

A TARTALOMBÓL:

- Hidrogénközlekedési dilemma a Berlin–Reykjavík tengely mentén
- Az akkumulátoros energiatárolás lehetőségei
- 100 éve született Pungor Ernő
- Ha lúd, legyen arany?



# MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓIRATA • LXXVIII. ÉVFOLYAM • 2023. NOVEMBER • ÁRA: 950 FT

Karikó  
Katalin  
Nobel-díjas!

 A lap megjelenését  
a Nemzeti Kulturális Alap  
támogatja  
Nemzeti Kulturális Alap

A kiadvány  
a Magyar Tudományos Akadémia  
támogatásával készült



# Exploration of Li-Ion Batteries during a Long-Term Heat Endurance Test Using 3D Temporal Microcomputed Tomography Investigation

Gergő Ballai, Milán Attila Sőrés, Livia Vásárhelyi, Imre Szenti, Robert Kun, Bálint Hartmann, Dániel Sebők, Ferenc Farkas, Aqib Zahoor, Guozhu Mao, András Sápi,\* Ákos Kukovecz, and Zoltán Kónya

High-resolution computed tomography (micro-CT) was used in this paper to visualize the inner structure of lithium nickel cobalt aluminum oxide 18 650 form-factor batteries non-destructively after and during a heat endurance test. Open circuit relaxation and electrochemical impedance spectroscopy were also conducted. We tested the different heat-aged cells with micro-CT and charge-discharge and electrochemical impedance spectroscopy measurements to find the observable physical changes in the cell and connect them to the loss of performance. We found that the drastic changes in the structure of the cell at

## 1. Introduction

Lithium-ion batteries (Li-ion batteries, LIBs), due to their high power and energy densities, are very important energy storage devices used for many mobile and also for stationary applications. They are routinely used in commercially available portable devices (e.g., smartphones, laptops, e-cigarettes), thus ensuring their safe oper-

A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium létrehozását a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta az RRF-2.3.1-21-2022-0009 azonosító számú projekt keretében.



Communication

## Comparison of Catalytic Properties of the Easily Interconvertible, Water-Soluble $[\text{RuHCl}(\text{CO})(\text{mtppps-Na})_3]$ and $[\text{RuH}(\text{H}_2\text{O})(\text{CO})(\text{mtppps-Na})_3][\text{BF}_4]$

Henrietta Horváth \*, Gábor Papp , Ferenc Joó  and Ágnes Kathó \*



Citation: Horváth, H.; Papp, G.; Joó, F.; Kathó, Á. Comparison of Catalytic Properties of the Easily Interconvertible, Water-Soluble  $[\text{RuHCl}(\text{CO})(\text{mtppps-Na})_3]$  and  $[\text{RuH}(\text{H}_2\text{O})(\text{CO})(\text{mtppps-Na})_3][\text{BF}_4]$ . *Catalysts* 2023, 13, 197. <https://doi.org/10.3390/catal13010197>

Department of Physical Chemistry, University of Debrecen, P.O. Box 400, H-4002 Debrecen, Hungary  
\* Correspondence: henrietta.horvath@science.unideb.hu (H.H.); katho.agnes@science.unideb.hu (Á.K.)

**Abstract:** The effect of the mobile interconversion of  $[\text{RuHCl}(\text{CO})(\text{mtppps-Na})_3]$  **1**, and  $[\text{RuH}(\text{H}_2\text{O})(\text{CO})(\text{mtppps-Na})_3]^+$  **2**, was studied in hydrogenation of phenylacetylene and cinnamaldehyde in aqueous–organic biphasic systems, as a function of the chloride concentration and the pH of the aqueous phase. Catalytic activity of the two complexes was also determined in homogeneous organic solvents without any additives. In the biphasic system, the rate of selective hydrogenation of phenylacetylene to styrene was strongly increased upon addition of NaCl, while the reaction of

A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratóriumot létrehozó intézmények: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Debreceni Egyetem, Energiatechnológiai Kutatóközpont, Miskolci Egyetem, Neumann János Egyetem, Pannon Egyetem, Pécsi Tudományegyetem, Széchenyi István Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kutatóközpont.





