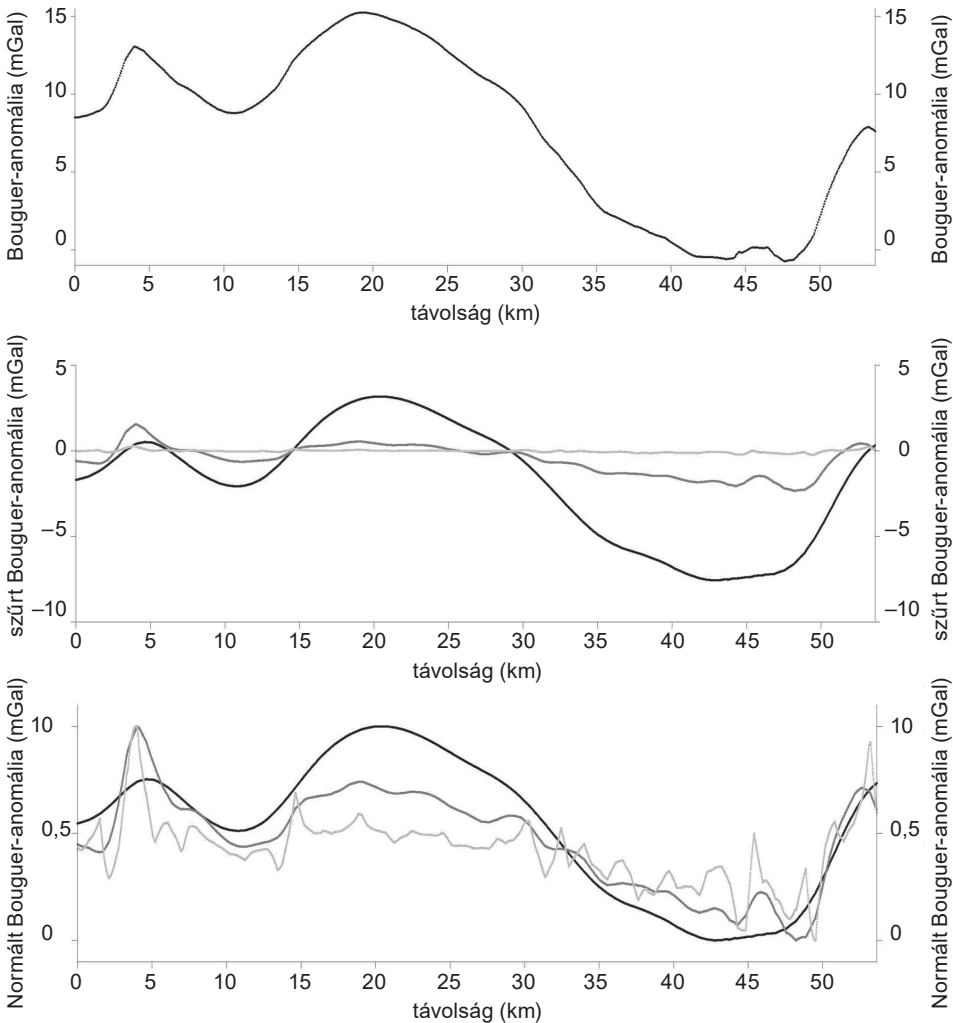
A spektrálanalízis során, a térfrekvencia alapján meghatározzuk – ekvivalens modellek segítségével – a gravitációs vagy mágneses hatók mélységét (8. ábra, középen). A különböző mélységű hatások összeadódnak, ezt mutatja a teljesítménysűrűség-spektrum (8. ábra, fent). Az illetett spektrumok mélységét az átviteli függvények maximumhelyei adják meg, de a Gauss-görbe-szerű átviteli függvények alapján látszik, hogy itt valójában mélységtartományokról van szó (8. ábra, lent). Az átviteli függvény maximuma egy adott spektrális mélységet jelöl, de az átviteli karakterisztika alapján az adott átviteli függvény egy tágabb környezetre, nem egy mélységre, hanem egy mélységtartományra utal. Az átviteli függvények alapján meghatározott mélységtartományok azonban nem egyformák, azaz eltérő közettérfogatok hatását tükrözik (1. táblázat). Ezt a térfogateltérést (azaz a mélységtartományok köbét) figyelembe kell venni a további felhasználások és az értelmezések során, azaz kompenzálni kell!

