



MAGYAR TUDOMÁNY

- Eötvös Loránd tudományos életművének maig ható jelentősége
- Orosz-ukrán háború: vállalati reakciók és azok jogi keretei
- Vallási prognózis: a 2022-es népszámlálás eredményeinek előrejelzése és értelmezése



MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

A folyóirat a magyar tudomány minden területéről közöl tanulmányokat, egyes témákat kiemelten kezelve. A folyóirat célja összképet adni a tudományos élet eredményeiről, eseményeiről, a kutatás fő irányairól és a közérdeklődésre számot tartó témákról közérthető formában. Alapítási éve 1840.

Szerkesztőség

Magyar Tudomány
Magyar Tudományos Akadémia
Telefon/fax: (06 1) 459 1471
1051 Budapest, Nádor utca 7.
E-mail: matud.szerkesztoseg@gmail.com

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:
Akadémiai Kiadó, 1519 Budapest, Pf. 245
Telefon: (06 1) 464 8240
E-mail: journals@akademiai.com
Előfizetési díj egy évre: 13 452 Ft

Hirdetések felvétele: hirdetes@akademiai.hu
© Akadémiai Kiadó, Budapest, 2024
Printed in Hungary
MaTud 185 (2024) 3

MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

Főszerkesztő

BOLLOBÁS ENIKŐ

Szerkesztőbizottság

BAZSA GYÖRGY, BORHY LÁSZLÓ, BOZÓ LÁSZLÓ, CSABA LÁSZLÓ
HAMZA GÁBOR, HARGITTAI ISTVÁN, KECSKEMÉTI GÁBOR, KENESEI ISTVÁN
MOLNÁR ANTAL, PÉCELI GÁBOR, PLÉH CSABA, RÓNYAI LAJOS
SARKADI BALÁZS, SIMON FERENC, SOLTI LÁSZLÓ, SPÁT ANDRÁS

Vezető szerkesztő

GEIGER ILDIKÓ

Felelős szerkesztő

SZABÓ ÉVA ESZTER

Szaklektorok

HEGYI PÁL, SZABADOS LÁSZLÓ, TERNÁK GÁBOR

Rovatvezető

SIPOS JÚLIA (Könyvszemle)

Olvasószerkesztő

MAJOROS KLÁRA



AKADÉMIAI KIADÓ

MTA MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA

Megjelenik
a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával

HU ISSN 0025 0325

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó Zrt. igazgatója

Felelős szerkesztő: Pomázi Gyöngyi

Olvasószerkesztő: Hidalmási Anna

Korrektúra: Török Tünde

Termékmenedzser: Egri Róbert

Fedélterv: az xfer grafikai műhely sorozattervének felhasználásával Berkes Tamás készítette

Tipográfia, tördelés: Berkes Tamás



Készült a Gyomai Kner Nyomda Zrt.-ben 2024-ben.

Felelős vezető: Csöndes Zoltán vezérigazgató

www.gyomaikner.hu

Megjelent 12,16 (A/5) ív terjedelemben

Tartalom

Tematikus összeállítás:

Eötvös Loránd tudományos életművének maig ható jelentősége

VENDÉGSZERKESZTŐK: Szarka László Csaba, Sólyom Jenő

Szarka László Csaba, Sólyom Jenő

BEVEZETŐ 307

**FREUND TAMÁS KÖSZÖNTŐJE
AZ EÖTVÖS LORÁND SZÜLETÉSÉNEK 175. ÉVFORDULÓJA ALKALMÁBÓL
TARTOTT TUDOMÁNYOS ÜLÉS MEGNYITÓJÁN** 312

Kaptay György

**A „CAPILLARITÁSI TÜNEMÉNYEK”, AZAZ EÖTVÖS
KAPILLÁRIS EGYENLETE ÉS ANNAK HÁTTERE** 315

Völgyesi Lajos, Szondy György, Tóth Gyula, Fenyvesi Edit, Kovács Péter, Kiss Bálint,
Égető Csaba, Barnaföldi Gergely Gábor, Lévai Péter, Ván Péter

**A TORZIÓS INGÁK JELENTŐSÉGE EÖTVÖS LORÁND SZÜLETÉSE UTÁN
175 ÉVVEL** 331

Kiss János

**GRAVITÁCIÓS ÉS MÁGNESES MÉRÉSEK, ADATOK, FELDOLGOZÁSOK
EÖTVÖS UTÁN, NAPJAINKIG** 344

Földváry Lóránt, Tóth Sándor, Fortágh József, Domokos Péter

**GRADIOMETRIA, AVAGY A NEHÉZSÉGI TÉRERŐSSÉG GRADIENSÉNEK
MÉRÉSTANA: MÚLT, JELEN, JÖVŐ** 363

Ormos Pál

**MEGEMLÉKEZÉS ARADON AZ EÖTVÖS 175 RENDEZVÉNYSOROZAT
KERETÉBEN** 374

Garai Imre

**„A KÖZMŰVELŐDÉS ÜGYE IRÁNT ELKÖTELEZETT BÁRÓ” – EÖTVÖS
LORÁND SZEREPE A KÖZÉPISKOLAI TANÁRKÉPZÉS
19. SZÁZAD VÉGI REFORMJAIBAN ÉS HAGYATÉKÁNAK SORSA
A KÉT VILÁGHÁBORÚ KÖZÖTTI IDŐSZAKBAN** 376

Tanulmányok

Huszák Loretta, Szirbik Miklós, Balogh Laura

**OROSZ–UKRÁN HÁBORÚ:
VÁLLALATI REAKCIÓK ÉS AZOK JOGI KERETEI** 388

Csikós Nándor, Máté-Tóth András

**VALLÁSI PROGNÓZIS:
A 2022-ES NÉPSZÁMLÁLÁS EREDMÉNYEINEK ELŐREJELZÉSE
ÉS ÉRTELMEZÉSE** 405

Juhász Tímea, Czeglédi Csilla, Horváth Annamária, Tóth Arnold

HIBÁZÁS ÉS BÜNTETÉS A SZERVEZETEK BEN 413

Könyvszemle

KARIKÓ KATALIN: ÁTTÖRÉSEK – ÉLETEM ÉS A TUDOMÁNY
A tudomány mindenekfelett – Koltai Júlia 427

MOHAY TAMÁS: A CSÍKSOMLYÓI KEGYHELY ÉS BÚCSÚJÁRÁS
Diktatúra, rendszerváltás, modernizáció – Vass Erika 430

NAGY ÁDÁM (SZERKESZTŐ): A TÉRIDŐN IS TÚL – Polyák Gábor 434

Corrigendum 437

Tematikus összeállítás

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYOS ÉLETMŰVÉNEK MÁIG HATÓ JELENTŐSÉGE

THE LASTING SIGNIFICANCE OF LORÁND EÖTVÖS'S SCIENTIFIC WORK

VENDÉGSZERKESZTŐK: SZARKA LÁSZLÓ CSABA, SÓLYOM JENŐ

BEVEZETŐ

INTRODUCTION

Szarka László Csaba¹, Sólyom Jenő²

¹az MTA rendes tagja, Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Sopron
szarka@ggki.hu

²az MTA rendes tagja, professor emeritus, Wigner Fizikai Kutatóközpont Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet, Budapest
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
solyom.jeno@wigner.hu

Báró Eötvös Loránd (Buda, 1848. július 27. – Budapest, 1919. április 7.) világhírű magyar kutató, kultúrpolitikus, tudományszervező és egyben közéleti mintakép volt; a természet- és a sportszeretet, a polgári életérzés terjesztője; Közép-Európa-szerte köztiszteletnek örvendő báró. A heidelbergi és königsbergi diákévekből hazatért kutató eredményei bejárták Párizst, Göttingát, Hamburgot, majd az egész világot. Korának híres természetjárójaként és hegymászójaként is számon tartották: a Dolomitok Cadini-csoportjának második legmagasabb csúcsát, a Cima di Eötvöst őróla nevezték el. Mint terepi geofizikust a Sághegytől a Balatonon át a Bánságig, a Fruška Gorától Egbellig mindenütt megsüvegezték. A folyadékok felületi feszültsége és a gravitáció különféle vonatkozásai terén számos tudományos fogalom örökíti meg nevét: Eötvös-szabály avagy Eötvös-egyenlet, Eötvös-állandó, Eötvös-szám (kapillaritás), Eötvös-kísérlet, Eötvös-paraméter (gyengeekvivalencia-elv), Eötvös-féle torziós mérleg avagy – helytelenül – Eötvös-inga (laboratóriumi és terepi mérőeszköz), Eötvös-hatás, Eötvös-korrekción (gravitáció forgó bolygón), Eötvös-tenzor (geodézia), Eötvös-féle mágneses törvény, avagy

Poisson–Eötvös-összefüggés (geofizika), valamint az eötvös (E), azaz a modern űr kutatásba is átkerült fizikai mértékegység ($1 E = 10^{-9} s^{-2}$). Károlyházy Frigyes huszonöt évvel ezelőtti összefoglaló szavaival: Eötvös Loránd „a magyar nemzet ékessége” (Hungariae gentis decus).

Aki hetvenegy évet élt meg, mint báró Eötvös Loránd, annak az x . elhalálózási évfordulóját négy évvel később követi egy $x+75$. születési évforduló. A 2019-es „Eötvös 100” egy egész éven át tartó (és az UNESCO-val közös megemlékezésű) hazai és nemzetközi eseménysor volt. A 2023-as „Eötvös 175” szakmai szervezetek, intézmények, egyesületek és magánszemélyek kezdeményezésére jött létre. Feléledt a négy évvel azelőtti koordinációs testület, amely ezúttal csak a partnerek saját erejéből megvalósulni képes programok összefűzésére vállalkozhatott. Építhetett viszont a 2018–2021 között szerzett tapasztalatokra. Adottak voltak a legszükségesebb technikai feltételek is: befogadóhely (MTA Könyvtár és Információs Központ), honlap (SZTAKI), logó (Juhász Márton, Sopron). Hamar kialakult az „Eötvös 175” íve, aztán három ülés eredményeként egy összerendezett programfüzet is elkészülhetett.

A július 27-i születésnap „előrendezvénye” egy nagyszabású külföldi „Eötvös 175” kiállítás volt (IUGG, Berlin, 2023. július 13–17., a Földfizikai és Űrtudományi Intézet megvalósításában, az ELKH/HUN-REN támogatásával). A születési évforduló könnyed budapesti Eötvös-emléktúrával telt, amelynek maradó emléke a krisztinavárosi Havas Boldogasszony Plébániatemplomban (az Eötvös-emléktúra utolsó állomásán, Eötvös megkeresztelésének helyszínén, a Szechenyi István-, a Liszt Ferenc- és a Semmelweis Ignác-emléktábla közelében) elhelyezett Eötvös Loránd-emléktábla. Két napra rá a dobogókői Báró Eötvös Loránd Menedékházban elhelyezésre került egy Eötvös-ereklye: valamikori jégcsákánya. Eötvös és lányai egykori kalandos, hatszáz kilométeres kerékpározásának emlékére a most 125 éves Budapesti Egyetemi Atlétikai Club (Eötvös Loránd a BEAC első elnöke is volt) idén augusztusban is szervezett kerékpártúrát (kettőt is) a Dolomitokba.

Szeptember 4-én az Eötvös József Collegium emlékezett meg az intézmény alapítójának 175. születésnapjáról. Majd 2023. szeptember 20-án az MTA Fizikai Tudományok Osztálya és Földtudományok Osztálya szervezésében Eötvös 175 tudományos emlékülésre és annak aradi társrendezvényére került sor. Azért választottuk éppen ezt a napot, mert ez volt az Eötvösök által 1906. szeptember 20–28. között megrendezett nemzetközi konferencia – Internationale Erdmessung – nyitónapja. A *Magyar Tudomány* mostani tematikus blokkja zömmel e két rendezvényen elhangzott előadásokra (azok egy részére) épül. De mielőtt rátérünk a cikkek bemutatására, fussunk végig az őszi Eötvös 175 rendezvényeken: a BEAC ugyanezen a napon „5vös 5 km” futóversenyt rendezett, szeptember 28-án pedig több szervezet, köztük a Magyar Tudományos Akadémia képviselője is elhelyezte koszorúját Eötvös Loránd Gesztenyés kerti szobránál.

Az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány és Budapest Hegyvidék Önkormányzat által szervezett ünnepélyes koszorúzást egy „Eötvös 175” kulturális ünnepséggel követte. Az iskolai rendezvények közül kiemelendő a Földtudományi Civil Szervezetek Közössége által szervezett középiskolai vetélkedő Eötvös Loránd-fordulója, valamint a kolozsvári Apáczai Csere János Elméleti Líceumban október 4-én megtartott emléknap. (Eötvös Loránd hírneves mérnöke – az ugyancsak 1848-ban Marburgban született Süss Nándor, azaz Ferdinand Suess – Kolozsvárról került Budapestre.) Az „Eötvös 175” – csakúgy, mint a 2019-es „Eötvös 100” – eseményeit, sajtóhíreit, számos előadás-prezentációt és megjelent publikációt a két emlékévközös honlapján (URL1) gyűjtöttük össze.

A Magyar Tudományos Akadémia Nagytermében 2023. szeptember 20-án megtartott emlékülést Freund Tamás, az MTA elnöke nyitotta meg, aki külön köszöntötte az aradi Csiky Gergely Főgimnázium diákjait abból az alkalomból, hogy ebben az iskolában áll az 1906-os Internationale Erdmessung-konferencia Eötvösék által megvalósított aradi-ménési tanulmányútjának emléktáblája. (Ezt követően kapott Eötvös – kifejezetten a külföldi kutatók elismerő véleményének hatására – kiemelt állami támogatást.) Az MTA 1889–1905 közötti elnökének nyomdokaiban elért tudományos eredményekről szóló konferencia néhány előadását tartalmazó tematikus blokk nem véletlenül kezdődik tehát a Magyar Tudományos Akadémia mai elnökének köszöntőjével. Az elhangzott hét tudományos előadás közül négy szerkesztett változata olvasható itt. (Ezen kívül Ván Péter az ekvivalenciaelvekről és gravitációelméletekről, Porkoláb Kristóf a földfizikai kutatásokról, Timár Gábor pedig a felületek térképezéséről tartott előadást. Ezek írásos változata a *Fizikai Szemlében*, illetve a *Magyar Geofizikában* jelenik meg.)

Kaptay György 2019-ben, egy miskolci Eötvös 100 rendezvényen hívta fel a figyelmünket az eötvösi életmű első – „capillaritási tünemények”-et kutató – óriási, de jobbára csak a műszaki tudományok által elismert jelentőségére. Kaptay György az eötvösi életmű ezen szakaszáról a tudomány előrehaladásának lépéseit feltáró tudománytörténeti-oknyomozó előadást tartott, amelyben saját – az Eötvös-szabályt másféle felületekre is kiterjesztő – eredményeit is bemutatta. Az írásos változat elolvasása a szeptember 20-án átélthez hasonlóan izgalmas élményt nyújt.

Völgyesi Lajos előadása az eötvösi életmű második (nagyobb) részével kapcsolatos. Eötvös érdeklődése ugyanis az 1880-as évek végén a vízcseppektől a Föld alakja felé fordult, és a nevét viselő gravitációs mérőeszköz révén munkatársaival együtt egy idő után olyan (az elődök eredményeinél nagyságrendekkel kisebb hibán belüli) laboratóriumi kísérleti eredményt ért el, amely a gyengeekvivalencia-elv megalapozottságának bizonyításához is megnyugtató pontosságú. Völgyesi Lajos és szerzőtársai az Eötvös-kísérlet néhány éve elkezdett megismétléséről, és annak mindenkit meglepő eredményeiről adnak beszámolót.

Kiss János Magyarország, illetve a Kárpát-medence felszín alatti közetsűrűség-eloszlásának egyenetlenségeiről mutatja be saját térképeit, a ma ismert leg részletesebb gravitációs képet. A világon először Eötvös Lorándban csillant fel (1901-ben, a Balaton jegén végzett első Eötvös-inga mérések után) ez a fajta alkalmazási lehetőség. E szavait minden generációnak ismernie kell: „Itt lábaink alatt terjed el, hegyek koszorújával övezve, az Alföld rónasága. A nehézség lesimítván, kedve szerint formálta felületét. Vajjon milyen alakot adott neki? Micsoda hegyeket temetett el és mélységeket töltött ki lazább anyaggal, amíg létrejött ez az aranykalászttermő, a magyar nemzetet éltető róna? Amíg rajta járok, amíg kenyere-t eszem, erre szeretnék még megfelelni...” (B. Eötvös, 1901, 328.)

1916-ban Eötvösék végezték a világon az első olyan geofizikai terepi mérést (a morvamezei Egbell mellett), amely tudatosan szénhidrogén-kutatásra irányult. Az Eötvös-inga karrierje sajnos csak Eötvös halála és Magyarország megcsonkítása után bontakozott ki. Nem túlzás azt mondani, hogy az Eötvös-inga az 1920-as években világgazdasági, sőt történelemformáló jelentőségűvé vált. Alkalmazásával egyedül az USA Mexikói-öböl menti államaiban 1924 és 1938 között hetvennyolc kőolajlelőhelyet fedeztek fel! Ha Eötvösnek adatik még tíz-tizenöt életév, a fizikai Nobel-díjat (három sikertelen felterjesztés után, negyedszerre) megkapta volna.

Földvály Lóránt az Eötvös-inga úrbéli változatával, azaz a gyorsulásmérőkkel ellátott műholdakkal elért földtudományi eredményekről szólt. Az egyik ilyen megvalósításban az Eötvös-inga két tömegközéppontját hozzávetőlegesen 220 km magasan keringő műholdpár helyettesíti. A két műhold közötti távolság-ingadozásokat a Föld nehézségi erőterének szabálytalanságai, azokat pedig a földi tömegeloszlás egyenetlenségei okozzák.

Ormos Pál, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöke színes beszámolót küldött az aradi Csiky Gergely Főgimnáziumban az 1906-os terepi tanulmányútnak emléket állító táblánál szeptember 20-án tartott koszorúzásról és előadásokról. Az MTA YouTube-csatornáján megtekinthető az aradi koszorúzás videó-összefoglalója (URL2), sőt a teljes budapesti emlékülés felvétele is (URL3, URL4).

Garai Imrének az Eötvös Collegiumban elhangzott előadása „a közművelődés ügye iránt elkötelezett báró” tanárképzési hitvallásáról, tetteiről, eredményeiről szól. A tanulmány arra hívja fel a figyelmet, hogy Eötvös Loránd nemcsak korának egyik legkiválóbb kutatója volt, hanem a modern magyar tanárképzés kialakításának egyik kulcsszereplője is, aki Garay Imre szavaival „1895–1899 közötti reformjaival nyugvópontra juttatta a tanárképzési intézményrendszer hosszú 19. századi fejlődését”.

Köszönetünket fejezzük ki az akadémiai emlékülés, valamint az aradi szatellit rendezvény szervezésében részt vett közreműködőknek és az előadóknak, különösen azoknak, akik számos teendőjük közepette az előadásukat tanulmány formájában is megírták.

IRODALOM

B. Eötvös Lóránd (1901): A Föld alakjának kérdése. – Kivonat Br. Eötvös L. elnöki beszédéből, melylyel a M. Tud. Akadémia ünnepi közülését 1901. május 12-ikén megnyitotta. *Természettudományi Közlöny*, XXXIII, június, 382. füzet, 321–328. http://real.mtak.hu/103603/1/Termtud-Kozl_1901__pages337-344.pdf

URL1: *Báró Eötvös Loránd-émlékév 2019, 2023*. <https://eotvos100.hu/>

URL2: Csiky Gergely Főgimnázium, Arad, 2023. szeptember 20. <https://www.youtube.com/watch?v=Fz0Q68YL63M&t=3584s>

URL3: *Eötvös 175 Tudományos Emlékülés I. rész*. <https://www.youtube.com/watch?v=960XdaBNgB8>

URL4: *Eötvös 175 Tudományos Emlékülés II. rész*. <https://www.youtube.com/watch?v=Fz0Q68YL63M>

FREUND TAMÁS KÖSZÖNTŐJE AZ EÖTVÖS LORÁND SZÜLETÉSÉNEK 175. ÉVFORDULÓJA ALKALMÁBÓL TARTOTT TUDOMÁNYOS ÜLÉS MEGNYITÓJÁN

WELCOME ADDRESS BY TAMÁS FREUND AT THE OPENING OF THE SCIENTIFIC MEETING ON THE OCCASION OF THE 175TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF LORÁND EÖTVÖS

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Tisztelt Ünneplők itt, Budapesten, a magyar tudományosság szimbolikus központjában, illetve az aradi Csiky Gergely Főgimnáziumban!

Kedves Vendégeink!

A tudománytörténetben nem ritka eset, hogy egy-egy felismerést követően nem a témával addig behatóan foglalkozó és végül fontos eredményt is elérő kutató munkája révén válik egyértelművé a felfedezés jelentősége. Előfordul, hogy az eredményt felhasználva egy másik kutató gondolatai révén lesz az ideából tudományos mérföldkő. Vannak azonban a tudománytörténetnek olyan esetei is szép számmal, amikor a tudós neve összeforrt találmányával, eredményeivel, amelyek jelentősége a kortársak számára is egyértelmű volt.

Egy ilyen esetnek lehetett szemtanúja 118 évvel ezelőtt, 1906 szeptemberének végén Arad-hegyalján, a város melletti Ménes falu környékén egy tíztagú, külföldi tudósokból álló delegáció. Nekik mutatta be a kor kiemelkedő tudósa, elhivatott oktatás- és kultúrpolitikusa, egyúttal ambiciózus tudományszervezője, Eötvös Loránd az akkor már másfél évtizede folyó méréseit az általa tervezett, azóta az ő nevét viselő torziós ingával.

„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” – írta két nappal a sebtében megszervezett aradi látogatás előtt Eötvös Loránd munkatársának, Pekár Dezsőnek, a terepi mérések irányítójának.

A rögtönzött bemutató előzménye az az előadás volt, amelyet Eötvös az I. világháború előtti korszak nagy nemzetközi geodéziai társaságának, az *Internationale Erdmessungnak* a Magyar Tudományos Akadémia Székházában

rendezett, tizenötödik konferenciáján tartott. A magyar tudós a kor legkiválóbb geodétái, csillagászai és matematikusai előtt mutatta be tudományos eredményeit, amelyek élénk érdeklődést keltettek. Az illusztris társaságból verbuválódott aztán az az Aradra utazó, kíváncsi kutatókból álló csoport, amelynek vezetője Sir George Howard Darwin, Charles Darwin fia volt. A látottak meggyőzték a külföldi vendégeket. Arad a tudománytörténet egyik emlékezetes epizódjának helyszíne lett. A nemzetközi kongresszus Darwin javaslatára, a torziósinga-kísérletek nagy tudományos jelentőségére való tekintettel azzal a kéréssel fordult a magyar kormányhoz, hogy anyagilag támogassa Eötvös gravitációs kísérleteit.

A válaszra nem sokat kellett várni. Már október végén megérkezett Apponyi Albert vallás- és közoktatásügyi miniszter levele Eötvös Lorándhoz. Eszerint – idézem: „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.”

A kormánytól a további kutatásokra három éven keresztül évi hatvanezer koronát kapott Eötvös, miközben Fizikai Intézetének akkori éves költségvetése négyezer korona volt. A rendelkezésre álló források bővülésének köszönhetően a gravitációs kutatásainak aranykora következett. Az Eötvös-ingával ásványi nyersanyagok kutatása is elkezdődött, miközben a mérési eredmények felbecsülhetetlen értékű információkat nyújtottak a geodézia számára is. Magyarországon a múlt században több mint hatvanezer ingamérést végeztek, és az 1930-as évek végéig világszerte az Eötvös-inga volt a leggyakrabban és legsikeresebben használt geofizikai mérési eszköz.

Eötvös Loránd és torziós ingája azonban nem csak emiatt emlékezetes. Ugyanabban az évben, 1906-ban a göttingai egyetem pályázatot írt ki a fizika egy régi feltevésének, elvi problémájának, a súlyos és tehetetlen tömeg arányosságának minél pontosabb igazolására. A Beneke-díjat az Eötvös Loránd és munkatársai által benyújtott pályázat nyerte el, amelyben a torziós ingával végzett mérések segítségével – ma is fantasztikusnak tűnő pontossággal – igazolták ezt az arányosságot.

A kétféle tömeg azonossága az általános relativitáselmélet egyik alapfeltevése. Az elmélet kidolgozásakor Albert Einstein valószínűleg nem ismerte Eötvös méréseit. Egy 1918-as levélváltás során azonban mély elismerését fejezte ki. Ezt írta: „Nem szeretném, ha ez a levélváltás anélkül fejeződne be, hogy ne fejezzem ki hálámat azért, ahogy az Ön kutatómunkája előrevitte a súlyos és tehetetlen tömeg azonosságára vonatkozó ismereteinket.”

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Eddig a nevezetes történet. Ma talán úgy mondanánk, esettanulmány, hiszen a tudós és egyúttal tudománypolitikus Eötvös tankönyvbe illő módon mutatta be a 21. század kutatói számára is érvényesen, hogy miként érdemes a tudományt művelni.

Hiszen a kutatók még ma sem mindig képesek szembenézni azzal a ténnyel, hogy a mégoly jelentősnek tűnő eredményeket is tudni kell jól tálalni. Pedig beszélnünk kell erről is. Képesnek kell lennünk arra, hogy ne csak tudományterületünk elkötelezett és felkészült művelői legyünk, hanem arra is, hogy megtaláljuk a leghatékonyabb eszközöket és módszereket a szűkebb szakmai közösség és a szélesebb közvélemény, valamint nem utolsósorban a tudománypolitikai döntéshozók tájékoztatására és meggyőzésére. Ahogy Eötvös írta: „kellő helyen érdeklődést kelteni”.

Kozma Andor költő így örökítette meg Eötvös Loránd című versében a tudósi, tudománypolitikusai teljesítményt: „S amit zajos *heüréka* nélkül / E nagyság gondolt és talált ki, / Az nem marad csak zártkörű / Tudós-mulatság, szép kísérlet, / Nem könyv-igazság, holt betű / Az áttör az eleven élet / Szünetlen döngő műhelyébe, / Mint meglepő nagy új valóság / Mint a mind magasabbra vívó / Emberiség dolgos kezének / Hatalmas, hasznos eszköze.”

Tisztelt Hallgatóság!

Idén ünnepeljük Eötvös Loránd születésének 175. évfordulóját. Köszönöm az eötvösi örökséget gondozó szervezeteknek és intézményeknek, hogy a nagy tudós emlékét méltó módon ápolják, és külön köszönöm Szarka László és Sólyom Jenő akadémikustársaimnak az évforduló alkalmából tartott tudományos ülés megszervezését.

Rendezvényünk átfogó képet nyújt a tudósi életmű ma is fontos örökségéről, miközben érdekes tudománytörténeti utazásra is kalauzolja a jelenlévőket. Előadóink segítségével merülhetünk el a fizika és a kvantitatív földtudományok még mindig sok rejtélyt tartogató világában. Kérdések és válaszok követik majd egymást, bár ez utóbbiakkal kapcsolatban ismét Eötvös Lorándot kell idéznem, hiszen – mint vérbeli kutatóként fogalmazott – „a tudomány nem adja a természeti tüneményeknek feltétlenül igaz magyarázatát, hanem csak közelebb visz ahhoz a határhoz, hol a megfoghatatlan kezdődik”.

Köszönöm figyelmüket, egyúttal tartalmas, jó szórakozást kívánok a tudományos ülésnap programjaihoz.

A „CAPILLARITÁSI TÜNEMÉNYEK”, AZAZ EÖTVÖS KAPILLÁRIS EGYENLETE ÉS ANNAK HÁTTERE

THE “CAPILLARITY PHENOMENA”: ON EÖTVÖS’S CAPILLARY EQUATION AND ITS HISTORICAL BACKGROUND

Kaptay György

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, Miskolci Egyetem, a HUN-REN–ME Anyagtudományi Kutatócsoport vezetője
kaptay@hotmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Miután hazatért Heidelbergben folytatott tanulmányai után, báró Eötvös Loránd a Műegyetemen 1876-ra elkészült új, reflexiós mérőműszerével, amellyel folyadékok kritikus hőmérsékletét, illetve felületi feszültségük és sűrűségük hőmérsékletfüggését is tudta vizsgálni a forrásvonal mentén. Ezzel a korát meghaladó precizitású műszerrel 160 folyadékra mérte le a fenti értékeket, majd 1886-ban összefoglalta az eredményeket a világ akkor legjobb fizikai folyóiratában (*Annalen der Physik*) a tudományos világ akkori világnyelvén (németül). A primer eredmények helyett egy új egyenletet adott meg, amelyet a világ ma is „Eötvös kapilláris egyenleteként” ismer és ismer el. Ebben a cikkben elmagyarázzuk az eredmények megszületésének hátterét és az új egyenlet jelentőségét, azt is felvázolva, hogy hol állt a világ természettudománya 1886 környékén. Bemutatjuk, hogy Eötvös méréseivel kiterjesztette van der Waals eredményeit a kritikus hőmérséklet jelentésével kapcsolatban, amennyiben megállapította, hogy a kritikus hőmérsékletre extrapolált felületi feszültség értékek a nullához tartanak. Kicsit filozofálunk arról is, hogy Eötvös eredményeiből akár az akkor még ismeretlen Avogadro-számot és molekulaméreteket is meg lehetett volna határozni, amelyeket Einstein elsőként 1905-ben Brown 1827-es mért adatainak felhasználásával határozott meg. De fel is mentjük Eötvöst, megmutatva, hogy Eötvös adataiból Einstein 1911-ben még a molekulaméret nagyságrendjét sem találta el. Ünnepeljük tehát azt, amit Eötvös elért: az első 19. századi magyar természettudóst, aki Magyarországon fejlesztett tudományos eszközzel, Magyarországon mért értékek kiterjesztésével alkotott egyenletével lett világhírű, amit a kémia, az anyagtudomány és a biológia egyaránt a mai napig elismer.

ABSTRACT

After returning to Hungary from his studies in Heidelberg, Germany, Baron Loránd Eötvös completed his new reflection measuring instrument at the Technical University of Budapest in 1876, with which he was able to measure the critical temperature of liquids and the temperature dependence of their surface tension and density along the boiling line. With this instrument, which had a precision beyond his time, he measured the above values for 160 liquids, and in 1886 he summarized the results in the world’s best physics journal of his time, *Annalen der*

Physik, in the contemporary world language of science (German). He replaced the primary results with a new equation, which is still known and recognized as “Eötvös’s capillary equation”. In this article, we will explain the background of the results and the significance of the new equation, and also outline where the world of science stood around 1886. We will show that Eötvös extended van der Waals’s results on the meaning of the critical temperature by finding that the surface tension values extrapolated to the critical temperature tend to zero. We also philosophize a bit about how Eötvös’s results could have been used to determine the then-unknown Avogadro number and molecular dimensions, which Einstein first determined in 1905 using Brown’s measurements of 1827. But we also exonerate Eötvös by showing that Einstein himself miscalculated the correct order of magnitude of the molecular size from Eötvös’s data in 1911. So let us celebrate what Eötvös achieved: the first Hungarian natural scientist of the 19th century who became world famous for his equation, by using a scientific instrument developed in Hungary and an extension of the values measured in Hungary, which is still recognized in chemistry, materials science, and biology.

Kulcsszavak: Eötvös Loránd, felületi feszültség, Eötvös kapilláris egyenlete, kritikus hőmérséklet, Avogadro-szám, molekulaméret

Keywords: Loránd (Roland) Eötvös, surface tension, Eötvös’s capillary equation, critical temperature, Avogadro number, molecular size

BEVEZETÉS

Mint ahogy e cikkgyűjtemény többi írásából kiderül, Eötvös Loránd a 20. század elején gravitációs kutatásaival és gravitációs ingájával (mérlegével) vált nemzetközileg elismert kutatóvá. Ezt megelőzően azonban már a 19. század végén nemzetközi elismertséget szerzett a felületi feszültséggel kapcsolatos kutatásaival. Ennek köszönhetően talán ő az egyetlen magyar a 19. században kimagasló nemzetközi természettudományos eredményeket elért kutatók között.

A felületi feszültség a folyadékok egyik tulajdonsága. Lényegében azt a többletenergiát fejezi ki, amellyel egy folyadék felületén elhelyezkedő molekulák rendelkeznek a térfogati molekulákhoz képest, egységnyi határfelületre vonatkoztatva (ezért modern mértékegysége J/m^2). Ez a többletenergia nem jó hír az energiaminimumra törekvő természet szempontjából, hiszen azt jelenti, hogy a felület kellemetlen hely, amely szükségszerűen akkor jelenik meg, amikor az anyagot jellemző alapvető „állapothatározók” (kémiai összetétel, hőmérséklet és nyomás) értékei abban a tartományban vannak, ahol a természetben egymás mellett léteznek a folyékony és gőzfázisok, és így közöttük óhatatlanul kialakul a folyadék/gőz határfelület. A gőz olyan gáznemű anyag, amely együtt létezik és egyensúlyt tart egy folyadékkal, mint például a vízgőz a vízzel. Ezzel szemben a gáz olyan gáznemű anyag, amely nem tart egyensúlyt semmilyen folyadékkal.

A címben szereplő kifejezés („capillaritási tünetmenyek”) Eötvös egyik első tudományos cikkének címéből származik (Eötvös, 1876), ahol a „tünetmenyek” mai megfelelője a „jelenségek”, a „capillaritás” (ma kapillaritásnak írjuk) arra utal, hogy az egyik legegyszerűbben megfigyelhető, a felületi feszültséggel kapcsolatos jelenség a „kapilláris emelkedés” vagy „kapilláris süllyedés”. Ezek a szak-kifejezések persze csupán annyira pontosak, mint a romantikus „napfelkelte” és „napnyugta” kifejezéseink (ti. nem a Nap kel és nyugszik, „csak” a Föld forog a lábunk alatt). Hasonlóképpen nem a kapilláris emelkedik és süllyed, hanem a rögzített kapillárison belül emelkedik és süllyed a folyadék a kapillárison kívüli folyadékszinthez képest, ami azért meglepő, mert a „közlekedőedények” törvénye alapján egy kellően nagyméretű kapillárison (értsd: csövön) belül és kívül a folyadékok szintje azonos, aminek fő oka a gravitáció és az, hogy a folyadékok sűrűsége nagyobb a gázokénál, ezért a folyadékok „helye” alul van, a gázoké pedig felül, mint ahogy ezt már az ókori görögök is leírták. Ezzel együtt azt már minden bizonnyal rengeteg állat és több emberi faj is megfigyelte (lehelés és az oroszok előli bujkálásuk során), hogy az áttetsző falú sásokon belül magasabb a talajvízszint, mint azokon kívül. Azt, hogy erről pontosan mit gondoltak, nem őrizték meg feljegyzések.

Az első tudományos feljegyzés a jelenségről talán Francis Hauksbee-től származik a 18. század elejéről, aki a jelenséget már a víz–víz és a víz–sás alkotói (molekulái) közötti különböző vonzó kölcsönhatásoknak tulajdonította, amit ma kohézió és adhézió nevezünk. A kapillaritás máig is érvényes tudományos leírásához azonban meg kellett várni a 19. század elejét. Azt érdemes megértenünk, hogy Eötvös „kapillaritási” jelzője nem igazán pontos, hiszen a felületi feszültség önmagában nem oka a kapilláris emelkedésnek. A kapilláris emelkedés ugyanis a felületi feszültség, az adhéziós energia, a sűrűség és a gravitáció kölcsönhatásából születő jelenség. Ennek ellenére ebben a cikkben Eötvös ide vonatkozó egyenletét „Eötvös kapilláris egyenletének” fogom nevezni a történelmi hűség kedvéért, bár kicsit szimbolikusan. A „kapilláris” jelzőre pedig azért van szükség, hogy megkülönböztessük ezt az egyenletet Eötvös későbbi, gravitációval kapcsolatos eredményeitől. Azért is használom a „kapilláris” jelzőt, mert az rövidebb a „felületi feszültség” kifejezéshez képest, és mert utóbbiból nehéz jelzőt képezni.

A felületi feszültséggel kezdetben a fizikusok foglalkoztak, főleg azért, mert ebben a korban még nem alakult ki a ma kémia néven ismert tudomány. Mára azonban a felületi feszültség főleg a kémia, és az abból kialakult biológia és anyagtudomány vadászterülete, a fizikusok a 20. század eleje táján „túlléptek” a témán. Ennek fő oka az volt, hogy fizikai szempontból a felületi feszültség kérdése lezártnak volt tekinthető. Ez azonban kémiai, biológiai és anyagtudományi szempontból messze nem volt így, és ma sincs így. Főleg azért nem, mert az energiaminimumra törekvő természet sok minden mellett arra is törekszik,

hogyan minimalizálja a folyadékok felületi feszültségét, és e célból megváltoztatja a felületi összetételt a térfogathoz képest (lásd szegregáció: Kaptay–Csepeli, 2017), és megváltoztatja a felületi réteg szerkezetét is a térfogathoz képest, ami a vizsgálandó jelenségek végtelen tárházát biztosítja ma is a kémikusok, biológusok és anyagtudósok számára. Azóta az is kiderült, hogy ezek a jelenségek a nanotudományt is jelentősen befolyásolják, emiatt a felületi jelenségekkel újra foglalkoznak fizikusok is.

EÖTVÖS KAPILLÁRIS EGYENLETÉNEK TÖRTÉNELMI HÁTTERE

Eötvös kapilláris egyenletét 1886-ban publikálta, és az a címe szerint a folyadékok felületi feszültsége és molekula-térfogata között teremt új kapcsolatot (Eötvös, 1886). A címben nem szerepel, de ennél fontosabb, hogy az új egyenlet közelítően leírja a felületi feszültség hőmérsékletfüggését, sőt azt a peremfeltételt is, hogy az a kritikus hőmérsékleten nullává válik, ezzel kiterjesztve a kritikus hőmérséklet jelentését. Ezen túl Eötvös egyenlete tartalmaz egy félempirikus koefficiens is (= Eötvös-állandó), amit Eötvös 160 (!) folyadékra mért le, és ahonnan akár az ő korában ismeretlen Avogadro-számot és molekulaméretet is meg tudta volna becsülni. De ne menjünk ennyire előre! Ahhoz, hogy egy 1886-ban publikált tudományos eredmény értékét megfelelően tudjuk értelmezni, először röviden át kell tekintenünk, hogy 1886-ban és azt megelőzően hol állt a természettudomány.

A felületi feszültség fogalmát Thomas Young 1805-ben tisztázta, és az elnevezés is tőle származik (a koncepciót Pierre-Simon de Laplace fejlesztette tovább 1806-ban). Az elnevezés mechanikai eredetű, ami nem csoda, hiszen akkoriban még Isaac Newton mechanikája volt a tudomány kezdete és vége, így Young a felületi feszültséget is ebbe a sorba illesztette. Így lett a felületi feszültség első mértékegysége N/m: ez az az erő, amely a folyadékfelület egységnyi hosszán hat, és arra törekszik, hogy gömbbé húzza össze a folyadékcséppet (azért gömbbé, mert a gömb fajlagos felülete a legkisebb a háromdimenziós testek közül, és a természet a felület minimalizálásával minimalizálja a felületi feszültség okozta energiatöbbletet). Arról már ritkán lehet olvasni (bár fontos), hogy ez az erő a folyadék széthúzásával szemben hat, és hogy a fent említett egységnyi hossz valójában a széthúzási irányra merőleges síkban mérhető kerülettel egyenlő (Kaptay, 2009). Ennek a történelmi hagyománynak köszönhető az, hogy a kolloidkémia oktatása jellemzően mechanikai alapokról és differenciálegyenletekkel indul, „kisebb” zavart okozva a vegyészhallgatókban, akik nem a differenciálegyenletek, hanem a kémiai reakcióegyenletek világában szocializálódtak (ellenpéldaként lásd: Kaptay, 2018).

A helyzetet elvileg változtatta meg Josiah Willard Gibbs, aki 1874–78-as műveiben a felületi feszültséget a *Bevezetésben* tárgyalt kémiai termodinamikai alapokra helyezte, így lett annak modern mértékegysége a J/m^2 . A két mértékegysé-

ség ma is keveredik mind az oktatásban, mind a kutatásban, de ez nem jelent ellentmondást, hiszen $J = N \times m$, így $J / m^2 = N / m$. A kétfajta (a mechanikai és a kémiai termodinamikai alapú) iskola ugyanazt a jelenséget vizsgálja két oldalról: az egyik az erőkön, a másik az energiákon keresztül. Ez a kétfajta módszer békésen elfér egymás mellett, különösen annak tudatában, hogy a mechanika is tárgyalható az erők és az energiák oldaláról is. Tárgyunk szempontjából azonban fontos, hogy 1886-ban Eötvös (és vele együtt egész Európa) nagy valószínűséggel még nem ismerte Gibbs 1874–78-as írását, de nyilvánvalóan ismerte Young és Laplace írásait. A felületi feszültség Young-féle mechanikai modellje egyébként Eötvösnek, fizikusként teljesen meg is felelt.

A fizika mellett azonban a 19. század elejétől kezdve az alkímia is fokozatosan tudománnyá alakul át, és ettől kezdve kémiának nevezzük. Jellemző, hogy az akkor méltán világhírű folyóirat, ahol Eötvös 1886-os cikkét publikálta, akkor éppen (1824 és 1900 között) az *Annalen der Physik und Chemie* név alatt futott. Az átnevezés éve (1824) a kémia elismertségének javulását jelzi, míg a visszanevezés éve (1900) arra utal, hogy a 19. század végére már volt elég kémiai és fizikai kémiai folyóirat ahhoz, hogy a fizikusok visszatérhessenek a szó szerinti fizikához.

A 19. században még nem volt olyan tudományos módszer, amivel az anyag állítólagos építőköveit, az atomokat és molekulákat vizsgálni, vagy létüket bizonyítani tudták volna. Ezért ezek léte akkor csak egy hipotézis volt, amely elvetésre vagy megerősítésre várt. A tudománytörténet úgy tudja, hogy a kérdés Albert Einstein egyik 1905-ös cikkével dőlt el (Einstein, 1905), amely a Brown-féle mozgás elméletéről szól, és amelyben először jelenik meg az Avogadro-szám 6×10^{23} értéke („persze” mértékegység nélkül). Robert Brown botanikus ugyanis 1827-ben mikroszkóp alatt megfigyelte, hogy a víz tetején lévő spórák cikcakkos mozgást végeznek, de ez nem biológiai, hanem fizikai jelenség, hiszen ugyanilyen mozgást végeznek a szervesetlen kristályok is. Ezt ugyan Brown is a vízmolekulák mozgásának és spórákat lökdöső hatásának tulajdonította, de egészen 1905-ig ez csak egy újabb hipotézis volt. Cikkünk témája szempontjából nem érdektelen, hogy Einstein elméleti modelljén felbuzdulva Jean Perrin 1911-ben publikálta Brown kísérleteinek reprodukálását, és Einstein képletei segítségével eljutott (végre) a valóságra hasonló atomi méretig (higanyra 0,28 nm), amiért 1926-ban Nobel-díjat kapott (Perrin, 1912). Megjegyzem, hogy az atomi méret kérdése Perrin cikkét követően hamarosan lezárult, amikor megjelent a röntgendiffrakció módszere, amivel nagy felbontással lehetett kristályok rácsparamétereit mérni, és innen az atomi méreteket számolni (Max von Laue ezért kapott Nobel-díjat 1914-ben, majd William Bragg és Lawrence Bragg [apa és fia] megosztott Nobel-díjat 1915-ben).

A kémia tehát kezdetben főleg makroszkopikus fizikai módszerek felhasználásával alakult ki és fejlődött (sőt a kémia ma is rengeteg fizikai módszert és berendezést használ). A legegyszerűbb ezek közül az volt, hogy a kémiai reakciók

lejátszódása közben pontos tömegméréseket végeztek: ezen az alapon állapította meg Antoine Lavoisier 1789-ben a tömegmegmaradás elvét. Őt azonban 1794-ben a francia forradalom alatt lefejezték (mint szinte mindenkit, aki a forradalom előtt „kidugta a fejét”), ami érezhetően visszavetette a kémia további fejlődését. Ennek ellenére ez az iskolapéldája annak, hogy a legegyszerűbb mérések, ha azokat szisztematikusan és a lehető legnagyobb alaposítással végezték, és társult hozzájuk némi fantázia is, elképesztő felfedezésekhez vezettek. Ez volt egyébként az a módszer, amit Eötvös is követett.

Ennek egy másik példája az ideális gáztörvény felfedezése, aminek több, meszsze nyúló következménye is lett. Az egész egy sokadrangúnak tűnő kérdés vizsgálatával kezdődött: Robert Boyle az 1660-as években azt vizsgálta, hogy adott tömegű és hőmérsékletű gázoknak különböző térfogatú edényekbe zárva vajon mekkora a nyomásuk. Innen következett Boyle felismerése (1662), hogy a térfogat és a nyomás szorzata konstans érték, adott tömeg és hőmérséklet mellett. Több mint egy évszázad telt el, mire Jacques Charles 1787-ben azt is kimutatta, hogy a térfogat lineáris függvénye a hőmérsékletnek állandó tömeg és nyomás esetén. Aztán az események felgyorsultak: Joseph Gay-Lussac 1808-ban már azt is kimérte, hogy a nyomás is lineáris függvénye a hőmérsékletnek adott tömeg és térfogat esetén, miközben a nagyobb térfogat egyre nagyobb tömegű gázt tud befogadni adott hőmérsékleten és nyomáson. Ezeket az állításokat összerakva már elérkezünk az ideális gáztörvényhez, miszerint a gáz térfogatának (V , m^3) és nyomásának (p , Pa) szorzata arányos annak hőmérsékletével (T , K), szorozva a gáz tömegével (m , g): $p \times V \sim m \times T$. Innen persze még hiányzik egy arányossági tényező, amelynek értéke sajnos minden gázra más.

Innen indulva a tudományos gondolkodás több irányban is megtermékenyült. Egyrészt Avogadro 1811-ben megfogalmazott egy hipotézist, miszerint az adott térfogatú, hőmérsékletű és nyomású, de kémiailag különböző gázok azonos mennyiségű atomot/molekulát tartalmaznak; tehát ezen hasonló gázok tömege csak azért különbözik egymástól, mert az egyedi gáztatomok/-molekulák különböző tömegűek. Azaz, a gáznyomás, a hőmérséklet, a térfogat és a tömeg méréseiből meghatározhatóak a különböző molekulák relatív (egymáshoz viszonyított) tömegei. Ehhez az alapot pedig John Dalton szolgáltatta még 1805-ben, aki azt javasolta, hogy a legkönnyebb elem, a hidrogén tömegét tekintsék 1-nek. Igen, jól látjuk: az atomtömeget *anno* egy dimenziómentes számnak tekintették, ami számértékét tekintve megegyezik a moláris tömeggel, de ma már g/mol-ban mérve.