A Magyar Kémikusok Egyesületének  
– a MTE SZ tagjának –  
tudományos ismeretterjesztő  
folyóirata és hivatalos lapja

## SZERKESZTŐSÉG:

Felelős szerkesztő: LENTE GÁBOR  
KISS TAMÁS örökös th. főszerkesztő  
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA  
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

## Szerkesztőbizottság:

KEGLEVICH GYÖRY,  
a szerkesztőbizottság elnöke,  
BÁLINT MÁRIA, BUZÁS ILONA,  
DOMBRÁDY ZSOLT, FÁBIÁN ISTVÁN,  
GREINER ISTVÁN, HANCSÓK JENŐ,  
ifj. SZÁNTAY CSABA, KALÁSZ HUBA,  
KISS TAMÁS, MERNYÁK ERZSÉBET,  
SKODÁNE FÖLDES RITA,  
SZÉPVÖLGYI JÁNOS, TÖMPE PÉTER,  
ZÉKÁNY ANDRÁS

## Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, DOBÓ DORINA,  
KEGLEVICH KRISTÓF, KERTI GÁBOR,  
NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR

## Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Kapják az Egyesület tagjai és a megrendelők  
A szerkesztésért felel: LENTE GÁBOR

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.

Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883

Fax: 36-1-201-8056

E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Felelős kiadó: ANDROSITS BEÁTA  
Nyomdai előkészítés: HORVÁTH IMRE  
Nyomás: Europrinting Kft.  
Felelős vezető: ENDZSEL ERNŐ  
ügyvezető igazgató

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete  
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank

10700024-24764207-51100005 sz.

számlájára „MKL” megjelöléssel

Előfizetési díj egy évre 11 400 Ft

Egy szám ára: 950 Ft. Külföldön terjeszti

a Batthyany Kultur-Press Kft.,

H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.

1251 Budapest, Postafiók 30.

Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:

SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,

1015 Budapest, Hattyú u. 16.

Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,

e-mail: mkl@mke.org.hu

Aktuális és archivált számaink honlapunkon  
(mkl.mke.org.hu) olvashatók

Index: 25 541

HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)

HU ISSN 1588-1199 (online)

DOI: 10.24364/MKL.2023.11

A lapot az MTA MTMT indexeli, és a REAL,  
továbbá az Országos Széchényi Könyvtár  
(OSZK) Elektronikus Periodika Adatbázisa  
és Archívuma (EPA) archiválja



Ez az első alkalom, hogy felelős szerkesztőként írok beköszöntőt a Magyar Kémikusok Lapja első oldalára, bár nekem messze az szerezheti a legnagyobb örömet, ha a szeptemberi számtól már az impresszumban is olvasható változást senki sem veszi észre.

Eseménydús időszak áll mögöttünk és előttünk is, a beköszöntőben illene eldöntennem, hogy pozitív vagy negatív hangot akarok-e megütni. Ha az előbbi lenne a helyzet, akkor adja magát, hogy a Stockholmból október elején érkező jó hírekre koncentrálok, hiszen két díjazott is Magyarországon született. De mire az olvasóhoz eljut ez az írás, a „Nobel-hétről” hírt adni már ugyancsak elkésett dolog lesz. Azt megígérhetem, hogy a már hosszabb ideje megalapozott gyakorlatot követve a 2024-es februári számban részletes szakmai írásban elemezzük mindhárom, a természettudományhoz köthető díj hátterét. Ebben a számban viszont írunk olyasmiről, amiről jóval kevesebbet lehetett hallani: az Aranylúd-díjról (Golden Goose Award) Kathó Ágnes írt inspiráló történetet. Ennek a díjazottjai között egyébként Karikó Katalin és Drew Weissman neve is szerepel.

Negatív mondanivalót még ennél is könnyebben találnék, az ilyesmi amúgy is közelebb áll az egyéniségemhez. Nem, most nem a közoktatás állapotáról lesz szó. A Magyar Tudományos Akadémia szeptemberben tartotta a tudományos bizottságainak háromévente esedékes megújításához szükséges szavazásokat, s a Kémiai Osztályhoz tartozó hét bizottság közül egyetlen egyben sem érte el a részvételi arány az érvényességhez szükséges harminc százalékot. De ezzel is van egy kis gond: ha a választás ténye még néhány égerklikknyi időtartamra sem tudta felkelteni kémikustársaim érdeklődését, akkor az érdektelenség elemzése sem ígér sok sikert ugyanezekben a körökben.