1. táblázat. Gravitációs és mágneses adatok spektrálanalízise (mélységek és mélységtartományok)

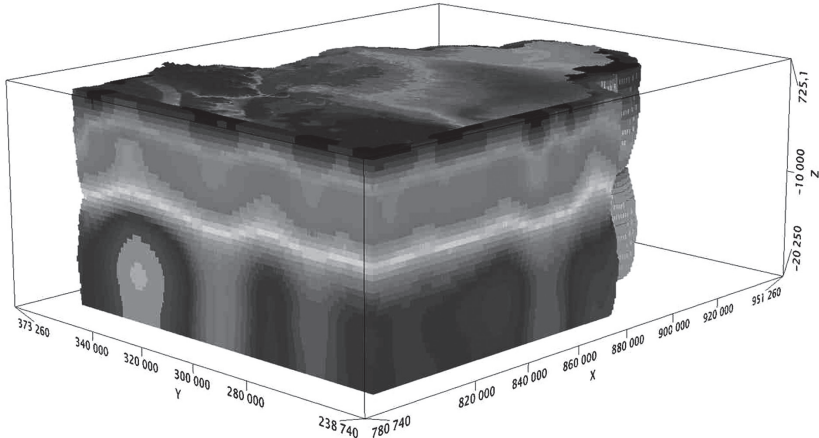
Geofizikai adat	Spektrális mélység (m)	Mélységtartomány (m)	ΔH (m)	Egyszerűsített értelmezés
Szűrt Bouguer-anomália	200	<500	500	fiatal laza fedő (zaj)
	1 300	500–2 400	1 900	idős, tömörödött fedő
	4 500	2 400–7 000	4 600	medencealjzat
	16 000	7000<	–	Conrad-, Moho-szint (?)
Szűrt mágneses anomália	1 000	<1450	1 450	fedő vulkanitok
	2 000	1 450– 3 100	1 650	mélybeli vulkanitok
	11 200	3 100–15 500	12 400	magmatitok (intrúziók)
	27 700	15 500<	–	Conrad-, Moho-szint (?)

Egy szelvény menti esettanulmány szemlélteti a gravitációs mérési adatok spektrálanalízisének felhasználását a földtani értelmezésben. Ezeknél a feldolgozásoknál nagy szerepet játszik a mérési pontok sűrűsége, attól függ az adatrendszer felbontóképessége és a terület mérete, ami a kutatási mélységgel arányos mennyiség – az anomália hullámhosszán keresztül.

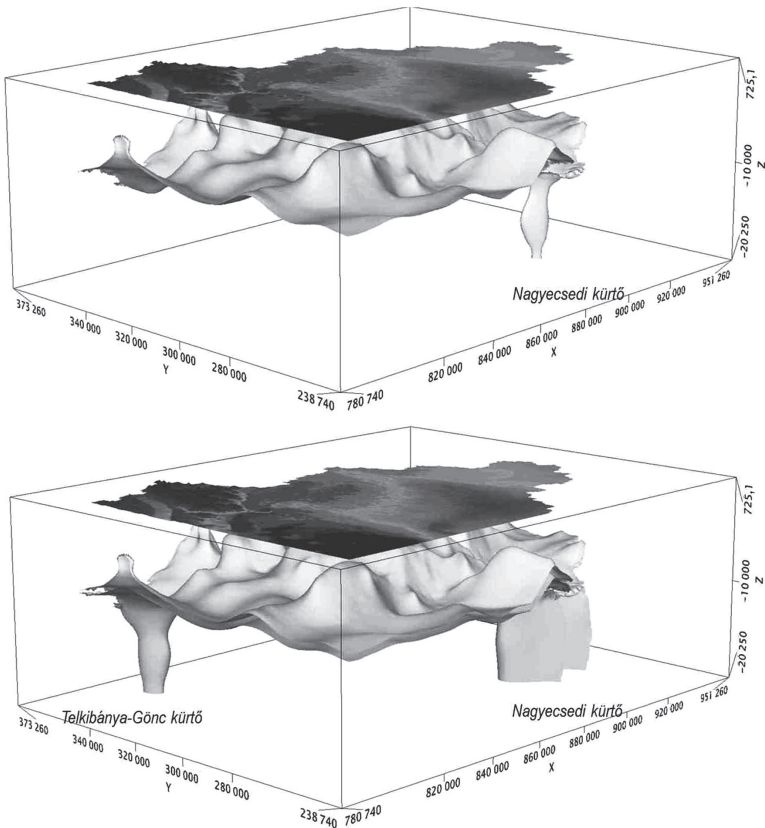
Első lépésben elkészítjük a gravitációs Bouguer-anomália-térképet, és kigyűjtjük a vizsgálandó szelvény mentén a Bouguer-értékeket (9. ábra, fent), majd



