

Eötvös Loránd és a Föld alakja¹

(Az Internationale Erdmessung budapesti kongresszusának 100. évfordulójára)

SZABÓ ZOLTÁN²

Z. SZABÓ: Lorand Eötvös and the figure of the Earth

Gravitációs kutatásainak kezdetén EÖTVÖS Lorándot a Föld alakjának kérdése izgatta. Az elméleti földalak — a geoid — per definitionem a nyugalomban lévő tengerszinttel azonos, melyet a kontinensek területére is extrapolálnak. Miután a nyugalomban lévő vízfelület alakját a Föld nehézségi erőtere határozza meg, a földalak meghatározása visszavezethető a Föld nehézségi erőterének vizsgálatára. EÖTVÖS torziós ingájának kifejlesztésekor éppen az a cél vezette, hogy műszerének segítségével nagy pontossággal meghatározza a nehézségi erőter szintfelületének változásait.

Hogy a nehézségi erő meghatározásának kérdése mennyire időszerű volt a XIX. század második felében, arra bizonyíték, hogy a Királyi Magyar Természettudományi Társulat 1878. május 15-én tartott XII. választmányi ülésén, melyen az illetékes szakbizottságok jelentései alapján megvitatták a soros pályázatok kérdését, tárgyalták EÖTVÖS gravitációs mérésekre vonatkozó javaslatát is. Megállapították, hogy: „...*hazánkban a gravitációra nézve még egyetlen adatunk sincs, úgy hogy az oktatásnál is mindig külföldi mérésekre kell hivatkoznunk. Ezért az ajánlattevő báró Eötvös Loránd egyetemi tanár úr felkérendő volna, fordítsa figyelmét egyelőre csak Budapesten, majd az Alföldön és a Szepesi Kárpátokban a nehézségi gyorsulás megállapítására.*” A téma megvalósítására 800 forintot tűzött ki a bizottság. A választmány a szakbizottsági ajánlást jóváhagyta és a 800 forintos díj odaítélése mellett megbízta EÖTVÖSöt a szükséges vizsgálatok elvégzésével. 1879-ben 400 forintot előlegként ki is utaltak, de ezt további 100 forinttal megtoldva, 1880-ban EÖTVÖS megfelelő, mérésre alkalmas műszerek és helyiségek hiányára hivatkozva visszafizette.

EÖTVÖS azonban nem hagyta nyugodni a Természettudományi Társulat pályázatának kudarca, figyelme az 1880-as évek második felében egyre inkább a gravitáció és a Föld alakjának vizsgálata felé fordult. Elméleti vizsgálatai során kimutatta, hogy a Coulumb-féle inga a nehézségi erőter potenciálfelületének alakváltozásaira érzékeny. Az ingát magára hagyván az kijelöli a rajta áthaladó potenciálfelület legkisebb görbületének irányát. Ezen túlmenően három azimutban történő méréssel meghatározható a felület gömbalaktól való eltéréseinek nagysága. Elméleti vizsgálatait követően 1891-ben SÜSS Nándor közreműködésével elkészítette az általa görbületi variométernek nevezett eszközt, majd a horizontális variométert a tulajdonképpeni Eötvös-ingát, mely a görbületi adatokon kívül a nehézségi erő horizontális irányú változásának mérésére is alkalmas.

Nézzük meg kissé közelebről a görbületi adatok fizikai és geodéziai jelentőségét. Görbe felületeknél kijelölhetünk két egymásra merőleges irányt, melyek közül az egyikben a legnagyobb, a másikban a legkisebb a felület görbülete. Ezeket a görbületeket főgörbületnek nevezzük. Vizsgáljunk meg két szélső esetet: gömb alakú szintfelület esetén a két főgörbületi sugár értéke egyenlő, következőképpen a görbületi eltérés értéke zérus; henger alakú szintfelület esetén a tengely irányába eső főgörbületi sugár értéke végtelen, tehát a főgörbület értéke zérus. A másik, a henger tengelyére merőleges görbületi sugár a legkisebb, tehát a görbület a legnagyobb. A torziós inga segítségével a szintfelület görbületi eltérése határozható meg, melyet a geofizikában röviden görbületnek nevezünk. Ez egy vektormennyiség, amelynek nagysága szemléletesen azt fejezi ki, hogy az észlelés helyén mennyire tér el a szintfelület alakja a gömbtől, irányja pedig a legkisebb görbület irányába mutat.