Avogadro ötletét Stanislao Cannizzaro valósította meg, aki 1858-ban publikálta harminc elem (moláris) tömegét, a ma ismert g/mol értékeket két-három értékessel jegy pontossággal megközelítve (a H = 1 értékből kiindulva például: C = 12, O = 16, Cl = 35,5). Nagyszámú méréseiből Cannizzaro logikailag azt is kihozta (amit Dalton még nem tudott), hogy a hidrogéngázban valójában nem H-atomok,

hanem kétatomos H_2 -molekulák vannak, amelyeknek ezért 2 (g/mol) a (moláris) tömegük. Ez adta az alapot Dmitrij Ivanovics Mengyelejevnek ahhoz, hogy a mért relatív (moláris) tömegek alapján sorba rakja az elemeket, de ezt a sort megtörje kémiai hasonlóság szerint, és így előállítsa a maira már erősen hasonlító periódusos táblázatát 1869-ben. Mindezt Eötvös minden bizonnyal ismerte, ami onnan is látszik, hogy cikkében a különböző kémiai anyagokra korrekt kémiai képletük szerepel.

Térjünk vissza az ideális gáztörvényhez a relatív atomtömegek ismeretében (M , mai mértékegysége g/mol). Ha a fenti arányosság ($p \times V \sim m \times T$) jobb oldalát elosztjuk M -mel, akkor úgy találjuk, hogy a $p \times V \sim (m/M) \times T$ képletben az arányossági tényező már független lesz az anyagi minőségtől, hiszen azt éppen a különböző M értékekkel kompenzáltuk (ez az arányossági tényező pedig az egyetemes gázállandó: $R = 8,315$ J/molK, ami persze csak a Kelvin-féle hőmérsékleti skála bevezetése után jön ki – lásd lent). Az m/M hányados jelenti azt a halmazt, amelyben Avogadro azonos számú molekulát képzelt el. Nevezzük el ezt a halmazt anyagmennyiségnek (n), azaz $n = m/M$, mértékegysége g / (g/mol) = mol. Ezzel el is érkeztünk az ideális gáztörvény mai alakjához: $p \times V = n \times R \times T$.

Ebben az 1 molban tehát Avogadro-számnyi molekula helyezkedik el (N_{Av} , 1/mol vagy darab/mol). Innen az anyagmennyiség a molekulák darabszámának (N , darab) és az Avogadro-számnak a hányadosa ($n = N / N_{Av}$). Kár, hogy az Avogadro-szám értékét akkor még nem ismerték, ami tehát 2 g H_2 -gázban lévő molekulák vagy 12 g szénben lévő atomok számát jelenti (mai definíciója szerint ez 12 g C-12 izotópban lévő atomok számát jelenti, de az izotópok fogalmát a 19. században még nem ismerték, ami azonban ebből a szempontból nem is lényeges, hiszen két értékes jegy pontossággal 12 g szénben 12 g C-12 van). Felmerülhet a kérdés, hogy miért lett volna jó ismerni az Avogadro-számot? Ha ismerték volna, akkor tudták volna, hogy M tömegű anyagban mennyi ($N_{Av} = 6 \times 10^{23}$ darab) atom/molekula van, így az M / N_{Av} hányadosból meghatározhaták volna egy atom/molekula tömegét. Ráadásul, ha az M moláris tömeget (g/mol) elosztjuk a szilárd vagy folyékony anyag sűrűségével (g/cm³), akkor az anyag moláris térfogatát kapjuk (V_m , cm³/mol), azaz azt a térfogatot, amelyet 1 mol anyag elfoglal. Ha ezt elosztjuk az Avogadro-számmal, akkor megkapjuk 1 atom (vagy molekula) térfogatát (cm³ / mol / darab / mol = cm³ / db). Ha a legegyszerűbb modell szerint ebből a hányadosból köbgyököt vonunk, akkor megkapjuk az atom (molekula) átmérőjének becsült értékét. Példa: az alumínium atomtömege 27 g/mol, sűrűsége szobahőmérsékleten 2,7 g/cm³, azaz moláris térfogata 10 cm³/mol = 10⁻⁵ m³/mol. Tegyük fel, hogy ismert az Avogadro-szám legalább egy értékes jeggyel (lásd fent). Innen az alumíniumatomok tömege 4,5 × 10⁻²⁶ kg, becsült átmérője pedig 0,26 nm. Utóbbi csak az egyszerűsített moláristérfogat-modell miatt tér el valamelyest a valós értéktől (0,28 nm). Mindezt azonban Eötvös idejében még nem tudták, mert ehhez hiányzott az Avogadro-szám.

Az ideális gáztörvényt Johannes Didier van der Waals fejlesztette tovább egy másik irányba (1873), aki kimutatta, hogy a reális gőzök és folyadékok egymással csak az ún. kritikus hőmérséklet alatt tartanak egyensúlyt, ezen hőmérséklet felett azonban már gázként viselkednek, amiből összenyomással folyadék nem kondenzálható (Nobel-díj, 1910). Tehát Eötvös felületi feszültség méréseinek kezdetén már ismert volt a kritikus állapot léte, és ez lehetőséget adott Eötvösnek arra, hogy annak értelmezését saját mérései segítségével kiterjessze.

Az ideális gáztörvény másfajta továbbgondolását Sir Kelvin (William Thomson) végezte el (1848). Ha ugyanis a $p \times V / m$ kifejezést egy adott gázra ábrázoljuk a hőmérséklet függvényében, akkor egy egyenest kapunk: a $p \times V / m$ értékek a hőmérséklet növelésével lineárisan emelkednek. Akkoriban a hőmérsékletet Celsius-fokban mérték: a $0\text{ }^\circ\text{C}$ felelt meg a jég olvadási hőmérsékletének, a $100\text{ }^\circ\text{C}$ pedig a víz 1 bar nyomáson mért „normál” forrási hőmérsékletének. A Kelvin által extrapolált $p \times V / m$ értékek $-273\text{ }^\circ\text{C}$ -on metszették el a zérus értéket; ezen belül konstans V / m érték mellett a nyomás volt az, ami zérussá vált. Ekkor már régen tudták, hogy a nyomás a felületen eloszló erő, meg azt is tudták, hogy ha biliárdgolyókkal bombázunk egy falat, onnan egyrészt a golyók visszapattannak, másrészt eközben erő/nyomást közölnek a fallal, és az ennek hatására akár fel is dőlhet, ha nem támasztjuk meg hátulról. Innen jött az ötlet a gáznyomás értelmezésére: tegyük fel, hogy a gázmolekulák kis biliárdgolyókként összevissza száguldoznak a gázban, és eközben ütköznek egymással is és a fallal is, miközben ezen ütközések során a falnak átadott impulzus (kinetikus energia) tömegük és sebességük függvénye. A gázmolekulák tömege nyilván nem hőmérsékletfüggő (amit a mérések igazoltak), tehát csak a molekulák sebessége csökkenhet fokozatosan a hőmérséklet csökkentésével, és ezért csökken a nyomás is a hőmérséklet csökkentésével (egy személyes tapasztalat leningrádi diákéveimből: mi is szignifikánsan lelassultunk $-50\text{ }^\circ\text{C}$ -on a szobahőmérsékleten mérhető sebességünkhöz képest). Tegyük fel, hogy létezik egy „abszolút zérus hőmérséklet”, amikor minden atomi mozgás befagy, és ezért ekkor a gázmolekulák sebessége is nullára csökken – emiatt azok már egyáltalán nem ütköznek a fallal, azaz megszűnik a gáznyomás. Ma ezt az abszolút zérus hőmérsékletet nevezzük zérus kelvinnek ($0\text{ K} = -273\text{ }^\circ\text{C}$), és innen mérjük az abszolút hőmérsékletet, aminek lépésköze megegyezik a Celsius-skála lépésközével. Így a jég olvadáspontja $273\text{ K} = 0\text{ }^\circ\text{C}$, a víz normál forráspontja pedig $373\text{ K} = 100\text{ }^\circ\text{C}$.

A fenti Kelvin-ötlet adja a kinetikus gázelmélet alapját, ami a gázban száguldozó molekulák sebességeloszlásának bonyolult statisztikai elmélete (James Maxwell és Ludwig Boltzmann, 1871). Innen következik az ún. Boltzmann-állandó, amely a gáztörvényben az arányossági tényező 1 atomra/molekulára számítva, azaz a Boltzmann-állandó az empirikusan ekkor már ismert $8,314\text{ J/molK}$ gázállandó és a még ismeretlen Avogadro-szám hányadosa. Ha tehát a Boltzmann-állandó elméletileg ismert, akkor innen következik az Avogadro-állandó értéke

is. Ennek meghatározása tehát 1871-ben elvileg lehetségessé vált. De csak elvileg, mert Boltzmann nem tartotta fontosnak 1871-es művében megadni a később róla elnevezett állandó értékét, azt csak 1900-ban, Max Plancktól tudtuk meg. Ennek ellenére Boltzmann bécsi professzor barátja, Johann Josef Loschmidt már 1865-ben eljutott az ideális gáztörvény és a kinetikus gázelmélet erősen nyakatekert kombinációjából a „levegőmolekulák” 0,969 nm-es méretéig, ami már nagyságrendileg helyes eredmény volt, annak ellenére, hogy „levegőmolekula” nincs, csak nitrogén-, oxigén- stb. molekulák elegye van. Ezt az értéket azonban akkor még a tudományos közvélemény nem vette komolyan (a kinetikus gázelmélettel együtt), de innen legalább nyilvánvalóvá vált, hogy a molekulaméretetek témája a 19. század második felében az Osztrák–Magyar Monarchiában „az utcán hevert”. Így Eötvösnek elvileg rendelkezésére állt 1865 (Loschmidt) és 1911 (Perrin) között egy negyvenhat éves időablak, amikor a saját, 1886-os eredményeit (amelyeket éppen ezen időablak közepén publikált) elvileg felhasználhatta volna az Avogadro-szám és a molekulák (vagy higanyatomok) méretének becslésére is (részletesebben lásd lent).

Végeredményben 1875-re a kémia és a fizikai kémia alapjait lerakták, de a kritikus állapot fogalma még éppen csak megszületett. Ismerték ugyan a relatív atomtömegeket és innen a relatív molekulatömegeket is, de nem tudták, hogy egységnyi tömegű anyagban hány atom/molekula van (Avogadro-szám), és azt sem, hogy egy atomnak/molekulának mekkora a tömege vagy a mérete. Ekkor lépett a színre Eötvös, hogy új fizikai módszerével további fejlődést érjen el. Eötvös idejében tehát a felületi feszültség méréseiből elvileg két lényegi kérdéshez lehetett (volna) hozzászólni a természettudományokban: a kritikus állapot fogalmának kiterjesztéséhez (ezt Eötvös megtette) és a molekulák méretéhez, illetve az Avogadro-szám értékéhez (ezt Eötvös sajnos nem tette meg).

EÖTVÖS ÚJ MÉRÉSI MÓDSZERE

Eötvös doktori fokozattal tért haza német tanulmányai után, és a Műegyetem (mai nevén Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) Fizika Tanszékére került. A felületi feszültséget mint első itthoni kutatási témát Heidelbergből hozta haza. Itthon épített egy új elven működő berendezést a felületi feszültség mérésére, amit a *Műegyetemi Lapok* 1. számában ismertetett, a lap első tudományos cikkeként (Eötvös, 1876). A mérés optikai alapú: fényreflexiók mérések segítségével határozta meg egy, az üveglappal kapcsolatban lévő, görbült folyadék meniszkusz felületének koordinátáit két pontban, 5 mikrométeres (!) pontossággal. Az, hogy ezen mérésekből hogyan következik a felületi feszültség értéke (helyesebben a felületi feszültség osztva a sűrűség és a gravitációs gyorsulás szorzatával), Laplace 1806-os egyenletéből következik, de Eötvös ebben a cikkében a Laplace-egyenle-

tet a saját kísérleti körülményeire módosította, bizonyítva, hogy szabadon mozog a differenciálegyenletek világában is.

Eötvös egy jelentős dologban lép tovább Laplace eredeti módszeréhez képest: a felületi feszültséget nem egy nyílt cellában vizsgálja (ez lett volna a könnyebbik út), hanem egy zárt, de átlátszó üvegedényben (ez volt a nehezebb út), ráadásul a hőmérséklet függvényében. Így a mérés során a zárt edényben lévő folyadék a fűtés hatására fokozatosan párolog, és egyensúlyt tart saját gőzével, azaz Eötvös a forrásgörbe mentén méri le a felületi feszültség hőmérsékletfüggését. Ez az elrendezés automatikusan elvezeti Eötvöst a kritikus hőmérséklet megfigyeléséhez. Kritikus az a hőmérséklet, amely felett az alacsonyabb hőmérsékleten még könnyen megfigyelhető folyadék/gőz határfelület eltűnik, mivel a folyadék és a nagy nyomású gőz sűrűségei a kritikus hőmérsékleten azonossá válnak, emiatt azonossá válnak azok törésmutatói is. Ezért ezen a hőmérsékleten már mérni sem lehet, de a mérési pontok extrapolációja alapján Eötvös úgy találta, hogy a felületi feszültség a nulla értékhez tart, ahogy a hőmérséklet megközelíti a kritikus hőmérsékletet.

Eötvös a cikkeit egyetlen szerzőként jegyzi, de ebben az 1876-os cikkben a következőt olvashatjuk: „E kísérletek kivételét illetőleg a fő érdem Pokorny Ottokár műegyetemi repetitor urat illeti, ki a fáradságos beállításokat a kezdetlegesen összeállított eszközön nagy türelemmel és ügyességgel végezte.” Ezt csak azoknak írom, akik talán csodálkoznak azon, hogy volt a báró úrnak ideje 160 folyadék felületi feszültségét a hőmérséklet függvényében lemérni egyéb bokros teendői mellett.

Az elképesztő mérési pontosságot Eötvös körültekintően megválasztott műszerekkel érte el. Sajnos már ekkor is jellemző volt a tudományos műszerek magyar gyártóbázisának hiánya, ami (néhány üde kivételtől eltekintve) ma is jellemző. Ezek szerint: „A kathetometer Perreaux műhelyéből való volt [...] a theodolit Starke és Kummer műhelyéből származott, ezt Aujezky Lipót főreáltanodai tanár úr volt szíves a rendelkezésemre bocsájtani.” Egy másik örök magyar kutatói vonás is megjelenik tehát már 1886-ban: a műszerekkel való csencselés.

EÖTVÖS KAPILLÁRIS EGYENLETE ÉS ANNAK JELENTŐSÉGE

Eötvös tehát 1876 és 1886 között (feltehetőleg Pokorny Ottokár asszisztenciájával) 160 folyadék felületi feszültségének hőmérsékletfüggését határozza meg, és tegyük hozzá, „melléktermékként” leméri e folyadékok kritikus hőmérsékletét és a sűrűségük hőmérsékletfüggését is (utóbbi a mért tömeg és a folyadék alakjából meghatározható térfogat hányadosából adódik). Ha az ismert relatív atomtömeget osztja a sűrűséggel, megkapja a ma moláris térfogatnak nevezett mennyiséget, bár ezekről a részletekről nem ír, mint ahogy a cikkben (sajnos) nem közöl primer

kísérleti adatokat sem. Ehelyett az 1886-os cikk (7) számú egyenleteként felírja híres egyenletét a mért felületi feszültség (σ , N/m), a sűrűségeen keresztül mért moláris térfogat (V_m , m³/mol) és a kritikus hőmérséklet (T_{cr} , K), illetve a beállított abszolút hőmérséklet (T , K) különbsége között: $\sigma \times V_m^{2/3} = k \times (T_{cr} - T)$, ahol k az Eötvös-állandó. A képlet a cikkben tényleg így van felírva, de a moláris térfogat helyett a V_m Eötvösnél még molekula-térfogatot jelentett, és a mértékegységeket itt a mai SI mértékegységekben adtam meg, segítve az olvasót. Eötvös minden bizonnyal más mértékegységeket használt, de hogy pontosan miket, azt nem árulta el (ez azonban nem Eötvös-specifikus: a fizikusok általában nem használnak mértékegységeket, hiszen úgy gondolják, hogy azokat úgyis „minden beavatott” ismeri, ami csak akkor gond, ha 2023-ban olvasunk egy 1886-os cikket). Az Eötvös-állandó persze minden folyadékra más értékűre adódott, sőt a cikkből az is kiderül, hogy k értéke (természetesen) egy adott folyadékon belül is hőmérsékletfüggő. Ennek ellenére Eötvös valamiért úgy gondolta, hogy neki mindenképpen egy új természeti állandót kell meghatároznia, ami független az anyagi minőségtől és hőmérséklettől, így cikke (7) egyenletét ezzel az átlagos értékkel írja fel, ami mai mértékegységekkel: $k = 2,27 \times 10^{-7}$ J/Kmol^{2/3}. Eötvös néven nevez kivételeket is, amelyek között a legfontosabb a víz. Azt Eötvös persze még nem tudhatta, hogy ennek fő oka a vizet stabilizáló hidrogénkötés, hiszen erre csak a 20. században derült fény.

Bár Eötvös cikke címében arra fókuszál, hogy új egyenletet dolgozott ki a felületi feszültség és a molekula-térfogat között, utóéletét tekintve azonban Eötvös kapilláris egyenlete főleg nem ezért fontos, hanem azért, mert kiterjesztette a kritikus pont jelentését és jelentőségét. Bemutatta ugyanis, hogy saját kritikus hőmérsékletéhez közelítve kivétel nélkül minden folyadék felületi feszültsége a nullához közelít, és ezt ma is így tudjuk, illetve ez az az eredmény, amit a kolloidkémia világszerte Eötvös felismerésének tekint. Ez tehát Eötvös kapilláris egyenletének elméleti jelentősége. Érdeemes megemlíteni, hogy azóta az Eötvös-egyenletet kiterjesztették más határfelületekre is (Kaptay, 2020). Az ugyanis általánosan érvényes minden határfelület-típusra, hogy azon a hőmérsékleten, amikor a határfelület eltűnik (mert például feloldódik egymásban a határfelületet definiáló korábbi két fázis), akkor a határfelületi energia zérussá válik. Ez egy nagyon hasznos határérték, amit én többek között a szuperötvezetek élettartama szempontjából fontos koherens szilárd/szilárd határfelületi energia hőmérsékletfüggésének leírására használtam a közelmúltban (Kaptay, 2020), és amit azóta amerikai kutatók is átvettek (Ardell, 2021).

Ugyanakkor, ennek az egyenletnek van egy nagyon hasznos gyakorlati jelentősége is: elegendő ugyanis egy folyadék felületi feszültségének értékét egy hőmérsékleten lemérni, hiszen Eötvös kapilláris egyenletéből a kritikus hőmérséklet ismeretében a felületi feszültség jó pontossággal kiterjeszthető más hőmérsékletekre is. Sőt, ha elhisszük, hogy az átlagos Eötvös-állandó

érvényes a bennünket érdeklő folyadékokra is, akkor egyáltalán nem kell lemérni a folyadék felületi feszültségét, mert annak értéke a kritikus hőmérséklet és a moláris térfogat (sűrűség) ismeretében Eötvös kapilláris egyenletéből következik. Ráadásul, vannak olyan folyadékok is, amelyek kritikus hőmérséklete olyan nagy, hogy annak kísérleti meghatározása nehézkes (ilyenek például a fémolvadékok). Ebben az esetben lemérve a felületi feszültség hőmérsékletfüggését, ezen értékek extrapolációjával a mérhetetlenül nagy kritikus hőmérséklet megbecsülhető Eötvös kapilláris egyenletének segítségével (lásd például Lang, 1977 vagy Kaptay, 2012).

EÖTVÖS KAPILLÁRIS EGYENLETÉNEK HATÁSA ÉS EMLÉKEZETE

Az *Annalen der Physik* folyóirat nyilvántartása szerint az Eötvös kolloidkémiai egyenletét bemutató cikk 2023 szeptemberéig 156 (minden bizonnyal független) hivatkozást kapott. Ez már önmagában sem kevés, de véleményem szerint ez csak a jéghegy csúcsa, hiszen sok cikkben és monográfiában láttam konkrét hivatkozás nélküli utalást az „Eötvös-egyenletre” vagy az „Eötvös-állandóra”. Ez a trend már elég korán elindult, lásd Einstein 1911-es cikkét, amelyet egy az egyben Eötvös 1886-os cikkének szentel – ez Einstein cikkének címéből is kiderül –, és ráadásul ugyanabban a folyóiratban publikál, de mindezt formális hivatkozás nélkül teszi. Érdemes kiemelni, hogy Eötvös kapilláris egyenlete és annak értékelése szerepel a felületek fizikai kémiája tudományterület „bibliájának” tartott Adamson-féle monográfiában is (Adamson, 1990), amely első, 1967-es kiadása óta több mint 23 000 hivatkozást kapott.

Érdemes még megemlíteni egyes (túlságosan) „nagy” nemzetek betegségét, miszerint szeretnek szinte minden tudományos eredményt saját nemzetük kutatóiról elnevezni (USA és Oroszország, hogy csak néhányat említsek). Személyes tapasztalatom, hogy ennek ellenére Eötvös kapilláris egyenletét mindezen országokban Eötvösnek tulajdonítják. Az már más kérdés, hogy nevét hogyan ejtik ki, és az is, hogy tisztában vannak-e Eötvös magyar voltával, vagy tudják-e, hogy pontosan hol is van Magyarország (ne legyenek illúzióink, az oroszok pontosan tudják). Én mindenesetre külföldi előadásaimon terjesztem ezt az „igét” is.

EÖTVÖS FEL NEM ISMERT ESÉLYÉRŐL

Az előző fejezetekben jeleztem, hogy Eötvös kapilláris egyenletéből és a mért Eötvös-állandókból Eötvös akár az Avogadro-számra vagy a molekulaméretre is becslést adhatott volna, tizenkilenc évvel megelőzve Einstein 1905-ös cikkét.

Lássuk ezt kicsit részletesebben. Mint fent láttuk, a felületi feszültség a felületi molekulák extra energiáját jelenti a térfogati molekulák energiájához képest, vagy másképpen fogalmazva, a felületi molekulák elveszítik a térfogati molekulákat stabilizáló kohéziós energiájuk egy részét akkor, amikor a felületre kerülnek. Mivel a kohéziós energia mértékegysége J/mol, azt osztani kell m^2/mol -al ahhoz, hogy megkapjuk a felületi feszültség mértékegységét (J/m^2). Így a felületi feszültség lehető legegyszerűbb modellegyenlete (Kaptay, 2020): $\sigma \cong -\alpha \times H_{coh}/\omega$, ahol α (dimenziómentes) a felületen felszakadt kötések részaránya, H_{coh} (J/mol) a folyadék térfogati kohéziós energiája (negatív értékű), aminek α része tűnik el akkor, amikor egy molekula a folyadék térfogatából annak felületére kerül, és ω (m^2/mol) a moláris felület, amely az a felület (helyesebben a kívülről látni vélt vetület), amekkorát 1 mol, monomolekuláris rétegbe kiterített molekula elfoglal.

A legegyszerűbb modell szerint 6-os koordinációt elképzelve egy térfogati molekula körül (ahol a szomszéd molekulák alul, felül, balra, jobbra, elöl és hátul helyezkednek el), ez a molekula a felületre kerülve az egyik szomszédját veszíti el, azaz $\alpha \cong 1/6$, de jegyezzük meg, hogy α értéke függ a folyadék térfogatának és felületének szerkezetétől. A folyadékok kohéziós energiája első közelítésben a kritikus hőmérsékleten zérusra csökken. Ha ráadásul elhanyagolom a hőkapacitás hőmérsékletfüggését is, akkor a kohéziós energia egyszerűsített modellegyenlete: $H_{coh} \cong -C_p \times (T_{cr} - T)$, ahol C_p (J/molK) a folyadék átlagos moláris hőkapacitása. Végül a legegyszerűbb modell szerint a folyadékok moláris felülete a moláris térfogat függvényében az $\omega \cong f \times V_m^{2/3} \times N_{Av}^{1/3}$ egyenlettel írható le, ahol f (dimenziómentes) egy olyan paraméter, amely a folyadékok térfogati és felületi szerkezetének függvénye, de első közelítésben értéke 1,0 körüli. Behelyettesítve a három utóbbi összefüggést a fentibe, a következő egyenlethez jutunk: $\sigma \cong \alpha \times C_p \times (T_{cr} - T) / (f \times V_m^{2/3} \times N_{Av}^{1/3})$. Összehasonlítva ezt a modellegyenletet Eötvös kapilláris egyenletével, az Eötvös-állandóra a következő elméleti kifejezést kapjuk: $k \cong \alpha \times C_p / (f \times N_{Av}^{1/3})$. Ennek ismeretében nem csoda, hogy az Eötvös-állandó nem azonos minden folyadékra, és nem hőmérséklet-független. Hiszen minden folyadéknak különbözik a térfogati és felületi szerkezete és hőkapacitásának hőmérsékletfüggése. Ennek ellenére szó lehet hasonló folyadékokról, amelyekre az $\alpha \times C_p / f$ hányados értékei közel azonosak, és ezért rájuk az Eötvös-állandó értéke is közel azonos.

A fent talált egyszerűsített értékekből ($\alpha \cong 1/6$ és $f \cong 1$) az Eötvös-állandó egyszerűsített modellegyenlete: $k \cong C_p / (6 \times N_{Av}^{1/3})$. Ha tehát ismerjük egy adott folyadék Eötvös-állandóját és moláris hőkapacitását (amit Eötvös korában a fajlagos hőkapacitás (J/gK) és a relatív atomtömeg (g/mol) szorzatából lehetett meghatározni), akkor innen becsülhető az Avogadro-szám értéke. Például a kloroformra: $k = 2,30 \times 10^{-7} \text{ J/Kmol}^{2/3}$, míg a moláris hőkapacitás ma ismert értéke (Handbook, 1993) $C_p = 114,2 \text{ J/molK}$, ami feltehetőleg Eötvös idejében is hasonló értékkel volt ismert. Behelyettesítve ezeket az értékeket az

utóbbi egyenletbe, $N_{Av} \cong 5,67 \times 10^{23}$ 1/mol értéket kapunk, ami a valós értéktől ($N_{Av} \cong 6,02 \times 10^{23}$ 1/mol) csak 6%-kal tér el. A kloroform átlagos moláris térfogatát ($V_m = 8,0 \times 10^{-5}$ m³/mol) osztva ezzel az értékkel és köbgyököt vonva az eredményből a kloroformmolekula átmérőjére 0,52 nm-t kapunk, ami jó közelítő eredmény, és biztosan pontosabb, mint Loschmidt 0,969 nm értéke a „levegőmolekulák” átmérőjére. Bár meg kell jegyezni, hogy az Avogadro-szám a fenti képlet szerint a hőkapacitás és az Eötvös-állandó hányadosának a köbéből adódik, és ez a köbre emelés erősen felnagyítja az Avogadro-szám becslési hibáját, ami emiatt jelentősen szór a különböző folyadékokra.

Elképzeltető, hogy a T. Olvasók a fenti eszmefuttatást történelmietlennek tartják, és úgy gondolják, hogy ennyi okoskodást (ez Eötvös egyik kifejezése 1876-os cikkében) nem várhattunk el Eötvöstől 1886 táján. Lehet, hogy így van. De ha elolvassuk Loschmidt 1865-ös okoskodásait, úgy gondolhatjuk, hogy a fenti gondolatmenetre 1886-ban tán volt némi esély.

A valóságban huszonöt további évre és Albert Einsteinre volt szükség ahhoz, hogy Eötvös mérési eredményeiből valaki kihámozza az atomi méreteket: Einstein 1911-es cikkében ezt megteszi, és a higanyatom átmérőjére $5,19 \times 10^{-9}$ ad meg, de „természetesen” mértékegység nélkül. Feltételezve, hogy Einstein ekkor az MKS (méter-kilogramm-szekundum) rendszert használta, ez ma 5,19 nm-t jelent, ami több mint egy nagyságrenddel nagyobb a valós értéknél. Ezzel végérvényesen felmenthetjük Eötvöst az alól a naiv várakozás alól, hogy neki 1886-ban esélye lett volna a valós molekulaméret meghatározására. Inkább ünnepeljük Eötvös Lorándot azért, amit elért: egy saját maga által tervezett műszer segítségével, Magyarországon mért adatokból új egyenletet írt fel a felületi feszültség hőmérsékletfüggésére, amit a kémia, az anyagtudomány és a biológia a mai napig ismer és elismer. Ezzel minden valószínűség szerint ő az egyetlen magyar természettudós kutató, aki már a 19. században is világhírnévre tett szert. Tette ezt ráadásul itthon (és nem külföldön) élve és alkotva.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti dr. Paripás Bélát (Miskolci Egyetem, Fizika Intézet) a 100+ évvel ezelőtti mértékegységek megfejtéséhez nyújtott segítségéért és Kaptay Mártát (Berlin), illetve Kohári Líviát (Balatonalmádi) a formai javításokért. Külön köszönöm Szarka Lászlónak a gondos szerkesztést.

IRODALOM

- Adamson, Arthur W. (1990): *Physical Chemistry of Surfaces*. 5th ed. New York: John Wiley and Sons Inc., ISBN 0471610194, 6th edition, 1997, <http://tinyurl.com/mr4yf54r>
- Ardell, Alan J. (2021): Temperature Dependence of the γ/γ' Interfacial Energy in Binary Ni–Al Alloys. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 52, 5182–5199. DOI: 10.1007/s11661-021-06440-0, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11661-021-06440-0>
- Einstein, Albert (1905): Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Annalen der Physik*, 322, 8, 549–560. DOI: 10.1002/andp.19053220806, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053220806>
- Einstein, Albert (1911): Bemerkung zu dem Gesetz von Eötvös. *Annalen der Physik*, 34, 1, 165–169. DOI: 10.1002/andp.19113390109, <http://tinyurl.com/38szxnx7>
- Eötvös Loránd, B[áró] (1876): Új módszer a capillaritási tűnemények tanulmányozására. *Műegyetemi Lapok*, 1, 2–10. (felolvasva: MTA III.o. 1876. jan. 10.). http://real.mtak.hu/103819/1/MTA_MuegyetemiLapok_1876__pages6-14.pdf
- Eötvös Ronald [Loránd] (1886): Über den Zusammenhang der Oberflächenspannung der Flüssigkeiten mit ihrem Molekularvolumen. *Annalen der Physik*, 263, 448–459. DOI: 10.1002/andp.18862630309, http://real.mtak.hu/94134/1/300_430_9_27.pdf
- Gibbs, Josiah Willard (1874–78): On the Equilibrium of Heterogeneous Substances. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, vol. 3. 343–524., DOI: 10.5479/sil.421748.39088007099781, <https://www.semanticscholar.org/paper/On-the-equilibrium-of-heterogeneous-substances-Gibbs/74b6330b0e0f24d7bca84ff178835aa21d760770>
- Handbook: Lide, David R. (ed.) (1993): *CRC Handbook of Chemistry and Physics (1993–1994)*. 74th ed. Boca Raton: CRC Press
- Kaptay György (2009): Határfelületi jelenségek a fémcsanyaggyártásban. 2. rész: A határfelületi összehúzó erő. *Bányászati és Kohászati Lapok. Kohászat*, 142, 6, 37–46. https://ombke.hu/wp-content/uploads/2023/02/kohaszat2009_06.pdf
- Kaptay György (2012): On the Order–Disorder Surface Phase Transition and Critical Temperature of Pure Liquid Metals Originating from BCC, FCC and HCP Crystal Structures. *International Journal of Thermophysics*, 33, 7, 1177–1190. DOI: 10.1007/s10765-012-1270-5, <http://tinyurl.com/258ttupu>
- Kaptay György (2018): The Chemical (Not Mechanical) Paradigm of Thermodynamics of Colloid and Interface Science. *Advances in Colloid and Interface Science*, 256, 163–192. DOI: 10.1016/j.cis.2018.04.007, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0001868617305146>
- Kaptay György (2020): A Coherent Set of Model Equations for Various Surface and Interface Energies in Systems with Liquid and Solid Metals and Alloys. *Advances in Colloid and Interface Science*, 283, 102212. DOI: 10.1016/j.cis.2020.102212, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868620301858>
- Kaptay György – Csepeli György (2017): Szegregáció oldatokban és társadalmakban. *Magyar Tudomány*, 178, 9, 1132–1143. <http://www.matud.iif.hu/2017/09/16.htm>
- Lang, Gernot (1977): Kritische Temperaturen und Temperatur Koeffizienten der Oberflächenspannung flüssiger Metalle. *Zeitschrift für Metallkunde*, 68, 213–218. DOI: 10.1515/ijmr-1977-680309
- Laplace, Pierre-Simon de (1806): *Mécanique Celeste*. Supplement au X^e livre. 1798-as francia kiadás: <https://library.si.edu/digital-library/book/traitemcaniquec04lapl> Supplement to Book 10: 1839-es amerikai kiadás: <https://library.si.edu/digital-library/book/meycaniqueceyle4lapl>

- Loschmidt, Johann Josef (1865): *Zur Grösse der Luftmoleküle. (Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* Vol. 52, 2) Wien: Akademie der Wissenschaften, 395–413. https://books.google.hu/books?id=ppEAAAAAYAAJ&pg=PA395&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false; angolul: Loschmidt, Johann (1995): On the Size of the Air Molecules. *Journal of Chemical Education*, 72, 10, 870–875. <https://www.chemteam.info/Chem-History/Loschmidt-1865.html>
- Perrin, Jean (1912): Les Preuves de la Réalité Moléculaire (Étude Spéciale des Émulsions). In: Solvay, Ernest – Langevin, Paul – Broglie, Maurice de (eds.): *La théorie du rayonnement et les quanta: rapports et discussions de la réunion tenue à Bruxelles du 30 octobre au 3 novembre 1911*. Paris: Gauthier-Villars, 153–253. http://www.solvayinstitutes.be/pdf/Proceedings_Physics/1911.pdf
- Young, Thomas (1805): An Essay on the Cohesion of Fluids. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 95, 95, 65–87. DOI: 10.1098/rstl.1805.0005, <https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rstl.1805.0005>

A TORZIÓS INGÁK JELENTŐSÉGE EÖTVÖS LORÁND SZÜLETÉSE UTÁN 175 ÉVVEL

THE SIGNIFICANCE OF THE TORSION BALANCE 175 YEARS AFTER THE BIRTH OF LORÁND EÖTVÖS

Völgyesi Lajos¹, Szondy György², Tóth Gyula³, Fenyvesi Edit⁴, Kovács Péter⁵, Kiss Bálint⁶,
Égető Csaba⁷, Barnaföldi Gergely Gábor⁸, Lévai Péter⁹, Ván Péter¹⁰

¹az MTA levelező tagja, geofizikus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest
volgyesi.lajos@emk.bme.hu

²doktorandusz, villamosmérnök, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest

³a műszaki tudomány kandidátusa, geodéta, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest

⁴PhD, fizikus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

⁵PhD, geofizikus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

⁶PhD, villamosmérnök, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Irányítástechnika és Informatika Tanszék, Budapest

⁷PhD, geodéta, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest

⁸PhD, fizikus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

⁹az MTA rendes tagja, fizikus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

¹⁰az MTA doktora, fizikus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

Eötvös Loránd nevéhez a fizika történetében számos nagy felfedezés kötődik, igazi hírnevét, elismertségét azonban zseniális találmánya, a róla elnevezett torziós inga hozta meg. Híres műszerének első példányát, a horizontális variométert 1890-ben építette meg, amelyet élete során folyamatosan fejlesztett tovább. Röviden áttekintjük, hogy 175 évvel Eötvös Loránd születése után és több mint 130 évvel az első torziós ingája elkészítését követően mi a jelenlegi szerepe és jelentősége az Eötvös-ingának. Magyarországon most három tudományterületen használjuk a torziós ingát. A fizikai geodéziában az ingával mérhető görbületi gradienseket a Föld elméleti alakja, a geoid finomszerkezetének meghatározására használjuk, a fizikában Eötvösék mérési pontosságát közel két nagyságrenddel felülmúlva a súlyos és a tehetetlen tömeg azonosságát igazoló ekvivalenciaelv újramérését végezzük, legújabbban pedig felmerült a lehetősége bizonyos földrengések torziós ingával történő előrejelezhetőségének.

ABSTRACT

Loránd Eötvös's name is associated with many great discoveries in the history of physics, but his real fame and recognition came from his ingenious invention, the torsion pendulum named after him. He built the first example of his famous instrument, the horizontal variometer, in 1890 and continued to improve it throughout his life. We will briefly review the role and significance of the Eötvös torsion balance today, 175 years after Eötvös was born and more than 130 years after he built his first torsion balance. In Hungary, we currently use the torsion balance in three scientific fields. In physical geodesy, curvature gradients measured by the torsion balance are used to determine the fine structure of the geoid (the theoretical shape of the Earth); in physics, we are re-measuring the equivalence principle, which proves the identity of gravitational and inertial mass, by almost two orders of magnitude beyond the accuracy of Eötvös's original measurement; and most recently we have raised the possibility of predicting certain earthquakes with the torsion balance.

Kulcsszavak: Eötvös Loránd, torziós inga, geoid, ekvivalenciaelv, földrengések előrejelzése

Keywords: Loránd (Roland) Eötvös, torsion balance, geoid, equivalence principle, earthquake prediction

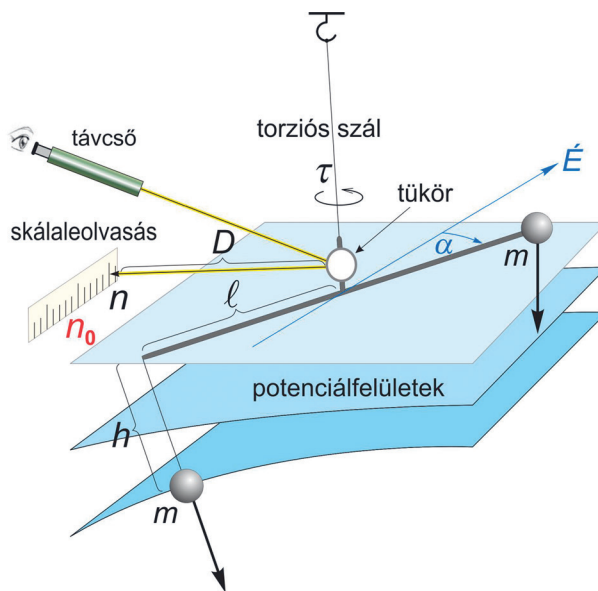
EÖTVÖS TORZIÓS INGÁI

Eötvös Loránd 1886-ban kezdett gravitációs kutatásokkal foglalkozni. Kísérleteihez először egy Coulomb- (Cavendish-) féle torziós ingát készített 1890-ben, amelynek fő szerkezeti eleme vékony szárra függesztett vízszintes ingakar volt, a két végén elhelyezkedő azonos nagyságú tömegekkel. Ezzel az ún. *görbületi variométerrel* a testekre ható tömegvonzási (gravitációs) és a Föld forgásából származó centrifugális erő eredője, a nehézségi erőtér potenciálfelületeinek alakját tudta meghatározni.

Ugyancsak 1890-ben készítette el a következő műszerét, a *horizontális variométert*. Ebben Eötvös óriási ötlete az volt, hogy a 0,02–0,03 mm átmérőjű rugalmas wolfram- vagy platinaszálon függő vízszintes ingarúdról az egyik tömeget levette, és az *1. ábrán* látható módon, vékony szálon h távolsággal mélyebbre függesztette fel. Ezzel a változtatással nemcsak a szintfelületek görbületi viszonyait tudta meghatározni, hanem arról is információt kapott, hogy a szintfelületek mennyire nem párhuzamosak egymással. Ez az apró változtatás tette alkalmassá a horizontális variométerét a geofizikai alkalmazásokra, az ásványi nyersanyagok kutatására.

A torziós ingára egyrészt a nehézségi erőtér térbeli változásából származó forgatónyomaték, másrészt, ezzel ellentétes értelemben a felfüggesztő szál csavarási nyomatéka hat. Egyensúly esetén a két ellentétes irányú forgatónyomaték egyenlő

egymással. Ez teszi lehetővé a nehézségi erőtér forgatónyomatékának összehasonlítását a felfüggesztő szál csavarási nyomatékával, és így a nehézségi erő térbeli változását jellemző mennyiségek (a *görbületi* és a *horizontális gradiensek*) meghatározását. Eötvös további nagy ötlete az volt, hogy ugyanazon ingaházon belül egymással párhuzamosan, de ellentétes irányítással két ingaszerkezetet helyezt el. Ezzel felére csökkentette a mérési időt, ugyanakkor növelni tudta a mérési pontosságot. Az első kettős inga, az ún. *kettős nagyeszköz* 1902-ben készült el, és ez lett a kiinduló típusa az összes ezután gyártott és technikailag továbbfejlesztett terepi műszernek. A kettős nagyeszközből három példány készült, és ezzel végezte Eötvös Loránd, Pekár Dezső és Fekete Jenő a súlyos és a tehetetlen tömeg azonosságára vonatkozó ekvivalenciaméréseket (Völgyesi et al., 2018).



1. ábra. A horizontális variométer működési alapelve (Völgyesi Lajos szerkesztése)

Az 1920-as évektől jelentősen megnőtt a kőolaj- és földgázkutatással kapcsolatos geofizikai vizsgálatok igénye, ezért újabb terepi mérésekre alkalmas ingatípusokat készítettek. Az erre a célra kifejlesztett két legfontosabb műszer az Eötvös–Rybár-féle Auterbal (Automatic Eötvös–Rybár Balance) inga, illetve az Eötvös–Pekár-féle G-2 típusjelzésű torziós inga (2. ábra). Az Auterbal-ingák esetében az azimutonkénti 40 percre csökkentett észlelési idő mellett a legfontosabb fejlesztési cél a műszer automatikus forgatásának rugós óraszerkezettel történő megoldása és a műszer leolvasási értékeinek fotografikus rögzítése volt. Az Eötvös–Pekár-inga fejlesztése esetében Pekár Dezső a méretek és a lengés-



2. ábra. Az Eötvös–Rybár- (Auterbal-) inga (háttul) és az Eötvös–Pekár- (G-2) inga (elöl) (fotó: Völgyesi Lajos)

idő csökkentése mellett a műszerek egyszerűségének megőrzésére helyezte a fő hangsúlyt, ezért megmaradt a manuális forgatás és a pontosabb és megbízhatóbb vizuális leolvasás mellett. A két típusból összesen mintegy 125 példányt készítettek Magyarországon, amelyeket a világ harminc különböző országában alkalmaztak, elsősorban szénhidrogén-lelőhelyek felkutatása céljából (Szabó, 1999).

Az 1950-es években az Eötvös által alapított és halála után a nevét is viselő Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) munkatársai további terepi műszert is fejlesztettek. Ebből, az E-54 típusjelű ingából 109 darabot készítettek, amelyeket kettő kivételével exportáltak (Szabó, 1999).

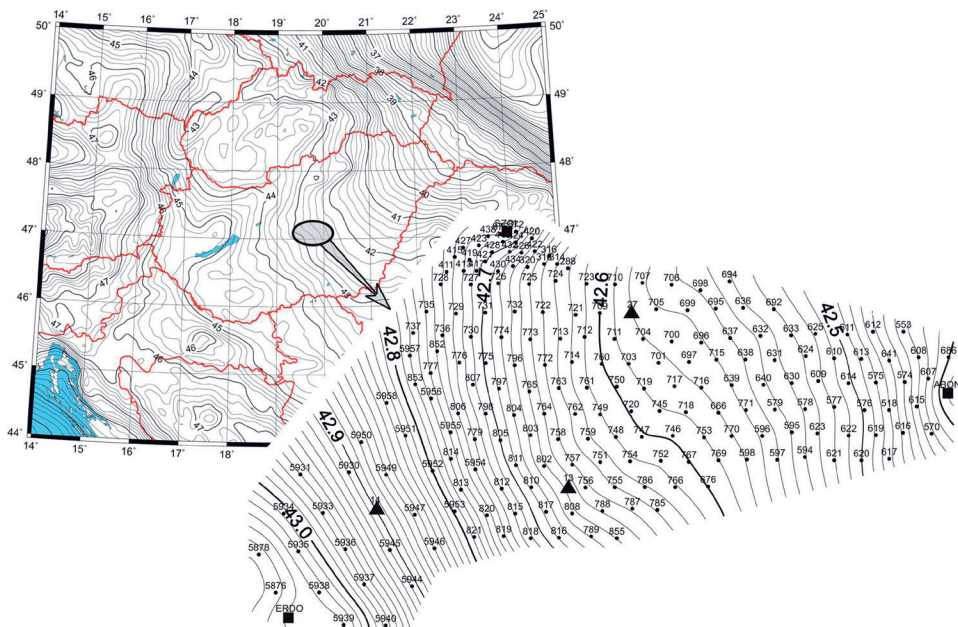
TEREPI MÉRÉSEK ÉS EZEK FIZIKAI GEODÉZIAI HASZNOSÍTÁSA

Eötvös Loránd munkatársaival közösen, az első tényleges terepi ingamérést a horizontális variométerrel a Celldömölkhez közeli Ság-hegy mellett végezte 1891-ben. Eredményeit a Ság-hegy akkor még szabályos csonka kúp alakú tömegének gravitációs hatását kiszámítva ellenőrizte. Eötvös következő nevezetes méréseit a Balatoni-ingájával végezte 1901 és 1903 téli hónapjaiban, összesen negyven állomáson, a Balaton jegén. A balatoni vizsgálatoknak az volt a jelentőségük, hogy nem kellett a felszíni topográfiai tömegek zavaró hatása miatt korrekciókat számolni, és a mérési eredményekből közvetlenül lehetett következtetni a felszín alatt eltakart tömegek elrendeződésére.

A nehézségi erőtér valamely kiválasztott szintfelülete szerkezetének részletes meghatározásával Magyarországon (és a világon is) először a 20. század első évtizedében tudományos célokból Eötvös Loránd foglalkozott. Arad vidékén a torziós ingával végzett mérések felhasználásával (Bíró et al., 2013) Arad korabeli ingaállomásának vonatkozási pontján átmenő szintfelületnek az ugyanezen pontban a szintfelületet érintő Bessel-ellipszoidhoz viszonyított eltéréseit szerkesztették meg 2 cm-es értékközű izovonalakkal. Ehhez a területen torziós ingával felmért 188 állomás nehézségi gradiens adatait, a függővonal-elhajlásra csillagászati-geodéziai mérésekből hét állomásra nyert É–D-irányú összetevőt, és 2 állomásra meghatározott K–Ny-irányú összetevőt vették alapul.