9. ábra. Bouguer-anomália a szelvény mentén (fent), annak spektrális szűrése (középen) és normálása 0–1 értékek közé (lent)
(a szerző szerkesztése)



10. ábra. A relatív sűrűség háromdimenziós térrácsa, Nyírség (a szerző szerkesztése)

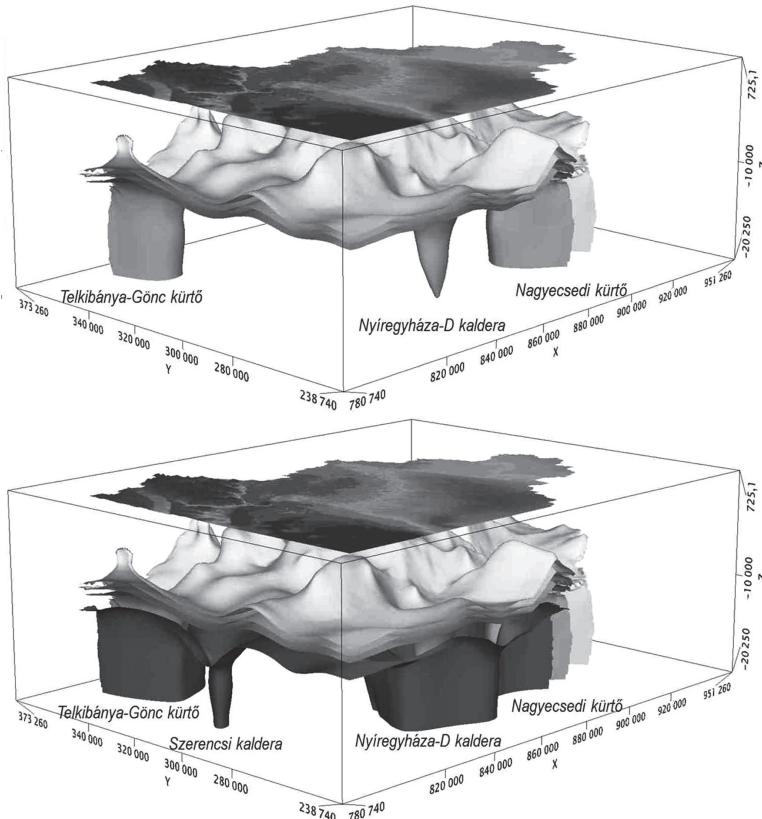


11. ábra. Vulkáni kúrtók, kalderák a Nyírség és Tokaji-hegység területén a különböző relatív sűrűségfelületek alapján

a térképek spektrális szűrése után különböző mélységekre kapott szűrt értékeket is leválogatjuk és megjelenítjük (9. ábra, közepen). Ezeken a görbéken erőteljesen látszik az eltérő térfogatok (eltérő tömegek) hatása, amitől a görbék normalálásával szabadulhatunk meg (9. ábra, lent), szabályozott módon megőrizve azok lefutását, azonos szintre felerősítve az amplitúdókat. Mindegyik görbéhez (paraméterértékhez) mélységet tudunk hozzárendelni, ami lehetővé teszi a mélységbeli eloszlás vizsgálatát (Kiss–Vértesy, 2020).