EÖTVÖS ingájával először 1900-ban lépett a nemzetközi tudományos élet nagy nyilvánossága elé, amikor a párizsi nemzetközi fizikus kongresszuson ismertette a műszer elméletét, felépítését, működési elvét és beszámolt addigi mérési eredményeiről. Beszámolóját bizonyos kételkedéssel fogadták, különösen terepi méréseinek megbízhatóságát illetően. Kétségtelen, hogy abban az időben még kevés mérési adat állt rendelkezésére, mivel terepen végzett méréseinek száma nem haladta meg a tizet [EÖTVÖS 1900].

Nagyobb, összefüggő területek felmérése 1901 januárjában kezdődött a Balaton jegén. A mérési eredmények értelmezése során már felvetődött az eredmények földtani célú hasznosítása is. A Föld alakjának vizsgálata azonban továbbra is központi helyet foglalt el érdeklődésében.

Hogy mennyire élénken foglalkoztatta EÖTVÖSöt a Föld alakjának kérdése, arra kiváló példa akadémiai elnöki megnyitó beszéde, melyet negyedik újraválasztása alkalmából az Akadémia 1901. május 12-én tartott közgyűlésén tartott, melyből álljon itt néhány, rá jellemző költői megfogalmazású idézet [EÖTVÖS 1901]:

„*Engedje meg azonban a tisztelt gyülekezet, hogy ma némileg eltérjek a szokástól ...s most nem a szónoklat, hanem az előadás hangján más valamiről, egy elvont tudományos kérdéstről beszélhessek...A Föld alakjának kérdése ez...*

A tenger vizei, ha egyszer igazán és maradandólag megnyugodnának, felszínükön hű képét adnák ezen alak nagyobb részének; míg ennek folytatását a szárazföldek területén csak sokkal elvontabb okoskodással tudjuk képzeletünk elé állítani. Határozott fogalmat róla csak úgy szerezhethetünk, ha az alakító erőre, a nehézségre fordítjuk figyelmünket...

A nyugvó tengerek meghatározta földalakat, vagy amint a tudós nevezi, a geoidot oly módon terjesztjük ki gondola-

¹ Beérkezett: 2006. április 24-én

² Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

tunkban a szárazföldek területére, hogy egyes részeit a tengerrel csatornákon át összekötött vízmedencék által megvalósítva képzeljük.

Már az eddigi mondottakból is felismerhetjük a nehézségek egy részét, melyek a geoid alakjának meghatározásánál föllépnek. Reá vonatkozó méréseinket nem magán a meghatározandó felületen, hanem azon kívül, rendszeren más magasságban a szárazföldnek sokszor girbe-görbe felületén kell végeznünk. De bepillantunk a mondottak alapján abba a belső kapcsolatba is, melyben a Föld alakja a nehézséggel mint alakító erővel áll.

Nem egyszerre, csak évezredes próbálgatás és sok tévedés után jutott el az emberi elme ehhez a belátáshoz...

Ezt követően részletesen ismertette a Föld alakjának és méreteinek meghatározására vonatkozó évezredes elképzeléseket és eredményeket, majd így folytatta:

„Newton korszakában s a reá következő században még csak az volt a kutatás tárgya: lapult-e a Föld, és mekkora a lapultsága? Ma, amikor a legmegbízhatóbb fokmérések eredményeinek egybevetése kétségtelen bizonyossággal megmutatta, hogy a különböző meridián-vonalak görbülete nem egyenlő, tehát a Föld nem szigorúan forgási test: minden egyes meridián-ív megmérése különös érdeket nyer...

De ez a geodézia eddigéig használt módszereivel, a fokméréssel, a függő-ön irányának és az inga lengésének megfigyelésével még nem ad teljes megoldást... de, hogy milyen a nehézség szülte felszín, milyen alakú a vizek szintje ott, ahol állunk, és közvetlenül körülöttünk, merre és mennyivel változik rajta a nehézség: minderre eddig használt eszközeivel megfelelni nem tud.

Ezt próbáltam meg én. A középkor előítéleteinek és csodaszereinek lomtarából előkerestem a varázsvesszőt, s azt nem imádsággal, nem is ördögösséggel, hanem a vesszőhöz, melyről a varázs az idők folyamán amúgy is lekopott, jobban illő mechanikai érvelésekkel arra bírtam, hogy feleletet adjon.