Eötvös 1919-ben bekövetkezett haláláig 1420 ponton határozták meg a nehézségi erőtér gradienseit és potenciálfelületének görbületi jellemzőit. A méréseket, ahol a topográfia megengedte, általában szabályos hálózatban végezték, kezdetben 3-4, majd 2, illetve 1 km-es állomástávolsággal. Az 1920-as évek kezdetétől a torziós ingák egyre nagyobb szerepet játszottak a kőolajkutatásban. Ezeket a méréseket kizárólag gazdaságossági szempontok vezették, így kezdetben főleg utak mentén mértek, majd, ahol a mérési eredmények kedvező földtani szerkezetet jeleztek, ott áttértek a hálózatos mérésekre. Magyarországon az utolsó nyersanyagkutató terepi Eötvös-inga-mérésre 1967-ben került sor. Az 1901–1967 közötti időszakban a Magyar–Amerikai Olajipari Rt. (MAORT), az ELGI és az Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt (OKGT) összesen mintegy 60 000 állomáson végzett torziósinga-méréseket sík és enyhén dombvidéki területeken. Mivel ezek a mérések elsősorban ásványi nyersanyagok kutatására szolgáltak, ezért általában csak a nehézségi erő W_{zx} és W_{zy} horizontális gradienseit dolgozták fel, a fizikai geodézia szempontjából fontosabb W_{Δ} és W_{xy} görbületi gradiensek többnyire felolgozatlanul maradtak.

A görbületi gradiensek felhasználásával függővonal-elhajlások számíthatók, amely eljárást már Eötvös Loránd kidolgozta. A megfelelő pontsűrűséggel ismert függővonal-elhajlásokból pedig a csillagászati szintezés módszerét alkalmazva



3. ábra. A geoid finomszerkezete Cegléd környékén Eötvös-ingával végzett mérések felhasználásával (Völgyesi, 1995, 2015, 2019)

a geoid finomszerkezete határozható meg. Erre vonatkozóan kísérleti számításokat végeztünk a Cegléd környéki teszterületen, ahol 206 Eötvös-inga-mérési pont, három asztrogeodéziai és három asztrogravimetriai pont állt rendelkezésre. Az ellenőrző pontokban adódó eltérések alapján számított fél szögmásodperc körüli középhiba azt igazolta, hogy a módszerrel a függővonal-elhajlás ζ és η összetevőire nagyobb összefüggő területre is elfogadható pontosságú értékek számíthatók. A függővonal-elhajlás ezen értékeit felhasználva meghatároztuk a vizsgált területre a részletes geoidképet is, amely a geocentrikus elhelyezésű EGG97 geoid 1 cm izovonalközü finomítása (Völgyesi, 1995, 2001, 2015, 2019). A 3. ábrán ez a finomított geoidkép látható. A legújabb magyarországi geoidmegoldások már figyelembe veszik az Eötvös-inga-mérések adatait is.

2007 és 2009 között felújított és modernizált Eötvös-ingákkal és graviméterekkel átfogó terepi méréseket is végeztünk a Csepel-sziget déli részén, részben a korábbi ingamérések linearitásvizsgálata, részben a teljes Eötvös-tenzor előállítására és vizsgálatára céljából (Csapó et al., 2009).

AZ EÖTVÖS-KÍSÉRLET ÚJRAMÉRÉSE

Eötvös Loránd munkatársaival, Pekár Dezsővel és Fekete Jenővel 1906-tól mérősorozatot végeztek (EPF-mérések) a súlyos (gravitációs) és a tehetetlen tömeg arányosságára vonatkozóan (Eötvös et al., 1922). A súlyos és a tehetetlen tömeg azonossága Einstein általános relativitáselméletének (gravitációelméletének) kiinduló alapja. 1986-ban Ephraim Fischbach és társai az EPF mérési eredményekben olyan szisztematikus anyagfüggést véltek felfedezni, amelyet végül kísérletileg nem tudtak igazolni, ugyanakkor az eltérések okára máig sem találtak magyarázatot. Mi viszont az egykori mérések leírásait tanulmányozva lehetséges magyarázatot találtunk a méréseket terhelő szabályos hibaforrásra (Tóth, 2019), ami indokoltá tette az eredeti ekvivalenciakísérlet megismétlését a mai korszerű technikai lehetőségek által kínált, jobb feltételek mellett.

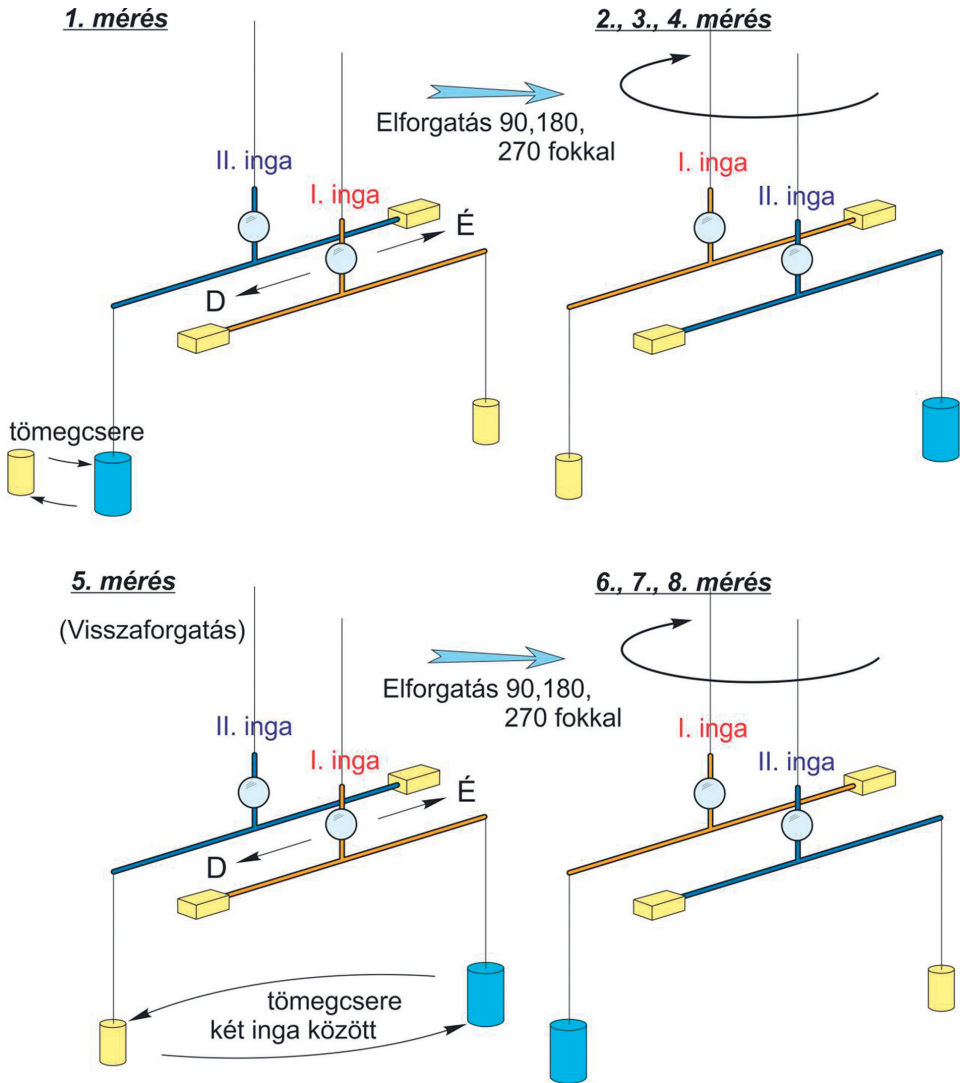
A súlyos és a tehetetlen tömeg arányosságára vonatkozó EPF-mérések során Eötvös feltételezte, hogy a különböző tömegekre ható forgási centrifugális erő független az anyagi minőségtől, viszont a tömegvonzási (gravitációs) erő függhet tőle. Gondolatban helyezzünk valamely földfelszíni pontba különböző anyagokat (például aranyat és alumíniumot). A két különböző testnek legyen szigorúan azonos a tömege. A feltételezés szerint mindkét testre a Föld tengely körüli forgásából adódóan azonos centrifugális tehetetlenségi erő hat, viszont a Föld a két különböző testre más gravitációs erőt fejt ki. Ekkor a gravitációs és a centrifugális erő eredője – a nehézségi erő – is a különböző anyagokra különböző lesz. Az Eötvös-kísérlet fő kérdése az, hogy az inga karjáról lelógatott tömeget kicserélve a felső tömegtől eltérő másik anyagból készített tömegré, a felső és az alsó testre

ható feltételezett különböző erők miatt tapasztalható-e az inga karjának kis elfordulása.

Eötvös és munkatársai a tömegcserés mérési eljárásra három különböző módszert dolgoztak ki. Mi a 4. ábrán látható tömegcserés mérési stratégiát követjük a méréseink során, mivel a lehető legtöbb zavaró hibaforrást ezzel lehet kiküszöbölni (Völgyesi et al., 2018). A mérés első lépésében a II. inga lelógatott aranyból készült tömegét kicseréljük egy ugyanolyan tömegű alumíniumra és az É–D irányba ($\alpha = 0^\circ$ azimutba) állított ingaszerkezeten leolvassuk az ingák nyugalmi helyzetét. A 2., 3. és 4. lépésben $\alpha = 90^\circ$, 180° és 270° azimutba elfordítva a teljes ingaszerkezetet szintén leolvassuk az ingakarok nyugalmi helyzetét. Az 5. lépésben visszaforgatjuk az ingaszerkezetet $\alpha = 0^\circ$ azimutba, kicseréljük egymással az I. és a II. ingarúdról lelógatott tömegeket, és így is leolvassuk a nyugalmi állapotban az ingakarok helyzetét. Végül a 6., 7. és 8. lépésben az ingakarokon felcserélt tömegekkel elfordítjuk az ingaszerkezetet $\alpha = 90^\circ$, 180° és 270° fokos azimutba, és így is leolvassuk az I. és a II. ingakar valamennyi nyugalmi helyzetét.

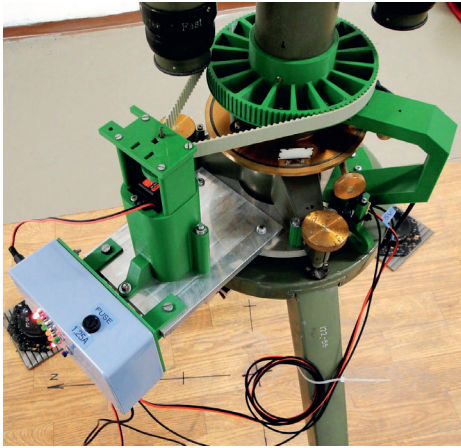
A fellelhető és mérőképesse tehető műszerek közül jelenleg egyedül az Eötvös–Pekár-inga alkalmas az itt leírt mérési stratégia szerinti mérések elvégzésére. A műszer egyetlen példányával a soproni HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet jogelődje, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete rendelkezett. Mivel az inga közel ötven évig pihent az intézet raktárában, mérésre az akkori állapotában alkalmatlannak bizonyult. A műszer jelentős felújításra szorult, főként az alumínium alkatrészek korróziója, a csapágyak szorulása, a libellák letapadása és más hasonló problémák miatt.

Az EPF-mérések rendkívüli precizitást igényelnek, és hosszú ideig, több éven keresztül tarthatnak. A mérések során a hibaforrások csökkentése és a közvetlen emberi jelenlét kiküszöbölése céljából számítógépes távvezérléssel kellett megoldani a mérési folyamat teljes automatizálását. Az automatikus leolvasás megvalósítása céljából a vizuális leolvasás helyett nagy érzékenyséű és sebességű CCD-érzékelőket alkalmaztunk, a skálák megvilágítására pedig erős fényű LED-eket (fénykibocsátó diódákat) használtunk. Az új, automatikus leolvasást alkalmazva nagyjából két nagyságrenddel sikerült megnövelnünk Eötvösék egyébként is rendkívüli leolvasási pontosságát. A mérési folyamat teljes automatizálásának másik fontos eleme az ingák különböző mérési azimutokba állítása távvezérelt forgatással. A forgató mechanikának fontos követelményeket kellett kielégítenie. A forgatások közötti, mérendő nyugalmi helyzetet nem zavarhatják a forgatómotor és a hozzá kapcsolódó szerkezetek által okozott permanens mágneses zavarok. A motor vezérlését úgy kellett megoldani, hogy az inga tetszőleges azimutba forgatása szögmásodperc pontossággal, üzembiztosan, ugyanakkor hirtelen gyorsulások és lassulások nélkül, a rendkívül érzékeny ingaszerkezet szempontjából kíméletesen, körültekintően definiált sebességprofil követve történjen. A forgatás során a megfelelően lassú, egyenletes indulás és fokozatos megállás



4. ábra. Az EPF mérési stratégia Eötvösék 3. tömegcserés módszere szerint (Völgyesi et al., 2018)

az inga lengésének csillapodását is kedvezően befolyásolja, rövidítheti a csillapodáshoz szükséges időt (Völgyesi et al., 2018, 2021, 2023). Az inga különböző mérési azimutokba történő automatikus forgatásához speciális szerkezetet építettünk, a mágneses hatások kiküszöbölése miatt az alkatrészeket 3D-nyomtatással készítettük (5. ábra). A távvezérelt forgatás legfontosabb eleme az inga tengelyére rögzített, kör alakú, pozíciómeghatározásra és mozgásvezérlésre használt

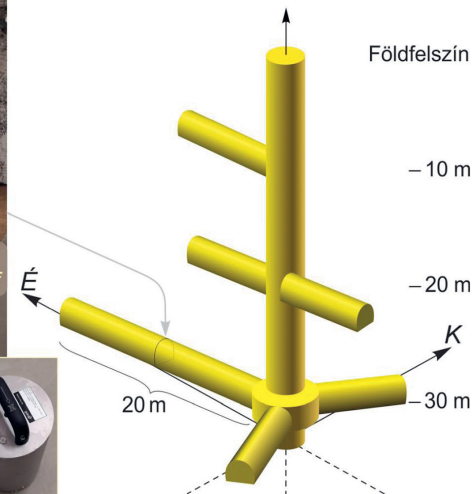


5. ábra. Távvezérelhető forgató mechanika az Eötvös–Pekár-ingán (fotó: Völgyesi Lajos)

Renishaw-kódgyűrű, amely abszolút skálával van ellátva, és a hozzá tartozó optikai olvasófej segítségével az inga pozíciója (azimutja) szögmásodperc pontossággal állítható be és olvasható ki. Ez is jelentős előrelépés, mivel az eredeti Eötvös-kísérletek során az azimutmeghatározás pontossága mindössze néhány tized fok lehetett (Völgyesi et al., 2018, 2021, 2023).

A felújított és továbbfejlesztett Eötvös–Pekár-ingával jelenleg is folyó méréseket 2019-ben kezdtük el a 6. ábrán látható helyszínen, a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Jánossy Földalatti Kutatási Laboratóriumában. Méréseink várhatóan még hosszú ide-

ig tartanak, részben attól függően, hogy hány további anyagpárra végezzük el a vizsgálatokat. Eddig arany-réz és arany-alumínium anyagpárokkal próbálkoztunk, ezekkel egyelőre nem tapasztaltuk az ekvivalenciaelv sérülését.



6. ábra. EPF-mérés Eötvös–Pekár-ingával a HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Jánossy Földalatti Kutatási Laboratóriumában, 30 méteres mélységben (Völgyesi et al., 2023)

FÖLDRENGÉSEK VIZSGÁLATA EÖTVÖS-INGÁKKAL

Miután az Eötvös-ingák átalakításával közel két nagyságrenddel sikerült megnövelnünk a leolvasási pontosságot, számos olyan, a méréseket zavaró hatás megjelent, amelyek korábban nem voltak észlelhetők, így látszólag nem zavarták a méréseket. A legjelentősebb változást az hozta, hogy míg korábban a méréseket a hosszú csillapodási idő letelte után az észlelő személy egyetlen közvetlen skálaleolvasással végezte, most magát a csillapodási görbét rögzítjük elektronikusan. Így egyrészt kiküszöbölhető lett az észlelő személy tömegének zavaró gravitációs hatása, másrészt, az egyetlen esetleges skálaleolvasás helyett másodpercenként több leolvasással magát a csillapodási görbét rögzítjük, és ennek alapján határozzuk meg az elméleti csillapodási helyzetet.

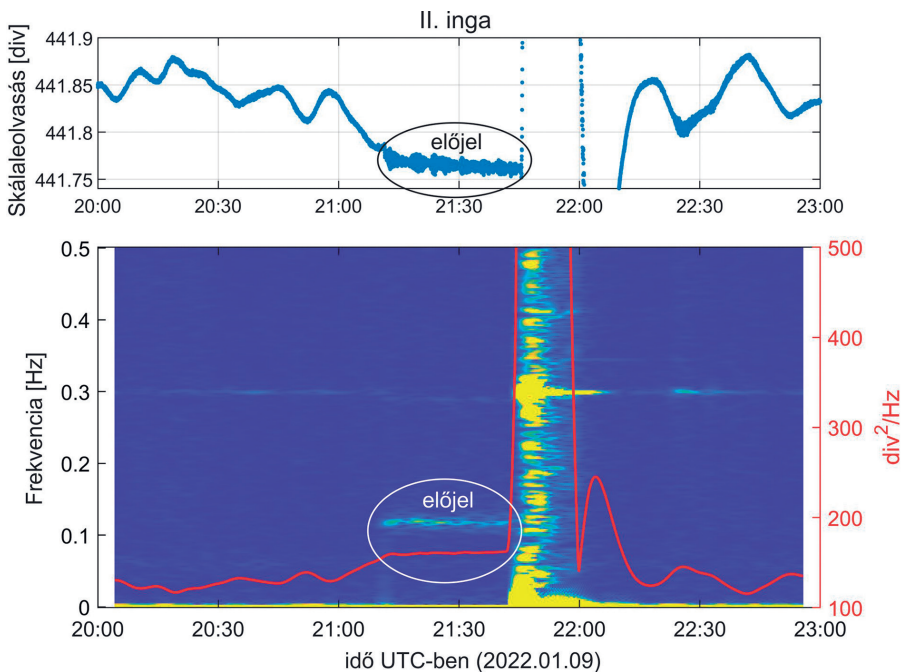
Az új, jóval pontosabb leolvasási technika alkalmazásával azt tapasztaljuk, hogy a torziós ingák a csillapodási idő letelte után sem lesznek soha tartósan nyugodt, mozdulatlan egyensúlyi helyzetben, hanem furcsa bonyolult rezgéseket végeznek (Völgyesi et al., 2023). Ennek több különböző oka lehet (hőmérséklet-, légnomás-, páratartalom-változások, mikroszeizmikus talajnyugtalanág, infrahangok, a torziós szálakban lejátszódó szilárdtest-fizikai változások, csavarási mikroszakadások, newtoni zaj stb.), amelyek azonosítása, szétválasztása és hatásuk kompenzálása kutatásaink egyik legnagyobb kihívása.

A jelentősen megnövelt leolvasási pontosság mellett a méréseinkben megjelentek a különböző földrengések által okozott zavaró hullámok is, amelyeket természetesen az EPF-méréseink szempontjából mérési zajként kellett kezelnünk. Jelentős fordulat következett be, amikor a 2022. január 9-i görögországi florinai földrengés kipattanása előtt fél órával olyan eddig ismeretlen furcsa előjelet rögzítettünk az ingával, amelyet egyetlen szeizmológiai obszervatórium műszerei sem jeleztek, és a torziós ingánk közvetlen szomszédságában működő Güralp 3T szeizmográf regisztrátumain sem volt látható (Völgyesi et al., 2022). A megfigyelés felvetette annak a gyanúját, hogy lehetnek olyan földrengések, amelyek előre jelezhetők torziós ingával, ezért ezt követően a vizsgálatainkat kiterjesztettük a földrengések vizsgálatára is.

Az inga működését befolyásoló zajokat, ezek mértékét és időbeli változását, valamint környezeti változókkal való kapcsolatát az ingajelek dinamikus spektrumai alapján folyamatosan elemezzük. Ilyen vizsgálat eredménye látható a szóban forgó görögországi földrengés idején a 7. ábrán. Az ábra felső részén a Pekár II.-inga 2022. 01. 09. 20:00 és 23:00 UTC közötti időszakra rögzített idősorát mutatjuk, míg az ábra alsó részén a *spektrogram* látható 512 s hosszú, 500 s időtartamon átlapolt Hanning-típusú analizáló ablak használatával számolva (Völgyesi et al., 2023). A spektrogramon kb. 0,3 Hz körüli frekvencián folyamatos periodikus jel látszik, amely az inga sajátrezgéséhez kapcsolódik. Az inga csillapodásához köthető, illetve a környezeti paraméterekkel összefüggő válto-

zások általában hosszú periódusúak, tehát a spektrogramok alsó tartományában vizsgálhatók. Ezzel szemben a közelben és/vagy nagy magnitúdóval kipattanó földrengések az ingákat széles frekvenciatartományban (0–0,5 Hz) gerjeszthetik, ezért a spektrogramokon a rengéshullámok beérkezési időpontjában függőleges gerjesztési zóna jelenik meg (lásd 21:45 UTC körül a 7. ábra spektrogramján). Tapasztalatunk szerint azonban a távoli és/vagy kis magnitúdójú földrengések is érzékelhetők, mert ilyenkor az inga sajátrezgésének amplitúdója megnő, és ez a sajátfrekvenciához kapcsolható frekvencián energianövekedésként jelentkezik a spektrumokon. Ez alapján egy automatikus földrengés-detektáló algoritmust fejlesztettünk, amely jelzi, ha a két egymással szembefordított inga, sajátfrekvencián mért rezgésének amplitúdója bizonyos időtartamon belül egyszerre halad meg egy előre beállított szintet. Az algoritmus segítségével 2022 kezdetétől közel 2200 földrengést detektáltunk, amelyek eredetét az USGS (United States Geological Survey) földrengés-katalógus bejegyzéseivel azonosítottunk (Völgyesi et al., 2023).

Mindez újabb fontos irányt adott az Eötvös-ingával végzett kutatásainkban. Ezért az utóbbi időkből további három Auterbal-ingát újítottunk fel, amelyekkel



7. ábra. A Pekár II.-inga 2022. 01. 09. 20:00 és 23:00 UTC közötti időszakra vonatkozó idősora (fent) és spektrogramja (lent), bekeretezéssel kiemelve az előjeleket (Völgyesi Lajos szerkesztése)

elsősorban a földrengéseket és az ezeket megelőző esetleges előjelek tanulmányozását tervezzük, és arra próbálunk választ keresni, hogy torziós ingákkal valóban lehetséges-e bizonyos földrengések előrejelzése. A 8. ábrán látható felújított és átalakított műszerek már tesztüzemmódban működnek a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Általános- és Felsőgeodézia Tanszékének gravitációs laboratóriumában.



8. ábra. Auterbal-ingák a BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszékének gravitációs laboratóriumában
(fotó: Völgyesi Lajos)

Megállapíthatjuk tehát, hogy Eötvös Loránd születése után 175 évvel ma is óriási jelentősége van az életművének, a felfedezéseinek, az általa megalkotott zseniális műszereknek. Érdeemes elgondolkodni azon, milyen eredményeket érhetett volna el akkor, ha neki is a rendelkezésére álltak volna azok a modern technikai és tudományos eszközök és ismeretek, amelyekkel mi már rendelkezünk, és mindennapi rutinnal használunk.

IRODALOM

- Biró Péter – Ádám József – Völgyesi Lajos et al. (2013): *A felsőgeodézia elmélete és gyakorlata. Egyetemi tankönyv és kézikönyv*. Budapest: HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Nonprofit Kft. Kiadó, ISBN 9789632572482, <https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=9635>
- Csapó Géza – Égető Csaba – Laky Sándor et al. (2009): Test Measurements by Eötvös-Torsion Balance and Gravimeters. *Periodica Polytechnica. Civil Engineering*, 53, 2, 75–80. http://www.agt.bme.hu/volgyesi/gravity/pp_egu_becs.pdf
- Eötvös Roland v. [Loránd] – Pekár Desiderius [Dezső] – Fekete Eugen [Jenő] (1922): Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von Trägheit und Gravität. *Annalen der Physik*, 373, 9, 11–66. http://real.mtak.hu/94133/1/300_430_68.pdf
- 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
- Tóth Gyula (2019): Az Eötvös–Pekár–Fekete ekvivalenciamérések szabályos hibája. *Fizikai Szemle*, 69, 5, 155–158. http://real-j.mtak.hu/12758/15/FizSzem-2019_05.pdf
- Ván Péter – Pszota Máté (2023): Ekvivalenciaelvek és gravitációelméletek. *Fizikai Szemle*, LXXIII, 12, 405–415.
- Völgyesi Lajos (1995): Test Interpolation of Deflection of the Vertical in Hungary Based on Gravity Gradients. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 39, 1, 37–75. <https://pp.bme.hu/ci/article/view/3765/2870>
- Völgyesi Lajos (2001): Local Geoid Determinations Based on Gravity Gradients. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 36, 2, 153–162. DOI: 10.1556/AGeod.36.2001.2.3, <http://volgyesi.hotserver.hu/gravity/actgeful.pdf>
- Völgyesi Lajos (2015): Renaissance of the Torsion Balance Measurements in Hungary. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 59, 4, 459–464, DOI: 10.3311/Ppci.7990, <https://pp.bme.hu/ci/article/download/7990/6908/>
- Völgyesi Lajos (2019): Eötvös Loránd munkásságának geodéziai jelentősége. *Geodézia és Kartográfia*, 71, 5, 4–13. DOI: 10.30921/GK.71.2019.5.1, <https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/44576/GK.2019.5.1-DOI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Völgyesi Lajos – Szondy György – Tóth Gyula et al. (2018): Előkészületek az Eötvös-kísérlet újramérésére. *Magyar Geofizika*, 59, 4, 165–179. http://real.mtak.hu/105468/1/165_MaGeof-59-2018-4-web.pdf
- Völgyesi Lajos – Szondy György – Tóth Gyula et al. (2023): Eötvös-ingák felújítása és továbbfejlesztése, jel-zaj viszonyaik elemzése. *Fizikai Szemle*, LXXIII, 12, 416–422. https://fizikaiszemle.elft.hu/uploads/2023/12/volgyesil-et-al_10_06_01_1702371961.1596.pdf
- Völgyesi Lajos – Tóth Gyula – Szondy György et al. (2021): Jelenlegi Eötvös-inga felújítások, fejlesztések és mérések. *Geomatikai Közlemények*, XXIV. 1, 129–139. http://geomatika.ggki.hu/kozlemenyek/public/files/homepage/GK_XXIV_1_honlap.pdf
- Völgyesi Lajos – Tóth Gyula – Szondy György et al. (2022): Report on a Pre-Earthquake Signal Detection by Enhanced Eötvös Torsion Balance. *arXiv* 2202.09607. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2202/2202.09607.pdf>

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.

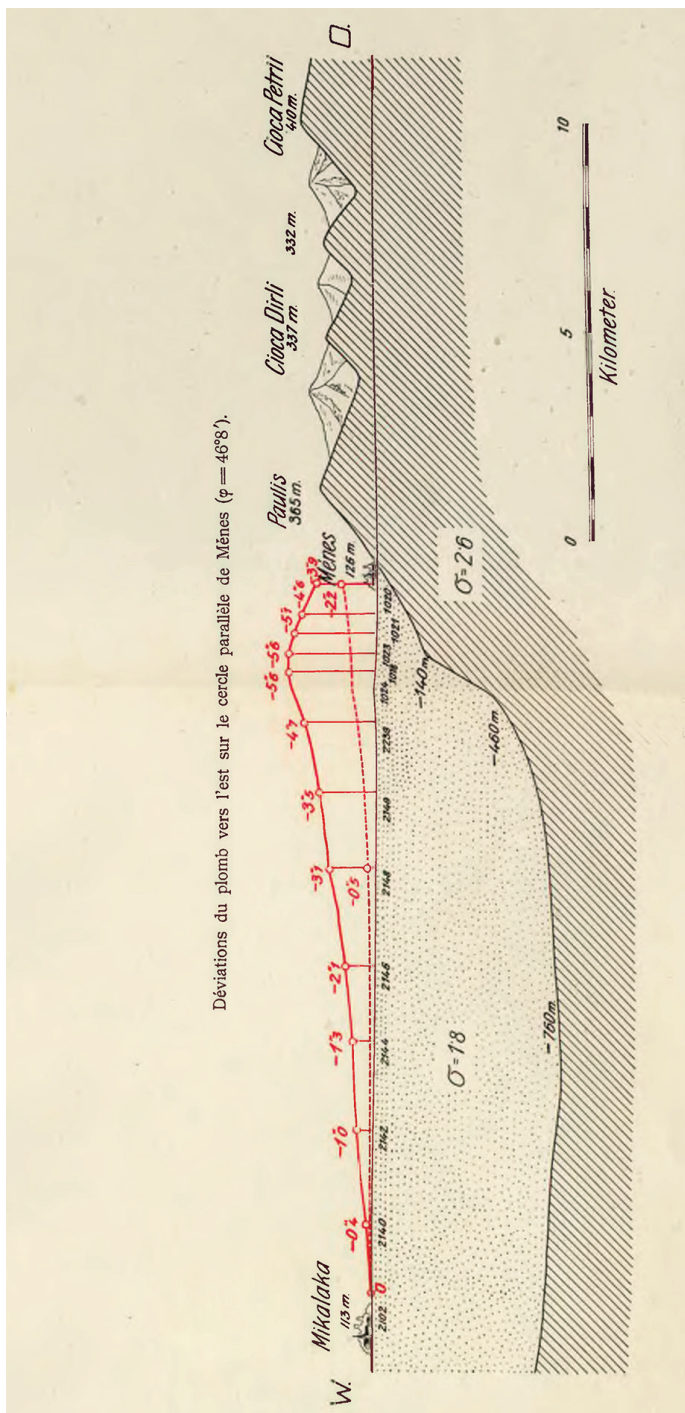
A földtani kutatást előmozdító vizsgálatok laboratóriumi körülmények között indultak, majd szép lassan kimerészkedtek a természetbe, először lokális, egyszerű geometriájú hegycsúcsok mellé, majd a mérések finomodásával a nagy síkságokra, az eltemetett földtani képződmények kutatására. A vizsgálatok időrendisége, 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).

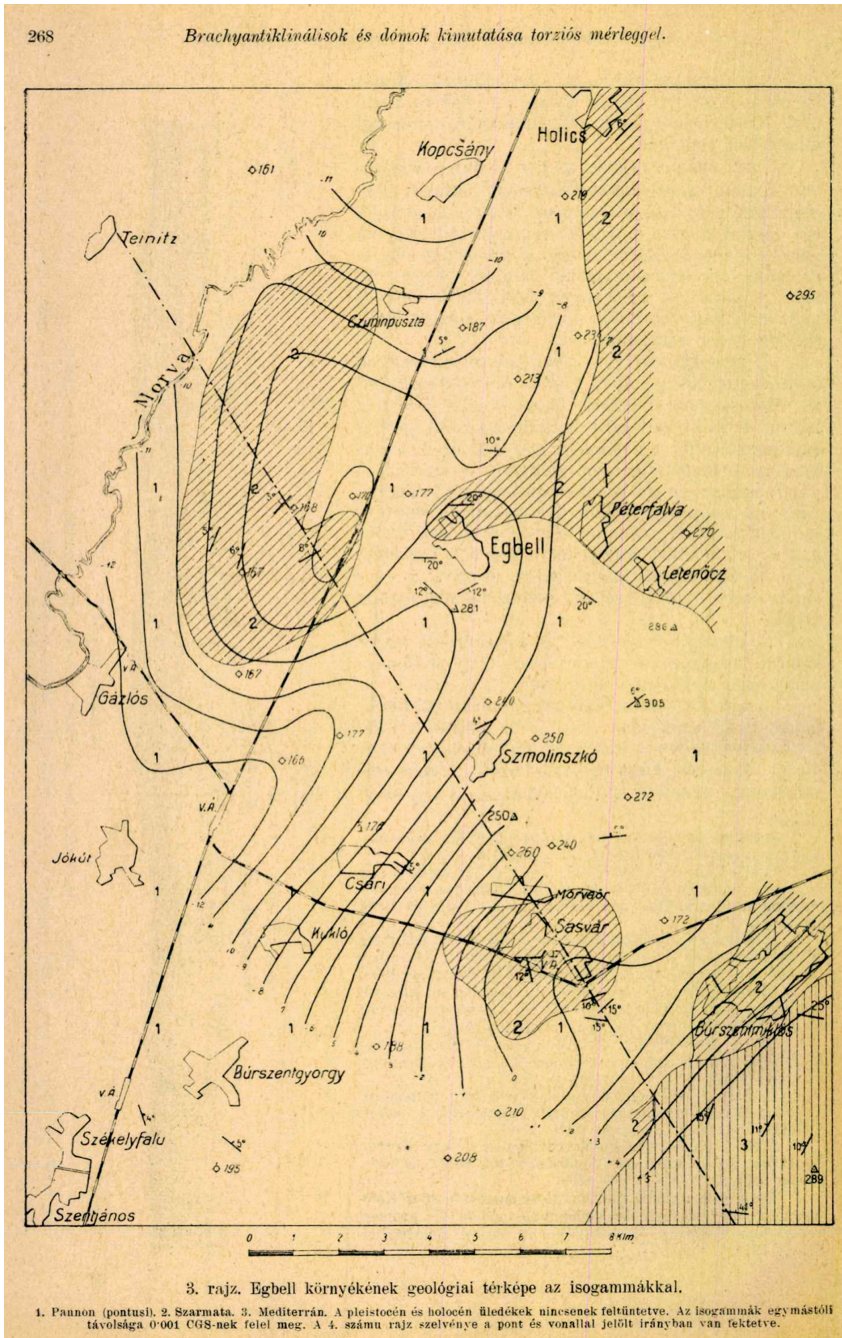
A kutatás első tíz éve után megjelentek az első nagy pontosságú, de nehézkes terepi mérőműszerek, a különböző típusú torziós ingák. A kezdeti sikerek után indult el a műszerek tökéletesítése, amihez szintén nagyjából tíz évre volt szükség.

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.



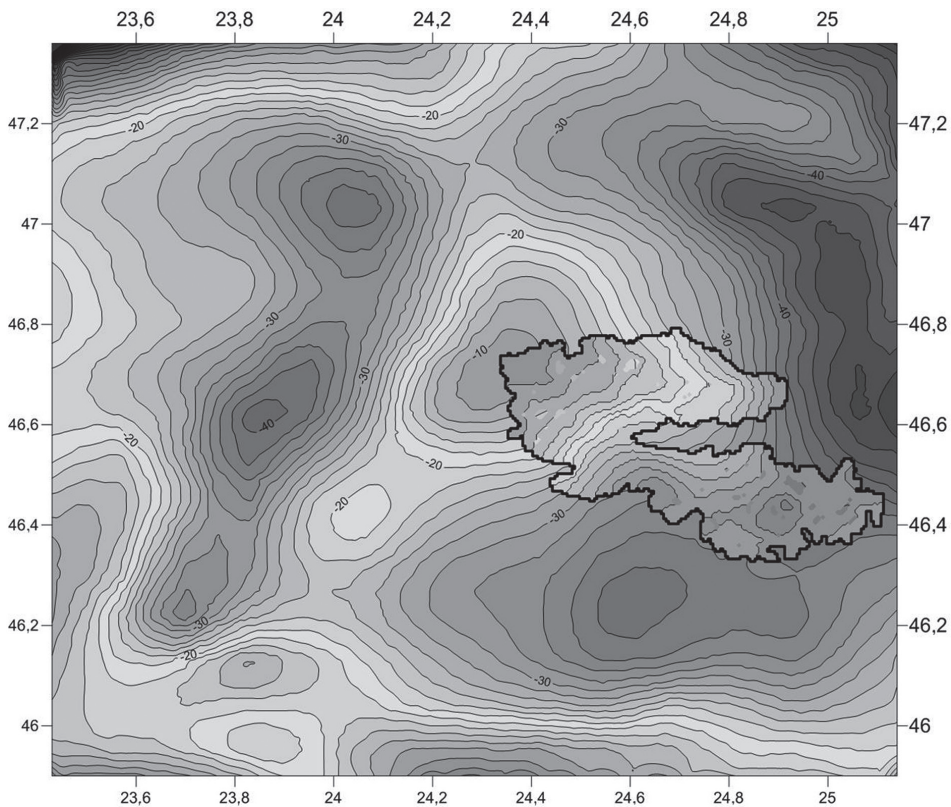
1. ábra. Az Arad környéki mérések földtani értelmezése (Eötvös, 1909)



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)

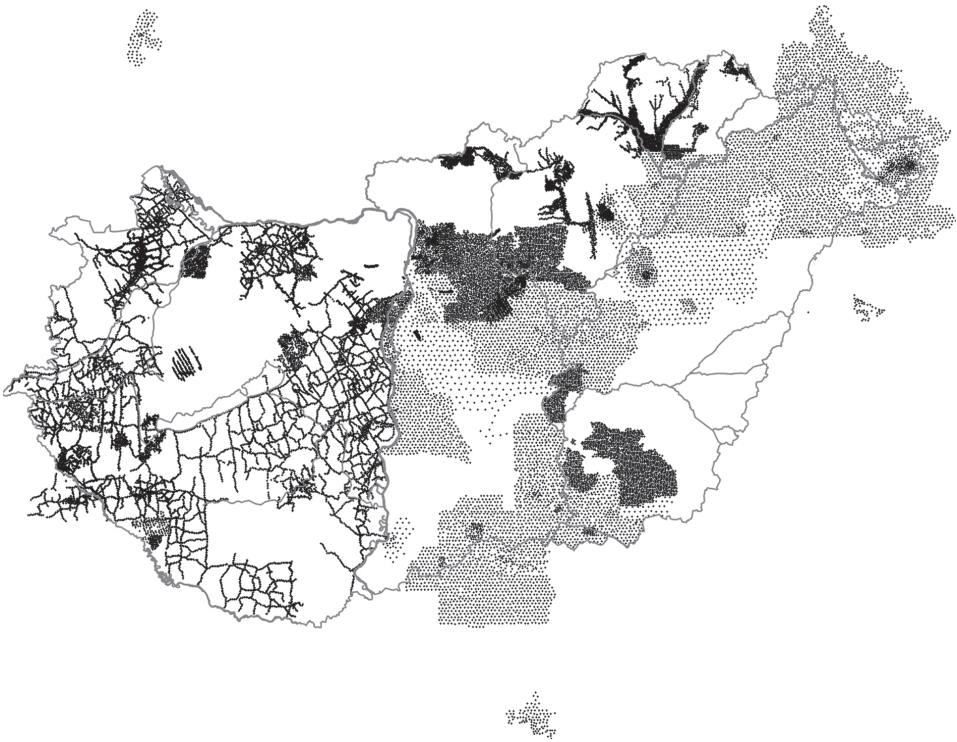
Eötvös Loránd felismerte, hogy vannak olyan fizikai erőterek (paraméterek), amelyeket mérőeszközeinkkel észlelni tudunk, és ezek fontosak lehetnek a mélyföldtani kutatásokban. Innentől kezdve ezeket az eddig „rejtett fizikai paramétereket” is vizsgáltuk, amelyek lehetővé tették a mélybeli földtani értelmezéseket.

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 alapelvén.

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).

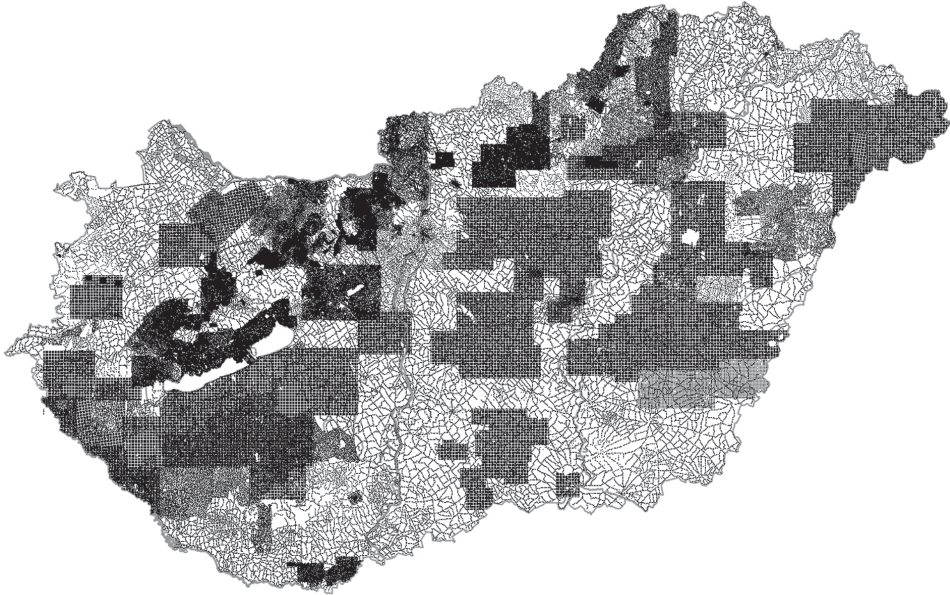
Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és jogutód intézményei (ma SZTFH) által kezelt országos gravitációs adatbázisban ma több mint 40 000 terepi ingával ka-



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.



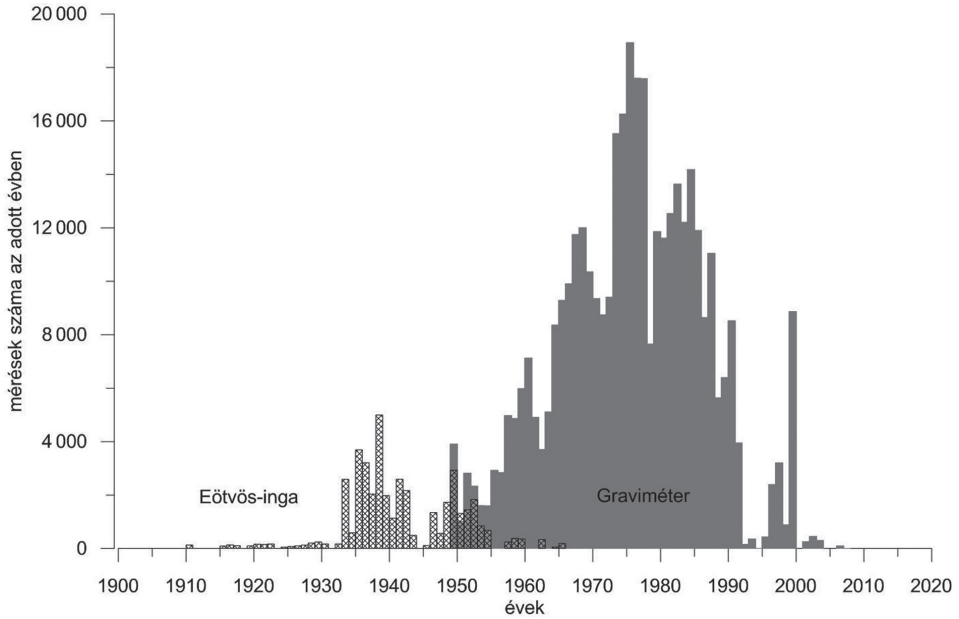
5. ábra. Hazai graviméteres mérések (387 614) helyszínrajza
(a szerző szerkesztése)

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.

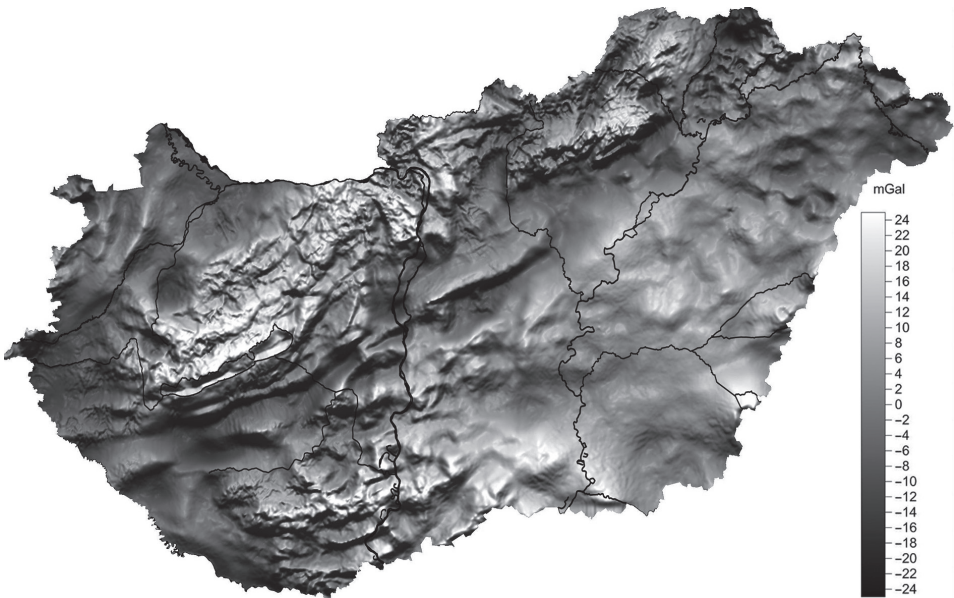
A modern graviméterek a gravitációs potenciál első vertikális deriváltját (U_z), a nehézségi erőt (egységnyi mérőtömeg esetén a gyorsulást) mérik, és persze ezekből a mérésekből is származtathatók a potenciáltér gradiensei (U_{xz} , U_{yz} , U_{zz}).

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).