A kapott adatrendszerhez hozzáadva a spektrális mélységet egy háromdimenziós rács mentén megkapjuk a relatív sűrűségeloszlást. Háromdimenziós interpolálás segítségével meghatározhatjuk a relatív sűrűség mélységmenetét, ami az azonos szinten bekövetkező változásokat emeli ki.

Egy dolgot nem vesz figyelembe ez az eljárás: a diagenézisből (tömörödésből) származó sűrűségrendet, amit nekünk kell utólag beépítenünk, a mélyfúrás-geofizikai adatokból ismert tömörödési összefüggések alapján (például



11. ábra. folytatása
(a szerző szerkesztése)

Szabó–Páncsics, 1999; Mészáros–Zilahi-Sebess, 2001). A sűrűségmenetet és a sűrűségtrendet összeadva megkapjuk a relatív sűrűség mélységmetszetét. Ez sem valódi sűrűségzselvény lesz, de ahhoz nagyon közel áll, és mélységben mutatja a földtani képződmények sűrűségének változási tendenciáját. Ugyanez három dimenzióban is elvégezhető, mivel a spektrális szűrések térképi adatokon történtek, és mindegyik térképhez mélységet tudunk hozzárendelni.

Ha a kapott frekvenciaszűrt, normált gravitációs térképi adatokat kiegészítjük a mélyfúrás-geofizika alapján meghatározott, sűrűségtrendből kapott értékekkel, akkor a valós sűrűségeloszlásnak nagyságrendileg megfelelő relatív sűrűségértékeket kapunk négy különböző mélységszintre. Ez az adatsor lesz a háromdimenziós interpolálás alaprendszere, amit a felszíni domborzat sűrűségértékével kipótolva öt mélységszintre lesznek relatív paramétereink. Az adatrendszer interpolálása után előáll a relatív sűrűség háromdimenziós térrácsa (10. ábra).

A relatív sűrűség térrácsának különböző értékei mentén megjelenített felszínfelületek (szintek) a Nyírségben (Kiss, 2022) érdekes formájúak. A negatív formák földtanilag szinte rögtön értelmezhető kitöréses (kirobbanásos) vulkánmorfológiát mutatnak, azaz magmás tevékenységből származó kitörési kürtőszerű vagy kirobbanásos kalderaszerű felületeket tudunk azonosítani a háromdimenziós térben, a kristályos kőzetek mélységtartományában (11. ábra).

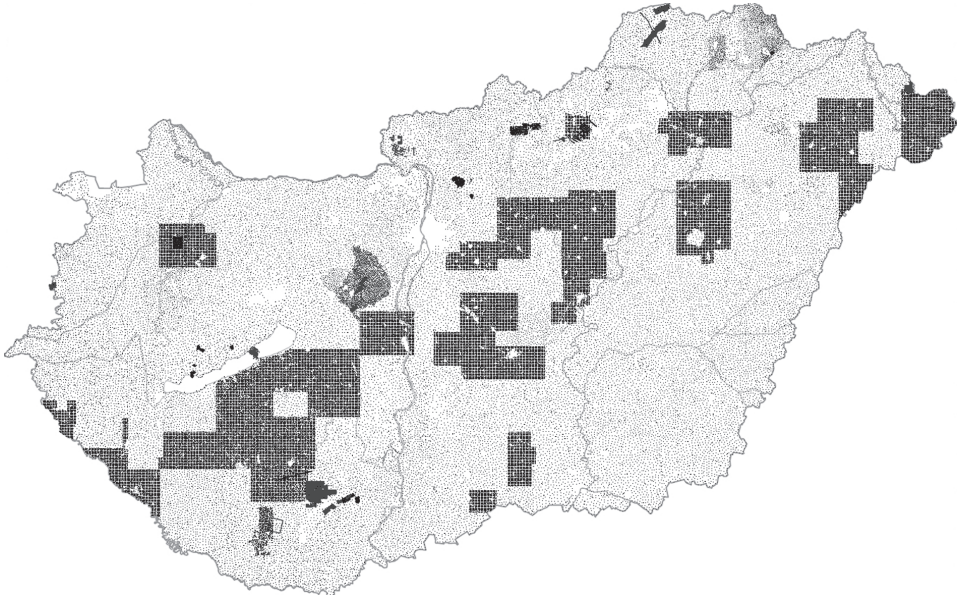
A vulkánmorfológia először – a nagyobb sűrűségértéknél – csak szűk, kürtőszerű formaként jelentkezik, majd kitágul, néha izometrikusan, de néha szerkezeti vonalak mentén, hasadékszerűen.