Egyszerű egyenes vessző az az eszköz, melyet én használtam, végein különösen megterhelve és fémtokba zárva, hogy ne zavarja se a levegő háborgása, se a hideg és meleg változása. E vesszőre minden tömeg a közelben és a távolban kifejti irányító hatását, de a drót, melyre fel van függesztve, e hatásnak ellenáll és ellenállva megcsavarodik, e csavarodásával a reá ható erőknél biztos mértéket adván. A Coulomb-féle mérleg különös alakban, annyi az egész. Egyszerű, mint Hamlet fuvolája, csak játszani kell tudni rajta, és miként abból a zenész gyönyörködhető változásokat tud kicsalni, úgy ebből a fizikus, a maga nem kisebb gyönyörűségére, kiolvashatja a nehézségnek legfinomabb változásait. Eljárásommal bármely helyen, ahol eszközömet felállíthatom, meg tudom határozni azt, hogy merre, és centiméterenként mennyivel változik a nehézség, azt is, hogy mennyivel hajlik el iránya, mikor magasabbra emelkedünk, és megállapíthatom, milyen az alakja a földfelület bár csak tenyéri nagyságú részének.”

EÖTVÖS kezdeti méréseinek feldolgozása során behatóan foglalkozott azzal a kérdéssel, hogyan lehet a torziósingával kapott mérési adatokból levezetni a nehézségi erőter szintfelületének alakját. Erre a függővonal-elhajlás meghatározásán keresztül vezetett az út. Függővonal-elhajlás alatt azt a szöveget értjük, amelyet a valódi nehézségi erőter egy P ponton átmenő szintfelületének normálisa az

elméleti nehézségi erőter szintfelületi normálisával bezár. A függővonal-elhajlás értékét $E-D$ -i és $K-Ny$ -i komponensre szokás bontani. EÖTVÖS vizsgálatai során arra a megállapításra jutott, hogy a torziós inga mérési adataiból kiszámítható görbületi komponensek alkalmasak arra, hogy segítségükkel meghatározzuk két pont között a függővonal-elhajlás változásának mértékét.

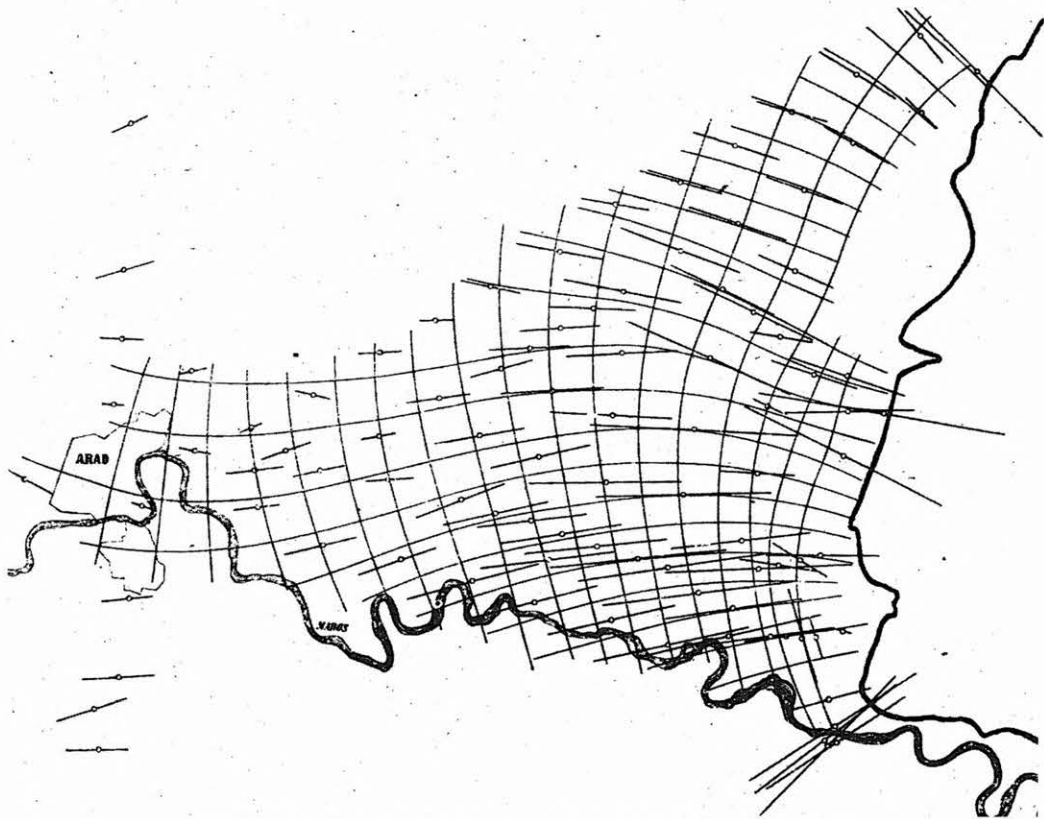
Az Arad környéki részletes mérések alkalmasnak bizonyultak a függővonal-elhajlás számítására [EÖTVÖS 1906]. Mivel a görbületi adatokból csak relatív változások vezethetők le, szükség volt olyan alappontokra, melyeken ismert a függővonal-elhajlás értéke. Ezért EÖTVÖS megbízta OLTAY Károlyt, hogy asztrogeodéziai módszerrel határozza meg a mérési terület néhány pontján annak értékét. OLTAY ezt követően a terület 7 pontján meghatározta a függővonal-elhajlás északi és 2 pontján pedig annak keleti komponensét. EÖTVÖS ezután ezeket az értékeket alappontként felhasználva a görbületi adatok segítségével a mérési terület valamennyi állomására levezette a függővonal-elhajlás értékét, és ezen adatok felhasználásával megszerkesztette a nehézségi erőter szintfelületének térképét (1. és 2. ábra). A térképen jól látható az Arad környéki hegyek okozta deformáció. A topográfia hatásának figyelembe vétele (a 3. ábrán szaggatott vonallal ábrázolva) azonban nem bizonyult elegendőnek a kapott eltérések magyarázatára. A különbség okát az EÖTVÖS által szerkesztett, az ábra alsó részén feltüntetett földtani szelvény magyarázhatja.