Talán még mindig az a legjobb, amit tehetek, hogy a novemberi Tudomány Ünnepe programsorozatra hívom fel a figyelmet. Figyelemre méltó kémiai rendezvények is bőven lesznek majd, s mire ez a beköszöntő megjelenik, addigra az Akadémia oldalain információ is elérhető lesz róluk. Hadd hívjam fel külön is a figyelmet arra a kettőre, amely az én szívem számára a legkedvesebb: november 15-én (szerda) este hat órától Tudományünnep+ előadást lehet majd a helyszínen és a YouTube-on élőben követni „Miért zöld a fehér hidrogéngáz?” címmel, majd november 16-án elsősorban középiskolásoknak ajánljuk az „Élő színek a molekulák világában” című rendezvényt.

Ebben a számban három néhai magyar kémikusról is megemlékezünk – három különböző módon. A közelmúltban elhunyt Rakiás Ferenc László radiokémikus-gyógyszerész élettörténetét Tömpe Péter foglalta össze röviden. Pungor Ernőről tanítványa és munkatársa, Nagy Géza elevenítette fel személyes emlékeit abból az alkalomból, hogy a hazai analitikai kémia egyik meghatározó alakjának századik születésnapját október 30-án ünneplik.

Végezetül az egy éve elhunyt Braun Tiborra olyan módon emlékezünk, ahogy az írásnak ilyen mértékben elkötelezett emberre a leginkább lélekemelő módon lehet: közöljük egy eddig publikálatlan ismeretterjesztő cikkét. Minden bizonynyal ez az utolsó közleményeinek hosszú sorában. „Csak a teste” – ezek a szavak állnak Gárdonyi Géza síremlékén Egerben. Braun Tiborral is ez a helyzet: gondolatai az írásai-ban mindaddig élni fognak, amíg léteznek magyar olvasók.

Lente Gábor

## TARTALOM

## HONNAN LESZ ENERGIÁNK?

- Lente Gábor:** Hidrogénközlekedési dilemma a Berlin–Reykjavík tengely mentén 318  
**Sörös Milán Attila, Hartmann Bálint:** Az akkumulátoros energiáról és lehetőségei a hálózati szolgáltatások területén 320

## OKTATÁS

- Varga Hanna:** Személyes tapasztalatok egyesült államokbeli egyetemi tanulmányaimról. Második rész 324

## SÉTÁK A TUDOMÁNY KÖRÜL

- Silberer Vera:** A Citroëntől a Sorbonne-ig 327

## KITEKINTÉS

- Kathó Ágnes:** Ha lúd, legyen arany? A Golden Goose-díj 330  
**Inzelt György:** Kiről neveztek el? Kohlrausch törvényei 333  
**Braun Tibor:** Ingyenc étkezés a molekuláris gasztronómiától a „hangjegytől hangjegyig” konyháig 335

## MEGEMLEKEZÉS

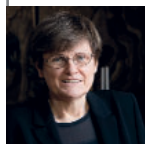
- Tömpe Péter:** Életének 75. évében elhunyt Rakiás Ferenc László 336  
**Nagy Géza:** Egy tanítvány gondolatai Pungor Ernő 100 éves születésnapja alkalmából 337

## VEGYÉSZLELETEK

- Lente Gábor** rovata 340

- A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA** 342

- A HÓNAP HÍREI** 343



## Címlapunkon:

Karikó Katalin

a Magyar Tudományos

Akadémián

(Fotó: mta.hu/Szigeti

Tamás)

A cikk megjelenését a Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal RRF-2.3.1-21-2022-0009 azonosító számú projektjének keretében. A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratóriumot létrehozó intézmények: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Debreceni Egyetem, Energiatudományi Kutatóközpont, Miskolci Egyetem, Neumann János Egyetem, Pannon Egyetem, Pécsi Tudományegyetem, Széchenyi István Egyetem, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kutatóközpont.