MÁGNESES MÉRÉSEK

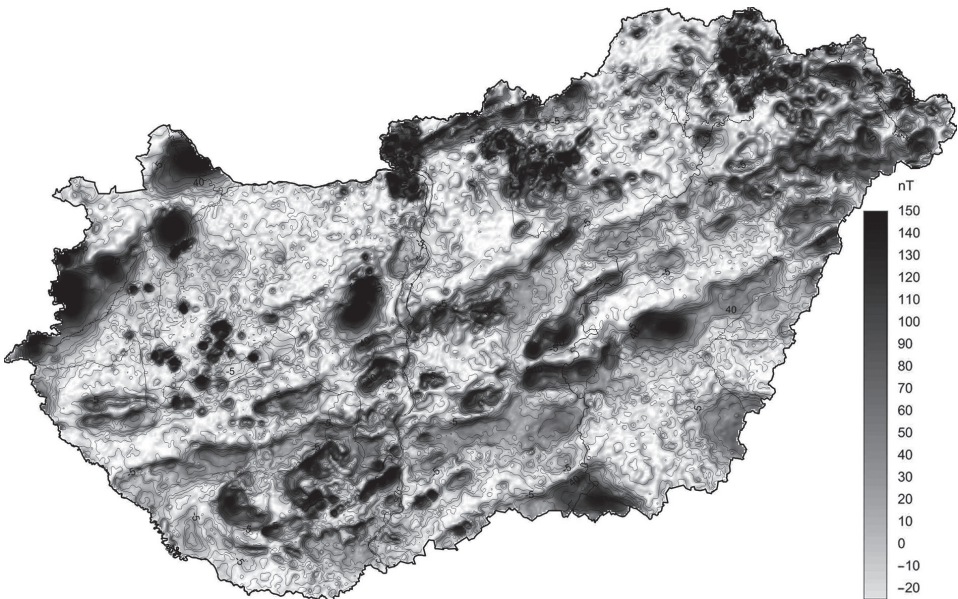
Az 1950–1960-as években optika-mechanikus és fluxuskapu ΔZ magnetométerrel az egész országot felmérték 1500 m ponttávolsággal. Később több nyersanyagra (ércre és hasadóanyagra) perspektivikus területen történtek sűrítő, részletező mérések. Az 1970-es és az 1990-es években az OKGT (Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt, jogutódja a Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt., MOL), a kutatási területein kiegészítette a szabályos hálózatu gravitációs méréseket modernebb protonprecessziós magnetométerrel végzett ΔT mérésekkel (12. ábra).

A tömegvonzás, a gravitáció mindig gyenge és vonzó kölcsönhatás. Ezzel szemben a mágnesség erősebb kölcsönhatás, amely vonzó és taszító is lehet. Ebből adódóan egy egyszerű mágneses test felett lehet negatív vagy pozitív mágneses anomália, illetve ezek kombinációja, akár három extrémummal, a mágneses dipólus jellegétől (a mágnesezettségi vektor irányától) függően (13. ábra).

Ezt az anomáliateret (térképet) valahogyan egyszerűsíteni kell a felhasználás előtt. Erre a mágneses változékonyság mérőszáma a legalkalmasabb, azaz a területegységre eső szórás értéke. Mivel a mágnesezettség, a geometria és a mélység



12. ábra. Magyarország mágneses felmértése
(a szerző szerkesztése)



13. ábra. Mágnesesanómia-térkép
(a szerző szerkesztése)

is változik, mindez ismeretlen módon, ezért a változékonyság a leghasználhatóbb paraméter a testek (mágneses hatók) helyzetének kimutatására.

A mágneses szelvény mentén a gravitációhoz hasonlóan, de a változékonysági paraméterek alapján elvégzett feldolgozások az azonos szinten megjelenő mágnesezettségi kontrasztokat emelik ki (Kiss–Vértesy, 2020), csökkentve a térfogati eltérések hatását.