1906. szeptember 20–28. között Budapesten tartotta XV. konferenciáját az Internationale Erdmessung (a konferencia résztvevőiről készült csoportképet lapunk következő számában közöljük — a szerk.). Ez kiváló lehetőséget biztosított EÖTVÖS számára, hogy a téma legjobb szakemberei előtt ismertesse a földalakkal kapcsolatos legújabb kutatási eredményeit. A konferenciát gróf APPONYI Albert kultuszminiszter nyitotta meg, berzeviczei és kakaslomniczi BERZEVICZY Albertnek, a Magyar Tudományos Akadémia elnökének jelenlétében.

EÖTVÖS előadására az Akadémia nagytermében került sor, az ülésen a francia M. L. BASSOT generális elnökölt. EÖTVÖS feszült figyelem közepette emelkedett szólásra. Előadását francia nyelven kezdte, majd németül folytatta, mivel ebben lényegesen járatosabb volt. Az Arad környéki mérésekre alapozott előadását szemmel láthatólag egyre fokozódó érdeklődés, sőt csodálkozás kísérte. Midőn előadását befejezte, az elnök felkérésére a németül nem jól értő résztvevők kedvéért az egészet még egyszer, francia nyelven is meg kellett ismételnie. A hallgatóság F. R. HELMERTtel, a porosz Királyi Geodéziai Intézet nemzetközi elismertségnek örvendő igazgatójával az élen, csodálattal vegyes kétkedéssel hallgatta a nagypontosságú mérésekről szóló beszámolót. Másnap az értekezlet résztvevői — köztük H. POINCARÉ, a francia Akadémia elnöke, a „matematikusok fejedelme” — az egyetemi fizikai intézetben megtekintették a műszereket. EÖTVÖS, megragadván az alkalmat, a hét végére meghívta a társaságot Aradra, hogy a helyszínen győződjenek meg terepi méréseinek pontosságáról és megbízhatóságáról [SELÉNYI 1953].

EÖTVÖS nagy gondnal készítette elő a konferencia delegátusainak terepi látogatását. Az alábbi levéllel fordult kipróbált munkatársához, PEKÁR Dezsőhöz, a terepi mérések irányítójához [PEKÁR 1941]:

Werte und Richtungen der Größe $R = \frac{g}{\rho \cdot r}$
und Hauptkrümmungslinien im Crader-
Gebiet.



I. ábra. A görbületi adatok eloszlása Arad környékén [EÖTVÖS 1906 nyomán]

„Kedves Doktor úr!