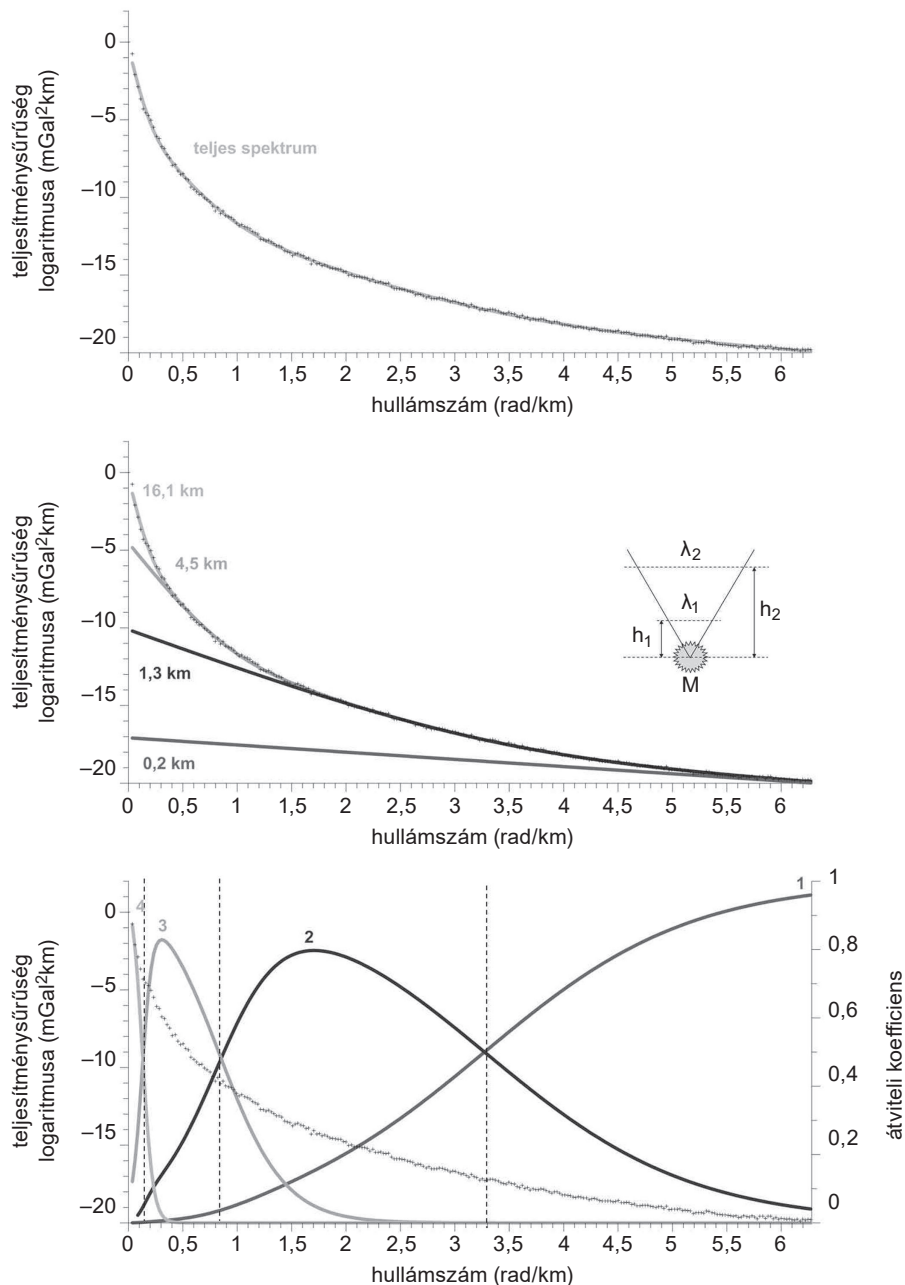
Földtani szempontból a gravitációs mérések eredménytérképe a Bouguer-anomália-térkép, ami mentes a Föld globális (normál) terétől, valamint a mérési pont környezetének változatos domborzatából származó hatásoktól, és csak a litoszférát felépítő földtani képződmények hatása tükröződik benne (7. ábra).



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 hatóttest 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).

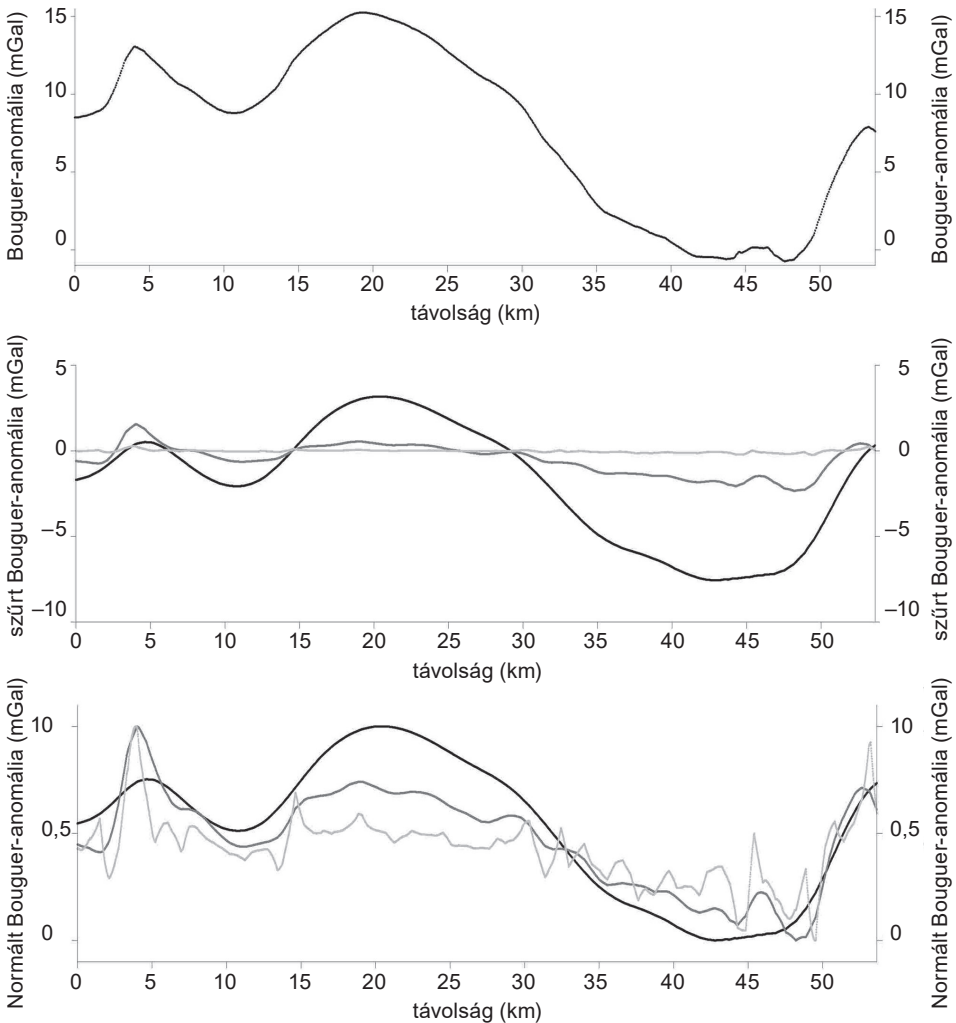
A spektrálanalízis során, a térfrekvencia alapján meghatározzuk – ekvivalens modellek segítségével – a gravitációs vagy mágneses hatók mélységét (8. ábra, középen). A különböző mélységű hatások összeadódnak, ezt mutatja a teljesítménysűrűség-spektrum (8. ábra, fent). Az illetett spektrumok mélységét 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)

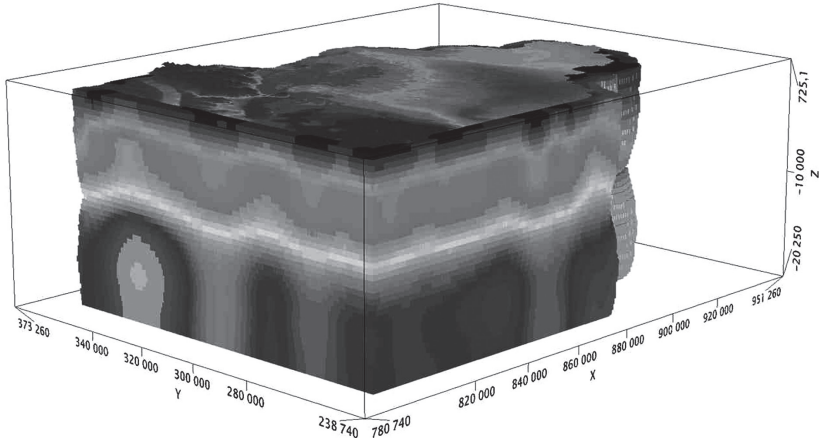
| Geofizikai adat | Spektrális mélység (m) | Mélységtartomány (m) | ΔH (m) | Egyszerűsített értelmezés |
|-------------------------|------------------------|----------------------|----------------|---------------------------|
| Szűrt Bouguer-anomália | 200 | <500 | 500 | fiatal laza fedő (zaj) |
| | 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.

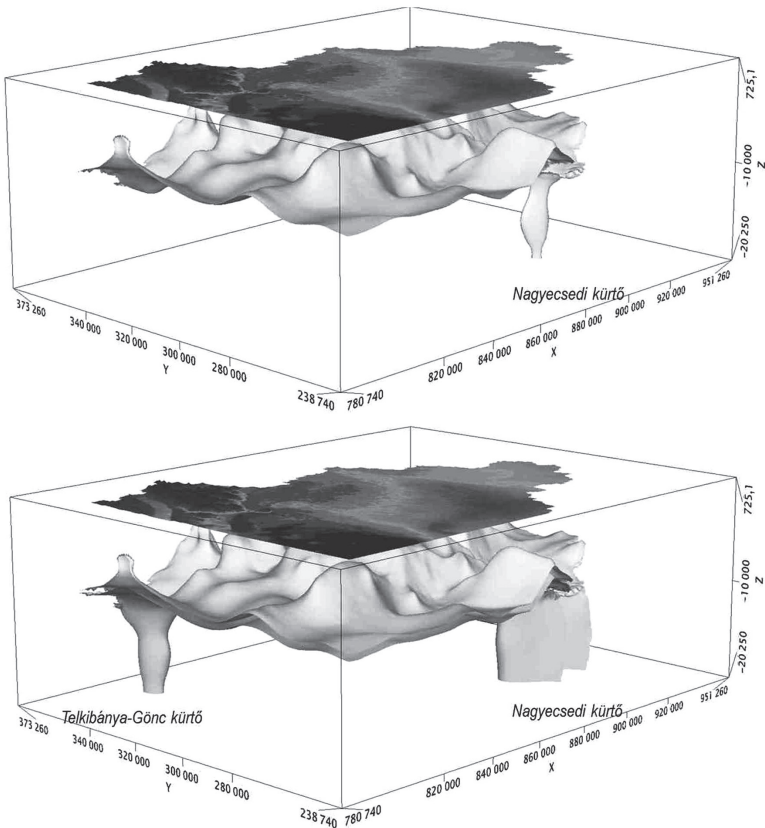
Első lépésben elkészítjük a gravitációs Bouguer-anomália-térképet, és kigyűjtjük a vizsgálandó szelvény mentén a Bouguer-értékeket (9. ábra, fent), majd



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)

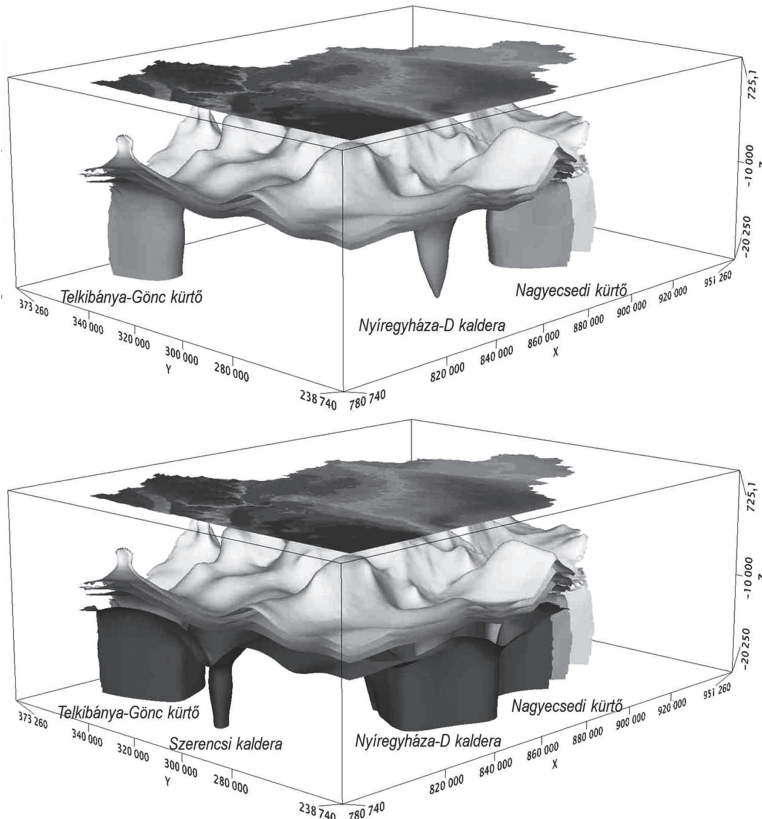


11. ábra. Vulkáni kúrtók, kalderák a Nyírség és Tokaji-hegység területén a különböző relatív sűrűségfelületek alapján

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 sűrűségszelvény 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 kitoréses (kirobbanásos) vulkánmorfológiát mutatnak, azaz magmás tevékenységből származó kitorési kürtőszerű vagy kirobbanásos kalderaszerű felületeket tudunk azonosítani a háromdimenziós térben, a kristályos kőzetek mélységtartományában (11. ábra).

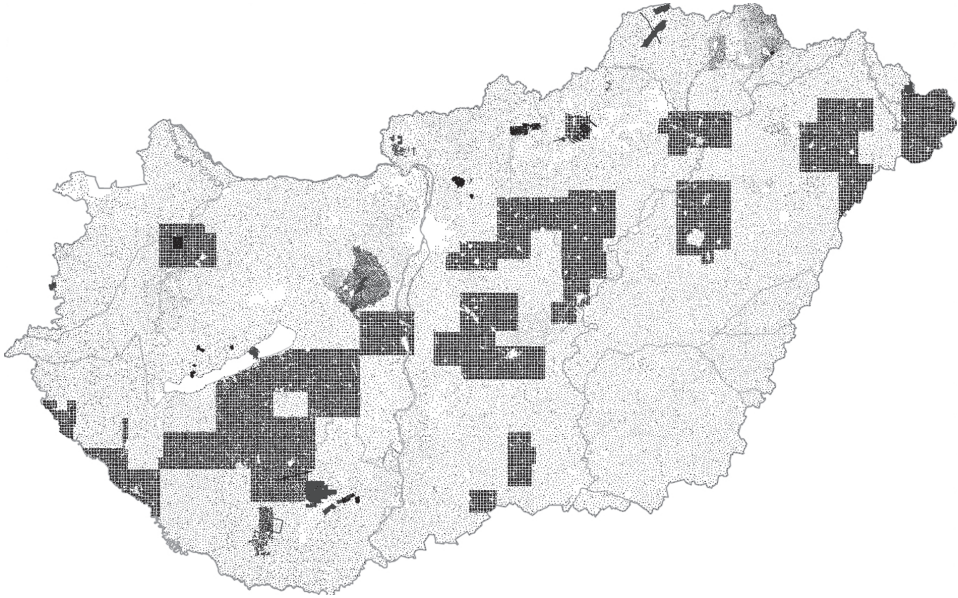
A vulkánmorfológia először – a nagyobb sűrűségértéknél – csak szűk, kürtőszerű formaként jelentkezik, majd kitágul, néha izometrikusan, de néha szerkezeti vonalak mentén, hasadékszerűen.

MÁGNESES MÉRÉSEK

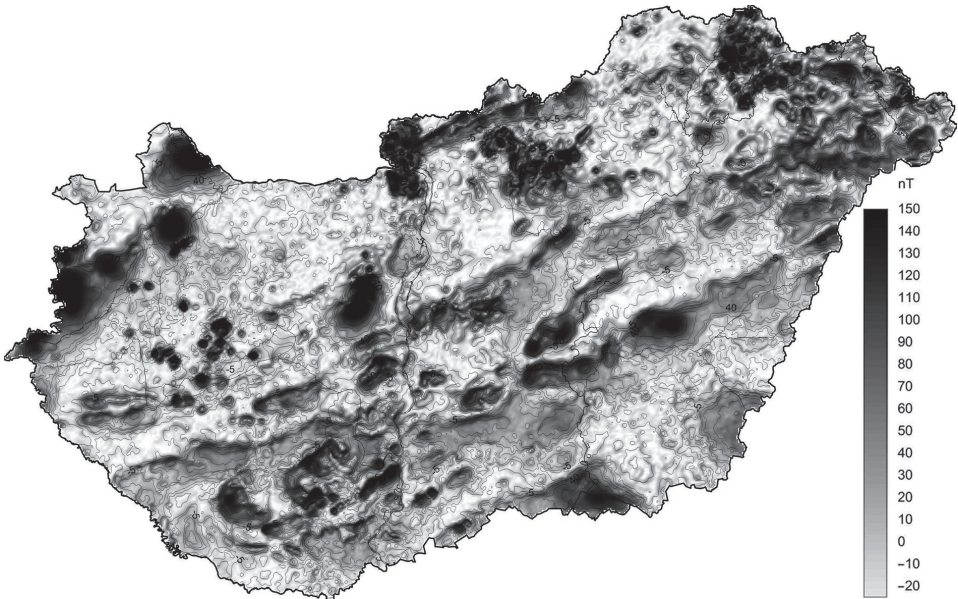
Az 1950–1960-as években optika-mechanikus és fluxuskapu ΔZ magnetométerrel az egész országot felmérték 1500 m ponttávolsággal. Később több nyersanyagra (ércre és hasadóanyagra) perspektivikus területen történtek sűrítő, részletező mérések. Az 1970-es és az 1990-es években az OKGT (Országos Kőolaj- és 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 tömzsös előfordulásait (intrúziók, batolitok, szubvulkánok) lehet azonosítani, míg a sűrűbb légi mágneses mérési adatok alapján a kisebb testek (lávatarakók, lávafosztlányok, hasadékvulkánok, lakkolitok stb.) is azonosíthatók.

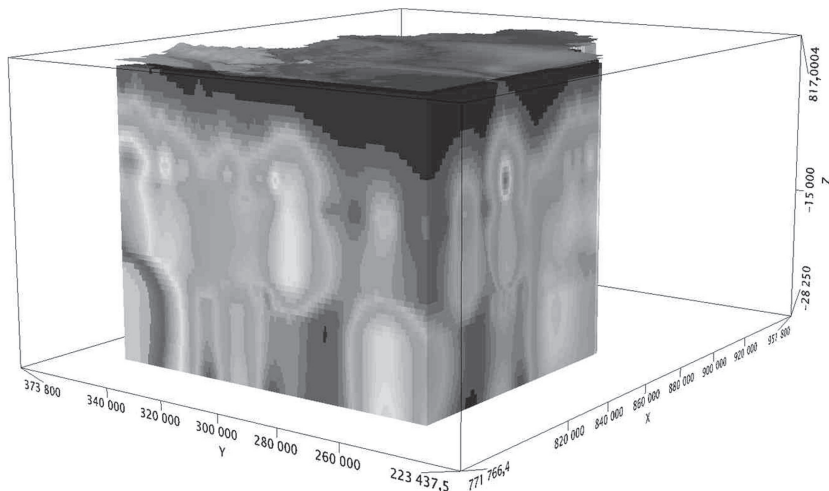
A ritkább, földi mérésekből kapott robusztus mágnesezettségi maximumokat mutatja a 14. ábra, amelyek egyértelműen kapcsolódnak a felszínről ismert vagy más mérési adatokból feltételezett vulkán szerkezetekhez (15. ábra).

- 1) Tokaji-hegység: Regéc–Erdőbénye kitörési központ
- 2) Tokaji-hegység: Telkibánya kitörési központ
- 3) Kisvárdai eltemetett kitörési központ
- 4) Nyíregyháza-D kitörési központ
- 5) Nagyecséd kitörési központ
- 6) Bodrogek köz hasadékvulkán

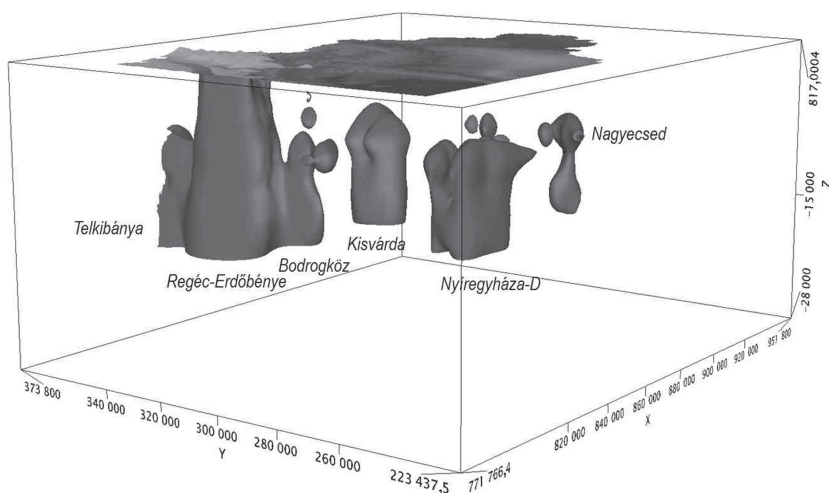
UTÓSZÓ

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

GRADIOMETRIA, AVAGY A NEHÉZSÉGI TÉRERŐSSÉG GRADIENSÉNEK MÉRÉSTANA: MÚLT, JELEN, JÖVŐ

GRADIOMETRY, OR THE MEASUREMENT OF GRAVITY GRADIENTS: PAST, PRESENT, AND FUTURE

Földváry Lóránt¹, Tóth Sándor², Fortágh József³, Domokos Péter⁴

¹az MTA doktora, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest
foldvary.lorant@emk.bme.hu

²doktorandusz, Lechner Tudásközpont Kozmikus Geodéziai Observatórium, Pénc;
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest
toth.sandor@emk.bme.hu

³Dr. rer. nat., Tübingeni Egyetem Fizikai Intézet, Tübingen, Németország
fortagh@uni-tuebingen.de

⁴az MTA rendes tagja, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont Szilárdtest-fizikai és Optikai Intézet, Budapest
domokos.peter@wigner.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Eötvös-inga a maga korában forradalmi újításnak számított. Ez volt az első olyan eszköz, amellyel a nehézségi térerősség térbeli megváltozását lehetett meghatározni. A gyakorlat számára egy olyan új műszert jelentett, amely a nem látható, akár felszín alatti tömegeloszlás meghatározására is alkalmas, lehetővé téve a felszín alatti geológiai szerkezetek kimutatását, a fúrás nélküli nyersanyagkutató és térképezést. Hasonló mérési elven működött a 2009–2013 között méréseket végző GOCE-műhold. A GOCE mérései – kiváló térbeli felbontásukkal – a globális nehézségi erőter mai legrészletesebb modelljeinek alapját adják. Napjainkban, a klasszikus műholdas gravimetria korszakának alkonyán, a jövőbeli műholdas gravimetriai elképzelések között komoly jelöltnek számít az atom-interferométereken alapuló gradiometria. Jelen cikkünkben a gradiometria három főbb állomását: múltját (az Eötvös-ingát), jelenét (a GOCE-úrgradiométert) és jövőjét (az atom-interferometriai gradiométert) tekintjük át.

ABSTRACT

In its day, the Eötvös torsion balance was a revolutionary innovation. It was the first instrument to measure spatial variations in gravity. For practitioners, it was a new tool for determining the invisible, underground mass distribution, enabling the mapping of subsurface geological structures and thus providing a mapping tool for resource exploration without drilling. The GOCE satellite, which took measurements between 2009 and 2013, used a similar measurement principle. GOCE measurements, with their excellent spatial resolution, form the basis of the most detailed models of the global gravity field available to date. Today, in the twilight of the

classical era of satellite gravimetry, cold-atom interferometry is a serious candidate for future satellite gravimetric concepts. In this paper, we review the three main stages of gradiometry: its past (the Eötvös torsion balance), its present (the GOCE space gradiometer), and its future (the cold-atom interferometric gradiometer).

Kulcsszavak: gradiometria, Eötvös-inga, GOCE-műhold, ultrahideg atom interferometria, CAI-gradiometria

Keywords: gradiometry, Eötvös torsion balance, GOCE satellite, Cold Atom Interferometry, CAI-gradiometry

BEVEZETÉS

A földi nehézségi erőter ismeretének jelentőségét talán nem is kell hangsúlyozni: életünk, a Földhöz „kötött”, alapvető élettani felépítésünk a földfelszíni nehézségi erő nagyságához igazodik, élettani folyamataink a nehézségi erő által kijelölt függőleges és vízszintes irányok mentén történnek. Mindazonáltal a nehézségi térerősség nagyon pontos ismerete, a térerősség térbeli és időbeli változásának feltérképezése a mérnöktudományok és a geofizika számára igen hasznos információkat szolgáltatnak.

Mivel a Föld tömegeloszlása nem homogén, értelemszerűen annak nehézségi erőtere sem szabályos geometriailag; a tér különböző irányjaiban (általános esetben) a nehézségi térerősségnek mind a nagysága, mind az iránya változik. Ez viszont egy eszközt is biztosít a földtudományok számára, hiszen ezt a kapcsolatot megfordítva a nehézségi térerősség térbeli változásából a Föld tömegeloszlására lehet következtetni. A nehézségi térerősség (vagy az azzal analóg nehézségi gyorsulás) hosszegységre eső térbeli változása, azaz a tér egyes irányai szerinti első deriváltja adja a nehézségi gyorsulás gradiensét. Mivel a nehézségi gyorsulás vektora a nehézségi potenciál megváltozásának irányát és mértékét mutatja, a nehézségi gyorsulás a potenciál gradiense, $g = grad(W) = \left[\frac{\partial W}{\partial x} \quad \frac{\partial W}{\partial y} \quad \frac{\partial W}{\partial z} \right]$, így a nehézségi gyorsulás gradiensei egyben a nehézségi erőter potenciáljának második deriváltjai is, amelyeket az Eötvös-tenzor foglal össze:

$$W_{ij} = grad(g) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial x} & \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial y} & \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} \end{bmatrix}$$

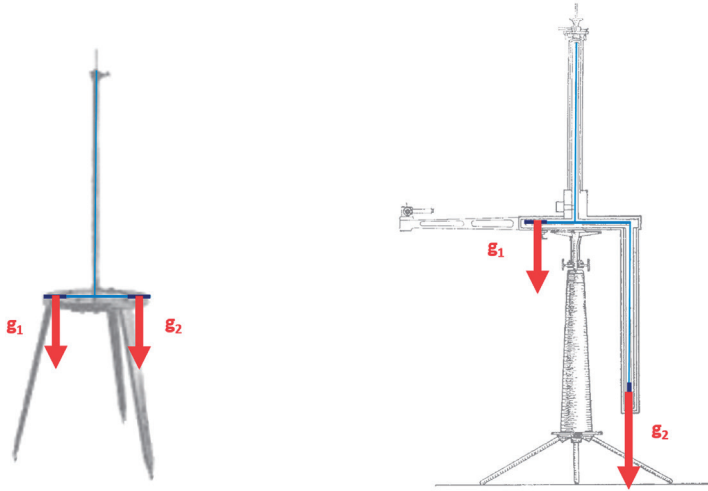
A szakzsargon az Eötvös-tenzor elemeit, a „nehézségi gyorsulás gradienseit”, azaz a W_{ij} értékeit egyszerűen „gradiens” névvel illeti. Az Eötvös-tenzorban szereplő 9 gradiens közül csak 6 független, mivel a parciális deriválás sorrendje felcserélhető, így minden $i = x, y, z$ és $j = x, y, z$ lehetséges kombinációja esetén az $i \neq j$ feltétel mellett fennáll, hogy $\frac{\partial^2 W}{\partial i \partial j} = \frac{\partial^2 W}{\partial j \partial i}$.

Gradiometriának a gradiensek mérésének nevezik, amelyet Eötvös Loránd munkássága indított útjára. Eötvös életművének jelentőségét e téren az adja, hogy különböző típusú ingákat fejlesztett és próbált ki a gyakorlatban, megmérve a gradiensek értékeit. Úttörő kísérleteinek elismeréseként a nehézségi gyorsulás gradiensének mértékegységét Eötvösről nevezték el, ez az 1 Eötvös, rövidítve 1 E, ami az SI-egység egymilliárdod része, azaz $1 E = 10^{-9} \text{ s}^{-2}$. Jelen tanulmányban a gradiometria történeti fejlődésének ívét tekintjük át, követve a kronológiai sorrendet.

A MÚLT

Eötvös Loránd érdeklődése az 1880-as években fordult a nehézségi erőter felé, legelőször is a Cavendish-kísérlet pontos reprodukálása foglalkoztatta. Ennek lényege a gravitációs állandó minél pontosabb meghatározása különböző tömegek közötti vonzás alapján. Mivel a gravitációs állandó akkoriban az egyik legkevésbé pontosan ismert fizikai állandó volt (ami egyébként mind a mai napig így van), ennek vizsgálata természetes célja volt kutatásainak. Eötvös eközben felismerte, hogy a Henry Cavendish által használt Coulomb-mérleg nemcsak a felfüggesztett tömegek és egy távolról közeledő próbatömeg közötti erők kimutatására képes, hanem a gravitációs mező maximális görbületének meghatározására is. Így fejlesztette ki első műszerét, a *görbületi variométert* (1. ábra, bal oldali kép).

A műszer lényegi eleme egy kb. 60 cm hosszú torziós szálon, arra merőlegesen felfüggesztett kb. 40 cm hosszú alumíniumrúd (amit ingakarnak nevezünk). A kar két végére két, egyenként 30 g tömegű platinahengert rögzítettek. A műszer ebben az elrendezésben a torziós szátra teljesen szimmetrikus, így, amennyiben ugyanakkora nehézségi erő hat a testekre, az inga nyugalomban marad. A nehézségi gyorsulás azonban térben változik, az eltérésnek (változásnak) az ingakar vízszintes síkjába eső összetevője az ingakart elfordítja, és forgási lengésbe hozza. Így az eszköz (a vízszintes síkban jelentkező érzékenysége révén) a szintfelület görbületi viszonyainak mérésére alkalmas, amely (az Eötvös-tenzor elemeivel kifejezve) az ún. horizontális gradiensekkel, a $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 W}{\partial y^2}$ és $\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}$ gradiensekkel mutat függvénykapcsolatot.



1. ábra. A görbületes variométer (balra) és a horizontális variométer (jobbra) működési sémája (a szerzők szerkesztése, szabadon használható fényképek felhasználásával)

Eötvös következő fejlesztése a *horizontális variométer*, mai nevén az Eötvös-inga volt, amelynek kialakítása során a görbületes variométer karján az egyik tömeget a másiknál alacsonyabbra helyezte el (1. ábra, jobb oldali kép). Ezzel a mérés érzékenységét a vízszintes síkról kiterjesztette a térre, és az Eötvös-tenzor hat független eleméből háromnak, a $\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y}$, $\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial z}$, $\frac{\partial^2 W}{\partial y \partial z}$ gradienseknek, illetve további kettő

különbségének (a $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial y^2}$ különbség) mérésére érzékeny műszert fejlesztett.

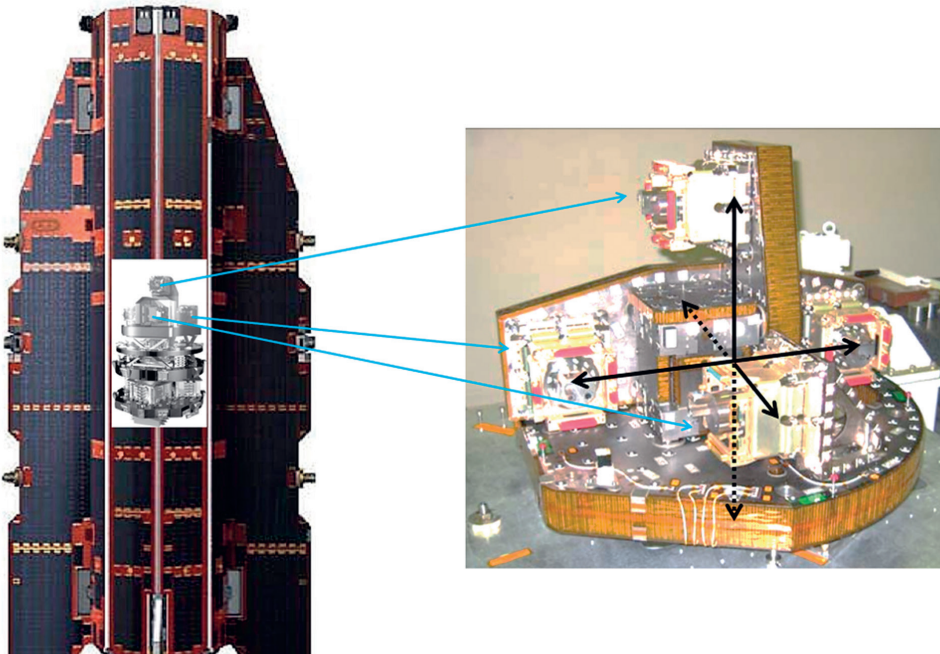
Ezen (viszonylag egyszerűnek tűnő) műszerfejlesztés jelentőségét a mérések értelmezéséhez, a nehézségi gradiensek meghatározásához szükséges elméleti háttér adja, amelyet az Eötvös által levezetett ingaegyenlet biztosít. Az Eötvös-inga a földtudományok első olyan eszköze lett, amely a nehézségi térerősség térbeli megváltozásának mérése révén a nem látható, akár felszín alatti tömegeloszlás meghatározását teszi lehetővé.

Ezáltal a műszer pusztán felszíni mérések alapján mélységi tömeganomáliák meghatározására, így fúrás nélküli nyersanyagkutatásra adott lehetőséget. Az Eötvös-inga az 1920-as évektől kezdődően forradalmasította a szénhidrogén-kutatást, és szerte a világon ismertté vált. A modern gyakorlati geofizika akkor született meg, amikor a feltérképezett gradiensekből felszín alatti geológiai szerkezeteket mutattak ki a mért fizikai tulajdonságok alapján. Ezzel az Eötvös-inga a világ első nyersanyagkutató geofizikai eszköze lett. (Az Eötvös-ingával kapcsolatban a tisztelt olvasó részletesen tájékozódhat Szabó Zoltán [1999], Völgyesi Lajos [2019] és Földváry Lóránt és szerzőtársai [2019] írásaiból.)

A JELEN

Jelen alatt a napjainkban rendelkezésre álló, jelenleg elérhető, már bizonyítottan működő technológiákat értjük. Ez jelenthet egy piacon elterjedt mérőeszközt, de jelenthet olyan egyszeri és egyedi (például műholdas) megoldásokat is, amelyek mérési eredményei széles körben szabadon hozzáférhetőek, és a feldolgozás során bizonyították működőképességüket. Jelenleg terepi célra fejlesztett gradiométek nem terjedtek el, egy-egy kísérleti fejlesztésen kívül nem állnak rendelkezésre, így ezekkel most nem foglalkozunk. Sokkal inkább a GOCE-műhoddal, amely a műholdas gradiometria megvalósulását jelentette 2009–2013 között, és amelynek a mérései alapján meghatározott nehézségierőtér-modelleket mind a mai napig a legpontosabbak között tartják számon.

A GOCE-műhold méréseit a műhold tömegközéppontjában elhelyezett célirányos fedélzeti műszer, az űrgradiométer végezte. Az űrgradiométer három pár (tehát összesen hat) gyorsulásmérőt jelent, amelyeket a tömegközépponttól azonos távolságra (25 cm-re) három, egymásra merőleges térbeli irány mentén helyeztek el (2. ábra).



2. ábra. A GOCE-űrgradiométer: a GOCE-műhold tömegközéppontjától 25 cm-re, egymásra merőleges tengelyek mentén elhelyezett három pár gyorsulásmérő (a szerzők szerkesztése, szabadon használható fényképek felhasználásával)

A GOCE-úrgradiométer a nehézségi térerősség vektorának térbeli eltéréseit mérte, vagyis az Eötvös-inga által is szolgáltatott gradienseket. Valójában a teljes gradienstenzort, tehát annak valamennyi elemét mérte a GOCE, bár az egyik tengely irányában ez csak egy nagyságrenddel kisebb pontossággal volt technikailag megoldható.

A GOCE-műhold nagyon alacsony (220–270 km közötti) pályájának köszönhetően finom (pár 100 km-es) felbontásban ismertük meg a nehézségi erőteret. Ez hiánypótló eredmény, korábban műholdas mérésekből csak a durvább (1000 km-es léptékű), míg terepi mérésekből pedig csak a helyi (néhány 10 km-es kiterjedésű) formák voltak megbízhatóan megismerhetők. A GOCE segítségével viszont a nehézségi erőter közepes formái is ismertté váltak az egész Földre vonatkozóan.

A GOCE (a műholdas technológiák viszonylatában) kiemelkedően finom felbontásával lehetővé tette, hogy földfelszíni mérésekkel együttesen feldolgozva a nehézségi erőter egész Földet jól jellemző modelljét állítsák elő. A jelenlegi legkorszerűbb, globális nehézségierőter-modell, az EGM08 alapját a GOCE nehézségierősség-gradiensei adták. Ezeket nagyszámú terepi (földfelszíni) méréssel együttesen feldolgozva a nehézségi erőter néhány 10 m-es felbontású meghatározásra adtak lehetőséget (Pavlis et al., 2012).

Összefoglalásként megállapítható, hogy ahogy Eötvös Loránd korszakalkotó találmánya, az Eötvös-inga a maga idejében forradalmasította a nyersanyagkutatást, úgy napjainkban az ebből kifejlődött műholdas gravimetria rendkívül pontos mérései hasonlóan fontos szerepet játszanak a földtudományokban, hozzásegítve a kutatókat a Földünk felszínén és belsejében zajló folyamatok egyre jobb megismeréséhez. (A GOCE-műholdról további ismeretek találhatóak magyarul Reiner Rummel [2002] és Földváry Lóránt és szerzőtársai [2015] munkáiban.)

A JÖVŐ

Napjainkban, az ürtevékenység korában, az aktív műholdak száma exponenciálisan emelkedik. A tudományos konszenzus szerint mintegy tíz éven belül megvalósítható egy következő generációs gravitációs műhold küldetése (Next Generation Gravity Mission, NGGM). Az NGGM tudományos célkitűzései az eddigi gravitációs műholdakon már bevált technológiákra alapozva, azok továbbfejlesztésével érhetők el. Ennek megfelelően egy GOCE-hoz hasonló, gravitációs gradiensek mérését végző jövőbeli műhold is a tervek között szerepel.

A transzformatív technológiák (TransTech) közül kiemelkedő eredmények várhatóak az ultrahideg atomi felhőkön végzett interferometriai mérések (Cold Atom Interferometry, CAI) alkalmazásával (Hauth et al., 2014). Az interferometriai méréseket az atomok hullámtulajdonsága alapozza meg. A jelenlegi mérés technikák „hideg”, néhány mikrokkelvin ($1 \mu\text{K} = 10^{-6} \text{ K}$) hőmérsékletű felhőket alkalmaz-

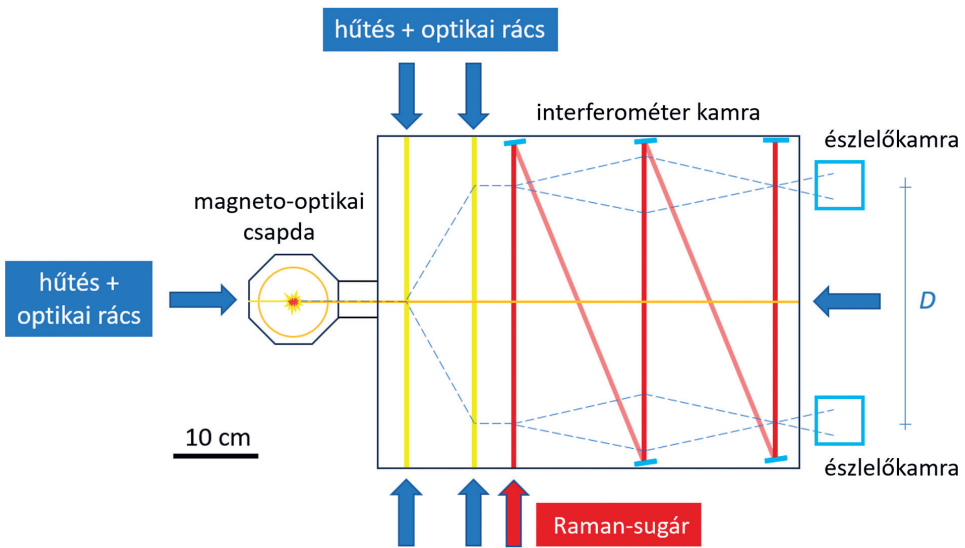
nak. A tipikusan 10^3 – 10^7 atomot tartalmazó, vákuumban lézeres hűtés segítségével preparált mikroszkopikus méretű felhő a levegőnél 4–6 nagyságrenddel kisebb sűrűségű gáz. Néhány nagyságrenddel tovább hűtve, a nanokelvines ($1 \text{ nK} = 10^{-9} \text{ K}$) tartományban az atomi hullámcsomagok már átlapolódnak (az atomi de Broglie-hullámhossz a hőmérséklet csökkentésével nagyobbra nő, mint az atomok közötti távolság), amely fázisátalakuláshoz vezet (Sörlei et al., 2005). Az átmenet során kialakuló kvantumgázban az atomok – ellentétben a klasszikus gázzal – megkülönböztethetetlenek, és közösen töltenek be egy makroszkopikus kvantumállapotot (egész spinű atomok esetén Bose–Einstein-kondenzátum, feles spinű atomok esetén Fermi-gáz). Kvantumos gázok interferométerekben további előnyöket nyújthatnak (Gaaloul et al., 2014).

A CAI-technológiától a műholdas gravimetriában is átütő eredményeket várhatunk. Egyelőre azonban ennek eléréséhez számos technológiai kihívást kell megoldani. Kihívás az ultrahideg atomok preparációjához és manipulációjához szükséges lézeres technikák kompakt, az űrtechnikával kompatibilis megvalósítása. Ennek jegyében, amolyan köztes lépcsőfok gyanánt, egy CAI-technológiát fedélzetén működtető, tudományos célú műholdat tervez megvalósítani az Európai Űrügynökség (European Space Agency, ESA), amelynek célja a CAI-alapú gravitációs érzékelők űrbeli megvalósíthatóságának és alkalmazhatóságának vizsgálata, az elméleti lehetőségek gyakorlatba ültethetőségének bizonyítása. Erre a jövőbeli műholdra Quantum Pathfinder Mission munkanéven hivatkoznak, és a jelen tervek szerint 2025 és 2035 között szeretnék megvalósítani.

A Quantum Pathfinder Mission műhold tervezése során értelemszerűen a CAI-technológia eddigi, földi alkalmazásaiból, annak eredményeiből indulnak ki a fejlesztők. A CAI-technológia laboratóriumi körülmények között már jól bevált eszköze a tudományos kutatásoknak, sőt terepen használható eszközök is rendelkezésre állnak (Ménoret et al., 2018). Ugyanakkor az űrben való alkalmazás egészen más környezetet jelent. Mikrogravitációs környezetben fogják a méréseket elvégezni, ami a földfelszíni „nagy” térerősség mellett végzett mérésekhez képest sokkal kedvezőbb körülményeket jelent a műszer számára. A szimulációk szerint a mikrogravitációs környezetben várhatóan nagyságrendekkel növekszik a CAI-technológia érzékenysége, de ezt alátámasztani csak az űrben, egy erre a célra telepített eszközzel lehet (éppen ezt a célt hivatott beteljesíteni a Quantum Pathfinder Mission). A küldetés megvalósítására számos elképzelés született már, ezek közül talán a legkiemelkedőbb az európai (főleg német és francia) együttműködésben tervezett CARIOQA-projekt (Lévêque et al., 2023).

Ha a Quantum Pathfinder Mission sikerrel jár, és a CAI-technológia űrbeli alkalmazhatóságának validálása megtörténik, a tapasztalatok bedolgozásával megindulhat a következő generációs gravitációs műhold, az NGGM-konceptciók közül a legígéretesebb kidolgozása, pontos paraméterezése, a fejlesztések megkezdése. A jelöltek között található a CAI-gradiometria, tehát az atominterferomet-

ria-alapú gradiensmérés műholdas megoldása, a GOCE mérési koncepciójának CAI-technológiai kivitelezése. Mint korábban láttuk, a GOCE-űrgradiométer a gyakorlatban differenciálisan, három egymásra merőleges kar mentén, ultraérzékeny elektrosztatikus gyorsulásmérőkkel végzett gyorsulásmérést jelent, amely mérések alapján az 5–100 mHz-es mérési sáv szélességben az Eötvös-tenzor valamennyi komponense $10\text{--}20 \text{ mE} \cdot \text{H}^{-1/2}$ közötti érzékenységgel áll rendelkezésre. Ezen gradiensekből a geoidot 1–2 cm-es pontossággal, mintegy 100 km-es térbeli felbontással lehetett meghatározni.



3. ábra. A CAI-gradiométer egy lehetséges működési sémája (a szerzők szerkesztése)

A CAI-gradiométer két, térben elkülönített CAI-graviméter segítségével méri a gyorsuláskülönbséget; a gravitációs gradienst két, térben elkülönített, szabadésben lévő atomfelhő egyidejű gyorsulásméréséből kapjuk. Ez alapján számos elrendezés kialakítható; egy lehetséges sémát mutat a 3. ábra (EC-JRC, 2020 alapján). Az ábrán a vékony fekete vonalak jelölik a berendezést, a vákuumkamra mechanikai szerkezetét. Az atomi felhő preparációja lézeres hűtéssel egy magneto-optikai csapdában (MOT) történik. A MOT-ot követően további hűtési technikákat alkalmazva előáll az interferometriára alkalmas atomi felhő, amelyet egy mozgó optikai rács – mint futószalag – szállít az interferométer kamrájába. A kamra bemenetéhez érkező atomi felhőt lézeres impulzusok megosztják, és a két eredő atomi felhőt a gradiométer térben szeparált interferométereihez vezetik. Az atominterferométerek a 3. ábrán piros vonallal jelölt Raman-lézersugár

hullámcsomagosztó, valamint -rekombinálo hatása által valósulnak meg. Az interferométerek karjait a kék szaggatott vonalak jelzik. Az ábrán a méretek jellemzéséhez a deciméter hosszát jelölő egységet is megjelöltük.

Mindkét CAI-graviméter a Raman-lézersugarak iránya mentén fellépő, α gyorsulás hatására a különböző gerjesztettségi állapotú atomok által bejárt útvonalak mentén fellépő $\Phi = kaT^2$ mértékű fáziskülönbséget észleli, ahol T pedig a két egymást követő Raman-impulzus közötti szabad időfejlődés, más néven interrogációs idő. Két ilyen, D távolsággal egymástól elválasztott interferométerrel végzett differenciális gyorsulásmérés lehetővé teszi a gyorsuláskülönbség, azon keresztül pedig a W_D gradiens értékének a kinyerését a $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = k(\alpha_1 - \alpha_2)T^2 = kW_DDT^2$ fáziseltolódás-különbségből, ahol α_1 és α_2 a hidegatom-felhők által a két CAI-graviméterben tapasztalt gyorsulások.

Összehasonlítva a CAI-gradiometriát a GOCE-úrgradiometriával, jelentős előnyt biztosít a CAI-gradiometriának a mérések zajának spektrális eloszlása. A GOCE-gradiensek ugyanis az elektrosztatikus gyorsulásmérők mérés technikai korlátai miatt rosszul teljesítettek az alacsony frekvenciákon. Az alacsony frekvenciájú zaj hatásának ellensúlyozására speciálisan kialakított dekorrelációs szűrőket kellett alkalmazni, ezekkel a GOCE-gradiométerek zajának mesterséges fehérítésére törekedtek. Ezzel szemben egy CAI-gradiométer méréseit eleve fehér zaj jellemzi, ennek megfelelően a gradienseket is a gravitációs tér meghatározása szempontjából valamennyi releváns frekvencián azonos mértékű zaj jellemzi, amivel várhatóan mintegy $5 \text{ mE} \cdot \text{Hz}^{-1/2}$ pontossággal lehet majd a gradienseket meghatározni.