Lente Gábor

# Hidrogénközlekedési dilemma a Berlin–Reykjavík tengely mentén

**L**apunk és a Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium közötti együttműködés részeként az idén már több korábbi írás rámutatott arra, hogy jelenleg ugyan az akkumulátorral működő elektromotoros autók terjedése a gyorsabb, néhány éven belül a hidrogénüzemű járművek minden bizonnyal komoly versenytárrá válnak a szén-dioxid-kibocsátástól mentes közlekedési eszközök piacán. Több különböző technológia együttélése általában is javít egy rendszer egészének teljesítőképességén, de ebben az esetben a hidrogénalapú meghajtások egymagukban is sokkal változatosabbak lehetnek, így a különböző felhasználások egyedi igényeihez is várhatóan jobban tudnak alkalmazkodni.

Jelenleg a hidrogénnel üzemelő és az akkumulátoros autók közül az utóbbiaknak van jelentős piaci előnye annak ellenére is, hogy igazából gyártásuk és működtetésük is drágább. Ezt a furcsa különbséget az okozza, hogy egy elektromos töltőállomást sokkal olcsóbban lehet megépíteni, mint a hidrogénes megfelelőjét. Ha az évtizedek alatt, hatalmas befektetéssel létrehozott benzinkút-hálózat értékének csupán néhány százalékát elérő hidrogéninfrastruktúra lenne a Földön, akkor egészen más lenne a versenyhelyzet az akkumulátoros és a hidrogénes autók között.

Talán épp az elektromos autók jelenlegi terjedése miatt alakult ki a hidrogénmeghajtás esetében is olyan általános várakozás, hogy ezek a járművek tüzelőanyag-elemes elven működnek majd, vagyis a hidrogénből elektrokémiai cellákban áramot állítanak elő, amely aztán elektromotort hajt meg. Azonban van egy másik, ma nem túl nagy nyilvánosságot élvező, de még hosszú távon is gazdaságilag életképesnek gondolt lehetőség is: a hidrogénüzemű belső égésű motor. Ez igencsak régi találmány: a francia–svájci François Isaac de Rivaz (1752–1828) már 1807-ben szabadalmat kapott rá, és egy évvel később már jármű hajtására is használta.

Az Amerikai Energiaügyi Minisztérium (US Department of Energy) Hidrogén- és Tüzelőanyagelem-technológiai részlege (Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office) 2023 tavaszán tartott egy érdekes, sajtónyilvános webináriumot a témában (<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/february-h2iq-hour-overview-hydrogen-internal-combustion-engine-h2ice-technologies>): a hidrogénüzemű belső égésű motorok és tüzelőanyag-elemek tulajdonságainak összehasonlításáról ott elhangzottakat foglalja össze röviden az **1. táblázat**. A szempontok sorrendje nagyjából a jelenleg nekik tulajdonított fontosságot tükrözi.

A belső égésű motorok hőerőgépek, vagyis alapvető termodi-

namikai összefüggések korlátozzák a hatékonyságukat, ami az 50%-ot csak egészen kivételes esetben haladhatja meg. Ugyanilyen elvi korlát sem a tüzelőanyag-elemek, sem az elektromos motorok esetében nincsen, így ezek, nem túl nagy abszolút teljesítmények esetében, jóval hatékonyabbak lehetnek annak ellenére is, hogy lényegesen több elemből állnak. A teljesítmény növelése viszont komoly gondot jelent: nagy teherautókban, kamionokban, traktorokban vagy földmunkagépekben az elektromotoros meghajtás egyelőre nem tűnik valós jövőbeli lehetőségnek.

Az **1. táblázat** szerint optimális esetben gyakorlatilag nulla szennyezőanyag-kibocsátás a másik olyan szempont, amelynél a tüzelőanyag-elemes megoldás előnye kétségtelen. Szén-dioxidot