A mágneses adatokból képzett relatív mágnesezettségi térrács is változatos (Kiss, 2022). Mágneses adatokból kétféle is rendelkezésre áll, a ritkább földi mérések (~1500 m ponttávolság) és a sűrűbb (~500 m kvázihálózatú), de nem teljes fedettségű légi mágneses mérési adatok.

A földi ritkább adatok alapján a nagyobb bázisos, intermedier magmás kőzetek tömzsős előfordulásait (intrúziók, batolitok, szubvulkánok) lehet azonosítani, míg a sűrűbb légi mágneses mérési adatok alapján a kisebb testek (lávatarakok, lávafosztlányok, hasadékvulkánok, lakkolitok stb.) is azonosíthatók.

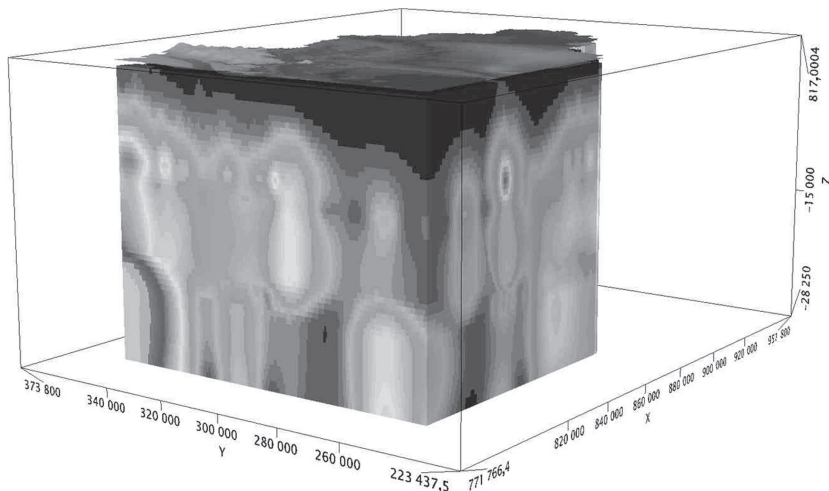
A ritkább, földi mérésekből kapott robusztus mágnesezettségi maximumokat mutatja a 14. ábra, amelyek egyértelműen kapcsolódnak a felszínről ismert vagy más mérési adatokból feltételezett vulkán szerkezetekhez (15. ábra).

- 1) Tokaji-hegység: Regéc–Erdőbénye kitörési központ
- 2) Tokaji-hegység: Telkibánya kitörési központ
- 3) Kisvárdai eltemetett kitörési központ
- 4) Nyíregyháza-D kitörési központ
- 5) Nagyecsedi kitörési központ
- 6) Bodrogi közhasadékvulkán

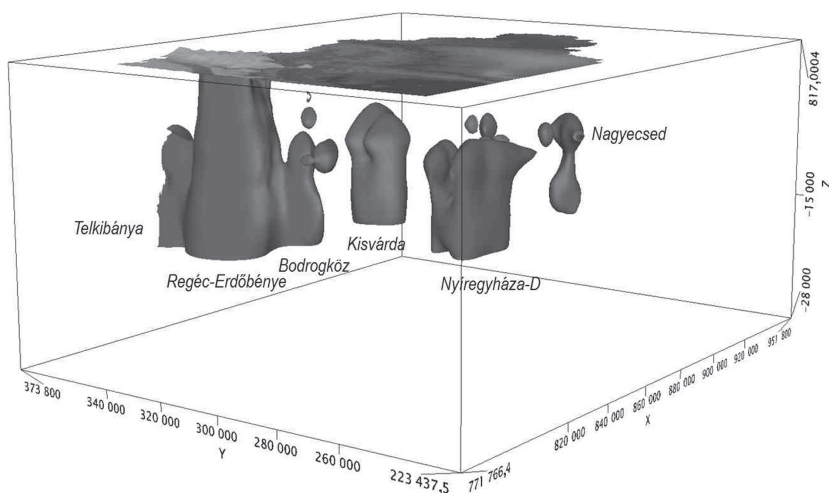
UTÓSZÓ

Ez a tanulmány korántsem teljes, mert az összes feldolgozási eljárás bemutatásához hosszabb cikk megírására lenne szükség. A mérések, adatok és feldolgozások jelentős része nyomon követhető a *Magyar Geofizika* hasábjain, többsége elérhető az MTA Könyvtárának REAL- (Repository of the Academy's Library) adatbázisában, illetve a *Magyar Tudományos Művek Tárában* (MTMT).