A 3. ábrán látható, hogy a két CAI-graviméter számára ugyanaz a mag-neto-optikai csapda adja a hideg atomokat. Ugyanannak az atomoptikai eszköznek a használata a két hidegatom-felhő kezelésére biztosítja, hogy a két felhőben megjelenő azonos hatások kioltják egymást, és nem jelennek meg a mért gyorsuláskülönbség értékében; más szóval a gravitációs gradiométer lehetővé teszi a közös módusú zajforrások (pl. a tükör rezgései) nagyfokú kiszűrését, hibahatásának minimalizálását.

A jelenlegi földi CAI-gradiométerek érzékenysége legfeljebb néhány $10 \text{ E} \times \text{Hz}^{-1/2}$. Az érzékenység fokozásának egyik fő korlátja az atomok 1g környezetben történő szabadesése miatti korlátozott lekérdezési időtartam. Mikrogravitációs környezetben több nagyságrendnyi javulás várható, mivel az érzékenység a kölcsönhatási idő négyzetével változik. További javulást eredményez, ha a Raman-osztókat olyan fényimpulzus-sorozatokkal helyettesítjük, amelyek többszörös foton-visszaverődést eredményeznek, és így növelik az atomok útvonala közötti távolságot az interferométerben.

Érdeemes kiemelni, hogy az interrogációs idő növekedése azonnali hatással lehet a mérés ismétlési gyakoriságára. Kiszámítható, hogy egy tipikus interferométer-fázis-zaj (5 s interrogációs idő és 50 cm-es műszerbázis esetén) mrad/

lövés szinten a gravitációs gradiens érzékenységének mE/l lövés nagyságrendű megváltozását okozza. Az ilyen nagy „single-shoot” érzékenység kihasználásához nagy mérési sebességre van szükség. A műszer-geometria megváltoztatása nélkül ez úgy érhető el, hogy a hidegatom-felhők előállításának ciklusidejét lényegesen az interferométer interrogációs ideje alá csökkentve, egyszerre több atomi felhőt propagáltatunk az interferométerben. Ekkor nem a geometria által meghatározott interrogációs idő, hanem az atomi felhők beküldésének periódusa határozza meg a mérés gyakoriságát. A mintegy 1 s előállítási idő alacsony, $mE \times Hz^{-1/2}$ nagyságrendű érzékenységet eredményezne. A nagy érzékenység mellett egy ilyen CAI-gradiométer kiváló hosszú távú stabilitást biztosítana. Ez utóbbi tulajdonsága a hullámfüggvény osztásához használt lézer frekvenciájának pontosságától függ, azzal szabályozható. Ezzel abszolút pontos mérések valósíthatók meg, kalibrálás nélkül. A stabil műszerjárás, annak a lézer-interferométer esetében ismert esetleges jellegének a hiánya azt is eredményezné, hogy a műszer zaja alacsony frekvenciákon (azaz 1 mHz alatt) is alacsony, ellentétben az elektrosztatikus gyorsulásmérőkkel, amelyeknél 10 mHz alatt a mérési zaj gyorsan növekszik.

Összességében, a műholdas gravimetria áthelyezése interferometriai alapokról atom-interferometriára önmagában is rengeteg előnnyel járna, ami differenciális elrendezés esetén, egy CAI-gradiometriai megoldás során még erősebben jelentkezik. Mindezek fényében komoly esély van arra, hogy a CAI-gradiometria egy jövőbeli NGGM-műhold fedélzetén meg is valósuljon.

IRODALOM

- EC-JRC (2020): European Commission Joint Research Centre – Travagnin, Martino (ed.): *Cold Atom Interferometry for Earth Observation. Perspectives for Satellite-Based Quantum Gravimetry. (JRC technical Reports)* EUR 30371. Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/225071>
- Földváry Lóránt – Kiss János – Szarka László et al. (2019): Modern geodéziai-geofizikai eredmények Eötvös nyomán. In: Dobszay Tamás – Estók János – Gyáni Gábor et al. (szerk.): *Eötvös Loránd emlékalbum*. Budapest, Kossuth Kiadó, 67–75. ISBN 9789630999274, http://real-eod.mtak.hu/8253/1/001-176_tordeltl_magyar.pdf
- Földváry Lóránt – Tóth Gyula – Kiss Annamária et al. (2015): GOCE műhold: Eötvös-inga mérések Föld körüli pályán. *Magyar Tudomány*, 176, 9, 1063–1070. <http://www.matud.iif.hu/2015/09/07.htm>
- Gaaloul, Naceur – Hartwig, Jonas – Schubert, Christian (2014): *Precision Interferometry with Bose-Einstein Condensates. Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi”*. Vol. 188 on Atom Interferometry, 657–689. DOI: 10.3254/978-1-61499-448-0-657
- Hauth, Matthias – Freier, Christian – Schkolnik, Vladimir et al. (2014): *Atom Interferometry for Absolute Measurements of Local Gravity. Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi”*. Vol. 188 on Atom Interferometry, 557–603. DOI: 10.3254/978-1-61499-448-0-557

- Lévêque, Thomas – Fallet, Christine – Lefebve, Julien et al. (2023): CARIOQA: Definition of a Quantum Pathfinder Mission. Proceedings of International Conference on Space Optics (ICSO) 2022; 3–7 October 2022; Dubrovnik; Croatia. Volume 12777, 127773L. DOI: 10.48550/arXiv.2211.0121, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2211/2211.01215.pdf>
- Ménoret, Vincent – Vermeulen, Pierre – Le Moigne, Nicolas et al. (2018): Gravity Measurements below 10^{-9} g with a Transportable Absolute Quantum Gravimeter. *Scientific Reports*, 8, 12300. DOI: 10.1038/s41598-018-30608-1, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-30608-1>
- Pavlis, Nikolaos K. – Holmes, Simon A. – Kenyon, Steve C. et al. (2012): The Development and Evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 117, 8916. DOI: 10.1029/2011JB008916, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011JB008916>
- Rummel, Reiner (2002): Gravitációs gradiometria: Eötvös Lorántól a modern űrkorszakig. (ford. Bodoky Tamás) *Magyar Geofizika*, 43, 145–150. https://epa.oszk.hu/03400/03436/00170/pdf/EPA03436_magyar_geofizika_2002_04_145-150.pdf
- Sörlei Zsuzsa – Bakos József – Demeter Gábor et al. (2005): Hideg atomok. *Magyar Tudomány*, 166, 12, 1544–1550. <http://www.matud.iif.hu/05dec/15.html>
- 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
- Völgyesi Lajos (2019): Eötvös Loránd munkásságának geodéziai jelentősége. *Geodézia és Kartográfia*, 71, 5, 4–13. DOI: 10.30921/GK.71.2019.5.1, <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/44576>

MEGEMLÉKEZÉS ARADON AZ EÖTVÖS 175 RENDEZVÉNYSOROZAT KERETÉBEN

SUMMARY OF THE EÖTVÖS 175 COMMEMORATION IN ARAD

Ormos Pál

az MTA rendes tagja, kutatóprofesszor, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöke
HUN-REN Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Szeged
pormos@brc.hu

Eötvös Loránd munkásságában fontos mérföldkövet képvisel Arad városa. A város közelében 1906-ban végzett vizsgálatok vezető külföldi tudósok általi megtekintése nagyban hozzájárult az Eötvös-inga néven ismertté vált műszerének elfogadottságához, terepen végzett mérésekben demonstrálván rendkívüli érzékenységet. Az Eötvös-ingával végzett mérések a megelőző évszázad utolsó évtizedében már eredményesen folytak, mégis – éppen a rendkívüli érzékenység miatt – több meghatározó kutató kétségbe vonta az eredmények hitelességét. Az áttörés 1906-ban történt. Ebben az évben Budapesten tartották az Internationale Erdmessung XV. konferenciáját, a geológia-geofizika meghatározó európai segerszemléjét. A konferencia résztvevőinek megszervezték, hogy az akkoriban éppen Arad közelében, Ménes falu határában folyó méréseket megtekintsék. (E területen található élesen az Alföld a Zarándi-hegységgel, ennek következtében itt a gravitációs erőternek jelentős vízszintes irányú gradiense várható – és a gravitációs erőter változásának nagy érzékenységű kimutatása éppen az Eötvös-inga erőssége.) A terepi demonstráció teljes sikert aratott, ennek eredményeként Eötvös nemzetközi tekintélye jelentősen megnőtt. Ráadásul a résztvevők reakciójának és javaslatának köszönhetően az ilyen irányú kutatások hazai támogatását is alapvetően megnövelték, majd az új lehetőségekre épülve létrejött a világ első alkalmazott geofizikai intézete is.

Az aradi eseményekről méltóképpen emlékeztünk meg az Eötvös 175 rendezvénysorozat keretében. 2023. szeptember 20-án, egy időben a Magyar Tudományos Akadémián tartott tudományos emléküléssel, koszorúzással egybekötött előadóülést tartottunk az aradi Csiky Gergely Főgimnáziumban. A rendezvény helyi gazdája a Csiky Gergely Főgimnázium Alma Mater Alapítványa volt. Magyar részről a rendezvényen részt vett Ormos Pál, az MTA tagja, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöke, Zimányi László, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csongrád-Csanád megyei csoportjának elnöke, a Szegedi Biológiai Kuta-

tóközpont Biofizikai Intézetének igazgatója, Gergely Árpád László, a Szegedi Tudományegyetem Fizikai Intézetének egyetemi tanára és Krizsbai István, a Szegedi Biológiai Kutatóközpont tudományos tanácsadója. A megemlékezés első részében a helyi tudományos és társadalmi szervezetek képviselőivel együtt megkoszorúztuk a gimnáziumban található emléktáblát, amely az aradi kísérleteknek állít emléket. Ezt követően két tudományos előadást tartottunk (délelőtt a gimnázium diákjainak, majd délután érdeklődő felnőtt hallgatóknak). Elsőként Ormos Pál *Eötvös Loránd élete és munkássága* címmel tudománytörténeti előadásban beszélt az ünnepeltről. Ezután Gergely Árpád László – aki a gravitációs hullámokat a közelmúltban kimutató LIGO- (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) együttműködés tagja – *Gravitációs hullámok* című előadásában a gravitációs kutatások forradalmian új eredményeit ismertette. Ezek az új vizsgálatok viszik tovább az Eötvös-ingával végzett mérések hagyományát, amelyek az általános relativitáselmélet elfogadásában fontos szerepet játszottak.

Az MTA Székházban tartott központi előadóülés és az aradi megemlékezés kapcsoltan folyt: az aradi előadások előtt felvételről levetítettük Freund Tamás, az MTA elnöke Budapesten mondott köszöntőjét (amelyben köszöntötte az aradi résztvevőket is), illetve a budapesti résztvevőknek levetítették az aradi koszorúzásról készült videófelvételt. A rendezvény nagy sikerrel zajlott, a helyi képviselők nagy szeretettel fogadták a magyarországi résztvevőket. Az eseményt a helyi tévé, illetve sajtó tisztelettel dokumentálta. A *Nyugati Jelen* című magyar nyelvű napilap (amely Arad, Fehér, Hunyad, Krassó-Szörény és Temes megyékben jelenik meg) címlapon, a program plakátjával harangozta be az előadóülést szeptember 17-i számában, illetve szeptember 21-én, ugyancsak címlapon, fényképes beszámolót közölt a rendezvényről.

„A KÖZMŰVELŐDÉS ÜGYE IRÁNT ELKÖTELEZETT BÁRÓ” – EÖTVÖS LORÁND
SZEREPE A KÖZÉPISKOLAI TANÁRKÉPZÉS
19. SZÁZAD VÉGI REFORMJAIBAN ÉS HAGYATÉKÁNAK SORSA
A KÉT VILÁGHÁBORÚ KÖZÖTTI IDŐSZAKBAN

“THE BARON COMMITTED TO THE CAUSE OF THE EDUCATION
OF THE PUBLIC”
THE ROLE OF LORÁND EÖTVÖS IN THE REFORMS OF SECONDARY TEACHER
TRAINING AT THE END OF THE 19TH CENTURY
AND THE FATE OF HIS LEGACY IN THE INTERWAR PERIOD

Garai Imre

PhD, habilitált egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem Pedagógiai és Pszichológiai Kar
Neveléstudományi Intézet, Budapest
garai.imre@ppk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a 175 éve született Eötvös Loránd tanárképzésben játszott szerepét és az általa 1899-ben létrehozott tanárképzési intézményrendszer sorsát vizsgálja a két világháború között. Az Eötvös által megalkotott intézményrendszer alkotóelemeit tekintve megegyezik az 1927 utáni tanárképzés intézményeivel, de működési alapelveik alapjaiban térnek el a dualista éra intézményrendszerétől. A kutatási kérdések megválaszolására egy deduktív, idiografikus jellegű kutatás keretein belül kerül sor, az elsődleges (levéltári) és a másodlagos (szakirodalmi) forrásokat a levéltári és a szakirodalmi dokumentumok elemzésének módszereivel vizsgálva. Az eredmények interpretációjában a professzióelméletek kritikai megközelítéséhez kapcsolódó fogalmi keretrendszer került alkalmazásra. Eötvös Loránd 1899-es tanárképzési reformjainak alapelve az intézményi autonómián nyugodott, kijelölve az addigra kialakult intézmények helyét a tanári teoretikus felkészülésben, valamint a professzionalitás és a professzionalizmus formálásában. A tudós tanárság koncepciójának megalkotása a hatásköri vitákat részben egy francia mintára alapított internátus segítségével juttatta nyugvópontra. A két világháború közötti időszak oktatáspolitikájának legfőbb törekvése a professzionalitás és a professzionalizmus egységes és valamennyi tanárjelöltre való kiterjedésében ragadható meg. A standardizáció ugyanakkor lehetőséget adott a tanárjelöltek mellett a tanárképzés intézményeinek szorosabb állami kontroll alá vonására, ami a tanárképzés neohumanista alapokon nyugvó eszméi alapjait felbontotta, és így a tanárképzés egészét deprofesszionalizációs pályára helyezte.

ABSTRACT

The study examines the role of Loránd Eötvös, who was born 175 years ago, in secondary teacher training and the fate of the teacher training system he established in 1899 between the two world wars. The institutional system created by Eötvös is identical in its components to those of teacher training after 1927, but its operating principles are fundamentally different from those of the dualist era of the Austro-Hungarian Monarchy. The research questions will be addressed within the framework of a deductive, idiographic research approach, in which sources will be examined using document analysis and academic literature review as the main methods. A conceptual framework related to critical approaches to professionalization theories is used to interpret the findings. The basic principle of Eötvös's teacher training reforms of 1899 was based on institutional autonomy, which determined the place of the established institutions in the theoretical preparation of teachers and in the formation of professionalism and professionalism. By introducing the concept of the "scholar-teacher" and establishing a boarding school for teacher training based on the French model, Eötvös mitigated the disputes over competence between professional institutions and created a stable situation in secondary teacher training. The main goal of education policy in the interwar period was to standardize professionalism and professionalism in teacher training and to extend it to all teacher trainees. At the same time, standardization provided an opportunity to bring teacher training institutions and teacher trainees under tighter state control, which, however, dismantled the neo-humanist ideological foundations of teacher training and thus set secondary teacher training as a whole on a deprofessionalizing course.

Kulcsszavak: Eötvös Loránd, középiskolai tanárképzés, professzionalizáció, deprofesszionalizáció

Keywords: Loránd Eötvös, secondary teacher training, professionalization, deprofessionalization

BEVEZETÉS

„[A] közművelődés kérdései iránt oly lelkes buzgóságot tapasztaltam mindenkor, mely nélkül magát az ügyet és annak sikerét veszélyeztetve látnám” – írta Wlassics Gyula vallás- és közoktatásügyi miniszter a 2023-ban 175 éve született Eötvös Loránd számára 1899. július 6-i levelében, amelyben felkérte a tanárképző intézet elnökéül. Ez a felkérés fordulópontot jelentett a hazai tanárképzés történetében (Wlassics, 1899). A tanulmány áttekintést kíván adni e fordulatról és benne Eötvös szerepéről a tanárképzés 1899-es reformjához elvezető folyamatokban, emellett pedig arra a kérdésre is választ próbál adni, hogy örökségéhez hogyan viszonyultak a tanárképzést érintő 1921–1927 közötti reformok során.

A fenti kettős cél elérését a munka három részletben tárja az olvasó elé. A bevezető jellegű részekben előbb az Eötvös szerepének értelmezéséhez segítségül hívott elméleti, a tanárképzés modernizációjának történeti keretei, illetve a mód-

szertani vonatkozások kerülnek bemutatásra. A második részben esik szó Eötvös szerepéről a tanárképzés formálásában, kitérve az 1899-ben általa kialakított új intézményrendszeri struktúrára. Végül azt vizsgálom, hogy miként módosult a tanárképzés 1921–1927 közötti reformjainak eredményeként az Eötvös által létrehozott intézményrendszer, amely egyúttal örökségének is tekinthető.

ELMÉLETI KERETEK: PROFESSZIONALIZÁCIÓ – DEPROFESSZIONALIZÁCIÓ

Eötvös Loránd tanárképzésben játszott szerepének értelmezéséhez kapcsolódó történeti folyamatok interpretálásában a professzióelméletek kritikai megközelítését alkalmazom. A kritikai megközelítés annak az alapállításnak a cáfolatából indul ki, amely szerint a magasan képzett értelmiségi hivatásokat hasonló karakterológiai jegyek jellemzik, s fejlődésük minden kultúrkörben nagyjából azonos alapelvek mentén zajlott (Hesse, 1968). E megközelítés szerint a fejlődés módja és üteme eltérő, az egyes hivatások legfeljebb abban mutatnak hasonlóságot, hogy monopólium kialakítására törekvő struktúrákként írhatók le, amelyek saját teoretikus tudáskészletükre és speciális szakértői képességeikre alapozottan kizárólagos felügyeletet alakítanak ki saját érdekeltségi területük felett (Larson, 2013, XIII–XIV). E felügyelet kialakításában pedig az államhatalom is fontos szerepet játszott a közép- és kelet-európai térségben, így az Osztrák–Magyar Monarchiában is (Németh, 2005, 142.).

A *professzió* fogalmát a tanulmány során tehát az egy szakterület feletti monopólium értelmében használom. Ehhez kapcsolódik a *professzionizáció* kifejezés, amely a szakértői tevékenység szakszerűvé válására, standardizációjára utal (Horn–Keimnitz, 2021, 353.). A professzionizációhoz kapcsolódik a *professzionizmus*, illetve a *professzionizálás* fogalom párosa. Előbbi a kollektív szakértői gyakorlatra utal, amelynek egységes követése valamennyi gyakorló szakértőtől (tanároktól) elvárható, s ez emeli a szakértői csoport (tanárság) professzionizációját. Utóbbi pedig az egyes szakértők individuális gyakorlati képességeit jelenti, amelynek alapvonásai a hivatásra való felkészülés alatt, a gyakorlati képzés során alakulnak ki (Evetts, 2003; Nóbik, 2019). A kritikai megközelítéshez kapcsolódóan jelent meg a kutatásban a *deprofesszionizáció* fogalma, amely arra utal, hogy speciális politikai-társadalmi körülmények esetén a szakértői csoportok monopóliuma saját szakterületük felett megrendülhet (Freidson, 2001).

A tanulmány fő állítása az, hogy a nemzetállam-építés liberális szakaszában kialakult együttműködés a tanárképzés szakértői elitje és az államhatalom között, amelynek Eötvös egyik főszereplője volt, a két világháború közötti időszakban véget ért. A tanárképzés újjászervezése során a korábbi intézményrendszer alapelveit felhasználták ugyan, ám az új rendszer működése nem Eötvös alapelveit követte.

A KÖZÉPISKOLAI TANÁRKÉPZÉS MODERNIZÁCIÓJÁNAK KEZDETEI

A modern középiskolai tanárképzés kezdeti lépései az 1849–1852 között lezajlott egyetemi reformoktól eredeztethetők, amikor két fázisban megvalósultak a humboldti egyetemi modell legfontosabb vívmányai, így a filozófiai kar kiemelkedett előkészítő funkciójából, s feladatává a filológusok és tanárok képzése vált. A tanári kvalifikáció itthoni megszerzésének lehetőségére 1862-ig kellett várni, amikor az udvar engedélyezte tanárvizsgáló bizottság létrehozását, amely az egyetemi professzorok kezébe helyezte a formálódó tanári hivatás feletti felügyelet kialakítását. A professzió kialakulását a tanárvizsgálati szabályzatok és ezek módosításai tartalmazták, amelyekből a kiegyezést követően 1927-ig hármat fogadtak el: 1875-ben, 1882-ben és 1888-ban (Németh, 2012). A tanárvizsgálati szabályzatok vallás- és közoktatásügyi minisztériumi (VKM) rendeletek formájában történő kiadása fejezte ki a tanárság feletti professzió létrejöttét, amely az államhatalom és az egyetemi elit közötti együttműködés útján valósult meg (Garai, 2022).

Ugyanakkor a tanári professzionalitás formálása a kiegyezést követő időszakban lényegében rendezetlen maradt koncepcionális és így intézményi szempontból is. A bölcsészeti kar nem gondoskodhatott kizárólag a szaktárgyi teoretikus tudás közvetítésén keresztül a tanári hivatás gyakorlati elemeire való felkészítésről. Így 1870-ben Eötvös József kezdeményezésére létrejött a középiskolai tanárképző intézmény (Eötvös, 1870), majd 1872-ben ennek egyik szakosztályából a gyakorló gimnázium, amelyek a professzionalitás és a professzionalizmus formálását voltak hivatottak ellátni (Németh, 2012). A tanárvizsgálati szabályzatok kialakítása kapcsán azonban rendre felmerült az a kérdés, hogy a tanári hivatásra való képesítés az egyetemi teoretikus vagy pedig a tanárság gyakorlati működésére előkészítő képzés részeként tekintendő (Kiss, 1991, 6–8.). Ennek a kérdésnek a rendezésében vállalt tevékeny szerepet Eötvös Loránd új intézményrendszeri keretek létrehozásával.

A KUTATÁS MÓDSZERTANI ASPEKTUSAI

A tanulmányhoz kapcsolódó kutatás deduktív és idiografikus jellegű, amely a tanári hivatás professzionalizációjának feltárására vállalkozik az 1862–1945 közötti időszakban (Babbie, 2008; Kéri, 2001). A bevezetésben felvetett fő állítást két kérdésre bontva kívánom vizsgálni: Eötvös Loránd milyen szerepet töltött be a tanárképzés modernizációjában, illetve az 1921–1927 közötti reformidőszak hogyan viszonyult az Eötvös által megalkotott intézményrendszerhez, módosított-e annak működésén?

A kutatás kérdéseinek megválaszolásához a Magyar Nemzeti Levéltár Országos Levéltárának K 500 és K 592 tételeiben, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Egyetemi Levéltárának 15/b. állagaiban és az Eötvös József Collegium Mednyánszky

Dénes Könyvtár és Levéltárban őrzött, a vezetésre és oktatásra, valamint a kurátorokra vonatkozó levéltári dokumentumok szolgálnak elsődleges forrásul. A kutatás elsődleges módszereiként a levéltári források dokumentumelemzése, valamint a másodlagos irodalmak kritikai vizsgálata szolgáltak (Mietzner, 2021).

EÖTVÖS SZEREPE A TANÁRKÉPZÉS MODERNIZÁCIÓJÁBAN

Eötvös Loránd a modern tanárképzés intézményes létrejöttének korai szakaszától részt vett a tanárképzés különböző feladatait ellátó intézetek munkájában. Már 1871-ben csatlakozott a tanárképző intézethez, az 1876/1877. tanévtől ötéves ciklusra kinevezett tanárvizsgáló bizottsági tagok között is megtalálható a neve cenzorként (Sztoczek, 1876). Egyetemi oktatóként tehát egyszerre játszott szerepet a tanári hivatás fölötti professzió fenntartásában, a tanárjelöltek által elsajátítandó teoretikus anyag formálásában, illetve képezésükben, továbbá a professzionalizmusuk formálásában tanárképző intézeti megbízatásán keresztül. E kettős funkciója révén egyszerre szerzett tapasztalatokat arról, hogy egyetemi oktatótársai hogyan értelmezik a bölcsészkar feladatát a tanárképzésben, illetve a tanárképző intézet miként tekint szerepére a tanárok felkészítésében. Utóbbi kapcsán annak is tanúja volt, hogy a gyakorlógimnázium megszervezésében, illetve Johann Friedrich Herbart pedagógiai alapelveit tükröző 1878-as gimnáziumi tanterv kidolgozásában nagy érdemeket szerző Kármán Mór egyre növekvő tekintélyét arra használta fel, hogy a tanárképző intézet befolyását kiterjessze a tanárjelöltek bölcsészeti kari képzési programjára (Németh–Pukánszky, 2021).

Kettőjük szakértői vetélkedése határozta meg a sikertelen 1875-ös tanárvizsgálati szabályzat megújításához vezető 1882-es új szabályzat kialakítását. Kármán az Országos Közoktatási Tanács meghatározó szereplőjeként memorandumot írt a VKM-hez, amelyben javasolta a tanárképző intézeti tagság kötelezővé tételét, illetve a tanárképző intézet tanári kara számára egyetértési jogot kért a bölcsészeti kar tanárjelöltekre vonatkozó tanulmányi programjának megállapításában (Országos Közoktatási Tanács, 1875).

Eötvös talán heidelbergi egyetemi éveinek is köszönhetően azt a neohumanista alapokon nyugvó meggyőződést vallotta, hogy a bölcsészeti kar felelős egyedül a tanárképzésért, s e felelősségteljes munkája egy lassú társadalmi reform kibontakozását eredményezheti. Így csatlakozott a Kerékgyártó Árpád bölcsész-kari dékán aláírását viselő, 1879-ben megszövegezett ellenjavaslatához, amely a tanárképző intézet reformja mellett a karon tanárképző szemináriumok felállítását irányozta elő hosszú távon kiváltva és így megszüntetve a tanárképző intézet működését (Felterjesztés, 1879). A tanárképző intézet ugyan nem szűnt meg, de Kármán befolyásának gyengüléseként értelmezhető, hogy már nem volt jelen a Trefort Ágoston lakásán 1880. január 3-án tartott megbeszélésen, ahol a VKM

és a bölcsészeti kar képviselői egyeztették az új tanárvizsgálati szabályzat alapelveit. Itt merült fel ismételten egy a párizsi École Normale Supérieure mintájára alapított tanárképző internátus létrehozásának gondolata, amely az 1870-es évtizedben rendre előkerült lehetséges megoldásként a tanárképzés problémáinak orvoslására (A budapesti tanárképző intézet ügyében, 1880).

E visszatérő gondolat szálai bizonyosan Eötvös Lorándhoz kötődnek, aki 1874. május 1-jén kért a tanárképző igazgatóságától szabadságot párizsi útjához (Sztoczek, 1874). A szabadság során látogatást tett a neves francia elitképző intézményben, amelynek során meggyőződhetett a *culture générale* (a francia civilizáció és kulturális értékek közvetítése a francia nyelven keresztül), a francia nemzetépítési koncepció közvetítésének sikerességéről az intézetben, illetve a francia középiskolai tanárok nemzetépítési feladataiban játszott szerepéről a III. köztársaság időszakában (Bourdoncle–Robert, 2000, 73.). A neohumanista alapelvek (a klasszikus kultúra lélekformáló hatásain alapuló lassú társadalmi reform) (Horlacher, 2016) és a francia államszervezés alapvetéseinek házasításából jött létre a tudós tanárság koncepciója, mely a magyar középiskolai tanárokat azzal a feladattal ruházta fel, hogy tevékenységük során a magyar nyelv és kulturális vívmányok közvetítésével egy lassú társadalmi reformot hajtsanak végre az oktatási rendszeren keresztül.

Ennek a gondolatnak nem volt nehéz politikai táborkon átívelő támogatást biztosítani az etnikai szempontból tagolt Magyarországon a 19–20. század fordulóján. A tudós tanárok működésétől remélhették a társadalom vezető rétegei, hogy a dualista rendszert alapjaiban felforgató nagy társadalmi változások nélkül lehet az elitek és a középosztály gimnáziumot, reáliskolákat látogató gyermekeit a magyar kultúrának megnyerni, így az állam fundamentumait megszilárdítani. A tudós tanárság intézményes megtestesülésévé a Báró Eötvös József Collegium vált, amelynek létrehozásában a VKM minisztereként Eötvös Loránd, majd leköszöntét követően Wlassics Gyula vállalt kulcsszerepet.

Eötvös miniszteri megbízatása után is fontos szereplője maradt a tanárképzés ügyének, hiszen részt vállalt a Collegium létrehozásához kapcsolódó előmunkálatokban, véleményezte az internátus működési alapelveinek kidolgozását, és elhárította azokat a kísérleteket mind a tanárképző intézet, mind pedig a bölcsészeti kar részéről, amelyek befolyásuk kiterjesztését célozták az új tanárképző internátus felett.

A KÖZÉPISKOLAI TANÁRKÉPZÉS ÚJ KERETEI 1899-ET KÖVETŐEN

Eötvös a Collegium kurátorsága mellett 1896-tól a leköszönő Beöthy Zsolt igazgatói pozícióját is átvette a tanárképző intézet élén, a napi ügyek irányítását Heinrich Gusztávra bízva. Évtizedes tapasztalatait felhasználva dolgozta ki a tanárképzés új szervezeti rendjét a tanárképző intézet szervezeti szabályzatának

megújításával 1899-ben. A szabályzat kettős alapelvre épült: a tanárképzés kialakult intézményei közötti hatásköri vitákat kívánta rendezni valamennyi intézet autonómiájának tiszteletben tartásával. Ez különösen fontos volt, hiszen a bölcsészeti kar korosabb tanárai élénken emlékeztek arra, hogy az 1867 előtti kormányzat az egyetem belügyeibe tanulmányi és személyi vonatkozások tekintetében is gyakran érvényesítette akarátát. Emiatt voltak Kármán Mór javaslatai és a bölcsészkar befolyásszerzési kísérlet, az Eötvös Collegium fölött a felveendő hallgatók egy részének a kar által történő meghatározásával, Eötvös számára egyaránt elfogadhatatlanok (Eötvös, 1896). A szabályzat értelmében a tanárképzés ügyét egyaránt szolgálták az egyetemi elméleti előadások és tanárképző szemináriumok, valamint a tanárképző intézet által hirdetett órák, az Eötvös Collegium és a gyakorlóiskola (Szervezeti Szabályzat, 1899).

Eötvös így átvágta azt a gordiuszinak látszó csomót is, hogy melyik intézmény hatáskörévé váljon a tanárképzés, ugyanis a szabályzat szerint valamennyinek a feladata, de eltérő funkcióval. A bölcsészkar elidegeníthetetlen feladata a szaktárgyi elméleti felkészítés, a tanárképző intézeté és az Eötvös Collegiumé az elméleti felkészítés olyan szempontú elősegítése, hogy az a gyakorlati tanári működést segítse (professzionizmus), a gyakorlóiskoláé pedig a tanári gyakorlati működés alapvetéseinek készségszintű elsajátítása (professzionizmus).

A második alapelv a tanárképzés intézményes jellegének erősítése volt a tanárképző intézet igazgatótanácsának létrehozásával, amelyben egyetemi oktatók állapították meg a tanárképző intézet elméleti előadásainak programját, és segítették személyes konzultációkkal a tanárjelöltek tanulmányi programjának megállapítását, előkészülésüket a tanárvizsgálatokra. A program létrehozásával egyetemi oktatókat és az Eötvös Collegiumból átvett repetitorokat kértek fel tanárképző intézeti előadások tartására. Emellett a tanárképző intézet igazgatótanácsának elnöke gyakorolta a tankerületi főigazgatókat megillető jogokat a gyakorlóiskola felett (Szervezeti Szabályzat, 1899, 3–4. §). Az 1899-es szervezeti szabályzat által létrehozott új intézményi szerkezetben a tanárképzés egyes szervei között tehát viszonyosság állt fent, mivel a képzésben jól elkülöníthető a funkciójuk.

Eötvös Lorándnak az Eötvös Collegium és a tanárképző intézet egymáshoz fűződő kapcsolatrendszeréről alkotott felfogása a két intézmény működésének tapasztalatai nyomán dinamikusan változott. A tanárképző igazgatóságának átvételekor, 1896-ban, tehát még a reform előtt elképzelhetőnek tartotta, hogy a tanárképző intézmény fokozatosan beolvadjon a Collegiumba a professzionizmus formálásának egyedüli intézményévé téve a Ménesi úti internátust. 1906-ban, a Collegium szervezetének véglegesítésekor, illetve a tanárképző működésének felülvizsgálatakor azonban amellettt érvelt, hogy a tanárképző intézetnek fenn kell maradnia. Kiváltását legfeljebb akkor tartotta elképzelhetőnek, ha a Collegiumhoz hasonló internátusok jönnek létre, amelyek valamennyi tanárjelölt képzésére kiterjednek (Kiss, 1991).

Elképzeléseinek változásai arra utalnak, hogy a kísérleti jelleggel létrehozott internátus beváltotta a hozzá fűzött reményeket, s a magyar középiskolai tanárképzés megújulásának egyik eszközeként tekintett rá. Ugyanakkor a kialakult intézményrendszeri struktúrát alapjaiban nem kívánta megváltoztatni, nehogy a hatásköri viták ismét visszatérjenek a tanárképzés egyes intézményei között.

EÖTVÖS ÖRÖKSÉGÉNEK SORSA A KÉT VILÁGHÁBORÚ KÖZÖTT

Az első világháborút követő társadalmi-politikai változások a tanárképzés területét is érintették. 1919 májusában a tanárképző intézet Középiskolai Tanítóképző Főiskolává alakult, amelynek központi szerepet szánt az oktatásirányítás, a tanárjelöltek képzésében pedig maga alá vonta az addig kialakult intézményrendszert. Az 1920 utáni átalakulás hatalomtechnikai szempontból a forradalmi időszak lépéseit követte. Az újjáalakuló VKM a 5725/921. V. (V. 14.) rendeletében hirdette ki a tanárképzés reformjának alapelveit, amelyek előrevetítették a valamennyi tanárjelöltre kiterjedő kötelező tanárképző intézeti tagságot és ezzel együtt a tanárképző intézet felértékelődését a tanárképzés intézményei között, egy új tanárvizsgálati szabályzat kidolgozását, valamint a tanárképző intézet székhelyén kötelezően eltöltendő gyakorlóévet (VKM, 1921).

A tanárvizsgálati szabályok, valamint a tanárképző intézet szervezeti szabályzatának átdolgozásával egy új tanárképzési törvény kidolgozásának munkálatai is megkezdődtek, amelyet a keresztény-konzervatív reformkurzus keretében a középiskolai intézményrendszer átalakításával együtt fogadott el és iktatott a törvények sorába a Parlament az 1924. évi 27. törvényként. A törvény 4. és 6. §-ai a professzionalizmus és a professzionalitás formálását is standardizálták, kötelezővé téve a tanárképző intézeti tagságot és a gyakorlati év teljesítését a gyakorló gimnáziumokhoz rendelte. A törvény azonban a tanárjelöltek mellett a tanárképzés intézményeit is megregulázta, ami a tanárvizsgálati szabályzat és a tanárképző intézet új szervezeti szabályzatának a minisztérium által irányított harmonizációs folyamatában, valamint a tanárképzés intézményeinek, így az Eötvös Collegiumnak a tanárképző intézet felügyelete alá helyezésében vált szembetűnővé.

A harmonizációs folyamatok során ugyanis a VKM a szakértői intézményrendszeren „kívüli térbe” helyezte át a törvény és a meglévő alsóbb rendű szabályok egyeztetését egy erre a célra felkért, tanárképzési szakértőkből álló testületre bízva az egyeztetést. A reformfolyamatot csak azután engedte lezárni, miután a tanárképző intézet új szervezeti szabályzata elkészült, és 1927-ben ehhez igazították a már jóval korábban megalkotott, de így ismételtelen felülvizsgált tanárvizsgálati szabályzatot. Az új intézményrendszer csúcán egyértelműen a tanárképző intézet állt, amely a teoretikus anyag alakításán kívül a professzionalitás és a

professzionizmus formálását is felügyelte az Eötvös Collegium és a gyakorló-gimnázium feletti tanulmányi, részben szervezeti felügyelet gyakorlásával.

A széttagolt intézményrendszer központosítása és erőteljes állami kontroll alá vonása deprofesszionizációs pályára állította a tanárképzés egészét legalább három vonatkozásban. Egyfelől tetten érhető a tanárképzés ügyeit érintő kérdésekben a szakértői elit kezdeményezőkézségének korlátozása, amely a reformfolyamat lezárulásával, az 1927 utáni időszakban vált érzékelhetővé a reformban kulcsszerepet játszó személyek tanárképző intézeti tanácsstagi és vezetői megbízásával.

Másfelől a tanárképzés eszmei alapjai a két világháború közötti időszakban megrendültek. A klasszikus ismeretanyag ugyan továbbra is fontos szerepet játszott a képzésben, azonban az ország megváltozott helyzetéhez igazodó közoktatás-politikai változások nem a klasszikus kultúra átadását célozták, meglétük elvárása inkább társadalmi szelekciós funkciót töltött be. Ez a problémakör a tanárképző intézeti tanácsulések rendszeresen visszatérő kérdése volt. Okai arra vezethetők vissza, hogy a középiskolai tanárságnak immár nem a magyarság vezető szerepét kellett megerősítenie, hanem az új országhatárokhoz igazodó társadalmi-gazdasági szerkezetváltást kellett segíteniük.

Végül a deprofesszionizáció legszembetűnőbb jele a tanári pálya megbecsültségének fokozatos hanyatlásában érhető tetten, ami az 1930-as évek közepére-végére súlyos tanárhiányhoz vezetett. A világháború és a tanárokat is érintő sorozások ezt fokozták, és oly mértékűvé tették, hogy a VKM a 94.500/1942.IV.1. (XI. 7.) rendeletével kénytelen volt feladni a professzionizmus standardizált jellegű formálását. Az egyévi kötelező gyakorlóiskolai tanítás helyett mindössze háromheti tanítást írtak elő, a gyakorlóévből fennmaradó időt pedig bármely nyilvánossági joggal rendelkező gimnáziumban el lehetett tölteni.

Bár a tanárképzés intézményei gyakran hivatkoztak 1927-et követően Eötvös Loránd szellemi hagyatékára, az intézményrendszer működése csekély azonosságot mutatott „a közműveltség ügye iránt elkötelezett báró” tanárképzésre vonatkozó gondolataival.

KONKLÚZIÓ

Eötvös Loránd a modern magyar tanárképzés fejlődésének egyik kulcsszereplője, aki 1895–1899 közötti reformjaival nyugvópontra juttatta a tanárképzési intézményrendszer 19. századi hosszú fejlődését. Új tanárképzési koncepciót hozott létre, amely a francia mintára létrejött Eötvös Collegiumban intézményesült. A meglevő intézményrendszeri hatásköri vitákat az intézményi autonómia tiszteletben tartásával tisztázta, így a következő évtizedek legfőbb kérdésévé a tanárképzés ügyében a tanárjelöltek professzionizmusának standardizálása vált.

Ennek megoldásában az 1918, 1920 utáni kurzusok kevéssé követték Eötvös gondolatait. A forradalmi rendszerek egyenesen a neohumanista alapokon nyugvó intézményi keretek felszámolását célozták. Az 1920 utáni kurzus pedig a standardizációt a tanárjelöltek ellenőrzése mellett a szakértői elitiek kontrollálására is felhasználta. A túlzott állami befolyás érvényesítése súlyosan visszaütött az 1930-as évekre, az 1940-es évek első felére, mivel a tanárképzés koncepcionális keretei, a képzés egységessége felbomlottak a súlyos társadalmi megpróbáltatások közepette. Így a történetileg kialakult tanárképzési intézményrendszer lassú deprofesszionalizációs pályára állt, amely 1949-ben végleges felbomlásához vezetett.

*

A tanulmány az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott támogatásával készült.

FORRÁSOK

- A budapesti tanárképző intézet ügyében. *Budapesti Közlöny* (Hivatalos lap), 1880, 14, 7, január 10., 205–206.
- Eötvös (1870): Eötvös József VKM-miniszter leiratának melléklete: »A pesti m. kir. tudomány-egyetem bölcsészeti karának kebelében középtanodai tanárjelöltek számára felállítandó állami tanárképezde szabályzata.« 4701/1870. In: Kiss Istvánné (szerk.) (1988): *Eötvös Józseftől Eötvös Lorándig. Dokumentumok a budapesti egyetem tanárképző intézetének és gyakorló főgimnáziumának történetéből (1870–1918)*. Budapest: ELTE Ságvári Endre Gyakorlóiskola, 11–14. ISBN 9634623271
- Eötvös (1896) – Eötvös Loránd curator felterjesztése Wlassics Gyula VKM-miniszterhez: A Báró Eötvös József Collegium felvételi eljárásrendjének ügyében. Sonderbach, 1896. augusztus 9. Mednyánszky Dénes Könyvtár és Levéltár. 50. doboz 95/3. dosszié
- Felterjesztés (1879): A m. kir. egyetem bölcsészeti karának felterjesztése a középisk. tanárképzés tárgyában. *Magyar Tanügy*, 1879, 2. In: Kármán Mór (szerk.) (1895): *A tanárképzés és az egyetemi oktatás. Paedagogiai tanulmány*. Budapest: Eggenberger-féle Könyvkereskedés, 20–49. https://misc.bibl.u-szeged.hu/39443/1/karman_tanarkepzes.pdf
- Országos Közoktatási Tanács (1875): Felterjesztés a középiskolai tanárképzés tárgyában. In: Kármán Mór (szerk.) (1895): *A tanárképzés és az egyetemi oktatás. Paedagogiai tanulmány*. Budapest: Eggenberger-féle Könyvkereskedés, 6–20. https://misc.bibl.u-szeged.hu/39443/1/karman_tanarkepzes.pdf
- Szervezeti Szabályzat (1899): A budapesti m. kir. középiskolai tanárképző-intézet Szervezeti Szabályzata: Kiadott a vallás- és közoktatásügyi miniszter 1899. évi 38640. számú, illetve 1915. évi 64.864. számú rendeletével. ELTE Egyetemi Levéltár. 15/d.13. doboz, 1. dosszié. Iratok, 1899–1948.
- Sztoeczek József (1874): 217/1874. *A képezde igazgatója felterjeszti báró Eötvös Loránd szabadságolása iránti kérelmét*. ELTE Egyetemi Levéltár 15/b, 2. iktatókönyv, 1873–1883.

- Sztoczek József (1876): Az 1876/7 tanévtől kezdve a középtanodai tanárvizsgálatot illetőleg az új szabályzat minden irányban érvénybe fogván lépni... [Az Országos Középtanodai Tanárvizsgáló Bizottság 1876/1877. tanévtől kinevezett tagjai] *Budapesti Közlöny*, 10, 104, május. 6. 2981.
- VKM (1921): *Rendelet a középiskolai tanárképzés reformjáról*. Budapest, 1921. május 14. 5725/921. V. ü. o. ELTE Egyetemi Levéltár. 14/e. 11. doboz. A Tanárvizsgáló Bizottságra vonatkozó rendeletek, szabályok, módosítások.
- Wlassics Gyula (1899): *A VKM-miniszter levele Báró Eötvös Lorándhoz, a Tanárképzőintézet igazgatójához*. Budapest, 1899. július 6. 38.640/1899. ELTE Egyetemi Levéltár. 15/d.13. doboz, 8. dosszié. Iratok, 1899–1948.

IRODALOM

- Babbie, Earl (2008): *A társadalomtudományi kutatás gyakorlata*. (ford. Kende Gábor, Szaitz Mariann) Budapest: Balassi Kiadó, ISBN 9789635067640
- Bourdoncle, Raymond – Robert, Andre (2000): Primary and Secondary School Teachers in France: Changes in Identities and Professionalization. *Journal of Education Policy*, 15, 1, 71–81. DOI: 10.1080/026809300286033
- Evetts, Julia (2003): The Sociological Analysis of Professionalism. Occupational Change in the Modern World. *International Sociology*, 18, 2, 395–415. DOI: 10.1177/02685809030180020, https://www.researchgate.net/publication/258143225_The_Sociological_Analysis_of_Professionalism_Occupational_Change_in_the_Modern_World
- Freidson, Eliot (2001): *Professionalism. The Third Logic*. Cambridge: Polity Press, ISBN 978-0745603315
- Garai Imre (2022): *A középiskolai tanári professzió intézményesülésének folyamatai. A tanárvizsgáló bizottság és a tanárképző intézet működése a pesti tudományegyetemen az 1862 és 1919 közötti időszakban*. Budapest: ELTE Eötvös József Collegium, ISBN 9786155897535, <http://real.mtak.hu/172557/1/23624.pdf>
- Hesse, Hans Albrecht (1968): *Berufe im Wandel. ein Beitrag zum Problem der Professionalisierung*. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag
- Horlacher, Rebekka (2016): *The Educated Subject and the German Concept of Bildung. A Comparative Cultural History*. New York–London: Routledge, ISBN 9781138085985
- Horn, Klaus-Peter – Kemnitz, Heidemarie (2021): Pädagogische Berufe. In: Kluchert, Gerhard – Horn, Klaus-Peter – Groppe, Carola et al. (Hrsg.): *Historische Bildungsforschung. Konzepte – Methoden – Forschungsfelder*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, ISBN 9783825254735, 353–364.
- Kéri Katalin (2001): *Bevezetés a neveléstörténeti kutatások módszertanába*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó, ISBN: 9631627802, <https://digitalia.lib.pte.hu/hu/pub/keri-katalin-bevezetes-a-nevelestorteneti-kutatasok-modszertanaba-muszaki-bp-2001-4766>
- Kiss Istvánné (1991): *Szemelvények a budapesti egyetemi tanárképző intézet gyakorlógimnáziumának jegyzőkönyveiből (1924–1944)*. Budapest: Országos Pedagógiai Könyvtár és Múzeum
- Larson, Magali Sarfatti (2013): *The Rise of Professionalism. Monopolies of Competence and Shelter Markets*. London–New York: Routledge, ISBN 9781412847773
- Mietzner, Ulrike (2021): Qualitative Methoden. In: Kluchert, Gerhard – Horn, Klaus-Peter – Groppe, Carola et al. (Hrsg.): *Historische Bildungsforschung. Konzepte – Methoden – Forschungsfelder*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, ISBN 9783825254735, 127–136.