A nemzetközi földmérő szövetség néhány tagja csakugyan lejön Aradra, hogy munkálataink menetét megtekintse. Ehhez képest kérem hurcolkodjanak már csütörtökön Arad közelébe. ... Szombatra azután kérem keressen egy Aradról lehetőleg rövid és jó úton elérhető állomást, s ott a kocsikkal álljanak fel úgy, hogy mikor a vasúton fél egykor érkező társaság, talán egy rövid reggeli után oda ér, a sátor és eszköz felállításával azonnal kezdetét vehesse. ... Szóval a társaságnak műveleteinket azon pillanattól kezdve kell bemutatni, mikor a kocsik az új állomásra érkeztek. A lovak is be legyenek fogva. ... Jó lesz, ha kegyed elénk jön az indóházba. A társaság meg fogja nézni a megnézendőket, azután vacsorál Aradon, s megy vissza, vagy ott alszik. ... Az ügynek illetően elintézése nekünk egy-két nap veszteséget jelent, s ez szomorú, mert rövid az idő, de e veszteséget ellensúlyozza a nyereség, mely abból ered, hogy kellő helyen érdeklődést keltünk. ... Kérem nyugtasson meg táviratban, hogy e levelet megkapta. A viszontlátás örömeiben üdvözli igaz barátja
Budapest, 1906. Sept. 24.

Eötvös Loránd”

A 10 tagú delegáció Sir George H. DARWIN (Charles DARWIN fia) vezetésével valóban megtekintette a terepi méréseket. A látottak minden kétkedőt meggyőztek. A látogatás sikerét csak növelte a Fehér Kereszt szállodában rendezett kitűnő vacsora. Budapestre visszatérve a kongresszus, DARWIN javaslatára, hivatkozással a torziósinga kísérletek nagy tudományos jelentőségére, kéréssel fordult a magyar kormányhoz, hogy anyagilag támogassa Eötvös gravitációs kísérleteit. A kormány megértéssel fogadta a külföldi kutatók javaslatát. A kongresszusi beadvány hatására APPONYI Albert vallás- és közoktatásügyi miniszter az alábbi levelet intézte EÖTVÖSHöz:

„Nagyméltóságú Bátor Úr!

A Nemzetközi Földmérési Szövetség f. év szept. havában Budapesten lefolyt XV. Általános értekezletének tárgyalásaiból, jelesül a szept. 28-iki ülésben hozott határozati javaslatból értesülök arról, hogy a Szövetség kívánatosnak tartja a magyar kormány hathatós támogatását azoknak a vizsgálatoknak nagyobb mérvű kiterjesztésére, melyek a Nagyméltóságod által szerkesztett csavarási inga felhasználásával a földkéreg elhelyezkedésére vonatkozó kérdéseknek, s az ezzel kapcsolatos geológiai kérdéseknek