Bemutattuk az ország gravitációs és mágneses felmértését, miközben az adatok napjainkban már a Föld egészére is rendelkezésre állnak, köszönhetően a földi mérések mellett a légi, tengeri és a műholdas geofizikai méréseknek. Ezek az adatok megteremtik annak lehetőségét, hogy a Föld nem kellően ismert mélybeli felépítését tanulmányozzuk, és földtani képződményeket azonosítsunk nagyobb, ember által már nem vagy csak nehezen elérhető mélységtartományokban is. Eötvös Loránd hagyatéka – adott esetben a geofizika – él, és alkalmazkodva a lehetőségekhez egyre több információt szolgáltat Földünk belső felépítéséről, földtani környezetünkről.



14. ábra. A mágnesezettség háromdimenziós térrácsa
(a szerző szerkesztése)



15. ábra. Eltemetett intrúziók, szubvulkánok a Nyírségben és felszíni vulkanitok
a Tokaji-hegységben
(a szerző szerkesztése)

IRODALOM

- Böckh Hugó (1917): Brachyantiklinálisok és dómok kimutatása a torziós mérleggel végzett nehézségi mérések adatai alapján. *Bányászati és Kohászati Lapok*, Budapest 50, 1, 9, 265–273.
- Eötvös Roland [Loránd] (1909): *Sur les travaux géodésiques exécutés en Hongrie spécialement à l'aide de la balance de torsion. Rapport présenté à la XVI-ième Conférence Générale de L'Association Géodésique Internationale*. Budapest: Viktor Hornyánszky, http://real-eod.mtak.hu/7924/1/AsFt_Qu_142_001037107.pdf
- Kiss János (2018): Gravitációs, mágneses és légi geofizikai adatbázisok. *Magyar Geofizika*, 59, 3, 129–148. http://real.mtak.hu/89999/7/KissJ_MaGeof_2018_3.pdf
- Kiss János (2022): Relatív térbeli fizikai paraméter-eloszlások a Nyírség és a Tokaji-hegység területén, Eltemetett vulkánmorfológiai elemek kimutatása gravitációs és mágneses mérési adatok alapján. *Magyar Geofizika*, 63, 1, 45–61. http://real.mtak.hu/144520/1/MaGeof_63_2022_1_KJ.pdf
- Kiss János – Vértessy László (2020): A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek. *Magyar Geofizika*, 61, 1, 8–18. http://real.mtak.hu/111673/1/KJ_VL_MaGeof_61_2020_1.pdf
- Mészáros Ferenc – Zilahi-Sebess László (2001): Compaction of the Sediments with Great Thickness in the Pannonian Basin. *Geophysical Transactions*, 44, 1, 21–48. https://epa.oszk.hu/02900/02941/00095/pdf/EPA02941_geofizikai_kozlemenyek_2001_44_1_021-048.pdf
- Polcz Iván (szerk.) (2003): *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I. (1907–1964)*. Budapest: Tonyo-gráf Nomdai és Grafikai Stúdió, ISBN 2310002550891, <http://real.mtak.hu/49747/>
- Szabó Zoltán (1999): Az Eötvös-inga históriája. *Magyar Geofizika*, 40, 1, 26–38. https://epa.oszk.hu/03400/03436/00164/pdf/EPA03436_magyar_geofizika_1999_01_026-038.pdf
- Szabó Zoltán – Páncsics Zoltán (1999): Rock Densities in the Pannonian Basin – Hungary. *Geophysical Transactions*, 42, 1–2, 5–27. http://epa.niif.hu/02900/02941/00090/pdf/EPA02941_geofizikai_kozlemenyek_1999_42_1-2_005-028.pdf