- Németh András (2005): *A magyar pedagógia tudománytörténete. Nemzetközi tudományfejlődési és recepciós hatások, nemzeti sajátosságok*. Budapest: Gondolat Kiadó, ISBN 963956785 x
- Németh András (2012): *Magyar pedagógusképzés és szakmai tudásformák I. 1775–1945. Nemzeti fejlődési trendek, nemzetközi recepciós hatások*. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó, https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/32150/pedagoguskepzesnemeth2011_korr1_120124_JAV.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Németh András – Pukánszky Béla (2021): Herbartianism as an Eastern Central European Phenomenon and Its Reception in Hungary. *History of Education & Children's Literature*, 16, 1, 65–86. DOI: 10.1400/283086
- Nóbik Attila (2019): *A pedagógiai szaksajtó és a néptanítói szakmások a dualizmus korában*. Szeged: Szegedi Egyetemi Kiadó–Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, ISBN: 9789633066997, https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/17371/1/Nobik_Atila_A_pedagogiai_szaksajto_es_a_neptanitoi_szakmasodas_a_dualizmus_koraban_2019_beliv.pdf

Tanulmányok

OROSZ–UKRÁN HÁBORÚ: VÁLLALATI REAKCIÓK ÉS AZOK JOGI KERETEI

RUSSIA–UKRAINE WAR: CORPORATE REACTIONS AND THEIR LEGAL FRAMEWORKS

Huszák Loretta¹, Szirbik Miklós², Balogh Laura³

¹egyetemi adjunktus, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
loretta.huszak@uni-corvinus.hu

²egyetemi adjunktus, Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Budapest; Andrassy Gyula Német Nyelvű Egyetem, Budapest
miklos.szirbik@andrassyuni.hu

³egyetemi hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest
laura.balogh@stud.uni-corvinus.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány interdiszciplináris megközelítésből elemzi a 2022-ben kirobbant orosz–ukrán háborúra a nemzetközi közösség által adott gazdasági szankciók következményét. A kutatás célja a politikai szankciók és a vállalati válaszreakciók vonatkozásában a stratégiai döntési mechanizmusok modellezése. A vizsgált dimenziók a következők: 1) a döntés időzítése, 2) shareholder és stakeholder szempontok, 3) kommunikáció. A kutatás a háború kitörését követő egyéves intervallumon belül vizsgálja a gazdasági szereplők orosz piaci aktivitását, hat szektorra kiterjedő német vállalati mintán (n = 17). Vizsgálatunk alapján a cégek orosz piaci reakciónak mintázata a kivonuló, maradó és az Ukrajnát támogató opciót mutatja azzal, hogy kivonuló és maradó vállalatok is döntöttek a támogatás mellett. Eltérések vannak az időzítést, a stakeholderi kommunikációt és az iparági mintázatok követését illetően. Idősíkon elemezve kimutatható, hogy bizonyos cégek a háború kitörését követően már az EU-s szankciókat megelőzően, tehát saját stratégiai (morális) okokból döntöttek a kivonulás mellett. Más vállalatok, például autóiipari cégek, közös iparági stratégia mentén a szankciók hatására építették le az orosz gazdasági tevékenységüket. Több vállalat a *késleltetett kivonulás* mellett döntött, ezzel próbálva enyhíteni a gazdasági károkat. Kutatásunk kimutatta, hogy nem tehetünk egyenlőségjelet a kivonuló cégek és az EU-s szankciós csomagok közé. Bizonyítottan az EU-s szankciók hatására meghozott egyéves iparági mintázatot egyedül az autóiipari cégek esetében tudtunk kimutatni.

ABSTRACT

The study is an interdisciplinary analysis of the impact of the economic sanctions imposed by the international community in response to the Russia–Ukraine War that began in February 2022. The research aims to model strategic decision-making mechanisms in relation to political

sanctions and corporate responses. The dimensions examined are: 1) timing of the decision; 2) shareholder and stakeholder considerations; and 3) corporate communication of the strategy. The paper examines the Russian market activity of economic actors within a one-year interval after the outbreak of the war, using a sample of German companies (n=17) from 6 sectors. The options revealed in our analysis regarding the companies' reactions in the Russian market are those of leaving, remaining, and supporting Ukraine, but there were also companies that expressed their support for Ukraine among those that left and those that remained. There are differences in timing, stakeholder communication, and industry patterns of follow-through. An analysis over time shows that some companies decided to withdraw for their own strategic (moral) reasons after the outbreak of the war, *even before the EU sanctions*. Others, such as automotive companies, have developed a joint industry strategy *in response to the sanctions* and have reduced their activities in Russia. Several companies opted for *a delayed exit* in an attempt to mitigate the economic damage. Our research has shown that we cannot equate the withdrawal of firms with EU sanctions packages. The only evidence of a consistent industry pattern in the impact of EU sanctions was found for automotive companies.

Kulcsszavak: vállalati stratégia, nemzetközi gazdasági kapcsolatok, orosz–ukrán háború, szankciók

Keywords: corporate strategy, international economic relations, Russia–Ukraine War, sanctions

1. AZ OROSZ AGRESSZIÓ A NEMZETKÖZI JOG SZEMPONTJÁBÓL

Világszerte megingott a rendszerváltás óta stabilnak hitt európai politikai rendszer iránti bizalom, amikor 2022 februárjában Oroszország megszállta Ukrajna egyes területeit. A globális diszkurzus jól mutatja, hogy a kialakult szituáció sokak számára arról is szól, hatékonyak-e még a nemzetközi konfliktusmegelőzési intézmények.¹ A Világbank (International Monetary Fund, IMF) és például a Deutsche Bank is arra számítottak, hogy az EU szankciói nyomás alá helyezik az orosz kormányzatot, ugyanakkor a hatás mértéke és intenzitása kérdéses (US Department of State, Office of the Spokesperson, 2022; Pfister, 2022).

Ukrajna katonai megtámadása Oroszország által nemcsak a második világháború óta a nemzetközi jogban szokásjogként állandósult erőszak alkalmazására vonatkozó tilalomba, hanem az Egyesült Nemzetek (ENSZ) Alapokmányába,

¹ Szirbik Miklós a Nemzeti Közszerződési Egyetem és az Andrassy Gyula Német Nyelvű Egyetem jogász végzettségű oktató munkatársa. A Budapesti Corvinus Egyetem harminc éve nyújt német nyelvű gazdaságtudományi képzést, amelynek vezetője Huszák Loretta, Balogh Laura pedig végzős hallgatója. A szerzők és a Budapesti Corvinus Egyetem Gyakorlati Diplomácia Szakkollégiuma közötti szakmai együttműködés folyamatos (korábbi szakaszaihoz lásd: Huszák–Szirbik, 2021), jelen tanulmány ötlete is egy szakkollégiumi kurzuson született meg. A tanulmány alapját a Budapesti Corvinus Egyetem intézményi TDK-ján született dolgozat képezi.

illetve a Nemzetközi Bíróság állandó ítélkezési gyakorlatába² is ütközik. Az erőszak alkalmazásának tilalma alól ugyan léteznek jogszerű kivételek, de Oroszország ezekre a jelen esetben nehezen hivatkozhat. Ilyenek például az ENSZ Alapokmányának 42. cikke értelmében vett katonai kényszerintézkedések, amelyeket ugyanakkor a gyakorlatban eddig nem alkalmazott az ENSZ, illetve annak tagállamai. Az ENSZ Alapokmány 52. cikkében rögzített egyéni vagy kollektív önvédelem természetes jogára is próbált hivatkozni az orosz kormányzat, amikor Ukrajna „demilitarizálását és náciatlanítását”, továbbá az orosz kisebbségek védelmét helyezte érvelése középpontjába. Függetlenül attól, hogy adott esetben jogos-e a kritika az ukrán kisebbségi politikával szemben, az orosz érvelés, azon túl, hogy aránytalan intervenciót próbál legitimálni, az Alapokmány 51. cikkében foglalt önvédelem tényállásának meglétét sem támasztja alá sikeresen. Ugyanis a kelet-ukrajnai luhanszki és donyecki régiók nem minősülnek államoknak, így a támogatásukat célzó orosz beavatkozás nem jogszerű. Ezen az a tény sem változtat, hogy Oroszország 2022. február 22-én egyoldalúan önálló entitásként ismerte el ezeket a régiókat, ugyanis az úgynevezett korai vagy elsietett elismerés összeegyeztethetetlen a nemzetközi joggyakorlattal, míg a nem állami entitások támogatása fegyveres konfliktus keretében szintén sérti a nemzetközi jogot.³ Megemlítendő ebben a kontextusban a *Budapesti Memorandum*, amely keretében az USA és partnerei biztonsági garanciákat rögzítettek Ukrajna számára, melyek alapján Oroszország 2015 óta megfigyelhető szándékai Ukrajnával kapcsolatban egyértelműen megkérdőjelezik az orosz fél jóhiszeműségét (Schmahl, 2022; Hofbauer, 2023).

1.1. A nemzetközi jog keretében adott válaszok

A fentiek értelmében nincs jogi hivatkozási alapja az orosz beavatkozásnak. Ennek megfelelően a nemzetközi közösség ellenlépéseire jogalapot biztosíthat a nemzetközi jog. Az ENSZ szintjén elfogadott intézményi lépések lehetőségei ugyanakkor korlátozottak, tekintettel arra, hogy Oroszország a Biztonsági Tanács (ENSZ BT) állandó tagjaként könnyedén blokkolhatja a fontosabb határozatokat. Így például megghiúsult a 2022. február 25-én kezdeményezett határozat (UN, 2022), amely arra irányult, hogy az ENSZ Alapokmány 39., 41., valamint 42. cikkei alapján egyrészt elítéljék az orosz agressziót, és akár későbbi lépésként rendszabályokat fogadjanak el, amelyek katonai műveleteket tartalmazhattak volna, illetve a gazdasági kapcsolatok, a vasúti, tengeri, légi, postai és egyéb forgalom teljes vagy részleges felfüggesztését, valamint a diplomáciai kapcsolatok megszakítását.

² Például a testület 2022 februárjában hozott döntése: International Court of Justice: *Armed Activities on the Territory of the Congo*.

³ Lásd Case Concerning Military and Paramilitary Activities in and against Nicaragua, Merits, ICJ Reports, 1986 (Nicaragua v. USA), para. 246.

Ezzel szemben 2022. február 27-én sikeresen elfogadtak egy rendkívüli ülésre irányuló határozatot (S/RES/2623 sz. hat), amely jogi eljáráshoz már a koreai háború óta alkalmanként visszanyúlnak annak érdekében, hogy megelőzzék az ENSZ BT blokkolását valamely állandó tag részéről, hiszen ez az eljárásjogi kérdés nem vétőzhető. E rendkívüli ülésen ugyanakkor csak jogi kötőerővel nem bíró határozatok szülehetnek, amelyek politikai jelentősége ennek ellenére fajsúlyos, hiszen nyilvánossá teszik az érintett agresszor állam elszigeteltségét.

A jelen konfliktus tekintetében 2022. március 2-án nagy többséggel fogadták el az A/RES/ES-11/1 sz. határozatot, amelyben a Közgyűlés elítéli az orosz agressziót. Ezen felül 2022 márciusában további határozatokat fogadtak el, jellemzően nagy többséggel (A/HRC/RES/49/1 sz. határozat 2022. március 4-én, továbbá az A/RES/ES-11/L.2 sz. határozat 2022. március 24-én), amelyek arra irányultak, hogy Oroszország felelősségét, valamint beavatkozásának a nemzetközi joggal való összeegyeztethetlenségét állapítsák meg.

Hasonlóan egységes és elszánt a nemzetközi közösség európai, regionális szintű fellépése is. Az Európa Tanács Miniszteri Bizottsága több, egymást követő határozatában azonnali hatállyal felfüggesztette Oroszország tagságát, illetve tisztázta ennek a döntésnek a jogi és pénzügyi következményeit (CM/Res(2022)3 sz. határozat, 2022. március 23.). Ez a döntés egyebek között azzal is járt, hogy az Emberi Jogok Európai Egyezményének (EJEE) 58. cikke alapján Oroszország automatikusan megszűnt az EJEE tagjának lenni azzal, hogy a kizárást megelőzően, még 2022. március 1-jén az ukrán állam kérelme alapján az Emberi Jogok Európai Bírósága Oroszországgal szemben még hatályos, 11055/22 sz. határozatában kérte fel Oroszországot arra, hogy tartózkodjon civilek ellen irányuló katonai műveletektől.

1.2. Az EU lépései

Az Európai Tanács 2022. június 23-i ülésén az uniós vezetők szokatlanul gyors eljárást követően tagjelölti státuszt adtak Ukrajnának, amely lépés leginkább szimbolikus horderejű, tekintettel arra, hogy Ukrajna már az orosz agresszió által okozott károkat megelőző időszakban sem felelt meg a csatlakozás jogi és gazdasági feltételeinek.

Az EU csatlakozási folyamatnál közvetlenebb intézkedéscsomagnak tekinthetők azok a szankciók, amelyeket az EU az orosz agresszióra adandó válaszként fogadott el, és amely szankciósorozat már a 12. csomagnál tart (Európai Tanács, 2023). A gazdasági szankciók részeként az EU több import- és exportkorlátozást vezetett be Oroszországgal szemben, és a tiltott termékek jegyzékét azzal a szándékkal dolgozták ki, hogy az orosz gazdaságra gyakorolt negatív hatás a lehető legnagyobb legyen (Európai Tanács, 2023).

A szankciókon túl az EU tagállamai, illetve az Európai Unió Ukrajna számára támogatásokat biztosítanak a humanitárius csomagok mellett fegyverszállítmányok formájában is. Bár egyes jogi álláspontok értelmében szembe mennek a fegyveres konfliktusok esetében követelhető semlegességgel, a nemzetközi szakirodalom döntő többsége szerint az ENSZ Alapokmány 51. cikkében foglalt kollektív önvédelem joga elégséges jogalap az Ukrajnának nyújtott támogatáshoz (Schmahl, 2022). Összességében megállapítható, hogy a nemzetközi közösség jogi lépései széles körűek, és az orosz gazdaságot sújtó szankciók csak egy részét képezik az intézkedéseknek, ráadásul az USA, illetve az EU szankciós csomagjai is lépésről lépésre haladva céloztak meg bizonyos gazdasági ágazatokat. Jelen tanulmányban azokra a gazdasági ágazatokra koncentrálunk, amelyekre az EU szankciói valamilyen formában korlátozásokat vetettek ki, és ebben a körben vizsgáljuk a hivatalosan elérhető statisztikákat az érintett vállalatokkal kapcsolatban.

2. KUTATÁSMÓDSZERTAN

Több ezer nemzetközi vállalat tevékenykedik az orosz piacon. Az orosz–ukrán háború 2022. februári kitörését követően különböző reakciók voltak megfigyelhetők vállalati oldalról. Ezek rendszerezése és a legújabb információk strukturált kereshetőségének érdekében a Yale Egyetem szakértői egy napi szinten frissülő, nyilvánosan elérhető adatbázist hoztak létre (Yale CELI, n. d.). Az adatbázisban megtalálhatóak a legfrissebb vállalati bejelentések és az aktuális vállalati állapotok az orosz piacon való jelenlétet tekintve.

Kutatásunk populációját a német piacon tevékeny vállalatok jelentik. Európa egyik legnagyobb gazdaságaként Németország kellő számosságú cégnek jelent központot. A német vállalatok megfelelően dokumentáltak, adataik nyilvánosak, rendszerezettek és könnyen kereshetőek. A mintaválasztás során a cél azon iparágak felölelése volt, amelyek a mindennapi élet termékeit és eszközeit képviselik. Az ezen logika mentén kiválasztott hat iparági szektor szereplői nemzetköziesedtek, amely lehetővé tette a határon túli befolyás elemzését.

A tanulmány a fentebb említett Yale-adatbázist szekunder forrásként felhasználva elemzi a német vállalatok reakcióit, nemzetközi stratégiaalkotási irányait, nézőpont-foglalásait az orosz piacon való működésről. A kutatás számára tizenhét német vállalat bevonásával egy mintát alakítottunk ki különböző iparágak (élelmiszeripar, autóipar, gyógyszer- és vegyipar, telekommunikáció, energetikai ipar és informatikai szolgáltatói ipar) képviselőiből.

A Yale Egyetem kutatását kritika érte svájci egyetemektől: a St. Gallen-i és lausanne-i intézmények más definíciók és módszerek mentén rendszerezték a kivonuló vállalatokat, és úgy találták, hogy alacsonyabb azon cégek száma, ame-

lyek ténylegesen kivonultak az orosz piacról, mint a Yale kutatásában (Evenet–Pisani, 2023). Azonban kutatásukban szerepelnek orosz vállalatok is, ami a Yale kutatói szerint ellentmondásos.

A vállalatok döntéseinek alapja megközelíthető az érintettelmélet által. Az érintettelmélet szerint a vállalatoknak figyelembe kell venniük a tulajdonosi szempontok mellett az érintettek érdekeit is, mivel felelősséggel tartoznak a társadalomnak. A vállalat érintettjei fogalom alatt azokat a csoportokat, egyéneket értjük, akiket lényeges, tartós és kölcsönös kapcsolat fűz a vállalat működéséhez (Chikán, 2003). Ezek alapján a vállalati döntések alapja lehet az érdekelt felek (stakeholderek) jóléti optimalizációja, esetünkben a morális alapú döntések, szolidaritásvállalás Ukrajnával, továbbá a Putyin orosz elnök által generált agresszió elítélése. Azonban más, kilépést eredményező szituáció létezése is lehetséges, amely nem feltétlenül morálisan megalapozott. Az utóbbira példa a jelentős mértékű orosz kitettség, tevékenységet vagy reputációt érintő kockázatok csökkentése vagy a részvényesi (shareholder) értékek figyelembevétele (Pajuste–Toniolo, 2022).

A fentieket figyelembe véve a kutatás a következő dimenziókat vizsgálja:

1. időzítés: a döntés meghozatalának gyorsasága a háború kitöréséhez képest;
2. *shareholder* és *stakeholder* szempontok figyelembevétele, a vállalat Oroszország irányába való kitettsége és a társadalmi felelősségvállalás erőssége; továbbá
3. kommunikáció: a vállalat maradásra vagy kivonulásra irányuló döntése mögött meghúzódó valós ok és a vállalat közvélemény felé kommunikált oka.

Korai kivonulási fázisként a tanulmány a 2022. február és március hónapokat kezeli, míg minden ezután kivonuló vállalatot késleltetettnek tekint.

A vállalati döntésmintázatok vizsgálatának egyik dimenziója a cégek orosz kitettsége. Az orosz vonatkozású tevékenységet illetően meghozandó döntésnél jelentős, hogy az esetleges kivonulás mekkora hatással van a vállalat bevételeire. Lehetséges nemzetközi működési módok az orosz export, a közös vállalat, továbbá a leányvállalat létrehozatala (Czakó–Reszegi, 2010). Míg az oroszországi közvetett vagy közvetlen export alacsony orosz kitettségnek számít a tanulmány keretein belül, addig a közös vállalat vagy a kereskedelmi, esetleg gyártó leányvállalat megléte és működése a gazdasági tevékenység magas szintű orosz kitettségét feltételezi.

A kutatás 2023. március 31-ig bezárólag – tehát a háború kitörését követő egy éves intervallumon belül – vizsgálja a gazdasági szereplők orosz piaci aktivitását. A vállalatok stratégiájára vonatkozóan szekunder forrásként a cégek weboldalán elérhető információkat használtuk. A tanulmány ezeket a nem akadémiai forrásokat nem tartalmazza, de a szerzőknél a forráslista elérhető.

3. VÁLLALATI NEMZETKÖZI STRATÉGIAALKOTÁSI IRÁNYOK AZ OROSZ–UKRÁN HÁBORÚT KÖVETŐEN

A következőkben vállalatok nemzetközi stratégiai mintáit fogjuk feltérképezni, amelyek az orosz–ukrán háború hatására mutathatók ki a különböző szektorokban tevékenykedő cégek körében.

3.1. Kivonulók

Néhány megfogalmazás szerint az orosz–ukrán háború kitörését követően nem sokkal az Oroszországból kivonuló vállalatok esete kitűnő példa a vállalat társadalmi felelősségvállalására: a cég az érintettjei érdekeit helyezi a profittermelés fölé (Pajuste–Toniolo, 2022). Azonban a kivonulás időzítése kritikusan mondható a stratégiai döntés elemzésének tekintetében. A korai kivonulók esetében a döntés meghozatalakor kevesebb információ állt rendelkezésre, magasabb fokú volt a bizonytalanság (Glambosky–Peterburgsky, 2022). A késői kivonulókat vizsgálva pedig megjelenik a vállalati érintettek által generált nyomás is mint a döntést esetlegesen befolyásoló szempont. A vállalati jó hírnév elvesztésének veszélye esetén hajlamosabbak a vezetők az érintettek érdekeit figyelembe venni, amit Anete Pajuste és Anna Toniolo (2022) kutatása is megerősít. A mintánkban tizenhét vállalat közül tizenkettő kivonult. Ezt szemlélteti az 1. táblázat.

3.1.1. Morális okokból kivonulók

Tisztán morális jellegű döntésen a kutatás az orosz agresszió elítélését és az Ukrajna melletti vállalati szolidaritásvállalást érti.

A kivonulást a háború kitörését követően gyorsan bejelentő vállalatok (Aldi, Deutsche Telekom) jellemzően kis orosz kitettséggel rendelkeznek, ahogyan azt Pajuste és Toniolo (2022) kutatása is alátámasztja. Mivel nem rendelkeznek jelentős függéssel Oroszország irányába, döntéseik alapja inkább morális. Az élelmiszeriparban tevékenykedő vállalatok jellemzően nem hagyták el az orosz piacot, azonban az Aldi nem az iparági tendenciákhoz igazodott, ami szintén a morális alapú döntést támasztja alá.

3.1.2. Szankciós kötelezettségből kivonulók

Tisztán szankciós jellegű döntésnek tekinti a kutatás, ha az EU-s szankciók korlátozó hatása olyan mértékben érinti a vállalat orosz tevékenységét, hogy az pénzügyi vagy logisztikai nehézségek miatt tarthatatlanná válik.

Az EU-s szankciós csomagok hatása az autópári szektorban a legkiemelkedőbb (Link, 2023). Ezek olyan korlátozásokat jelentettek az Oroszország területén gyártó és/vagy ide exportáló szereplők számára, hogy tevékenységük gazdaságos

fenntartására nem nyílt lehetőség, hiszen a gyárak alkatrészbeszerzése ellehetetlenült. Korai kivonulóként jelennek meg a mintában szereplő Volkswagen, Daimler Truck és BMW. Mindhárom vállalat jelentős orosz kitétséggel rendelkezett, export, gyártás és közös vállalat formájában is jelen voltak az orosz piacon. Esetükben az orosz piac korai elhagyása mögött meghúzó ok kimutathatóan a szankciók általi korlátozás. Autóipari szereplőként a Continental szankciós és pénzügyi dimenziókat is figyelembe véve késleltetve vonult ki az orosz piacról, orosz gyártóüzemének eladását célozva (Link, 2023).

A vegy- és gyógyszeripari szektor német szereplői esetében a vállalatok diverzifikált tevékenységpalettájából és orosz kitétségeből kifolyólag kevésbé egységes a döntési mintázat. Késői kivonulóként, de a szankciók érintettjeként jelennek meg egyes német gyógyszer- és vegyipari óriások. A BASF és Evonik közös vállalatok formájában voltak jelen az orosz piacon, egyaránt 2022 júliusában jelentették be a kivonulást célzó terveiket. E szektor esetében fontos figyelembe venni a társadalmi tényezőket, mivel egy ország egészségügyi ellátása fölötti befolyás megszerzésére irányuló törekvésekről van szó (Göbelbecker, 2022). A kutatásba bevont német vegyi és gyógyszeripari vállalatok mezőgazdasági és egészségfenntartási divíziókkal is rendelkeznek. A globális élelmiszerkrízis megelőzésének érdekében és egészségügyi szempontokat szem előtt tartva egyes divíziókat csak részlegesen számolták fel Oroszországban. Az orosz agressziót azonban valamennyi elemzett vegy- és gyógyszeripari vállalat elítélte, és többen humanitárius segílyt ajánlottak fel Ukrajnának.

3.1.3. Pénzügyi megfontolásból kivonulók

Tisztán pénzügyi döntésnek tekinti a tanulmány azt az esetet, ha az Oroszországban folyó üzleti tevékenységek folytatása a shareholder értékeket nézve nem előnyös. Negatív befektetői megítéléstől tartva vonult ki késleltetve az orosz leányvállalattal rendelkező Uniper energetikai cég és a legnagyobb orosz gázkitermelővel együttműködő Wintershall Dea. Hasonló dimenzió mentén döntött a késői kivonulás mellett a Henkel is. Az iparági sajátosságokkal szemben a Henkelt a szankciók azonban nem befolyásolták olyan mértékben, hogy orosz üzleti tevékenysége tarthatatlanná váljon. A cég a shareholder értékeket szem előtt tartva vonult ki az orosz piacról, miután eladta huszonkét orosz leányvállalatát.

3.1.4. Külső nyomás hatására kivonulók

Külső nyomás által meghatározott nemzetközi stratégiai iránynak tekinti a tanulmány a stakeholderek nyomásgyakorlását, ami a vállalat döntését befolyásolja. Az érintettek (alkalmazottak, beszállítók, partnerek stb.) elvárásai késztették az SAP-t a kései kivonulás bejelentésére. Jelentős orosz kitétsége miatt azonban a kivonulás teljes mértékben 2023 márciusában sem ért még a végére.

1. táblázat. Az orosz piacot elhagyó vállalatok

| Iparág | Név | Orosz vonatkozás | A végső döntés alapja |
|--------------------------|------------------|--|--------------------------|
| Autóipar | Volkswagen | gyártási tevékenység és export | szankciós |
| | Daimler Truck | közös vállalat, export, gyártási tevékenység | szankciós |
| | BMW | közös vállalat, export, gyártási tevékenység | szankciós |
| | Continental | orosz gyártóüzem | pénzügyi, szankciós |
| Élelmiszeripar | Aldi | orosz gyártású termék forgalmazása | morális |
| Energetika | Uniper | orosz leányvállalat | pénzügyi |
| | Wintershall Dea | orosz területen földgáz- és kőolaj-kitermelés a Gazprommal | pénzügyi |
| Gyógyszer- és vegyi ipar | BASF | különböző közös vállalatok | szankciós |
| | Evonik | különböző közös vállalatok | szankciós |
| | Henkel | orosz leányvállalat | pénzügyi |
| Informatikai szolgáltató | SAP | információs rendszerek és felhőszolgáltatások értékesítése | külső nyomás, érintettek |
| Telekommunikáció | Deutsche Telekom | fejlesztői tevékenység | morális |

(a szerzők szerkesztése)

3.2. Akik továbbra is tevékenyek az orosz piacon

A szankciók ellenére sok külföldi cég továbbra is aktív Oroszországban. A Bayer gyógyszer- és vegyipari konszern a mintában vizsgált iparági szereplők közül egyedülként tevékeny továbbra is az orosz piacon, versenytársai (BASF,

döntési dimenzióinak összegzése

| A végső döntés indoklása | A közvélemény felé kommunikált végső döntés indokai | A végső döntés ideje |
|---|---|----------------------|
| az ellátási láncban jelentkező nehézségek, az orosz vevők nem képesek a továbbiakban nyugati autót venni | az orosz agresszió elítélése | 2022. március 3. |
| az ellátási láncban jelentkező nehézségek, az orosz vevők nem képesek a továbbiakban nyugati autót venni | az orosz agresszió elítélése | 2022. február 28. |
| az ellátási láncban jelentkező nehézségek, az orosz vevők nem képesek a továbbiakban nyugati autót venni | az orosz agresszió elítélése | 2022. március 1. |
| az orosz agresszió elítélése, az ellátási láncban jelentkező nehézségek | az orosz agresszió elítélése | 2022. július |
| szolidaritásvállalás Ukrajnával | szolidaritásvállalás Ukrajnával | 2022. március 6. |
| befektetői félelmek, ellátási nehézségek, nem profitábilis az orosz tevékenység, nyomás a közvélemény felől | – | 2023. február 17. |
| negatív befektetői értékelés, reputáció féltése | – | 2023. január |
| szankciós behatások | az orosz agresszió elítélése | 2022. július |
| szankciós behatások | – | 2022. július 31. |
| részvényesi kritika, jó hírnév féltése | az orosz agresszió elítélése | 2022. április |
| társadalmi nyomás, kritika | – | 2022. április |
| az orosz agresszió elítélése | az orosz agresszió elítélése | 2022. március 24. |

Evonik, Henkel) megszüntették orosz üzleti tevékenységüket. A Bayer morális okokra hivatkozott: jelentős felelősséget érez az orosz lakosság egészségmegőrzési és gyógyászati termékekkel való ellátása kapcsán, továbbá a globális ellátási problémák megelőzésének tekintetében látja tevékenységének jelentőségét (Göbelbecker, 2022).

A tevékenységeik fenntartása mellett határozó további gazdasági szereplők döntéseinek alapja tisztán pénzügyi. Az élelmiszeripari szereplőként orosz leányvállalattal rendelkező Storck és Metro tevékenységét korlátozatlanul folytatja az orosz piacon (Ukrainian World Congress, 2023). Tevékenységét korlátozva folytatja az orosz piacra kiemelkedő mennyiségben értékesítő Ritter Sport, döntéseiben megjelenik a moralitás, de a cég a pénzügyi dimenzió húzóereje miatt nem vonult ki. Relatív kis méretű informatikai szolgáltatóként az AnyDesk is változatlanul jelen van Oroszországban.

3.3. Ukrajna számára juttatott segély

Egy háború hatalmas méretet öltő pusztítást végez a lerohant országban. A non-profit szervezetek mellett a felelősségüket érezve a *forprofit* szereplőktől is érkeznek Ukrajna lakosait megsegíteni kívánt adományok. A vállalatok által nyújtott adomány és a nemzetközi stratégiát célzó döntésben megjelenő moralitás között összefüggést vélünk felfedezni.

A tisztán morális alapon kivonulási döntést hozó vállalatok, az Aldi és a Deutsche Telekom is segínyt nyújtott a megtámadott országnak, vagy például lehetővé tették az ingyenes telefonhívásokat.

2. táblázat. A német vállalatok stratégiai döntési dimenziói az orosz–ukrán háború vonatkozásában

| Kivonulók | Támogatók | Maradók |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| | Morális Aldi Deutsche Telekom | |
| Autóipari szereplők | Szankciós BASF, Evonik | Pénzügyi Metro, Storck |
| Henkel Uniper | Pénzügyi | Ritter Sport |
| Wintershall Dea SAP | Külső nyomás | Orosz piaccellátás AnyDesk |
| | | Bayer |

(a szerzők szerkesztése)

A Ritter Sport és a Bayer esetében egyaránt megjelenik a maradási stratégiai döntés mögött a morális szempont. A Ritter Sport minden, az orosz tevékenységéből származó bevételét felajánlja Ukrajna számára. A Bayer élelmiszerlánc fenntartását célzó, ukrán mezőgazdasági befektetése mellett 10 millió euró adományt ajánlott fel a megtámadott országnak.

3.4. A közvélemény irányába kommunikált döntési tényezők

Krízishelyzetben a nemzetközi stratégia irányának meghatározó valós tényezői és a közvélemény, stakeholderek irányába kommunikált tényezők eltérhetnek egymástól. A valós tényezők felfedésére a kutatásban került sor: egyes szankciós, pénzügyi tényezők lényegesen és tartósan befolyásolták a vállalatok orosz vonatkozású üzleti tevékenységeit, függetlenül attól, hogy a hivatalos közleményeiben mit osztott meg a vállalat. Ezt az összevetést igyekszik bemutatni a 3. táblázat a „maradó” cégek vonatkozásában.

A legtöbb kivonulást bejelentő vállalati közleményben megjelentek morális értékek akkor is, ha a nemzetközi vállalati tevékenység feltételezhetően más tényezők által vált tarthatatlanná (például a szankciók miatt az ellátási láncban jelentkező nehézségek vagy pénzügyi nehézségek). A média, a nonprofit szektor és a fogyasztók által kommunikált értékek morális alapon szerveződnek (European Parliament, 2023), így a döntést bejelentő közleménybe ezt számos vállalat igyekezett beépíteni a pozitív stakeholderi megítélés érdekében.

4. A KUTATÁS EREDMÉNYEI: AZ EU-S SZANKCIÓKRA ADOTT NÉMET VÁLLALATI REAKCIÓK AZ OROSZ–UKRÁN HÁBORÚ SORÁN, 2022–2023

Világszerte, kiváltképp Európában folyamatos társadalmi vita tárgyát képezi az a kérdés, hogy EU-s vagy más szupranacionális beavatkozások mennyire alkalmasak politikai változtatások elérésére (Huszák, 2005; Dieringer–Huszák, 2010). A 2022-ben kirobbant orosz–ukrán háború kapcsán a tanulmányunk központi kutatási kérdése, hogy az orosz–ukrán konfliktus milyen vállalati reakciókat idézett elő. Azzal kapcsolatosan, hogy a szankciók mekkora mértékben lesznek alkalmasak az orosz gazdaság gyengítésével megakadályozni a háború folytatását, parázs vita alakult ki a közvélemény körében (lásd például: Schmahl, 2022; Hofbauer, 2023), a megfogalmazott álláspontok spektruma meglehetősen széles. Jelen tanulmányban a jogi és közgazdaságtani szempontból releváns adatokra támaszkodva, objektív megközelítésben értékeljük a helyzetet.

A nemzetközi közösség reakciói a szankciók terén, illetve Oroszország elszigetelése tekintetében elszántak, ahogyan azt elemzésünk első fejezete tárgyalja. Az ENSZ lehetőségei Oroszország BT tagsága miatt is korlátozottabbak, míg Európában Oroszország komoly elszigeteléssel szembesül.

3. táblázat. A vizsgált német vállalatok döntéseinek közvélemény irányába kommunikált indokai és a kivonulás feltételezett valós alapjai

| Iparág | Név | Kivonult? | A végső döntés alapja | A kivonulás feltételezett valós oka | A közvélemény felé kommunikált végső döntés indokai |
|--------------------------|---------------|-----------|-----------------------|--|--|
| Autóipar | Volkswagen | igen | szankciós | az ellátási láncban jelentkező nehézségek, a szankciók hatása, az orosz vevők nem képesek a továbbiakban nyugati autót venni | az orosz agresszió elítélése |
| | Daimler Truck | igen | szankciós | az ellátási láncban jelentkező nehézségek, a szankciók hatása, az orosz vevők nem képesek a továbbiakban nyugati autót venni | az orosz agresszió elítélése |
| | BMW | igen | szankciós | az ellátási láncban jelentkező nehézségek, a szankciók hatása, az orosz vevők nem képesek a továbbiakban nyugati autót venni | az orosz agresszió elítélése |
| | Continental | igen | pénzügyi, szankciós | az orosz agresszió elítélése, az ellátási láncban jelentkező nehézségek | az orosz agresszió elítélése |
| Élelmiszeripar | Metro | nem | pénzügyi | a shareholderi érdekek miatt a tevékenységek változatlan folytatása | az orosz munkavállalók és orosz vásárlók fölött érzett felelősség |
| | Ritter Sport | nem | pénzügyi | a shareholderi érdekek miatt a tevékenységek korlátozott folytatása | az orosz piac kulcsfontosságú, túl nagy visszaesést eredményezne a kivonulás |
| | Storck | nem | pénzügyi | a shareholderi érdekek miatt a tevékenységek változatlan folytatása | a konkrét indoklás hiánya |
| Gyógyszer- és vegyi ipar | BASF | igen | szankciós | szankciós behatások | az orosz agresszió elítélése, szankciós behatások |
| | Henkel | igen | pénzügyi | részvényesi kritika, jó hírnév feltétele | az orosz agresszió elítélése |

(a szerzők szerkesztése)

Megjegyzés: a táblázat nem tartalmazza az energetikai szereplőket – mert azok késletetve vonultak ki – és azon vállalatokat, amelyek nem kommunikáltak az orosz–ukrán háborúról a közvélemény irányába.

Vállalati szintű kutatásunkhoz a Yale Egyetem nyilvánosan elérhető adatbázisát (Yale CELI, n. d.) használtuk, amelyben információk találhatóak a vállalatok aktuális orosz piaci tevékenységéről. A tanulmány hat iparágat felölelve állított fel egy tizenhét fős mintát, összegezve a német vállalatok reakcióit, nemzetközi stratégiaalkotási irányait az orosz piacon való működésről. A kutatás ugyan nem reprezentatív, de rendkívül informatív és aktuális.

A stakeholder-elmélet vagy érintettelmélet szerint a vállalatok döntései az érintettek jólétének optimalizálására épülhetnek (Pajuste–Toniolo, 2022). Azonban más piacelhagyási okok is lehetségesek, amelyek nem morális alapúak. Erre példa a működést vagy a hírnevet érintő kockázatok csökkentése vagy a részvényesi érdekek figyelembevétele.

Kutatásunk a vállalati reakciókat három dimenzió mentén vizsgálta: 1) időzítés: a döntés meghozatalának gyorsasága a háború kitöréséhez képest (korai kivonulás: 2022. február és március, a 2022. áprilistól kivonuló vállalat késleltetett); 2) shareholder és stakeholder szempontok; továbbá 3) kommunikáció: a vállalat döntése mögött meghúzódó valós ok és a közvélemény felé kommunikált ok.

Ahogy tanulmányunkban kimutattuk, a kialakult helyzet egyenes következményeként a gazdasági társaságok sokkal gyorsabban reagáltak, mint a politika. Adott esetben alkalmazottaik, raktárkészletük, gazdasági érdekeltségeik voltak Ukrajna háború által sújtott területein, amelyeket a krízishelyzetben azonnal biztonságba kellett helyezniük. Az orosz piaccal kapcsolatosan pedig nagyon hamar egyfajta morális indíttatásból léptek azok a vállalatok, amelyek a korai kivonulás mellett döntöttek. A nemzetközi közösség politikai szankciói csak egy későbbi fázisban írtak elő intézkedési kötelezettséget a vállalatokra vonatkozóan, de ezek a politikai szankciók hatással vannak a cégek gazdasági tevékenységére is (lásd tanulmányunk első fejezetét).

A német cégek orosz piaci reakcióinak mintázata a következő:

1. Kivonulók: A kivonuló cégek 1) morális okokból, 2) szankciós kötelezettségből, 3) pénzügyi megfontolásból vagy 4) külső (stakeholder) nyomásra távoztak az orosz piacról.
2. Maradók: A maradó cégek 1) pénzügyi vagy 2) az orosz piac ellátása iránt érzett felelősségi okok miatt hozták meg döntésüket.
3. Támogatók: A volumen és a hatás miatt ki kell térnünk azokra a vállalatokra is, amelyek az orosz piaci bevételük egészét vagy egy részét Ukrajna számára juttatták segély formájában. Az Ukrajnát támogatók között távozó és maradó cégeket egyaránt találtunk.

A kivonuló cégek esetében jellemzően cégszinten hozták meg a stratégiai döntést a vizsgált minta alapján. Például a Deutsche Telekom az EU-s szankciók megszületése előtt már az orosz piac elhagyása mellett döntött. Bizonyos kereskedelmi élelmi-szeripari szereplők (például ALDI) az orosz piacon folytatott gazdasági tevékeny-

ség feladása mellett döntöttek, míg más kereskedelmi vállalatok (például METRO) aktívak maradtak az orosz piacon. Az élelmiszeripar esetében azonban nem mutatkozott meg a későbbiekben sem egységes iparági mintázat. Ezzel szemben az energetikai vállalatok esetében közös iparági stratégia alakult ki: idővel a Uniper és a Wintershall Dea is elhagyni kényszerült az orosz piacot olyan külső tényezők által generált nyomás miatt, mint a stakeholder értékek és a negatív befektetői értékeléstől való félelem (pénzügyi alapú döntés). Adott esetben az iparági mintázatok ellenére is döntöttek német cégek a kivonulás mellett, mint például a Henkel, amely késleltetett kivonulását szintén pénzügyi okokkal indokolta.

Az EU-s szankciós csomagok hatása az autópári szektorban a legkiemelkedőbb a megvizsgált minta alapján, itt egységesebb iparági stratégia is kimutatható, hiszen a szankciós korlátozások miatt orosz vonatkozású tevékenységeik fenntartására nem nyílt lehetőség. Külön ki kell térnünk rá, hogy kutatásunk eredményeként megállapítható, a vállalatok nem mindig a stratégiájuk valós okát kommunikálták a közvélemény felé. A vegy- és gyógyszeripari szektor német szereplői esetében kevésbé egységes a mintázat, és társadalmi tényezőket is figyelembe vettek, mint az ország egészségügyi ellátása fölötti felelősség.

A tanulmány a stakeholderek által generált, a vállalati döntést befolyásoló nyomást külön stratégiai iránynak tekinti. Az érintettek (alkalmazottak, beszállítók, partnerek stb.) elvárásai készítették az informatikai szolgáltató SAP-t a kivonulás bejelentésére, kései időpontban.

Az orosz piacon továbbra is tevékeny vállalatok esetében két irányt különböztet meg a tanulmány a vizsgált minta alapján:

- Pénzügyi megfontolásból, a shareholder értékeket priorizálva döntött a legtöbb, a tanulmányban vizsgált élelmiszeripari szereplő a maradás mellett, viszonylag egységes iparági stratégiát meghatározva (Storck, Metro, Ritter Sport).
- Szociális: a Bayer vegyipari óriás az orosz piac ellátása iránt érzett felelőssége miatt nem vonult ki, szemben a versenytársaival (BASF, Evonik, Henkel).

A morális alapú stratégiai döntéshozás jellemzően *Ukrajna támogatásával* járt együtt az orosz vonatkozású üzleti tevékenység fenntartása esetén is, pl. Ritter Sport, Bayer. Nagy méretű vállalatok jelentős felelősséget érezve nyújtanak segítyt a megtámadott országnak akkor is, ha a stratégiai irány kialakítását nem elsősorban morális értékek határozták meg.

5. KONKLÚZIÓ

Kutatásunk arra az eredményre vezetett, hogy a német cégek orosz piaci reakcióinak mintázata a kivonuló, maradó és az Ukrajnát támogató opciót mutatja. A vizsgált minta alapján eltérések vannak az időzítést, a kommunikációt és az

iparági mintázatok követését illetően. Idősíkon elemezve egyértelműen kimutatható, hogy bizonyos cégek a korlátozó EU-s szankciókat megelőzően, saját stratégiai (morális) okokból döntöttek az orosz piaci tevékenységük felszámolása mellett, felvállalva a negatív gazdasági következményeket, ami összhangban van a stakeholderok által képviselt tendenciával (az orosz agresszió elítélése). Más vállalatok esetében jóval a szankciós csomagok beindulását követően, elsősorban nem a szankciókra, hanem pénzügyi tényezőkre hivatkozva számolták fel az orosz piaci gazdasági aktivitásukat. Olyan cégeket is tartalmaz a kutatási minta, amelyek a szankciók ellenére sem szüntették meg orosz piaci tevékenységüket, jellemzően shareholderi vagy felelősségérzeti okokból. Tehát kutatásunk bizonyította, hogy semmiféleképpen nem tehetünk egyenlőségelet a kivonuló cégek és az EU-s szankciós csomagok közé. Egyedül az autóiipari cégek esetében tudtunk bizonyítottan az EU-s szankciók hatására meghozott iparági döntéseket kimutatni.

A szankciók fokozatossága elvileg lehetőséget ad a cégeknek egyrészt az intézkedések alkalmazására, másrészt a folyamatos monitoringra is. Azt is látni kell, hogy egyes intézkedések gazdasági hatásai csak közép- vagy hosszú távon mutatkoznak meg, ilyen értelemben tehát a „hatásmonitoring” eleve nehezített. Ami marad a cégeknek, az a magas fokú bizonytalanság, folyamatos alkalmazkodási kényszer, soha nem látott menedzsment-kihívások (a koronavírus okozta egyébként is terhelt globális gazdasági helyzetben).