Lothstörungen und Linien gleicher Potentialstörung

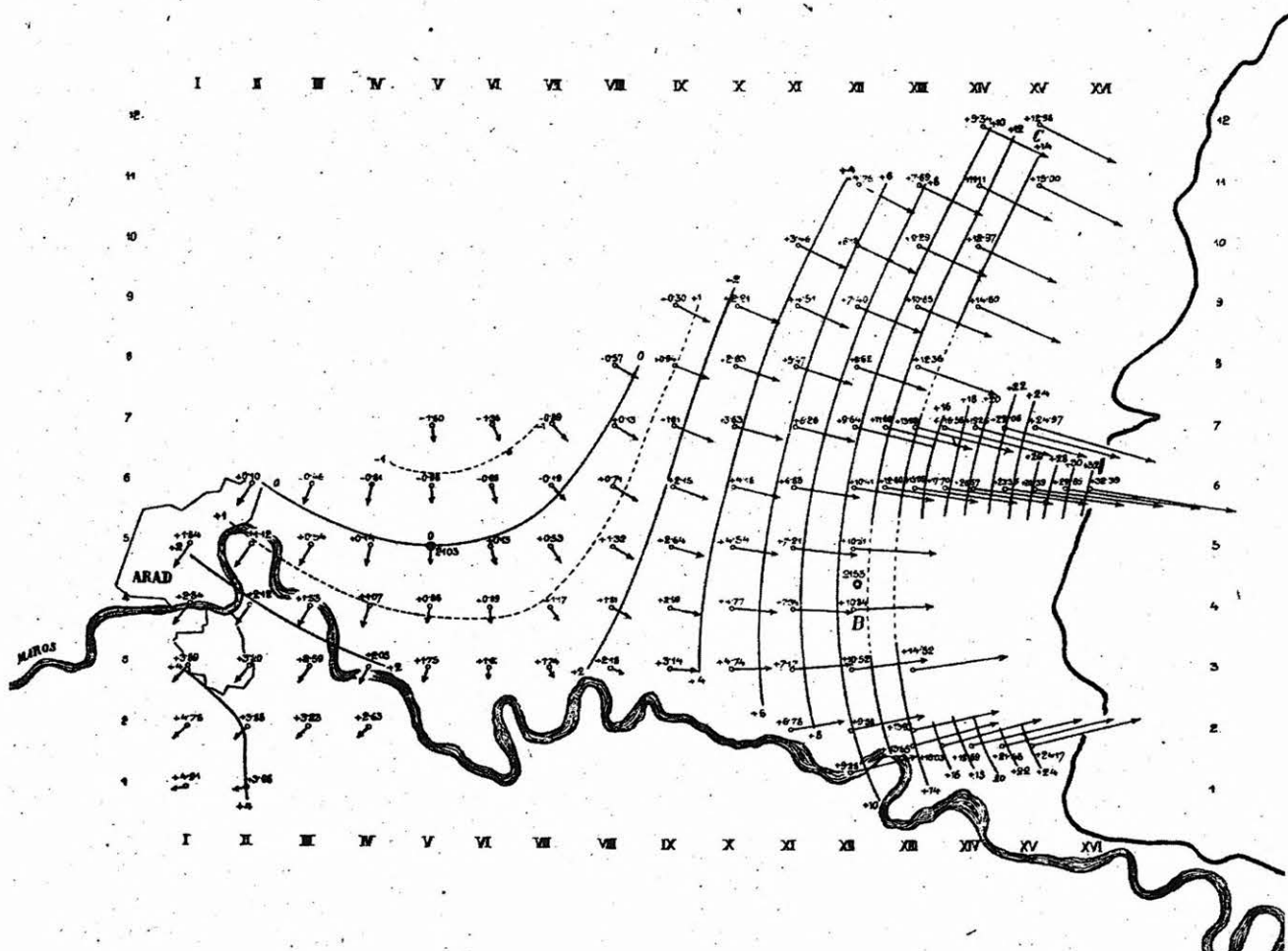
entsprechend der Annahme $\left(\frac{\partial u}{\partial \xi}\right)_B - \left(\frac{\partial u}{\partial \xi}\right)_C = 3 \text{ Sekunden.}$

Kilometer

Maßstab der Erhöhe $\left(\frac{\partial u}{\partial \sigma}\right) \cdot 10^3 \text{ C.G.S.}$

Maßstab der Lothstörung 10^3 Sekunden.

Werte der Potentialstörung in Einheiten der Ordnung 10^3 C.G.S.



2. ábra. A függővonal-elhajlás értékei és a potenciálfelület izovonalai Arad környékén [EÖTVÖS 1906 nyomán]

megoldását célozzák, a mely módszert ugyanis a Szövetség e kérdések megoldására kiválóan alkalmasnak találta.

Tekintve azt a tudományos fontosságot, mely a magyar tudományosság ez újabb, a külföld élénk érdeklődésével találkozó termékéhez fűződik, de figyelemmel a gyakorlati fontosságra is, melyet ez ügynek a földkéreg eloszlásának megismerése folytán nemzetgazdasági szempontból tulajdonítanunk kell: készséggel engedek a nemzetközi óhaj nyilvánulásának, s őszinte örömmel teszem magamévá, hogy az ez irányban teendő kezdeményező lépések kormányhatósági megfontolás tárgyává tétessenek.

Tiszteletteljesen kérem Nagyméltóságodat, méltóztassék szíves tájékozódást nyújtani arra nézve, mily szerep várna az államra ennek az actionnak felkarolásában.

Fogadja Nagyméltóságod őszinte tiszteletem nyilvánítását.

Budapest, 1906. október hó 22-én

Apponyi sk"

EÖTVÖS a miniszteri felkérésre részletes tájékoztatást nyújtott további kutatási terveiről, a beszerzendő új műszerekről és expedíciós felszerelésről, valamint ezek költségeiről. A kultuszminister 1907. május 15-én kelt 28762/907 sz. rendeletében örömmel tudatja, hogy a „...Nagyméltóságod által felhozottak fontosságának tudatában, s figyelemmel a külföld megtisztelő óhaj nyilvánulására is, a minisztertanács készséggel hozzájárult ahhoz, hogy Nagyméltóságod részére, a folyó 1907 évre, említett vizsgálódásai támogatásául 60 000 azaz hatvanezer korona állam-

segély engedélyeztessék. – A pénzügyminiszter úrral pedig egyetértőleg és közösen gondoskodtam aziránt, hogy a jövő 1908 és 1909 évekre ugyancsak évi 60 000 azaz hatvanezer korona a mondott célra államköltségvetésileg előirányoztassék...