Tulajdonság	Belső égésű motor	Tüzelőanyag-elem
Hatékonyság	Jó a közepes és nagy teljesítményeknél	<b>Kitűnő a kicsi és közepes teljesítményeknél</b>
Hűtésigény	<b>Közepes</b>	Nagy, álló vagy lassan mozgó járműveken kritikus
Szennyezőanyag-kibocsátás	Nitrogén-oxidok, utókezeléssel csökkenthető	<b>Nincsen</b>
Tartósság	<b>Jó</b>	Fejlődik
Érzékenység a külső hatásokra	<b>Csekély</b>	Rezgésérzékenységi problémák
Nemesfémigény	<b>Kicsi vagy közepes (utóbbi a kipufogógáz utókezelésekor)</b>	Nagy
Üzemanyag-tisztasági igény	<b>Nem korlátozó tényező</b>	Nagy tisztaságú hidrogén szükséges
Üzemanyagváltás lehetősége	<b>Dízel vagy földgáz könnyen megoldható</b>	Nehezen megoldható, csökkenti a hatékonyságot
Befektetési igény	<b>Csekély</b>	Jelentős
Hidegindítás	<b>Nem korlátozó tényező</b>	<b>Hőmérséklet-szabályozásra szükség lehet</b>

**1. táblázat.** A hidrogénalapú belső égésű motort és tüzelőanyag-elemmel kombinált elektromotort használó hajtási megoldások sajátosságainak összehasonlítása





1.



3. 4.

2.

vagy szén-monoxidot természetesen a hidrogénüzemű belső égésű motorok sem bocsátanak ki, de a szikra és az égést tápláló közegként használt levegő miatt nitrogén-oxidok keletkeznek. Látható, hogy a tüzelőanyag-elemes megoldás előnye ebben a két területben ki is merül, viszont mindkettő a legfontosabb három közé tartozik.

A többi szempont együttes hatása miatt ma jelentős ipari erőfeszítéseket fektetnek a belső égésű hidrogénmotorok tömeggyártásába is. Ezek egyik legmeglepőbb előnye a tüzelőanyag-elemekkel szemben a sokkal kisebb hűtésigény. A hőerőgépek működési elvéhez a hatalmas hőmérséklet-különbség elérése eleve hozzátartozik, valójában a hatékonyság növelésekor kívánatos is, hogy ez minél nagyobb legyen. Így a hőerőgépek hűtésének egyfajta másodlagos szerepe van: elsősorban azért kell, hogy a motor szerkezeti anyagai, illetve a segédanyagok (például kenőolaj) ne károsodjanak. Ezen a téren a levegő- vagy vízhűtés technológiákban a más üzemanyaggal működő motorok esetében már kiterjedt korábbi tapasztalatok vannak. A tüzelőanyag-elemeknél a fejlődő hő viszont kétségtelenül hulladék, amely egyébként, ha a kívánatosnál jobban növeli a hőmérsékletet, a termodinamikai összefüggések miatt még csökkenti is a hatékonyságot.

A többi szempont némelyike is nagyon fontos lehet egyes típusú felhasználók számára. A kamion- és teherautó-üzemeltetők érdekeit tekintve azonban az elektromos meghajtás teljesítménykorlátain kívül is komoly érvek szólhatnak a belső égésű motorok mellett. Az első ilyen a befektetésigény: a mai előrejelzések szerint 2027-ben egy hidrogénüzemű belső égésű motort használó kamion ára mintegy 50%-kal lesz nagyobb, mint egy ugyanolyan méretű és teljesítményű dízelmotorosé, hidrogénes tüzelőanyag-elemes verzióban kétszeres az ár, akkumulátoros-elektromotoros kiépítésben pedig a kétszereset is jelentősen meghaladja majd. Így a kedvezőbb hatékonyság gazdasági előnyei csak sokéves üzemelés után kezdik kompenzálni a nagyobb kezdeti költséget, ez akár egy kamion élettartamának fele-kétharmada is lehet. Az is jelentős észrevétel, hogy az idő múltával az öregedés és elhasználódás miatt egy belső égésű motor hatékonysága alig-alig változik, a tüzelőanyag-elemeknél viszont idővel jelentős romlás várható. Szintén fontos szempont, hogy a tüzelőanyag-elemes technológia jóval tisztább hidrogént igényel, míg a belső égésű motorok számára sokkal kisebb probléma, ha az üzemanyagban szennyezések vannak. Ez nem pusztán gazdasági érv, a környezetterheléshez is jelentősen hozzáadhatnak a tisztítási műveletek. További mérlegelendő szempont, hogy a létező cégek karbantartó szakemberei dízelmotorokhoz értenek, a tiszta technológiák közül számukra a hidrogénüzemű belső égésű motorra váltás jelenti a legkisebb kihívást.