IRODALOM

- Chikán Attila (2003): *Vállalatgazdaságtan*. Budapest: AULA Kiadó, ISBN 9639478288
- Czakó Erzsébet – Reszegi László (2010): *Nemzetközi vállalatgazdaságtan*. Budapest: Alinea Kiadó, ISBN 9789639659476
- Dieringer, Jürgen – Huszák, Loretta (2010): Ungarn – Die verhinderte Dezentralisierung. In: Dieringer, Jürgen – Sturm, Roland (eds.): *Regional Governance in EU-Staaten*. Verlag Barbara Budrich, 326–344. DOI: 10.2307/j.ctvdf04pr.21, ISBN 9783866492653
- Ergocun, Gokhan (2023): *Major German Brands Still Active in Russia Despite Sanctions, Military Support for Ukraine*. AA – Anadolu Ajansı. 26. 01. 2023. <https://www.aa.com.tr/en/economy/major-german-brands-still-active-in-russia-despite-sanctions-military-support-for-ukraine/2798018>
- Európai Tanács (2023): *Időrendi áttekintés – Az Oroszországgal szemben az ukrán válság nyomán bevezetett uniós korlátozó intézkedések*. <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/sanctions/restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/history-restrictive-measures-against-russia-over-ukraine/>
- European Parliament (2023): Eurobarometer. *Public Opinion on the War in Ukraine*. <https://www.europarl.europa.eu/at-your-service/en/be-heard/eurobarometer/public-opinion-on-the-war-in-ukraine>
- Evenet, Simon – Pisani, Niccolò (2023): *Less than Nine Percent of Western Firms Have Divested from Russia*. SSRN, 13 Jan 2023. Last revised: 14 Apr 2023. DOI: 10.2139/ssrn.4322502, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4322502

- Glambosky, Mina – Peterburgsky, Stanley (2022): Corporate Activism during the 2022 Russian Invasion of Ukraine. *Economics Letters*, 217, 110650. DOI: 10.1016/j.econlet.2022.110650, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165176522002099>
- Göbelbecker, Jona (2022): *Russland als Handelspartner der deutschen Chemieindustrie*. Chemie Technik, 22. Feb. 2022. <https://www.chemietechnik.de/markt/russland-als-handelspartner-der-deutschen-chemieindustrie-727.html>
- Hofbauer, Hannes (2023): Vom US-/EU-Sanktionsregime gegen Russland zur Entwestlichung Eurasiens. In: Hofbauer Hannes – Kraft Stefan (Hrsg.): *Kriegsfolgen. Wie der Kampf um die Ukraine die Welt verändert*. Wien: Promedia Verlagsgesellschaft, 195–222. ISBN 978853719046
- Humpert, Malte (2023): *German Oil and Gas Company Faces Criticism for Slow Exit from Russia*. High North News, 27 Jan. 2023. <https://www.highnorthnews.com/en/german-oil-and-gas-company-faces-criticism-slow-exit-russia>
- Huszák Loretta (2005): *EU-induzierter politischer Wandel in den neuen Mitgliedstaaten: Von der Transformationsforschung zu den neoinstitutionellen Ansätzen*. In: Cyrus, Salimi-Asl – Wrasse, Eric – Schuch, Gereon (eds.): *Die Transformation nationaler Politik*. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik, 13–38. <http://tinyurl.com/4dzfb5n8>
- Huszák Loretta – Szirbik Miklós (2021): *Németség: A koalíciós tárgyalások intenzív szakaszban vannak*. Magyar Közgazdasági Társaság – Fejlesztésgazdaságtani Szakosztály, 2021. 10. 22. <https://fejlodegazdasagtan.hu/2021/10/22/nemetorszag-a-koalicio-s-targyalasok-intenziv-szakaszban-vannak/#more-953>
- Link, Christian Wilhelm (2023): *Continental verkauft Werk in Russland und kündigt Einsparungen bei Contitech an*. Rundblick. 08. Mrz 2023. <https://www.rundblick-niedersachsen.de/continental-verkauft-werk-in-russland-und-kuendigt-einsparungen-bei-contitech-an/>
- Pajuste, Anete – Toniolo, Anna (2022): *Corporate Response to the War in Ukraine: Stakeholder Governance or Stakeholder Pressure?* European Corporate Governance Institute – Finance Working Paper No. 839/2022. DOI: 10.2139/ssrn.4183604, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4183604
- Pfister, Sandra (2022): *Russlands Wirtschaft stabiler als gedacht*. Deutschlandfunk, 27. 12. 2022. <https://www.deutschlandfunk.de/russlands-wirtschaft-wirkung-sanktionen-100.html>
- Schmahl, Stefanie (2022): Völker- und europarechtliche Implikationen des Angriffskriegs auf die Ukraine. *Neue Juristische Wochenschrift*, 75, 14, 969–974.
- Ukrainian World Congress (2023): *Ukraine Designates Metro Cash & Carry as a War Sponsor*. Ukrainian World Congress, 1 March 2023. <https://www.ukrainianworldcongress.org/ukraine-designates-metro-cash-carry-as-a-war-sponsor/>
- UN (1994): *Memorandum on Security Assurances in Connection with Ukraine's Accession to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons*. Budapest, 5 December 1994. 2-23-22_ukraine-the_budapest_memo.pdf (harvard.edu)
- UN (2022): *Security Council Fails to Adopt Draft Resolution on Ending Ukraine Crisis, as Russian Federation Wields Veto*. Meetings Coverage and Press Releases, 25 February 2022. <https://press.un.org/en/2022/sc14808.doc.htm>
- US Department of State, Office of the Spokesperson (2022): *The Impact of Sanctions and Export Controls on the Russian Federation*. Fact sheet. 20 October 2022. <https://www.state.gov/the-impact-of-sanctions-and-export-controls-on-the-russian-federation/>
- Yale CELI. (n. d.): *Yale CELI List of Companies Leaving and Staying in Russia*. Yale School of Management. <https://www.yalerussianbusinessretreat.com>

VALLÁSI PROGNÓZIS: A 2022-ES NÉPSZÁMLÁLÁS EREDMÉNYEINEK ELŐREJELZÉSE ÉS ÉRTELMEZÉSE

RELIGIOUS PROGNOSIS: PREDICTION AND INTERPRETATION OF THE 2022 CENSUS RESULTS

Csikós Nándor¹, Máté-Tóth András²

¹PhD, tudományos segédmunkatárs, HUN-REN–SZTE „Convivence” Vallási Pluralizmus Kutatócsoport, Szeged
csntact@gmail.com

²az MTA doktora, egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem Bölcsész- és Társadalomtudományi Kar
Vallástudományi Tanszék, Szeged
kutatocsoport-vezető, HUN-REN–SZTE „Convivence” Vallási Pluralizmus Kutatócsoport, Szeged
matetoth@rel.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A rendszerváltás óta a 2022. évi népszámlálás a negyedik, amelyben van felekezeti hovatartozásra vonatkozó kérdés is. A kelet-közép-európai régióban már az 1990-es évek óta csökken a felekezetekhez tartozók száma. A felekezethez nem tartozók és a nem válaszolók aránya is folyamatosan változik a társadalomban. E három kategória alakulása lehetőséget ad a 2022-es magyarországi népszámlálás vallásra vonatkozó előrejelzésére, validálásra, illetve a változások értelmezésére. A régió négy országának (Ausztria, Csehország, Horvátország és Szlovákia) 1991–2021 közötti adatai alapján idősoros vizsgálatot végeztünk, és megbecsültük a magyarországi adatok alakulását. Összesen négy scenáriót állítottunk fel. Eredményeinket a többi ország adatai alapján validáltuk, és megállapítottuk, hogy a harmincéves nemzetközi adatokon alapuló becslések a legpontosabbak ebben a négy országban. Hazánk 2022-es népszámlálás adatai alapján a harminc- és húszéves nemzetközi adatokon alapuló becslések bizonyultak a legpontosabbnak. A négy legnagyobb hazai egyház hívőinek számát is becslük. Eredményeink alapján a Római Katolikus Egyház taglétszáma a vártnál is jobban csökkent.

ABSTRACT

The 2022 census is the fourth since the fall of communism to include a question on religious affiliation. In the East Central European region, the number of people belonging to a particular denomination has been falling since the 1990s. Both the proportion of unaffiliated respondents and the proportion of non-respondents in society have changed steadily. The evolution of these three categories provides an opportunity to predict, validate, and interpret changes in religion

in the 2022 Hungarian census. Using data from four countries in the region (Austria, the Czech Republic, Croatia, and Slovakia) for the period 1991–2021, we conducted a time series analysis and estimated the evolution of the data for Hungary. A total of four scenarios were constructed. We validated our results with data from the other countries and found that the estimates based on thirty years of international data are the most accurate in these four countries. Based on Hungary's 2022 census data, estimates based on thirty and twenty years of international data were found to be the most accurate. We also estimated the number of adherents of the four largest churches in the country. Our results show that membership in the Roman Catholic Church has declined more than expected.

Kulcsszavak: vallás, népszámlálás, előrejelzés, Kelet-Közép-Európa

Keywords: religion, population census, prediction, East Central Europe

BEVEZETÉS

Magyarországon a rendszerváltás óta az idei, 2022-es népszámlálás a negyedik országos nagy összeírás. A népszámlálás kérdései kiternek a vallási hovatartozásra. Cikkünkben az erre adott válaszokat elemezzük a hazai és a nemzetközi trendeket vizsgálva. Célunk megbecsülni a hazai felekezetekhez tartozók, a felekezetekhez nem tartozók és a nem válaszolók arányát 2022-ben, valamint ugyanazzal a módszerrel becsülni a nagyobb egyházak (római katolikus, református, evangélikus és görögkatolikus) létszámát is. Olyan országokat választottunk a kelet-közép-európai régióból, ahol a 2021/22-es népszámlálási adatok már a rendelkezésünkre álltak. Magyarországon a 2011-es népszámlálás során nem várt eredmények születtek a vallási megoszlás tekintetében, amit a legtöbben a rossz kérdésfeltevésnek tulajdonítanak.

Hasonló eredmények figyelhetők meg a többi vizsgált országban is, és a legújabb felmérés eredményei alapján ismét fordult az arány a felekezetekhez nem tartozók és a nem válaszolók között (három országban). Statisztikai módszerekkel négy különböző scenáriót állítottunk fel, amelyekben becsülni a hazai felekezetekhez tartozók, a felekezetekhez nem tartozók és a nem válaszolók arányát. A becslések pontosságának elemzésével választottuk ki a legvalószínűbb forgatókönyvet. A frissen megjelent magyarországi adatokat egészen pontosan becsültük meg. Látható, hogy nálunk nem fordult meg a trend, tovább nőtt a nem válaszolók aránya. Hazai adatok alapján a római katolikus egyház veszítette a legtöbb tagot, becsléseinket meghaladó létszámot, míg a Hit Gyülekezete tudott gyarapodni a legjobban a húszezer taggal rendelkező egyházak közül.

MINTA ÉS MÓDSZER

Népszámlálási adatok

Magyarországon a rendszerváltás után először 1992-ben történt országos szintű összeírás, majd 2001, 2011 és 2022-ben. A legutóbbi 2022 októberében kezdődött, és 2023 szeptemberében hozták nyilvánosságra a részletes adatokat, amelyek a vallási adatokat is tartalmazzák. A többi négy országban is ezekben az időpontokban történtek országos felvételezések. Horvátországban 1991-ben nem történt ilyen, mivel még Jugoszlávia része volt, Ausztriában személyiségi jogi megfontolásokból a felekezeti hovatartozást nem lehetett jelölni 2011-ben (1. táblázat). Az országok kiválasztásánál jelentős szerepe volt annak, hogy már legyen előzetes vagy részletes, friss 2021/22-es népszámlálási adat, valamint hazánkkal egy régióba tartozzon az adott ország (Kelet-Közép-Európa és keresztény többség).

1. táblázat. Népszámlálási adatok 1991 és 2021 között (Csikós Nándor szerkesztése)

| | Népszámlálás éve | | | | Felmérést végző hivatal weboldala |
|--------------|------------------|------|------|--------|---|
| | 1991/2 | 2001 | 2011 | 2021/2 | |
| Magyarország | ✓ | ✓ | ✓ | X | https://www.ksh.hu |
| Ausztria | ✓ | ✓ | X | ✓ | https://www.statistik.at/ |
| Csehország | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | https://www.czso.cz/csu/czso/home |
| Horvátország | X | ✓ | ✓ | ✓ | https://dzs.gov.hr/en |
| Szlovákia | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | https://slovak.statistics.sk/ |

Statistikai elemzés

Minden ország minden egyes évéhez kiszámoltuk a felekezetekhez tartozó, a felekezetekhez nem tartozó és a nem válaszolók/ismeretlen választ adók százalékos arányát a teljes népességhez képest. A következő képlettel számoltuk ki országonként az évek közötti változás arányát, ahol VA a két időpont közötti változás aránya, T_1 az adott időpont, míg T_0 a T_1 -nél egyvel korábbi időpontot jelöl:

$$VA = \frac{T_1 + T_0}{T_0} \times 100$$

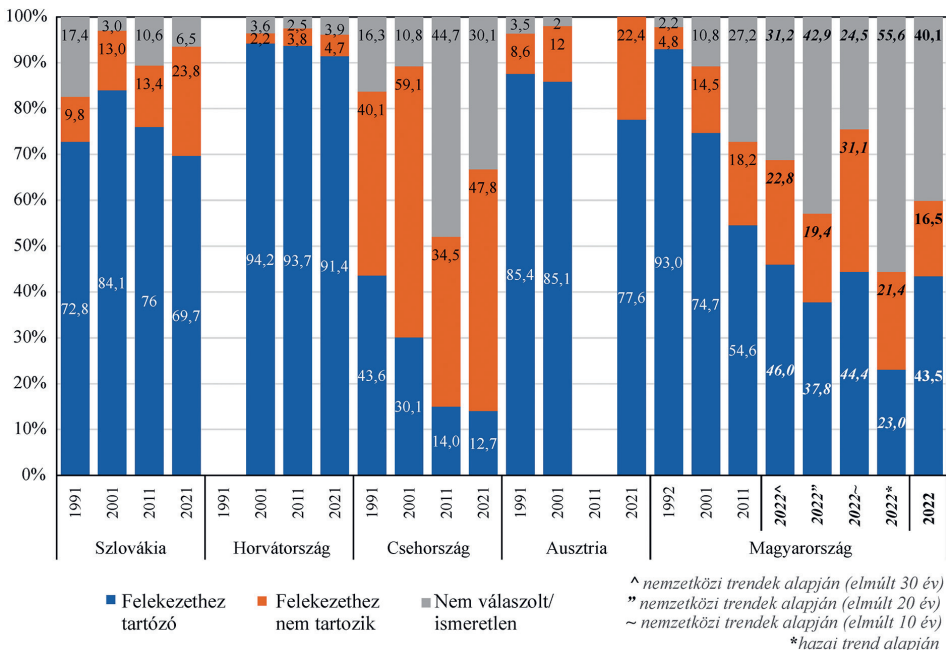
A kiszámított változások arányai alapján kategóriánként és országonként változástrendeket számoltunk, ezek alapján négy scenáriót állítottunk fel Magyarországon 2022-es népszámlálási eredményére és kizárólag a vallási kérdésre vonatkozóan. Az elsőben hosszú idősoros (1991–2021) nemzetközi trendek (négy ország) alapján becsültük a három kategória megoszlását. A második scenárióban húszéves nemzetközi adatok alapján becsültünk. A harmadikban ugyanazt a módszert alkalmazva még rövidebb időtáv (2011–2021) változásai alapján becsültünk. A negyedik verzióban a hazai trendek alapján számoltunk, az 1992, 2001 és 2011-es adatok alapján.

A különböző scenáriók eredményeit a 2022-es népszámlálás eredményein lehet validálni, amelyet 2023. szeptember végén hoztak nyilvánosságra. A többi ország adatain viszont már korábban elvégeztük a validálást, ugyanazzal a módszerrel becsültük a 2021-es külföldi népszámlálási adatokat, mint Magyarország esetén. A különböző scenáriók eredményeit összevetettük a tényleges, mért adatokkal. Eredményeink pontosságbecslésére az átlagos hibaszázalék-mutatót használtuk. A mért adatból kivontuk a becsült adatot, majd elosztottuk a mért adattal, és százal megszorozva százalékká alakítottuk:

$$\text{Hibaszázalék} = \frac{\text{valós adat} - \text{becsült adat}}{\text{valós adat}} \times 100$$

EREDMÉNYEK

A felekezethez tartozók aránya az elmúlt felmérések alapján minden országban fokozatos csökkenést mutat (vö. Inglehart, 2021; Pollack–Rosta, 2022). Számuk egyedül Szlovákiában növekedett a rendszerváltást követő években, majd itt is mérsékeltebb csökkenésbe fordult át a trend (1. ábra). A felekezethez nem



1. ábra. Felekezethez tartozók, nem tartozók és nem válaszolók vagy ismeretlen választ adók százalékos megoszlása a népszámlálások éveiben, valamint négy becsült scenárió Magyarországra vonatkozóan (Csikós Nándor szerkesztése)

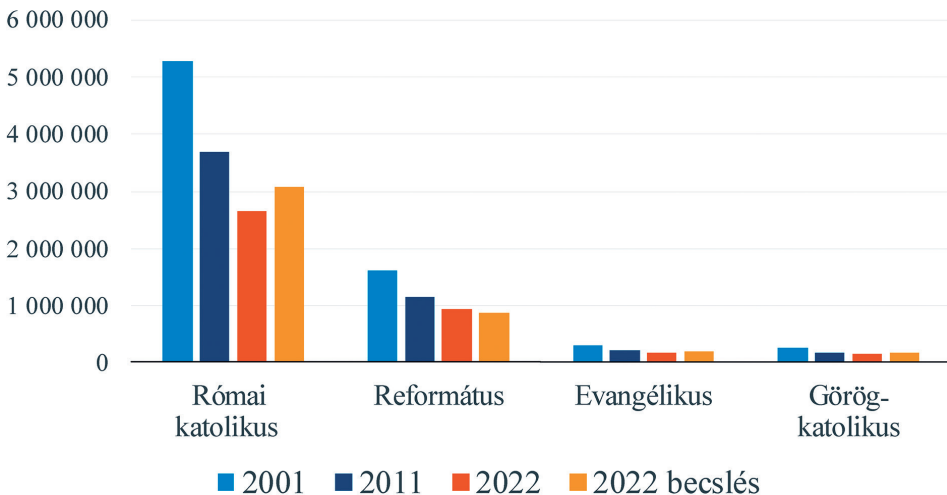
2. táblázat. Népszámlálási adatok alapján becscült értékek, mért adatok és a becscés átlagos százalékhiba (ASZH) értékei országos bontásban.
A szürke árnyalatok az alacsony hibaszázalékú becscéseket emelik ki (10% < , 20% < , 30% < , n. a. = nincs adat)
(Csikós Nándor szerkesztése)

| | 20 éves nemzeti adatok alapján | | 10 éves nemzeti adatok alapján | | 30 éves nemzetközi adatok alapján | | 20 éves nemzetközi adatok alapján | | 10 éves nemzetközi adatok alapján | | Mért adat | |
|--------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|-------|-----------|------|
| | Becsült | ASZH | Becsült | ASZH | Becsült | ASZH | Becsült | ASZH | Becsült | ASZH | | |
| Szlovákia | Felekezethez tartozó | 78,2 | 12,2 | 68,7 | -1,5 | 67,1 | -3,8 | 63,3 | -9,2 | 55,5 | -20,4 | 69,7 |
| | Felekezethez nem tartozó | 15,8 | -33,6 | 13,8 | -41,9 | 18,1 | -23,9 | 21,0 | -11,6 | 15,9 | -33,2 | 23,8 |
| Horvátország | Nincs válasz / ismeretlen | 19,6 | 202,6 | 37,5 | 477,1 | 12,5 | 92,0 | 18,5 | 184,5 | 29,6 | 356,0 | 6,5 |
| | Felekezethez tartozó | n. a. | n. a. | 93,3 | 2,0 | 83,0 | -9,3 | 78,9 | -13,7 | 65,6 | -28,2 | 91,4 |
| Csehország | Felekezethez tartozó | n. a. | n. a. | 6,5 | 38,8 | 5,0 | 6,2 | 5,5 | 16,1 | 3,6 | -22,6 | 4,7 |
| | Felekezethez nem tartozó | n. a. | n. a. | -2,2 | -158,2 | 3,8 | -2,3 | 6,0 | 55,1 | 10,5 | 172,4 | 3,9 |
| Ausztria | Felekezethez tartozó | 8,1 | -36,1 | 6,5 | -48,6 | 13,8 | 8,8 | 13,3 | 4,5 | 11,5 | -9,7 | 12,7 |
| | Felekezethez nem tartozó | 35,5 | -25,6 | 20,2 | -57,8 | 49,1 | 2,8 | 55,5 | 16,1 | 37,8 | -21,0 | 47,8 |
| Ausztria | Nincs válasz / ismeretlen | 160,8 | 434,3 | 302,4 | 904,8 | 34,9 | 15,8 | 58,3 | 93,7 | 115,7 | 284,3 | 30,1 |
| | Felekezethez tartozó | 84,8 | 9,3 | n. a. | n. a. | 75,6 | -2,6 | 71,7 | -7,6 | n. a. | n. a. | 77,6 |
| Ausztria | Felekezethez nem tartozó | 16,7 | -25,2 | n. a. | n. a. | 16,0 | -28,5 | 18,2 | -18,8 | n. a. | n. a. | 22,4 |
| | Nincs válasz / ismeretlen | 1,1 | n. a. | n. a. | n. a. | 3,0 | n. a. | 4,1 | n. a. | n. a. | n. a. | 0 |

tartozók és a nem válaszolók aránya változó, de megfigyelhető, hogy a 2011-es népszámlálásokon a nem válaszolók nagyobb arányban voltak, mint a felekezeten kívüliek. 2021-re ez felcserélődött, és minden országban nagyobb arányban választották magukat az emberek felekezeten kívülinek. Az 1991-es és újabb nemzetközi adatok alapján számolt scenárió (2022[^]) úgymond követi a magyar trendet, jól beillik a sorba. Azonban a 2022~ scenárió azt a trendet mutatja, hogy a felekezeten kívüliek lesznek nagyobb arányban a nem választottakhoz képest. A harmadik verzió (2022*) a 2011-es felméréshez képest feleannyi felekezethez tartozót becsül, és az ország háromnegyede felekezeten kívüli vagy nem válaszoló.

Több scenárióra is végeztünk becsléseket – és azok alapján validációt – mind a négy országra. A szürke árnyalatú kiemelések segítenek az eredmények leolvásásában. A legkevesebb szürke árnyalat a tízéves nemzeti adatokon alapuló becslésnél látható, tehát ez volt a leggyengébben teljesítő becslés (2. táblázat). A második legrosszabbul teljesítők a húszéves nemzeti és a tízéves nemzetközi adatokon alapuló becslések. Eredményeink azt mutatják, hogy a húsz- és harmincéves nemzetközi adatokon alapuló becslések a legpontosabbak. A harmincéves nemzetközi adatok esetén a becslések 63 százalékánál 10 százalékon belüli volt a becslés hibaszázaléka. Ebben az oszlopban egyedül a szlovák nem válaszolók mutattak 30 százaléknál magasabb hibaszázalékot.

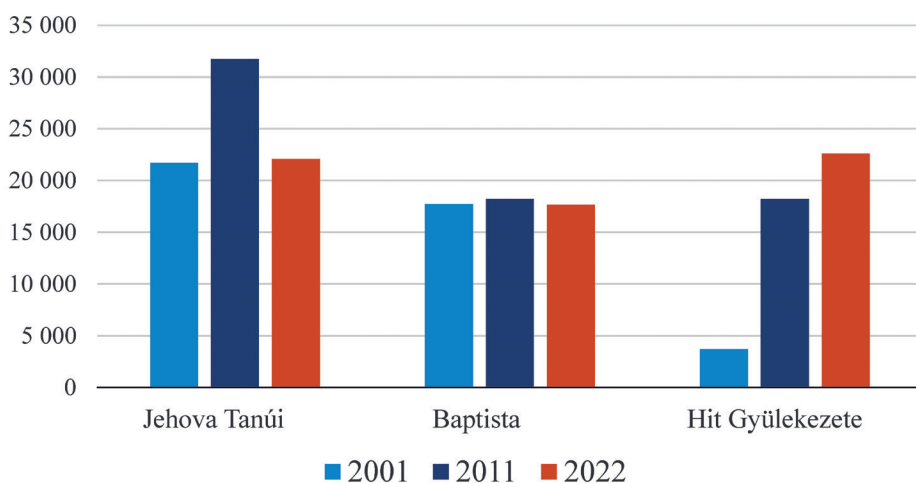
A nagyobb felekezetek változását is elemeztük, valamint ugyanazzal a módszerrel becsültük a 2022-es adatokat (2. ábra). A római katolikus egyház hívőinek száma jobban csökkent, mint ahogy az előjelzésünk mutatta a nemzetközi



2. ábra. A nagyobb vallási felekezetek megoszlása Magyarországon (2001, 2011, 2022) és az általunk becsült 2022-es adatok (Csikós Nándor szerkesztése)

adatok alapján. A református egyház pár ezer fővel több hívet tartott meg, mint amennyit becsültünk. Az evangélikus és a görögkatolikus egyházak esetén a becslések nagyon pontosak voltak, tehát az esetükben a nemzetközi trendeknek megfelelően alakult a taglétszámuk.

A kisebb, húszezer tagot számláló egyházak tagszáma ingadozó, de a Hit Gyülekezete folyamatos növekedést mutat (3. ábra).



3. ábra. Kisebb, húszezer taglétszámmal rendelkező egyházak hívőszámának változása (2001, 2011, 2022)
(Csikós Nándor szerkesztése)

KÖVETKEZTETÉSEK

A 2011-es népszámlálás meglepő eredményeket hozott hazánkban, erősen növekedett a nem válaszolók száma, és csökkent a felekezetekhez tartozók száma. Ezt itthon a rossz kérdésfeltevésnek tulajdonították (Dövényi–Németh, 2014), de a többi négy vizsgált országban is ugyanez a trend figyelhető meg. A 2021/22-es népszámlálás szintén érdekes eredményeket hozott a felekezeten kívüli és nem válaszolók/ismeretlen választ adók arányában a másik négy vizsgált országban. A felekezeten kívüliek nagyobb százalékban vannak jelen a legfrissebb felmérések alapján, ami azt jelenti, hogy a nem válaszolók állást foglaltak, és felekezeten kívülinek deklarálta magát a többség, ebből következően a felekezethez tartozók aránya minden vizsgált országban csökkent. Ezek alapján a harmadik scenárió (2022~) bekövetkezése igen valószínűnek tűnt, ami szintén a felekezethez nem tartozók arányát becsüli többre, mint a nem válaszolókét, de a friss eredmények megmutatták, hogy a nemzetközi tízéves trendekkel ellentétben hazánkban a nem

válaszolók aránya lett nagyobb (a húsz- és harmincéves nemzetközi trendeknek megfelelően). A hazai trendek alapján a harmadik scenárió (2022*) tűnt a legkevésbé valószínűnek, ilyen mértékben ugyanis sehol sem csökkent a felekezetekhez tartozók száma.

A becsléseink validációja kimutatta, hogy a hazai adatok alapján becsült értékek hibaszázaléka igen magas, tehát pontos becslésre egyáltalán nem használhatók. A nemzetközi adatok alapján becsült értékek validációja már sokkal pontosabb eredményt adott, ezek közül is a harmincéves nemzetközi adatok alapján becsült értékek mutatták a legalacsonyabb hibaértékeket (91%-a 30% alatti hibaértékek). A validáció eredményei alapján is az első és második scenárió mutatta a legpontosabb becslést a valós 2022-es eredményekhez képest. Mindkét esetben a felekezethez tartozók aránya az összlakosság felénél alacsonyabb szintre prognosztizálható (46%, illetve 44,4%). A nagyobb hazai egyházak tagságát is meglehetősen pontosan lehet becsülni a korábbi módszerrel. Egyedül a római katolikus egyház tagságát becsültük alá a nemzetközi trendek alapján, ami azt jelenti, hogy a környező országokénál nagyobb arányban csökkent a római katolikus hívők száma hazánkban.

IRODALOM

- Dövényi Zoltán – Németh Ádám (2014): A vallási diverzitás változása Magyarországon 2001 és 2011 között. *Területi Statisztika*, 54, 6, S. 550–573. <http://tinyurl.com/bdf5vk7s>
- Inglehart, Ronald F. (2021): *Religion's Sudden Decline. What's Causing It, and What Comes Next?* New York, NY: Oxford University Press, DOI: 10.1093/oso/9780197547045.001.0001, ISBN 9780197547045
- Pollack, Detlef – Rosta Gergely (2022): *Religion in der Moderne. Ein internationaler Vergleich*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. (*Religion und Moderne*, Band 1) Frankfurt: Campus Verlag, ISBN 9783593512112

HIBÁZÁS ÉS BÜNTETÉS A SZERVEZETEK BEN

ERROR AND PUNISHMENT IN ORGANIZATIONS

Juhász Tímea¹, Czeglédi Csilla², Horváth Annamária³, Tóth Arnold^{4*}

¹PhD, habil., egyetemi docens, Budapesti Gazdasági Egyetem, Budapest
juhasz.timea@uni-bge.hu

²PhD, egyetemi docens, Budapesti Gazdasági Egyetem, Budapest
czegledi.csilla@uni-bge.hu

³PhD, egyetemi docens, Budapesti Gazdasági Egyetem, Budapest
horvath.annamaria@uni-bge.hu

⁴PhD, habil., egyetemi docens, Budapesti Gazdasági Egyetem, Budapest
toth.arnold@uni-bge.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen tanulmányban a szerzők a magyarországi szervezetekben előforduló, nem tisztán jogilag azonosítható hibákat és azok következményeit elemezték a munkavállalók szemszögéből. A hibázás általános jelenség a munka világában. Fontos megvizsgálni, hogy a munkahelyen hogyan kezelik a hibázást, ugyanis azt nemcsak emberi tényezők, hanem szervezeti és situációs tényezők is befolyásolják. A kapcsolódó szakirodalom bemutatásán és feldolgozásán túl három évig tartó online kérdőíves vizsgálattal, 302 válaszadó részvételével a szerzők igyekeztek a kutatási kérdéseket feltárni. A kutatás rávilágított többek között arra is, hogy a szakmai vétségek a dolgozók szemében messze nem olyan súlyos bűnök, mint a munkahelyen előforduló, szociális kapcsolatokat érintő hibák. Továbbá, az elemzések során kimutatható volt az is, hogy a napvilágra kerülő szakmai hibázás másképpen érinti a vezetőket és a beosztottakat.

ABSTRACT

In the present study, the authors analysed the errors—which cannot be clearly identified legally—that occur in Hungarian organizations and their consequences from the employees' perspective. In the world of work, errors are a common phenomenon. It is important to examine how errors are managed in the workplace, as they are influenced not only by human factors but also by organizational and situational factors. In addition to reviewing the relevant literature, the authors conducted an online questionnaire survey over a period of three years with 302 respondents to explore the research questions. The research revealed that social misconduct occurring in the workplace is viewed as more serious by employees than errors concerning social contacts. The analysis revealed that professional errors, when brought to light, affects executives and subordinates differently.

* levelező szerző

Kulcsszavak: bűn, büntetés, hibázás

Keywords: crime, punishment, error

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hibázás már gyermekkorban megjelenik. Ebben az időszakban is fontos felhívni a figyelmet arra, hogy a tévedés nem jelenti azt, hogy az egyén önmagában rossz. Természetesen munkánk során is szembesülünk kisebb-nagyobb hibákkal, azonban fontos kérdésként merül fel, hogy hogyan kezelik a hibákat, és milyen büntetések várhatóak ezekért szervezeti szinten. A hiba egy olyan kellemetlen helyzet, amelyet nem kívánunk sem magunknak, sem másoknak. Létrejön egy olyan feltétel, amely eltér a szokásostól vagy kívánatostól.

A büntetés jellege is eltérő lehet szervezetek és egyének szerint. A vezetők azzal is tisztában vannak, hogy a büntetés egy olyan érzelmi esemény, amely messzemenő hatásokkal bír, túlmutat a megbüntetett beosztottakon, és megváltoztatja hozzáállásukat és viselkedésüket (Butterfield et al., 2023). A vállalati környezetben jellemzően olyan viselkedést büntetnek, amely sérti az irányelveket, vagy nem kielégítő munkateljesítményhez vezet (Vaden, 2004). Előfordulhat az is, hogy a vezetők félelmet keltenek a munkavállalókban, ha azok eltérő véleményen vannak, és megosztják véleményüket. Ettiene Paul Hoffman és Rommel Pilapil Sergio (2020) ezt a vezetői magatartást toxikus vezetésként határozta meg, mint a munkavállalók jólétének figyelmen kívül hagyását, valamint a munkavállalók lealacsonyítását, lekicsinylését és elkedvetlenítését célzó tevékenységeket.

A büntetés megjelenik a vezetők részéről. A menedzserek különböző irányból szembesülnek nyomással, a szervezetektől, a munkacsoportoktól, a büntetett beosztottaktól, de önmaguk is előidézhetik azt (Butterfield et al., 1996). A büntetéssel kapcsolatban sokszor felmerül az igazságosság kérdése. Egyes szerzők az igazságosság perspektíváját vitatják meg, keretrendszert dolgoznak ki a büntetés hatásainak tanulmányozására, ami egyben későbbi vizsgálatok alapja is lehet (McNally, 1988). Egy munkahelyi megtorlással foglalkozó tanulmányban a szerzők a szervezeti igazságosság és a megtorlási magatartás közötti kapcsolatot vizsgálták (Miller–Smith, 2007). Az igazságosság különböző típusaira vonatkozóan azt állapították meg, hogy az elosztó, procedurális és interakciós igazságosság és a szervezeti viselkedés között kapcsolat fedezhető fel. Az elosztó igazságszolgáltatás és a megtorlás közötti kapcsolatot csak akkor tárták fel, ha alacsony volt az interakciós és az eljárási igazságosság.

Az egyén szempontjából fontos megemlíteni a büntetéshez is kapcsolódó stressz jelenségét. A munkahelyen megjelenő feszültségek gyakran erősítik a munkahelyi stressz megjelenését is a munkavállalókban. Egyes elemzések

fókuszába került annak áttekintése, hogy milyen tényezők okoznak stresszt foglalkoztatásuk során (Juhász, 2002). Többek között ilyen lehet az elvégzendő feladat, a munkakörnyezet, a szervezeten belül betöltött szerep, de a szervezeten kívüli tényezők is. A munkahelyi frusztráció, az akár vélt vagy valós büntudat is okozhat biológiai változásokat, lelki reakciókat, kiválthatja az egyén viselkedésének megváltozását, vagy teljesítményromláshoz is vezethet. A munkahelyi stressz, különösen, ha az etikai vétségekhez kapcsolódik, káros következményekkel jár a munkavállaló, a munkáltató, továbbá a társadalom és a nemzetgazdaságok számára is. Fontos megvizsgálni azon eszközöket, amelyek rendelkezésre állnak a károk elhárításában (Berki, 2009). Léteznek jogi megoldások, de előtérbe kerülhet, hogy a kármentés helyett a prevencióra helyeződjön a hangsúly, így a munkavállalók is nagyobb biztonságban érezhetik magukat az esetleges negatív következményekkel szemben. Lényeges, hogy az alkalmazott és a munkáltató is hajlandóságot mutasson a károk megelőzésére még azok bekövetkezése előtt.

MÓDSZERTAN

A szerzők a kutatást 2020 nyarán kezdték el, és 2022 augusztusában zárták le a minta gyűjtését. A hibázás és büntetés a szervezetekben vizsgálat alapvető célja nem az volt, hogy a tisztán jogilag azonosítható bűnöket és azok következményeit elemezzék, hanem az, hogy olyan kihágásokat elemezzenek, amelyek a szervezet etikai és operatív szabályzatát már esetleg sértik, vagy szembe mennek vele. A kutatásra fordított hároméves időtartam is azt mutatja, hogy egy időben elhúzódó vizsgálatról van szó, mert olyan témát próbáltak meg a kutatók az egyes szervezeteknél feltárni, amelyről nem szívesen beszélnek a cégek dolgozói. A kutatás során a mintagyűjtés többféle módszerrel történt. Egyrészt e-mailben történő megkereséssel, itt a válaszadási hajlandóság nagyon csekély, közel 10%-os volt. A személyes felkérés során minden negyedik válaszadó volt hajlandó kitölteni a kérdőívet, valamint a közösségimédia-felületen is el lehetett érni a kérdéssort. A kutatók ez utóbbi esetben nem tudták mérni a válaszadási hajlandóságot. Céljuk olyan megkérdezettek megszólítása volt, akik a vizsgálat idején vagy korábban aktívak voltak a munkaerőpiacon, tehát volt tapasztalatuk a témával kapcsolatban.

A mintagyűjtés ideje alatt 302 megkérdezett töltötte ki a kérdőívet. A *creative research system calculator* – egy felmérési software-csomag – segítségével ellenőrizték a szerzők a mintaszámot. A lakosság száma 9 730 772 (KSH, 2021. január 1.) szerint a 95%-os konfidenciaszinten, a konfidenciaintervallum 5,46 volt. Tehát, ha a minta 53%-a ad egyforma választ, akkor „biztosak lehetünk” abban, hogy ha a kérdést a teljes érintett népességnek tettük volna fel, akkor (53 – 5,46)% és (53 + 5,46)% választotta volna ezt a választ. Bár a mintagyűjtés módszere nem

volt reprezentatív, a szerzők úgy vélik, hogy a kutatás jól áttekinthető képet ad a témához kapcsolható hazai gyakorlatról.

A kérdőív huszonhárom kérdésből állt, amelyek közül huszonkettő zárt jellegű, és egy nyitott kérdés volt. A szerzők saját kérdőívet állítottak össze, nem használtak korábbi kutatásban is fellelhető kérdéseket. Ez is az egyik oka, hogy a szerzők ezt a vizsgálatot bevezető kutatásnak szánták a későbbi, a témában készülő kutatásaikhoz. A kutatók úgy vélték, hogy a feltett kérdések jól lefedik a vizsgálati hipotéziseket. A próba kérdőívezés során három személy töltötte ki a kérdőívet, és nem merültek fel értelmezhetőségi problémák, így a szerzők változatlan formában kérdezték azt le. Valamennyi beérkezett válasz használható volt, és bekerült a mintába. A kérdőív struktúráját az *1. táblázat* foglalja össze.

1. táblázat. A kutatási kérdőív struktúrája

| Specifikus kérdések | Vétségek, hibák | Büntetések |
|--------------------------------|--|---|
| Lakóhely | Vétség típusok | Mely hibák büntetendők? |
| Legmagasabb iskolai végzettség | A hibák elismerése | Milyen eljárások vannak a szervezeteknél? |
| Beosztása | A hibák napvilágra kerülése | A hibák beismerésének módjai |
| A munkahely mérete | A titkolt és nem titkolt hibák hatása az egyénre | Büntetési módzatok |
| A szervezet tevékenysége | Az erkölcsi és nem erkölcsi hibák jellemzői | |
| A szervezet tulajdonviszonyai | | |

(a szerzők szerkesztése)

A korábban ismertetett kutatási kérdéseinket két hipotézis mentén vizsgáltuk:

Hipotézis 1: A kutatásban részt vevő válaszadók alapvetően szakmai hibákat vétenek a munkahelyükön, és véleményük szerint ezeket inkább kell büntetni, mint a munkatársi kapcsolatok során fellépő konfliktusokból eredő vétségeket.

Hipotézis 2: A vezető beosztású munkavállalók esetén a szakmai hibák napvilágra kerülése inkább magabiztosságukra és szakmaiságukra van hatással, míg a beosztottak esetében inkább a csapatban történő együttműködésre és a szakmai munkájukra hat negatívan.

A kutatás során a *2. táblázatban* található jellemzőkkel rendelkező mintával dolgoztak a kutatók: A minta elemzése egy- és többváltozós statisztikai módszerekkel történt. A kiemelés során a szerzők SPSS 28-as verziót használtak. Az elemzés módszerei: Khi-négyzet-próba, ANOVA-, korreláció-, faktor- és klaszterelemzés volt.

2. táblázat. A minta specifikációja

| Jellemzők | N |
|---------------------------------------|--|
| Nem | Férfi: 104 fő Nő: 198 fő |
| Lakóhely | Észak-Magyarország: 54 fő Észak-Alföld: 8 fő Dél-Alföld: 13 fő Közép-Magyarország: 76 fő Közép-Dunántúl: 20 fő Nyugat-Dunántúl: 12 fő Dél-Dunántúl: 8 fő Budapest: 111 fő |
| Legmagasabb iskolai végzettség | Alapfokú végzettség: 2 fő Középfokú végzettség érettségi nélkül: 4 fő Középfokú végzettség érettségivel: 216 fő Felsőfokú szakképzés: 33 fő Felsőfokú végzettség (diplomás): 47 fő |
| Beosztása a szervezetnél | Beosztott: 189 fő Alapszintű vezető: 22 fő Középszintű vezető: 15 fő Felsőszintű vezető: 21 fő Jelenleg nem dolgozik: 55 fő |
| Munkahelye mérete | Mikrovállalat: 26 fő Kisvállalat: 49 fő Középvállalat: 44 fő Nagyvállalat: 91 fő Jelenleg nem dolgozik: 80 fő Egyéni vállalkozó: 12 fő |

(a szerzők szerkesztése)

KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A vizsgálati kérdőívben a szerzők felsoroltak gyakran előforduló munkahelyi hibákat a kutatásban részt vevő válaszadóknak. A megkérdezetteknek egy ötös Likert-skálán kellett értékelniük, hogy mennyire jellemző rájuk az adott szituáció. Az egyes az egyáltalán nem jellemzőt, az ötös a teljesen jellemzőt jelentette. A szerzők a 3. táblázatban foglalták össze az adott helyzetekre adott válaszok átlagát és szórását.

3. táblázat. Munkahelyi vétségek (átlag és szórás)

| Hibák | N | | Átlag | Szórás |
|--|----------|---------|-------|--------|
| | érvényes | hiányzó | | |
| Nem tiszteli a kollégáit. | 302 | 0 | 1,17 | 0,578 |
| Szemtelen a kollégáival. | 302 | 0 | 1,29 | 0,658 |
| Felületesen végzi a munkáját. | 302 | 0 | 1,30 | 0,620 |
| Szabálytalanságokat követ el. | 302 | 0 | 1,30 | 0,677 |
| Előbb elmegy a munkahelyéről, mint ahogyan a munkaideje szól. | 302 | 0 | 1,32 | 0,742 |
| Nem tudja megoldani a feladatait. | 302 | 0 | 1,38 | 0,671 |
| Szakmai hibákat ejt. | 302 | 0 | 1,43 | 0,715 |
| Nem tudja határidőre teljesíteni a feladatot. | 302 | 0 | 1,44 | 0,730 |
| Nem nyitott az újdonságokra. | 302 | 0 | 1,44 | 0,804 |
| Elkész a munkahelyéről. | 302 | 0 | 1,62 | 0,953 |
| Nem vállal túlórákat. | 302 | 0 | 1,88 | 1,205 |

(a szerzők szerkesztése)

Az eredményeket a szerzők növekvő átlagértékek szerint mutatják be. A szórás-értékeken jól látható, hogy a minta viszonylag egyöntetű válaszokat adott, kivéve a túlórák vállalása esetén, ahol nagyobb értékű az átlagtól való eltérés. Legkevésbé a munkatársi kapcsolatok esetében jelennek meg a tiszteletlenség és a kellemetlen szituációk. A konkrét munkafolyamatokkal kapcsolatos hibák jellemzőbbek, mint a munkatársakkal kapcsolatos vétségek. A munka operatív teljesítésével és nem a szakmai megoldásával kapcsolatos nem helyes viselkedés a leginkább jellemző. Az átlagok alacsony értéke azonban azt mutatja, hogy a felsorolt szituációk viszonylag ritkán fordulnak elő a vizsgált minta esetében.

A kutatók megvizsgálták, hogy lehet-e különbséget tenni az adott mintában a nem, az iskolai végzettség és a beosztás alapján. Az elemzéshez ANOVA-vizsgálatot használtak a szerzők. Az ANOVA, azaz a függő változó normál eloszlását és a varianciahomogenitást valamennyi ilyen elemzésnél ellenőrizték a szerzők. Az F-próba robusztus, azaz egy-egy feltétel nem teljesülése nem rontja a következtetések érvényességét (Sajtos–Mitev, 2007). A szignifikáns különbségekről szóló összefoglaló adatokat a 4. táblázat mutatja be. A szerzők itt azt is jelölték, hogy azoknál a független változóknál, ahol azonosítható volt a szignifikáns eltérés, melyik csoportra a legjellemzőbb az adott változó.

4. táblázat. Különbségek a hibázás esetén nem, iskolai végzettség és beosztás szerint ($p = 0,05$)

| Hibák | Nem | Iskolai végzettség | Beosztás |
|---|---|--------------------|-----------------|
| Nem tiszteli a kollégáit. | Van különbség, a férfiakra jellemzőbb, F: 6,936 szign.: 0,009 | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Szemtelen a kollégáival. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Szabálytalanságokat követ el. | Van különbség, a férfiakra jellemzőbb, F: 7,674 szign.: 0,006 | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Előbb elmegy a munkahelyéről, mint ahogyan a munkaideje szól. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Nem tudja megoldani a feladatait. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Szakmai hibákat ejt. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Nem tudja határidőre teljesíteni a feladatot. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Elkésik a munkahelyéről. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Nem vállal túlórákat. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |

(a szerzők szerkesztése)

Látható, hogy csak a nemek esetében fordult elő a mintában azonosítható szignifikáns különbség, a beosztás és az iskolai végzettség alapján nem. A férfiakra jellemzőbb volt, hogy nem tisztelik a másikat, avagy nem szabálykövetőek. Korrelációs elemzéssel a szerzők megvizsgálták, hogy az életkor előrehaladtával van-e esetleg a vétségekben bármilyen változás vagy kapcsolat. Az elemzés azt mutatta, hogy minél fiatalabb valaki, annál inkább jellemző rá, hogy nem pontosan végzi a munkáját ($r: -0,130$), nem vállal túlórákat ($r: -0,157$), vagy szakmai hibákat ejt ($r: -0,134$).

A kutatás feltárta azt is, hogy a válaszadók szerint mely hibákat kellene büntetni és melyeket nem. E büntetések fokozatát egy ötös Likert-skálán kellett a kutatásban részt vevőknek bejelölniük. Az egyes – *az egyáltalán nem büntetném*, az ötös – *a büntetném* jelölést jelentette. A válaszok átlagát és szórását az 5. táblázat szemlélteti.

A válaszadók véleménye alapján a szociális kapcsolatokat érintő, nem helyes magatartásokat jellemzően büntetnék, legkevésbé a szabálytalanságokat tole-

rálnák. A szakmai tudással kapcsolatos hibákat többé-kevésbé tartják büntetendőnek, az akaratlagos hibákkal kapcsolatban kevésbé elnézőek, mint a nem akaratlagosak esetében. A szórásértékek igen magasak, ami azt mutatja, hogy a megkérdezetteknek nem egyöntetű a véleményük a kérdéseket illetően. A szerzők megvizsgálták, hogy van-e összefüggés a büntetések elfogadása a nem, az iskolai végzettség és a beosztás alapján. Azokban az esetekben, ahol találtak különbséget az írók, ott megjelölték, hogy mely csoport büntetné leginkább az adott szituációt.

5. táblázat. Büntetendő helyzetek (átlag, szórás)

| Büntetendő helyzetek | N | | Átlag | Szórás |
|--|----------|---------|-------|--------|
| | Érvényes | Hiányzó | | |
| Valaki nem vállal túlórákat. | 302 | 0 | 1,63 | 0,999 |
| Valaki nem tudja megoldani a feladatait. | 302 | 0 | 2,47 | 1,166 |
| Valaki elkésik a munkahelyéről. | 302 | 0 | 2,78 | 1,157 |
| Valaki nem tudja határidőre teljesíteni a feladatot. | 302 | 0 | 3,00 | 1,143 |
| Valaki szakmai hibákat ejt. | 302 | 0 | 3,08 | 1,140 |
| Valaki előbb elmegy a munkahelyéről, mint ahogyan a munkaideje szól. | 302 | 0 | 3,36 | 1,262 |
| Valaki szemtelen a kollégáival. | 302 | 0 | 3,44 | 1,279 |
| Valaki nem tiszteli a kollégáit. | 302 | 0 | 3,56 | 1,347 |
| Valaki szabálytalanságokat követ el. | 302 | 0 | 3,95 | 1,087 |

(a szerzők szerkesztése)

Véleménykülönbséget csak az iskolai végzettség alapján lehetett azonosítani, és inkább az alacsonyabb iskolai végzettségűek büntetnék a feladat megoldásának a hiányát, illetve a munkaidőnél korábbi munkahely elhagyását. Az életkor alapján a fiatalabb munkavállalók a korábbi hazamenetelt kevésbé tolerálják, mint az idősebbek ($r: -0,133$).

Összességében megállapítható, hogy szakmai hibákat viszonylag kevésbé vétenek a megkérdezett munkavállalók, és ezeknek a vétségeknek a toleranciája szélesebb, mint azokban az esetekben, ahol a munkatársi kapcsolatokat érintő hibákról van szó. A fenti eredmények tükrében a szerzők nem fogadják el az első hipotézisüket.