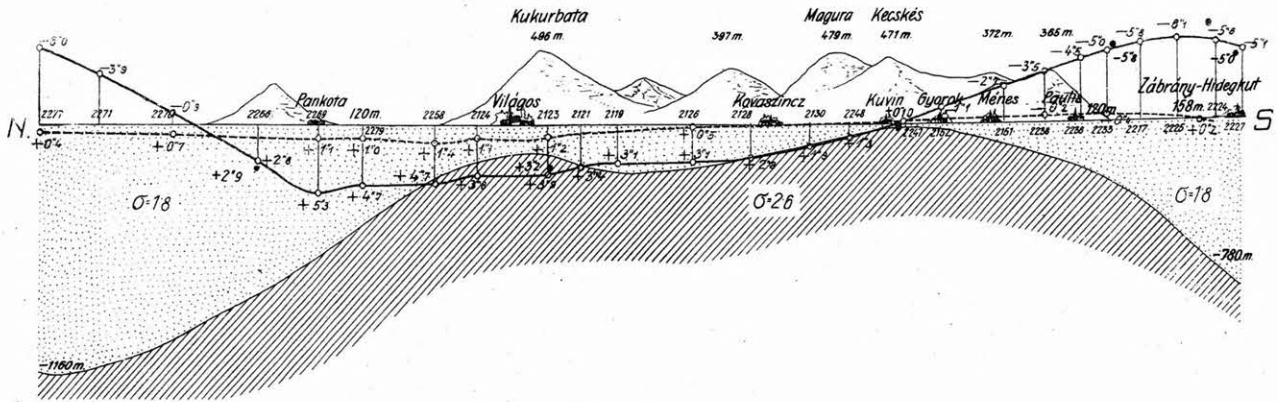
Végül van szerencsém Nagyméltóságodat tiszteletteljesen felkérni, hogy vállalkozásának tudományos eredményéről majdan nekem is beszámolni, s arra is módot találni méltóztassék, hogy arról a külföld illetékes körei is kellő tájékoztatást nyerjenek. Óhajtom s remélem, hogy Nagy-

méltóságod eme munkásságával a magyar tudományosságának örök dicsőséget arat. ...”

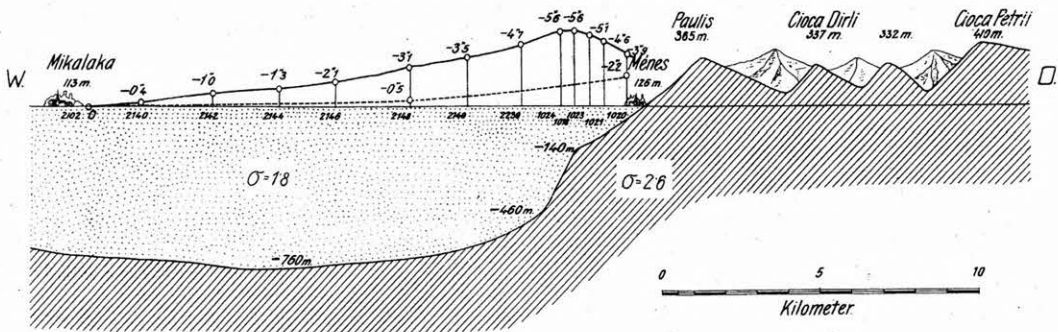
A kiutalt államsegély nagyságára következtethetünk abból, hogy EÖTVÖS Fizikai Intézetének akkori évi költségkerete csupán 4000 korona volt. „Az államsegélyt olyan kötelezettséggel adta a Kormány, hogy az ebből létesített beszerzések összegei és tárgyai külön leltározatassanak; és így meg volt vetve az alapja a később, báró Eötvös Loránd halála után létesült, az ő nevét viselő geofizikai intézetnek” [FRÖHLICH 1930].

KARTE
Zn VIII. 78

Lotabweichungen nach Norden längs des Meridians 39°15' östlich von Ferro.



Lotabweichungen nach Osten längs des Breitenkreises von Ménés ($\varphi = 46^{\circ}8'$).