Van még egy egészen sajátos, de elég nagy tömegű felhasználás, ahol a hidrogénüzemű belső égésű motorok vezető szerepet játszhatnak: nagy teljesítményű dízelmotorokat építenek olyan járművekbe (pl. hajókba) is, amelyeket utána sok-sok évtizedig üzemeltetnek. Ilyen esetekben technológiailag az is megoldható

lehet, hogy egy eleve dízelhajtásúnak készített belső égésű motort utólagos módosításokkal hidrogénüzeművé alakítsanak, a versenytárs technológiáknál ez teljességgel lehetetlen.

Mindezek alapján talán nem meglepő, hogy az egyéni és tömegközlekedésben sem egyértelmű tüzelőanyag-elemes technológia elsőbbsége a hidrogénüzemű járműveknél. Az eddigi nagyszabású kísérletek is tükrözik ezt a ténytet.

Európában az Ökológiai Városi Közlekedési Rendszer (Ecological City Transportation System, ECTOS) 2001-ben indult el, ennek támogatásával Izlandon már 2003-ban megnyílt az első hidrogéntöltő állomás, és a fővárosban, Reykjavíkban hidrogénüzemű buszok jártak. Ez a város azért volt ideális teszterület, mert főváros, mégis viszonylag kicsi, így az autóbuszflotta utasok számára is érzékelhetően jelentős részét lehetett hidrogénüzemű buszokkal helyettesíteni. Ezek Mercedes gyártmányú, tüzelőanyag-elemes járművek voltak. A kísérlet annyira sikeresnek bizonyult, hogy az eredeti két éves futamidőt még a lejárat előtt háromra növelték. A buszok összesen mintegy ötezer órát üzemeltek, ez alatt közel százezer kilométert tettek meg velük. Akadtak ugyan műszaki problémák, de ezeket általában gyorsan és könnyen el lehetett hárítani, s a dízelüzemű buszoknál is jobbnak bizonyultak karbantartási szempontból: a teljes idő 90%-ánál nagyobb hányadában voltak teljeskörűen üzemképesek.

Az ECTOS kezdeti sikereire épített a HyFLEET:CUTE (Clean Urban Transportation for Europe, Tiszta Városi Közlekedés Európában) program 2006 és 2009 között. Ez már tíz várost érintett: Amsterdam, Barcelona, Berlin, Hamburg, London, Luxemburg, Madrid, Peking, Perth és Reykjavík. Ezek közül Berlin vált kivételessé olyan szempontból, hogy itt 14, MAN gyártmányú buszból álló hidrogénes flottát üzemeltet be, ezek belső égésű motorokkal működtek. A teszt itt is nagyon sikeres volt, amit az is mutat, hogy a buszokat az eredetileg tervezettnél jóval hosszabban üzemben tartották, négy közülük még 2015-ben is az utcákon járt. Sajnos a jelek szerint a 2008-as világgazdasági válság megakasztotta a hidrogénes buszok kísérletsorozatát, s azóta sincsen hasonlóan nagy léptékű tesztüzemről információ. Egészen 2021-ig kellett várni arra, hogy Londonban és a skóciai Aberdeen-ben elinduljon az első hidrogénes emeletes busz, amely tüzelőanyag-cellát használ. Budapesten is volt már tesztüzem: 2022 elején egy hónapig Kőbánya-Kispest és Vecsés között jártak Solaris Urbino 12 Electric H2 típusú, hidrogénüzemű tüzelőanyag-cellás autóbuszok.

A hidrogénes személyautók között ma legtöbben a Toyota Mirai nevét ismerik, amely már kereskedelmi forgalomban is kapható. Ennek terjedését elsősorban a hidrogénes üzemanyag-töltő-állomások ritkasága gátolja, Magyarországon például egyetlen ilyen van, és az sem nyilvános (*Magyar Kémikusok Lapja*, 2023, 78, 166–167). Nem ismeretlenek a hidrogénüzemű, belső égésű motort használó személyautók sem, a leglátványosabb erőfeszítéseket ezen a téren a BMW cég tette.