6. táblázat. Különbségek a büntetések megítélésében nem, iskolai végzettség és beosztás szerint ($p = 0,05$)

| Hibák | Nem | Iskolai végzettség | Beosztás |
|--|-----------------|--|-----------------|
| Nem tiszteli a kollégáit. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Szemtelen a kollégáival. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Szabálytalanságokat követ el. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Előbb elmegy a munkahelyéről, mint ahogyan a munkaideje szól. | Nincs különbség | Van különbség, F: 3,603 szign.: 0,007 Alapfokú végzettségűekre jellemzőbb | Nincs különbség |
| Nem tudja megoldani a feladatait. | Nincs különbség | Van különbség, F: 4,822 szign.: 0,000 Érettségi nélkül középfokú végzettségűekre jellemzőbb | Nincs különbség |
| Szakmai hibákat ejt. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Nem tudja határidőre teljesíteni a feladatot. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Elkésik a munkahelyéről. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |
| Nem vállal túlórákat. | Nincs különbség | Nincs különbség | Nincs különbség |

(a szerzők szerkesztése)

A második hipotézis bizonyítása érdekében a tanulmány írói a felvétel ideje alatt nem aktív munkavállalókat kivették a mintából, hogy minél realisabb képet kapjanak a kérdést illetően. A kérdőív kitöltésekor 55 válaszadó jelölte meg, hogy a vizsgálat pillanatában nem volt munkaviszonya. Továbbá a vezető pozíciókat a szerzők összevonták, így egy kétértékű változót kaptak a beosztás alapján. Azaz a vizsgálatban 189 beosztott és 58 vezető beosztású megkérdezett vett részt. Nem szabad elfelejteni, hogy a beosztottak túlreprezentáltak voltak a felmérésben. A kutatók megvizsgálták, hogy miképpen hat a válaszadókra, ha egy szakmai hiba kitudódik egy szervezetben. Egy egytől ötig terjedő skálán kellett értékelniük, hogy az adott tulajdonságot hogyan befolyásolja ez a helyzet. Az egyes a nagyon negatív, az ötös érték a nagyon pozitív reakciót jelentette. A válaszok átlagát és szórását a 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat. A szakmai hiba napvilágra kerülésének hatása az egyénre (átlag, szórás)

| Tulajdonságok | N | | Átlag | Szórás |
|--|----------|---------|-------|--------|
| | Érvényes | Hiányzó | | |
| Magabiztosságára | 247 | 0 | 2,08 | 0,832 |
| Vezetői képességeire | 247 | 0 | 2,58 | 0,924 |
| Kreativitására | 247 | 0 | 2,61 | 0,847 |
| Kritikus szemléletére | 247 | 0 | 2,63 | 1,039 |
| Cselekvőképességére | 247 | 0 | 2,70 | 1,023 |
| Felelősségtudatára | 247 | 0 | 2,79 | 1,225 |
| A csapatmunka és a közös célokért való együttműködési készségére | 247 | 0 | 2,82 | 1,038 |
| Analitikus készségére | 247 | 0 | 2,84 | 0,868 |
| Szakmai tudására | 247 | 0 | 2,89 | 1,038 |
| Problémamegoldási készségére | 247 | 0 | 2,90 | 1,052 |
| Elhivatottságára, elkötelezettségére | 247 | 0 | 2,95 | 1,040 |
| Munkafegyelmére | 247 | 0 | 3,01 | 1,095 |
| Pontosságára | 247 | 0 | 3,05 | 1,143 |

(a szerzők szerkesztése)

A szakmai hiba kitudódásának leginkább romboló hatása az egyén magabiztosságára, a vezetői képességeire, a kreativitására van, míg viszonylag semleges hatással van egy ilyen helyzet a munkavállaló pontosságára, munkafegyelmére és elhivatottságára. Látható azonban, hogy egyetlen tulajdonság esetében sem lehet átlagos pozitív hatást azonosítani. A legerősebb negatív hatások esetében a szórástértékek is alacsonynak bizonyultak.

A további elemzések céljából az adott tulajdonságokat a szerzők faktorokba tömörítették. Négy faktort hoztak létre a kutatók Varimax-rotálással. A Kaiser–Meyer–Olkin- (KMO) és Barlett-teszt eredményei: KMO: 0,938 Approx. Kihéngyzet: 2432,034 df: 78 szign.: 0,000, magyarázott varianciarány: 79,276%. A rotált komponens mátrix és a Cronbach alpha-értékeket a 8. táblázat foglalja össze a megadott faktorelnevezésekkel.

8. táblázat. Rotált komponens mátrix, faktorelnevezések, Cronbach alpha-értékkel

| Faktorok | A változók mire hatnak? | Komponens | | | |
|--------------------|--|-----------|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Szakmaiságra | Szakmai tudására | 0,862 | | | |
| | Elhivatottságára, elkötelezettségére | 0,822 | | | |
| | Pontosságára | 0,813 | | | |
| | Problémamegoldási készségére | 0,727 | | | |
| | Munkafegyelmére | 0,707 | | | |
| | Cronbach alpha | 0,928 | | | |
| Csapatjátékosságra | A csapatmunka és a közös célokért való együttműködési készségére | | 0,770 | | |
| | Cselekvőképességére | | 0,770 | | |
| | Felelősségtudatára | | 0,744 | | |
| | Vezetői képességeire | | 0,694 | | |
| | Kritikus szemléletére | | 0,602 | | |
| | Cronbach alpha | 0,901 | | | |
| Intellektualításra | Kreativitására | | | 0,744 | |
| | Analitikus készségére | | | 0,657 | |
| | Cronbach alpha | 0,770 | | | |
| Magabiztosságra | Magabiztosságára | | | | 0,922 |

(a szerzők szerkesztése)

A négy létrejött faktor a faktorsúlyok alapján a következő elnevezéseket kapta: szakmaiság, csapatjátékosság, intellektualitás és magabiztosság. Az adott faktorok segítségével K-közép eljárással a szerzők klasztereket hoztak létre, megvizsgálva azt, hogy az adott faktorok segítségével milyen homogén csoportokat lehet kialakítani a mintából. Négy klasztert alakítottak ki, melyek klaszterközpontjait a 9. táblázat mutatja.

9. táblázat. Klaszterközéppontok

| Faktorok (Mire hat a hiba?) | Klaszter | | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Szakmaiságra | 0,54860 | -0,04846 | -0,95592 | 1,06078 |
| Csapatjátékosságra | 0,95042 | 0,20560 | -0,37173 | -1,27858 |
| Intellektualitásra | 0,10289 | 0,16915 | -0,27726 | 0,10454 |
| Magabiztosságra | -0,64765 | 1,37100 | -0,35248 | -0,39052 |

(a szerzők szerkesztése)

A klaszterközéppontok szerint a következő klasztereket lehetett elkülöníteni:

1. A hiba erős hatást gyakorol az egyén csapatszellemére és szakmaiságára.
2. A hiba leginkább a magabiztosságra fejt ki hatását.
3. A hiba igazán egyik faktort sem befolyásolja lényegesen.
4. A hiba a szakmaiság és az intellektuális tulajdonságok esetében mutatkozik majd meg.

A szerzők megvizsgálták, hogy a beosztás alapján lehet-e különbséget tenni a tekintetben, hogy ki melyik klaszterben foglal helyet. A Khi-négyzet-próba nem mutatott szignifikáns összefüggést: Khi-négyzet: 3,219 df: 3 szign.: 0,359 $p > 0,05$. A vezetők közül minden harmadik a második klaszterben foglal helyet, azaz alapvetően a hiba napvilágra kerülése a magabiztosságukra hat. Ám minden ötödik magas beosztásban dolgozó egyén nem érezte, hogy ez a helyzet a felsorolt tulajdonságaira hatással lenne. A beosztottak közül minden harmadik a szakmaiságán érzi a csorbát, és minden ötödik vallotta, hogy a csapatjátékosságban érezte maga részéről a gyengülést, míg minden harmadik nem tulajdonított nagy változást a kérdésnek a tulajdonságait illetően. Összességében tehát megállapítható, hogy a megkérdezettek közül 78 fő nem érezte, hogy a napvilágra került szakmai hiba hatással lenne rá, ám a többség igen, függetlenül attól, hogy milyen beosztásban dolgozik. Ebből is látszik, hogy a vezetői magatartás a munkavállalók jólétét közvetlenül határozza meg. A szakmai hiba a vezetőket elsősorban a szakmaiság és a magabiztosság terén gyengíti, míg a beosztottakat a csapatmunka és a szakmaiság kapcsán érinti negatívan a kérdés. Ez alapján a szerzők elfogadják a második hipotézisüket.

KONKLÚZIÓ

A szakirodalom feldolgozása során körvonalazódott, hogy a jutalom- és büntetésérzékenység hatással van a teljesítményre. Kathleen McNally (1988) és Jiwon Jung és szerzőtársai (2020) kutatásai is arra figyelmeztetnek, hogy a büntetésnek és az igazságosságnak is messzemenő hatásai vannak. Kutatásunk is azt igazolta, hogy nem csak az egyén magabiztosságát érinti érzékenyen a büntetés. Izgalmas eredményhez vezetne egy jövőbeni kutatás, amely hasonlóan Jungék 2020-as munkájához, a jutalmazás hatékonyságát is szembeállítaná a büntetés hatékonyságával.

A szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy a hiba erős hatást gyakorol az egyén csapatszellemére. Pingqing Liuék 2022-es vizsgálata azt járta körül, hogy ha a hibázásból eredően munkahelyi baleset következik be, akkor a csapattagok nem fordítanak kellő figyelmet a lelki szintű biztonsági viselkedésre, ebben az esetben fontos megvizsgálni a szellemi tényező ösztönző mechanizmusát a csapat biztonsági teljesítményére.

A szerzők egy olyan kutatás néhány eredményét mutatták be, amely minden egyént érint a munkahelyen, aki akarva vagy akaratlanul kerül olyan helyzetbe, hogy hibázik, és ennek a következményeit vállalnia kell. A vizsgálatok nem a kimondottan törvénybe ütköző vétségeket tárgyalták, hanem elsősorban a szakmai hibákat és az emberi kapcsolatokra irányuló nézeteltéréseket. A kutatási eredmények azt igazolták, hogy a munkatársi kapcsolatokat ért konfliktusok gyakorisága nagyobb egy munkahelyen, mint a szakmai hibák megjelenése, és az előzőkkel szemben erőteljesebben lépnének is fel a válaszadók, mint az utóbbiakkal. Másrészt, a szakmai hibák inkább a vezetőket érintik kellemetlenebbül, elsősorban a tudásukat és a szakmai elismertségüket illetően, míg az alkalmazottaknál jellemző, hogy az emberi kapcsolatokat ért bántások a közös munkára gyakorolnak kimondottan negatív hatást. A vizsgálati eredmények tükrében a szerzők első hipotézisüket nem fogadták el, míg a másodikat igen.

A kutatást időbeli és anyagi lehetőségek korlátozták. Ezek megakadályozták a nagyobb mintaelemszámú kvantitatív kutatást, amely lehetővé tette volna egy komplexebb strukturális modell alkalmazását, tesztelését.

A jövőbeli vizsgálódások többirányúak is lehetnek, hiszen a hibázásnak fontos szerepe van a tanulásban, az egyén fejlődésében. Érdemes lesz tovább vizsgálni azt, hogy a toxikus munkakörnyezetet milyen vezetői magatartás eredményezi, és ez milyen módon hat a hibázás folyamatára. Továbbá, hogy a hibázás különböző fajtáinak milyen gyakorisága van, illetve ezeknek a hibáknak szükséges-e a büntetése.

IRODALOM

- Berki Gabriella (2009): A munkahelyi stressz munkajogi megítélése. *Acta Universitatis Szegediensis*, 9, 1–14., 3–41. https://acta.bibl.u-szeged.hu/30699/1/juridpol_doct_009_003-041.pdf
- Butterfield, Kenneth D. – Klebe, Linda T. – Ball, Gail A. (1996): Punishment from the Manager's Perspective: A Grounded Investigation and Inductive Model. *Academy of Management Journal*, 39, 6, 1479–1512. DOI: 10.5465/257066
- Butterfield, Kenneth D. – Neale, Nathan Robert – Shin, Eunjeong H. et al. (2023): Moral Repair Versus Punishment: Influences on Managerial Responses. *Organization Management Journal*, Emerald Group Publishing Limited, 20, 4, 169–180, August. DOI: 10.1108/OMJ-11-2021-1398, <http://tinyurl.com/y6nnkt9f>
- Hoffman, Ettiene Paul – Sergio, Rommel Pilapil (2020): Understanding the Effects of Toxic Leadership on Expatriates' Readiness for Innovation: An Uzbekistan Case. *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 7, 1, 26–38. DOI: 10.15549/jecar.v7i1.360, <https://www.ieeca.org/journal/index.php/JEECAR/article/view/360/265>
- Juhász Ágnes (2002): *Munkahelyi stressz, munkahelyi egészségfejlesztés*. Oktatási segédanyag. Budapest Munka- és Szervezetpszichológiai Szakképzés, <http://regivd.vd.hu/db/04/8E/juhasz-agnes-munkahelyistressz-d0000548E46b53c7321cd.pdf>
- Jung, Jiwon – Bozeman, Barry – Gaughan, Monica (2020): Fear in Bureaucracy: Comparing Public and Private Sector Workers' Expectations of Punishment. *Administration & Society*, 52, 2, 233–264. DOI: 10.1177/0095399718783647, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0095399718783647>
- KSH (2021): 22.1.1.1. *A népszerűség, népmozgalom főbb mutatói*. https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0001.html
- Liu, Pingqing – Liu, Yuanyuan – Hou, Wenyue et al. (2022): How Spiritual Leadership Affects Team Safety Performance: The Role of Team Reflexivity and Work Interdependence. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 4, 1319–1327. Online: 29 Sep. 2022. 1–9. DOI: 10.1080/10803548.2022.2120288
- McNally, Kathleen A. (1988): Compensation Management in Practice: Managing the Workplace for Maximum Productivity. *Compensation & Benefits Review*, 20, 5, 13–17. DOI: 10.1177/088636878802000502, <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/088636878802000502>
- Miller, Marcus Hay – Smith, Jennifer C. (2007): *Punishment Without Crime? Prison as a Worker-Discipline Device*. CEPR Discussion Paper No. DP6621. London: Centre for Economic Policy Research (Great Britain), https://www.researchgate.net/publication/4761261_Punishment_Without_Crime_Prison_as_a_Worker-Discipline_Device
- Sajtos László – Mitev Ariel (2007): *SPSS Kutatási és adatelemzési kézikönyv*. Budapest: Alinea Kiadó, ISBN: 9789639659087
- Vaden, Chris (2004): *Punishment: Benefits, Risks, and Alternatives in a Business Setting*. Senior Honors Theses (Liberty University, Lynchburg, Virginia, USA) <https://digitalcommons.liberty.edu/honors/193>

Könyvszemle

KARIKÓ KATALIN: ÁTTÖRÉSEK – ÉLETEM ÉS A TUDOMÁNY A tudomány mindenekfelett

Két dolog miatt is kicsit haboztam, amikor Karikó Katalin Nobel-díjas tudós önéletrajzi könyvének recenzálására kértek fel: egyrészt, nagy feladat egy ekkora tudós írásáról beszámolni, másrészt, nemcsak a szakterületem, de a tudományterületem is távol van Karikó Katalinétól. Utóbbi félelmem azonban teljesen alaptalannak bizonyult: a szerző az alapoktól kezdve elképesztő didaktikával és érthető hasonlatokkal magyarázza el szakterületének rendkívül komplex folyamatait, amellettt hogy bepillantást enged egy világhírű tudós tradicionálisnak egyáltalán nem mondható karrierjébe.

A könyv első részében Karikó Katalin nagyon didaktikusan köti össze a gyermekkori élményeit a későbbi tudományos életében szerzett tapasztalataival és az ott látott viselkedésmintákkal. A történetek során kibomlik családi háttere és szocializációja, továbbá a korabeli közegészségügyi helyzet is, különösen a járványok idején hozott intézkedések és oltási kampányok. Ezt a gyerekkort, a nem értelmiségi családi hátteret, a nehéz körülményeket a szerző később sem felejtette el: az egyetemen is „szerencésnek” érzi magát attól, hogy ott lehet, a legnagyobb tudósokkal beszélgetve sem rejti el származását, és a hatalmas siker után, a *Time 100* színpadán is megemlékezik arról, ahonnan jött. Ez a nemfelejtés nagyban befolyásolhatta azt is, hogy aktuális helyzetét és eredményeit ne másokhoz, hanem csak saját magához mérje. A kezdőpont és a Nobel-díj közti távolság szinte beláthatatlan, ami csak még csodálatra méltóbbá teszi ezt az életutat. Karikó Katalin azonban éppen munkájával bizonyítja, hogy ez az út nem csak szerencse kérdése volt.

Az írás egyértelművé teszi, hogy a szerzőnek a kutatói munka van élete fókuszában. Már gyermekkori emlékeinél felveti, hogy „a munka és szórakozás át-tűnhet egymásba”, ami jól mutatja azt, hogy a munkával töltött idő egyszerre lehet hasznos és a szenvedély tárgya, nem egyszerűen foglalkozás, hanem hivatás, amely miatt a sok energiát és nehézséget követelő napi rutin mégis kielégítővé válik, és boldoggá tesz. Az a fegyelmezettség, szorgalom, kitartás, alaposág és jó értelemben vett makacosság, ami az önéletrajzi könyv történései mögött felsejlik, példaértékű bárki számára.

A könyv legértékesebb részeit én mégis a kudarcok és zsákutcák kendőzetlen megosztásában látom. A sikeres emberek általában nem vagy csak keveset beszélnek a kudarcaikról, azokról a momentumokról az életükben, amelyekben nem voltak sikeresek. Így például azok a kutatók, akik kemény munkájuk ellenére tudományos életük egy olyan fázisában vannak, amikor nehezen találnak válaszokat, vagy azok, akiknek rengeteg energiával elért eredményeit a munkahelyük nem értékeli éppen, könnyen gondolhatják azt, hogy munkájuk felesleges vagy érdektelen. Karikó Katalin azonban éppen azt mutatja meg, hogy minden eredmény fontos: az is, ami nem támasztja alá a hipotézist, ami nem mutat semmilyen összefüggést, vagy amit mások nem tartanak fontosnak. Minden eredmény ugyanis hozzátesz a világról való tudásunk nagy egészéhez, egy újabb „kirakós darabka” a nagy képből, amelyre később bárki építhet. Az akadémiai értékelési rendszer azonban nem feltétlenül fogadja be azokat az eredményeket, amelyeknek elsősre nem egyértelmű a tudományos jelentőségük: az elvárt publikációs presztízsmutatók, mennyiségi indikátorok és pályázati pénzek ugyanis ezt preferálják – ahogy ezzel a szerző is sokszor szembesült.

Karikó Katalin eredményeiben hosszú ideig nagyon kevesen látták meg azt a lehetőséget és áttörést, amely az emberiséget egy világjárvány megfékezéséhez vezethette – és még ki tudja, mi máshoz fogja. A könyv egyik hangsúlyozott üzenete tehát éppen az, hogy meg kell változtatni azt a módot, ahogy a minőségi tudományt értékeljük. Az utóbbi időben több kisebb lépést is tapasztalhattunk ezen indikátorok felett diszponáló szervezetektől és személyektől, amelyek ebbe az irányba mutatnak: egyre több tudományos terület és folyóirat (köztük az *anno* Karikót visszautasító *Nature* is) szerkesztőségi cikkek és ajánlások formájában bátorítja a tudósokat az ún. null eredmények publikálására. Hiszen mások abból is tudnak tanulni, ha valami nem sikerült. A recenzált könyv is több példán keresztül illusztrálja azt, hogy amit korábban mások kudarcnak láttak, azon eredményekre épült további gondolkodás és kísérletezés vezetett el az áttörésig. Egyre több pályázat esetén deklaráltak támogatnak olyan kutatásokat, amelyeknek nem jósolható meg a kimenetele, és nagyobb az esély arra, hogy sikertelenek lesznek, mint arra, hogy sikeresek, azonban siker esetén hatalmas áttörést lehet velük elérni. Ezek a kezdeményezések persze nem az egész tudományos mező működését alakítják át, de azt mutatják, hogy kezdenek változni a tudományos munka minőségének értékelési szempontjai – amely újfajta látásmód és koncepció egyszer talán a kutatókat alkalmazó intézményekhez is átszivárog.

De Karikó életútja alapján mi kell ahhoz, hogy ebben, a még messze nem feltétlenül csak a kutatás minőségét értékelő rendszerben egy olyan kutató, akiből a kutatás és felfedezés iránti legőszintébb vágy árad, és akinek csak a minőség és nem a különböző mutatók számítottak, a felszínen maradjon? Egyrészt a már fent említett kitartás, akarat és fáradhatatlan munka, amelyeket nem lehet elégszer hangsúlyozni. Másrészt „drukkerek”, mind a magánéletben, mind a szakmai

közegben. Gyerekkorban egy tanár, aki hisz benne, és elhitheti velem, hogy egy Nobel-díjas tudós válaszol a kisújszállási biológia szakkör lelkes tanulóinak. Később pedig olyan kollégák, akik hisznek a munkájában és benne is annyira, hogy a saját, nem tudományos, de a tudomány mezőjében való működéshez hasznos tudásukat és navigálási képességeiket arra használják, hogy biztosítsák számámra a szükséges munkakörülményeket egy olyan tudományos világban, amely csak részben a tudományról szól. És egy olyan attitűd, amely végtelenül ritka, és hatalmas nagyvonalúságról tesz tanúbizonyságot. Selye János *Életünk és a stressz* című könyvét Karikó fiatal korában olvasta, és olyan nagy hatással volt rá, hogy tanulságai egész életében elkísérték. Ezekből adódhatott, hogy még azok iránt is hálát érez, és köszönetet mond nekik, akik el akarták lehetetleníteni; továbbá hogy bármilyen nehezek is voltak a körülmények körülötte, csak azokra a dolgokra fókuszált, amelyeken változtatni tudott.

Kiknek ajánlanám ezt a könyvet? Gyakorlatilag mindenkinek. A laikusok bepillantást nyerhetnek a tudomány legtöbb esetben rejtett működésébe, az analitikus megközelítés logikájába, közelebb kerülhetnek a legújabb technológiák működésmódjának megértéséhez, a közérthető tudományos leírások és a kutatás iránti átütő szenvedély pedig a pályakezdőknek is kedvet csinálhat a kutatói karrierhez. Az érthetőség győzelme a szavak mágiája felett különösen fontos lehet azon olvasók számára, akik hasonló családi háttérrel érdeklődnek a tudomány iránt, mint amilyenből anno maga a szerző érkezett. Emellett azonban a kutatók számára is nagyon fontos olvasmány: az írás könnyen rezonálhat a hipotézisek be nem teljesülése miatt érzett aggodalmakra, a finanszírozási modellek és a publikációs nyomás miatt fennálló feszültségekre, ezek mellett azonban a tudományos kérdések és az ismeretlen felfedezése iránti lelkesedésre is, és erőt adhat minden nap a folytatáshoz. Hiszen: „Csak folytatni kell a »csak még egy dolgot...«, egy dolgot, és még egyet, és aztán még egyet.”

(Karikó Katalin: Áttörések – életem és a tudomány. Budapest: Helikon Kiadó, 2023, 304 o., ISBN 9789636202514)

Koltai Júlia

főmunkatárs, Magyar Kutatási Hálózat, Budapest
egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem Társadalomtudományi Kar, Budapest

MOHAY TAMÁS: A CSÍKSOMLYÓI KEGYHELY ÉS BÚCSÚJÁRÁS Diktatúra, rendszerváltás, modernizáció

Mohay Tamás néprajzkutató 2023-ban megjelent könyve napjaink legjelentősebb Kárpát-medencei kegyhelyéről, Csíksomlyóról és a pünkösdi búcsújárásról nyújt sokrétű összegzést. Az Erdély keleti végein elhelyezkedő ferences búcsújáróhelyen az 1990-es évektől pünkösöd szombatján felekezeti hovatartozástól függetlenül több százezren gyűlnek össze magyarok nemcsak a Kárpát-medence, hanem a világ minden részéből, hogy megélhessék vallási és nemzeti összetartozásukat.

A kötet Mohay Tamás több mint három évtizedes kutatói munkásságának eredményeként, 2022-ben sikeresen megvédett MTA nagydoktori disszertációja alapján született meg. E könyvet a szerző számos tanulmánya és két könyve előzte meg, amelyek együttesen Csíksomlyó több évszázados történetéről adnak számot.

A most megjelent könyvből az 1949. évi búcsújárástól eltelt évtizedek: a kommunista diktatúra negyvenévi tiltásának, a rendszerváltásnak és az azt követő tíz év modernizációjának története tárul elénk, bár a kötet végén Ferenc pápa 2019. évi látogatása és a Covid-világjárvány is érintőlegesen szerepel. A szerző azt mutatja be, hogy ezekben az évtizedekben hogyan alakították át a kegyhelyet és a pünkösdi búcsújárást a külső kényszerek, történeti fordulatok.

A személyes hangvételű előszóban Mohay Tamás vall első csíksomlyói útjairól: az 1970–1980-as években személyes indítatásból, magánemberként kereste fel a kegyhelyet, majd ez a kötődése alakult át kutatói életútjának fontos színterévé. Kérdések özőnével közelít a szavak szintjén valójában megfoghatatlan búcsús élményhez. A következő fejezettől a könyv már objektív, tárgyilagos szemléletet tükröz, mely mindvégig lendületes, közérthető, olvasmányos marad nemcsak a tudományos világ, hanem a kegyhely iránt érdeklődők számára is.

Az I. részben Mohay Tamás a célokat, módszereket és forrásokat, majd a téma kutatási előzményeit ismerteti, végül a zárandoklat, a búcsú és a nemzeti kegyhely fogalmát tárgyalja. A szerző terepmunkája során eleinte a jelen folyamatainak kutatására összpontosított: 1990-től, a kommunista diktatúra bukását követő első szabad, nyilvános búcsútól kezdődően 2005-ig tíz alkalommal dokumentálta részletesen a búcsú alakulását. A néprajzi szokáskutatásnak az emlékekre alapozott korábbi módszerét meghaladva több éven keresztül újabb és újabb szempontok alapján figyelte meg a jelenben zajló pünkösdi ünnepet. Személyes jelenléte

mellett több alkalommal egyetemi hallgatóinak bevonásával a párhuzamosan zajló események mindegyikét tüzetesen dokumentálták.

A 2000-es évek elejétől Mohay Tamás figyelme kiterjedt a korábbi évszázadok történetére, különösképpen a pütkösi búcsú eredettörténetének tisztázására. Az általa feltárt források egyike 2015-ben jelent meg „*Istennek kincses tárháza...*” P. Losteiner Leonárd ferences kézírata Szűz Mária csíksomlyói kegyesobráról címmel. Ez a kegyhelynek a 19. század elejéről származó, első magyar nyelvű mirákulumos könyvét és az azt értelmező keretet tartalmazza.

A kutatás során Mohay Tamás többféle diszciplína felől közelített a témához, és azok változatos módszertani eszközeit alkalmazta. Ezáltal többek között a szociológia, szociális és kulturális antropológia, történettudomány, egyháztörténet iránt érdeklődők számára tartalmaz gazdag ismeretanyagot a könyv. A terepmunka és a résztvevőkkel, szervezőkkel készített interjúk mellett a Gyulafehérvári Érsekség Levéltárában őrzött anyagokat, a ferences rendi és a csíksomlyói *Historia Domus*okat, továbbá a sajtóanyagot is forrásul használta.

A II. rész a kegyhely 1949 előtti évszázadait mutatja be. A szerző a régmúlt búcsújárását mint a jelenben élő örökséget értelmezi: hogyan élnek a jelenleg is meglévő épületekben, tárgyakban, történetekben és szokásokban a korábbi évszázadok emlékei. Ennek a résznek az alapját a szerzőnek 2009-ben ugyancsak a L'Harmattan Kiadónál megjelent, *A csíksomlyói pütkösi búcsújárás. Történet, eredet, hagyomány* című műve adja az azóta feltárt új eredményekkel kiegészítve. Számomra a jelen kötet egyik erőssége az, hogy abban a régmúlt és közelmúlt eseményei egy folyammá sűrűsödnek össze, ezáltal nagyobb történeti távlatok válnak érthetővé azok számára is, akik kevésbé jártasak Erdély történelmében.

A III. részben az 1949–1989 közötti diktatúra, a vallás- és egyházüldözés időszaka kerül a középpontba. Először az erdélyi katolikus egyház általános helyzetéről olvashatunk, többek között Márton Áron püspök meghatározó egyéniségéről és a szerzetesrendek feloszlásáról. Ezután Csíksomlyóra irányul a figyelmünk, ahonnan 1951-ben távolították el a ferenceseket. Az 1957–1970 közötti lassú enyhülés idején P. Daczó Lukács személyében egyetlen ferences teljesíthetett itt szolgálatot. Életrajzi feljegyzése fontos forrásként szolgált Mohay Tamás számára. A könyvből részletesen elénk tárul a veszteségek hosszú sora, mint például a rendház és a templom körüli terület államosítása, de emellett a túlélés lehetőségeit is megismerhetjük.

Egy rövid kitekintés keretében az emigráns erdélyi ferencesek által kialakított „amerikai Csíksomlyó”, Youngstown 1963–1992 közötti történetéről olvashatunk. Ezután a csíksomlyói pütkösi búcsú részletes ismertetése következik, amelynek több évszázados folytonossága 1949-ben a diktatúra nyomására szakadt meg, mert abban a politikai hatalom fenyegetést látott.

Mohay Tamás a búcsújárásnak ezen időszakát az elköött végtagokhoz hasonlítja, amelyekből fokról fokra kiszorul az eleven vérkeringés. Ám a hit ereje erősebbnek bizonyult az erőszakos politikai akadályoztatásnál, és rejtett módon, csoportok helyett egyéni formában, kisebb létszámmal megmaradt a pünkösdi búcsújárás.

A IV. rész azt mutatja be, hogy az 1989. évi fordulatot követően hogyan éledt újjá a régi ünnep hagyományos rendje, és hogyan újult meg a modernizációnak megfelelően. Először a rendszerváltás hatását ismerhetjük meg a társadalom és az egyház, később a ferences szerzetesrend életében, majd a szerző részletesen felidézi az 1990-ben elsőként szabadon megtartott búcsút.

Mohay Tamás ehhez a nagyszabású nyilvános ünnephez mint egyfajta rituális drámához közelít. Ennek megfelelően külön fejezetekben tárgyalja az ünnep idejének főbb cselekményeit, térhasználatát, kitérve arra is, hogy a résztvevők számának növekedése miatt a nagymise kikerült a templomból a Kis- és Nagy-Somlyó hegyek közötti nyeregbe. Megismerhetjük a kegyhely vonzáskörének bővülését is, majd az egyházi és világi vezetők, szervezők bemutatása következik. A szerző részletesen ismerteti a hagyományos vonzáskör régi búcsújáró csoportjainak zarándoklatait, kezdve a közelebbi csíki településektől Gyimesen keresztül Moldváig és Bukarestig. A záró fejezetben pedig egyéni visszaemlékezések tanúskodnak a szenttel való találkozásról.

Az V. részben a modernizálódás kerül a középpontba. A szerző először a zarándok- és turistaszerepek, illetve azok keveredésének szemszögéből közelíti meg ezt a témát. Magyarországi és szlovákiai magyar csoportok példáin keresztül érzékelteti, hogy mennyiben változott meg az 1990-es években a búcsújárás mind külső szerkezetét, mind a résztvevők motivációit tekintve. Ezt követően a búcsúvásár tárgykészletéből, a hazavitt emléktárgyakból kapunk ízelítőt, amelyek fontos lenyomatai egy-egy korszaknak. *A nyilvánosság látószögei* című fejezetben Mohay Tamás azt vizsgálja meg, hogy a búcsú hogyan vált médiaeseményé, milyen képet közvetít róla az írott sajtó, a televízió és az internet, és ez hogyan hat vissza az ünnepre, hogyan formálja azt.

Végezetül, a kegyhely nemzeti arculatának kialakulása és a magyarság jelképeinek használata következik. A búcsú több százezer résztvevőjére Mohay Tamás az élményközösség kifejezést használja, hiszen a különféle személyes motivációktól, vallási hovatartozástól függetlenül a résztvevők a nemzeti összetartozás élményében osztoznak.

Az összegzést a tudományos apparátus követi. A hivatkozásokon belül a szakirodalom és kéziratok után külön szerepelnek a sajtóban megjelent írások, a mozgóképek, a diákok kéziratai és a megszólalók adatai. A mellékletek főleg eddig nem publikált forrásszövegeket tartalmaznak. A kötetet a személynevek és földrajzi nevek mutatója zárja, amely nagy segítséget jelent a fejezetek közötti átjárhatóságban.

Végezetül fontos kiemelni, hogy a könyv gazdag tartalmát 267 darab fénykép teszi szemléletesebbé, melyek jelentős része a szerző saját felvétele. E képek által azok is bepillantást nyerhetnek a búcsú folyamába, akiknek nem vagy régebben nyílt alkalmuk azt személyesen megélni.

(Mohay Tamás: A csíksomlyói kegyhely és búcsújárás. Diktatúra, rendszerváltás, modernizáció. Budapest: L'Harmattan Kiadó, 2023, 619 o. ISBN 9789634149873)

Vass Erika

néprajzkutató, Néprajzi Múzeum Egyházi gyűjtemény, Budapest

NAGY ÁDÁM (SZERKESZTŐ): A TÉRIDŐN IS TÚL

A tudománykommunikáció az akadémiai világ mostohagyereke. Akadémiai teljesítményként nem igazán számolható el, de ha valóban jól akarjuk csinálni, akkor nagyon is munka- és erőforrás-igényes feladat. A Tóth Csaba (*A sci-fi politológiája*, 2016) által útnak indított és a Nagy Ádám köré szerveződő szerzői-szerkesztői csapat által lelkesen továbbvitt könyvsorozat kiváló példa arra, hogyan hasznosulhat a befektetett munka és erőforrás. Az alapötlet egyszerű és zseniális: helyezzük el és értelmezzük a társadalomtudományok és a természet-tudományok egyes kérdéseit különböző fantáziavilágokban, érthetően, de nem felületesen. Igényes, valódi tudást közvetítő és szórakoztató szövegek jelentek meg eddig hét kötetben, több mint hetven szerzőtől, a politikatudománytól a jogtudományon, a pszichológián, a családszociológián át a kvantumfizikáig terjedő tudományterületeken. *Star Wars*, *Marvel*, *Dűne*, *Harry Potter*, *Trónok harca* és rengeteg további fantáziavilág adja az egyes tanulmányok háttérét. A korábbi és a jelenlegi kötetek tanulmányai nem szépirodalmi, popkulturális történetek, hanem tudományos művek, amelyek azért születtek, hogy a tudományt közelebb vigyék mindazokhoz, akik az adott témának nem szakértői.

A Nagy Ádám szerkesztésében 2022-ben megjelent *A téridőn túl* című kötet tizenegy tanulmányt tartalmaz. Egyes tanulmányok teljes egészében a fantáziavilágokba integrálják a vizsgált tudományos problémát (például Joker személyiségzavarai vagy Chewbacca nyelvi készségei), más tanulmányok lazább illusztrációként használják a választott univerzumot.

A függőségeket, azok típusait, okait, motivációit magyarázza el Kapitány-Fövény Máté *A Gyűrűk ura*, a *Dűne* és a *Harry Potter* világán keresztül. Lente Gábor a *Dűne* világának fűszerét helyezi el a Földön létező kábítószerek között, bemutatva a kábítószer típusait, hatásmechanizmusait, a kábítószer-függőség különböző formáit, valamint a politikai-jogi megítélésüket is. A találó iróniával megjósolt politikai reakciók között például „az Európai Unió ajánlása további tudományos kutatásokat tart indokoltnak”, „Oroszországban mereven tiltanak a kereskedelmét egészen addig, amíg egy oligarchának sikerülne Szibériában meghonosítania a homokférget”, Magyarországon pedig az ellenzék „az »ingyen-melanzs – örök élet« szlogen köré szervezné az egészségügy megújítását célzó kampányát” (87–88.). A kötet nyitótanulmányában Gyarmathy Éva nem a függőségekről ír, de Jokernek, a Batman-történetek főgonoszának pszichiátriai diagnózisa a függőségek kialakulásának motivációit is jól felvezeti.

Joker személyiségzavarainak elemzése arra is rámutat, hogy a képregények és a szuperhős-filmek időnként meglepően komplex problémákat mutatnak meg a közönségnek.

Egymáshoz lazán kapcsolódik Meleg Sándor és Rónay Zoltán tanulmánya. Meleg Sándor négy sorozaton keresztül mutatja a család fogalmának és funkcióinak lehetséges értelmezéseit. A *Trónok harca* az egymással versengő uralkodóházak családjait mint a társadalmi státusz megőrzésének biztosítékait mutatja be. A *Caprica* című sorozatban a sokszínű családok mindenekelőtt érzelmi közösségek. A *Lucifer* című sorozat isteni családja ezzel szemben éppen az érzelmek kifejezésére való képtelenségen alapuló diszfunkcionális család. A *Lost in Space* rendkívüli helyzetbe került családja elsősorban a fizikai túlélést segítő funkciót tölt be. Rónay Zoltán a gyermekjogok kérdéskörét vizsgálja a *Mandalorian* című sorozat alapján, amely a Star Wars univerzumban játszódik, és kiinduló konfliktusa egy gyerekablás. A történet különböző fázisai köré építve a tanulmány sorra veszi a gyermekjogokat, és bemutatja azok mélyebb tartalmát.

A kötet többi tanulmánya más-más tudományterületet érint. Dancs Katinka a *Ready Player One* című könyv és film virtuális világát használja fel arra, hogy bemutassa a gamifikáció fogalmát, pedagógiai funkcióit és gyakorlati megvalósíthatóságát. Vass Dorottea a Star Wars univerzum egyik népszerű szereplője, a vuki fajhoz tartozó Chewbacca nyelvi kommunikációját elemzi, abból a célból, hogy megmutassa, ez a nyelvi kommunikáció megfelel-e a beszéd fogalmának, és Chewbacca rendelkezik-e a beszédhez szükséges minden képességgel és adottsággal. A diagnózis egyértelműen optimista: „az sem kizárt, hogy [Chewbacca] vett már részt vuki kommunikációs tréningen” (190.).

Kádas István a történelem megismerhetőségének és politikai célú meghamisításának kérdéseit vizsgálja, ismét a Star Wars világában. Miért pusztítja el Palpatine császár a történelmi archívumokat, és hogyan próbálja meg megfejteni a jedik múltját az idős Luke Skywalker? A Star Wars világa a digitális információk sérülékenységét is jól illusztrálja. Nem az idő, hanem a tér bizonytalansága a témája Pirisi Gábor írásának, amely Középfölde társadalomföldrajzi adottságait próbálja feltárni *A Gyűrűk ura* története alapján. A tanulmányból kiderül, hogy Középföldén nincsenek igazán nagy városok, és „a Tolkien ábrázolta világ társadalomföldrajzi szempontból legalább egy nagy hibával terhelt: túlságosan ritkán benépesült, túl sok benne a régi rom, ősi mítosz, letűnt idők nagysága, túl kevés az ember, kevesen vannak más fajok képviselői is, és ezáltal nagyon kevés a település” (235–236.).

Béres Attila János és Nagy Ádám az Indiana Jones-történetet használják fel egy vallástörténeti és vallásrendszertani összefoglaló megírásához. Megtudjuk, hogy Indiana Jonest „jellemzően az egyistenhitek vonzzák”, és a korábbi történetek alapján a szerzők azt jósolják, „a készülő ötödik Indiana Jones-film a muszlim valláshoz talál majd esetleg utat” (278.). Ma már tudjuk, hogy a film készítői még-

is inkább az ókori többistenhithöz fordultak. Török Zoltán gazdasági alapfogalmakat mutat be a Harry Potter-univerzum történeteire építve, a munkamegosztás gazdasági jelentőségétől a határhaszon fogalmán át a bankrendszer szerepéig és az infláció fogalmáig. A szerző a bölcsek kövében a pénzromlás veszélyét látja, amelynek „megsemmisítése – és a pénzmenyiség jelentős megemelkedésének megakadályozása – közgazdaságtanilag mindenképp bölcs döntés volt” (299).

Orosz László és Nagy Ádám a Harry Potter-történeteket arra használják fel, hogy a kvantumfizika néhány alapfogalmát érthetővé tegyék. A Szükség Szobájáról megtudjuk, hogy „speciális roxfordi pályán alakít ki állóhullámot”, Hisztis Mirtill egy kvantumszellem, Félig Fej Nélküli Nick az alagúteffektus alapján tud áthatolni a falakon, és Göthe Salamander a kvantumhatározatlanság miatt nem tudta kimenekíteni az első világháború keleti frontjáról az ukrán vashasú sárkányokat. A kötet záró tanulmánya a Star Trek-filmek és sorozatok alapján vizsgálja a tudományos fejlődésnek a társadalmi átalakulásokra gyakorolt hatását. A Star Trek világa egy olyan optimista vízió, amelyben a technikai fejlődés hatékonyan segíti a társadalom előrehaladását. Az orvostudomány fejlődése, a világűrből érkező fenyegetések elhárítása, új bolygók benépesítése – minden technikai vívmány az emberiség és más fajok növekvő jólétéhez vezet. A tanulmány azonban azzal a dilemmával zárul, hogy a valóságban van-e garancia arra, hogy a technikai fejlődés megfelelő morális keretek között megy-e végbe. A szerző konklúziója természetesen az, hogy „a tudomány nem biztosít morális iránytűt”, „a mérce megtalálása a mi feladatunk” (352.).

Vállalt küldetését a kötet hibátlanul teljesíti: világosan és szórakoztatóan mesél tudományos problémákról, hogy értsék még a téridőn túl is. Mint az egyik korábbi kötet szerzője, személyes tapasztalatból azt állítom, hogy kevés munka okoz ekkora örömet a szerzőnek. A számára fontos tudományos problémáról érthetően beszélni, és elmélyedni egy-egy kedvenc fantáziavilágban. Nem is olyan egyszerű a Star Wars vagy a Harry Potter hihetetlenül részletgazdag univerzumát a tanulmányokban látható mélységben feltárni. Kutatómunka az is a javából.

(Nagy Ádám szerkesztő: A téridőn is túl. Budapest: Atheneum, 2022, 368 o., ISBN 9789635431731)

Polyák Gábor

jogász, kommunikációs szakember
Eötvös Loránd Tudományegyetem Média és Kommunikáció Tanszék, Budapest

Corrigendum

Vastag Gyula, Nagy Zsuzsanna, Sasvári Péter: „Tudsz úszni?” Magyar egyetemek 2019 és 2022 közötti, Scopus-azonosítóval rendelkező publikációinak elemzése (Magyar Tudomány, 185 (2024) 1, 143–161) című cikke 3. táblázatában (<https://mersz.hu/magyar-tudomany-202401/>) a következő folyóiratokat részben téves JUFO besorolással tüntettük fel:

Az *International Journal of Molecular Sciences* minden vizsgált évben az 1-es kategóriában van (nem 0), a *Plos One* 2019-ben és 2020-ban 1-es kategóriában van (nem 0), a *Physical Review D* 2019-ben 2-es kategóriájú (nem 0), a *Sustainability* a vizsgált időszakban 1-es kategóriában szerepel (2023-ban és 2024-ben lett 0 kategóriás).

A fenti korrekciók azonban semmilyen módon nem érintik és változtatják meg a táblázaton alapuló értékelésünket: „... [a 3.] táblázat folyóiratai megafolyóiratok, amelyek szakmai (például JUFO-) megítélése erősen eltér a hivatkozási adatok által implikált kiválóságtól”.

B E T E K I N T É S

A SZERETHETŐ TUDOMÁNY

Sorozatszerkesztő: Pomázi Gyöngyi

Ismeretterjesztő és tudomány-népszerűsítő könyvsorozat, amely betekintést nyújt különböző tudományágakba. A kötetek szerzői elkalauzolják az olvasót az általuk művelt és szeretett tudományterületbe.

MEGTUDHATJUK

Hogyan gondolkodik a nyelvész? Hány éves a Föld? Hogyan kapcsolható össze a biciklikerek és a költészet? Hogyan lehet bábéskodni a filozófia terében? Mit mesélnék a molekulák?



A sorozat célja az ismeretek gazdagítása, a tévhitek eloszlatása és a tudomány mindenhatóságát feltételező képzet helyett annak hiteles, elkötelezett és sok szempontot ötvöző bemutatása.

A digitális kiadás:

<https://mersz.hu/betekintes/>



AKADÉMIAI KIADÓ



MeRSZ.hu

A következő szám tartalmából

- A Héber Biblia 21. századi perspektívákból
- A kvantumkémiai iskola
- Energiabefektetés-energiahozam arány: a megújuló és fosszilis energiaforrások hatékonyságának és fenntarthatóságának összehasonlítása

2

0

2

4

Útmutató a cikkek megírásához:

www.magyartudomany.hu/utmutato

A folyóírra vonatkozó, szerzőknek szóló közlési elvek a fenti hivatkozásra kattintva találhatóak.



Tartalom

■ TEMATIKUS ÖSSZEÁLLÍTÁS: EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYOS ÉLETMŰVÉNEK MÁIG HATÓ JELENTŐSÉGE

VENDÉGSZERKESZTŐK: Szarka László Csaba, Sólyom Jenő

Szarka László Csaba, Sólyom Jenő: **Bevezető**

Freund Tamás köszöntője az Eötvös Loránd születésének 175. évfordulója alkalmából tartott tudományos ülés megnyitóján

Kaptay György: **A „capillaritási tünetények”, azaz Eötvös kapilláris egyenlete és annak háttere**

Völgyesi Lajos, Szondy György, Tóth Gyula, Fenyvesi Edit, Kovács Péter, Kiss Bálint, Égető Csaba, Barnaföldi Gergely Gábor, Lévai Péter, Ván Péter: **A torziós ingák jelentősége Eötvös Loránd születése után 175 évvel**

Kiss János: **Gravitációs és mágneses mérések, adatok, feldolgozások Eötvös után, napjainkig**

Földváry Lóránt, Tóth Sándor, Fortágh József, Domokos Péter: **Gradiometria, avagy a nehézségi térerősség gradiensének méréstana: múlt, jelen, jövő**

Ormos Pál: **Megemlékezés Aradon az Eötvös 175 rendezvénysorozat keretében**

Garai Imre: **„A közművelődés ügye iránt elkötelezett báró” – Eötvös Loránd szerepe a középiskolai tanárképzés 19. század végi reformjaiban és hagyatékának sorsa a két világháború közötti időszakban**

■ TANULMÁNYOK

Huszák Loretta, Szirbik Miklós, Balogh Laura: **Orosz–ukrán háború: vállalati reakciók és azok jogi keretei**

Csikós Nándor, Máté-Tóth András: **Vallási prognózis: a 2022-es népszámlálás eredményeinek előrejelzése és értelmezése**

Juhász Tímea, Czeglédi Csilla, Horváth Annamária, Tóth Arnold: **Hibázás és büntetés a szervezetekben**

■ KÖNYVSZEMLE

Karikó Katalin: Áttörések – életem és a tudomány
A tudomány mindennekefelett – Koltai Júlia

Mohay Tamás: A csiksomlyói kegyhely és búcsújárás
Diktatúra, rendszerváltás, modernizáció – Vass Erika

Nagy Ádám (szerkesztő): A téridőn is túl – Polyák Gábor

■ CORRIGENDUM

Ára: 2000 Ft



2

0

2

4