3. ábra. É–D és Ny–K irányú szelvény Arad környékéről [EÖTVÖS 1909 nyomán]

A történet utóéletéhez tartozik, hogy DARWIN, az Akadémia Nemzetközi Szövetségének 1907. május 26 és június 2 között Bécsben tartott III. nagygyűlésén tartott beszámolójában különös fontosságot tulajdonított EÖTVÖS Loránd sikeres tevékenységének. E beszámoló kapcsán a természettudományi szekció, majd a plenáris ülés óriási lelkesedéssel és ovációval fogadta a magyar delegátus, THAN Károly azon közlését, hogy a közoktatásügyi és pénzügyi miniszterek kezdeményezésére a magyar királyi kormány báró EÖTVÖS eredményes kutatásai folytatásának lehetővé tételére tetemes anyagi eszközöket rendelt. E közlést a plenáris ülés azon egyhangú határozata kísérte, hogy az Akadémia Nemzetközi Szövetsége a magyar kormánynak a tudomány érdekében tanúsított ezen tényéért hálás elismerését juttassa kifejezésre.

G. H. DARWIN 1909. február 26-án EÖTVÖShöz intézett levelében — bizonyos korábbi határozatokra utalva — rövid áttekintést kér EÖTVÖStől az 1906-os budapesti kon-

ferenciát követő időszakban végzett kutatásairól, anélkül, hogy EÖTVÖS egy ilyen jelentés benyújtására köteles lett volna. Úgy véli, hogy egy nem formális jelentés, hanem inkább tájékoztatás, egy hozzá intézett magánlevél formájában is elegendő volna. EÖTVÖS válaszelevelében többek között a következőket írta: „Ennek a tudományos testületnek a kezdeményezésére és különösen az ön személyes támogatásának köszönhetem, hogy a Magyar Kormány — és nem talán valami Bizottságnak — három évre évi 60.000 Koronányi összeget engedélyezett azzal a rendeltetéssel, hogy a torziós ingával végzett munkálataim folytatására és tökéletesítésére fordítassék ez az összeg. Azt a reményt táplálom, hogy ezt az állami támogatást a jövőben is megszerezhetem és ezt egy egészen sajátos jellegű Geofizikai Intézet létrehozására fordíthatom.”

Az Akadémia Nemzetközi Szövetségének 1910-ben Rómában tartott IV. nagygyűlése továbbra is figyelemmel kísérte EÖTVÖS tevékenységét és plenáris ülésén az alábbi

határozatot fogadta el: „Az Akadémiák Nemzetközi Szövetsége a legnagyobb elégtétellel értesült azokról a szép eredményekről, amelyeket báró Eötvös a gravitációs változások mérésében elért, s kifejezi azt az óhaját, hogy a magyar kormány Eötvös úrnak lehetőséget adjon arra: még évekig folytathassa érdekes megfigyeléseit, ha lehetséges más országokban is, különösképpen Olaszországban.”

Mindezekből felmérhető, hogy a nemzetközi tudományos közvélemény — nevezetesen az Internationale Erdmessung és az Akadémiák Nemzetközi Szövetsége — EÖTVÖS tevékenységének erkölcsi támogatása révén milyen jelentős szerepet játszott a magyar geofizika kibontakozásában.

FELHASZNÁLT IRODALOM

EÖTVÖS L. 1900: Étude sur les surfaces de niveau et la variation de la pesanteur et de la force magnétique. Rapports présentés au

Congrès international de Physique reuni à Paris en 1900. Tome III. p. 371–393

EÖTVÖS L. 1901: Elnöki megnyitó beszéd (MTA, 1901. május 12.) Akadémiai Értesítő, p. 260–269

EÖTVÖS L. 1906: Bestimmung der Gradienten der Schwerkraft und ihrer Niveauflächen mit Hilfe der Drehwaage. Verhandl. d. XV. allg. Konferenz der Internat. Erdmessung in Budapest, 1906. Bd. I., p. 337–395

EÖTVÖS L. 1909: Bericht über geodätische Arbeiten in Ungarn besonders über Beobachtungen mit der Drehwaage. Verhandl. d. XVI. allgem. Konferenz d. internat. Erdmessung in London–Cambridge, I. p. 319–350

FRÖHLICH I. 1930: Báró Eötvös Loránd emlékezete. In: Báró Eötvös Loránd Emlékkönyv, Budapest, MTA. p. 3–79

PEKÁR D. 1941: Báró Eötvös Loránd. A torziós inga ötven éves jubileumára. Bp. Kis Akadémia, 340 p.