A jelenlegi ismeretek szerint szinte biztosra vehető, hogy a két technológiai hosszú ideig egymás mellett él majd a jövőben. ●●●





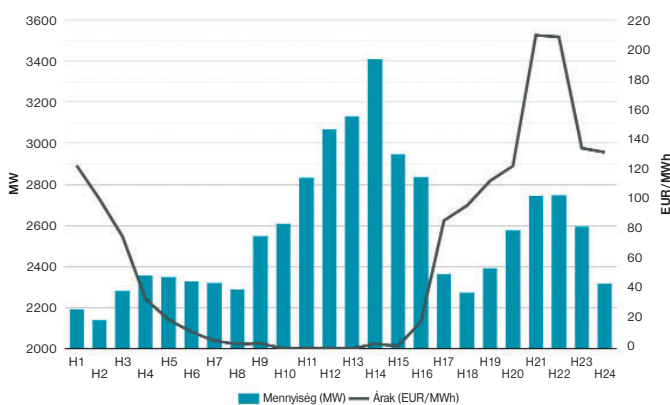
Sőrés Milán Attila – Hartmann Bálint

BME Villamos Energetika Tanszék | soresm@edu.bme.hu BME Villamos Energetika Tanszék | hartmann.balint@vik.bme.hu

# Az akkumulátoros energiatárolás lehetőségei a hálózati szolgáltatások területén

## Bevezetés

Az akkumulátorokat már régóta használják energia tárolására, de az elmúlt évek fejlődésének köszönhetően alkalmazási területeik egyre csak növekednek. Elég csak az elmúlt tíz évben az e-mobilitásban bekövetkezett „forradalomra” gondolni. Az akkumulátoros energiatárolás fejlődése a növekvő összteljesítményű, megújuló energiatermelő egységek támogatása miatt is létfontosságú. Ez alatt elsősorban a szélfarmokat és naperőműveket értjük, melyek esetében az akkumulátorok lehetőséget kínálnak az ingadozó terhelés kiegyenlítésére vagy a termelési csúcs levágására (*peak shaving*) és későbbi hálózatba táplálására. A villamos energia tőzsdéi kereskedelme is egyre meghatározóbb. A kereskedelemre Magyarországon a HUPX magyar villamosenergia-tőzsdén van lehetőség. Az 1. ábra az itt áruba bocsátott villamos-energiamennyiséget és az egyes órákra meghatározott energiaárát (EUR/MWh) szemlélteti.



1. ábra. Villamosenergia-árak és kereskedett mennyiség a HUPX másnapi piacon 2023.07.23. [1]

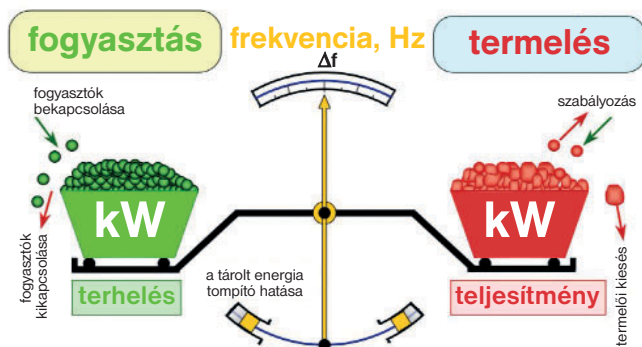
Napjainkban különösen izgalmas terület ez is, hiszen egyre gyakrabban jelennek meg olyan jellegű cikkek, amelyek negatív áramárról szólnak, azaz a vásárlónak fizetnek azért, hogy eltárolja az energiát. [2] A lakossági területen az okos fogyasztásmérőkkel rendelkezőknél ezt a „dinamikus áramfogyasztás” mérése révén próbálják bevezetni (*a rovatvezető megj.*).

Ebben a cikkben eltérő alkalmazási területről lesz szó, mégpedig a hálózati szolgáltatásokról, azokon belül is a frekvenciaszabályozásról. Az ismertető egy része talán távol esik a kémia

szűkebb területétől, mégis fontos kontextusba helyezi a ma rendkívül jelentős és sürgető akkumulátorkutatásokat.

## Frekvenciaszabályozási szolgáltatások

A villamosenergia-rendszerben minden egyes időpillanatban fenn kell állnia a teljesítmény-egyensúlynak, azaz a megtermelt energiát azonnal fel is kell használni (2. ábra). Ha a termelés és a fogyasztás eltér egymástól, megváltozik a frekvencia.

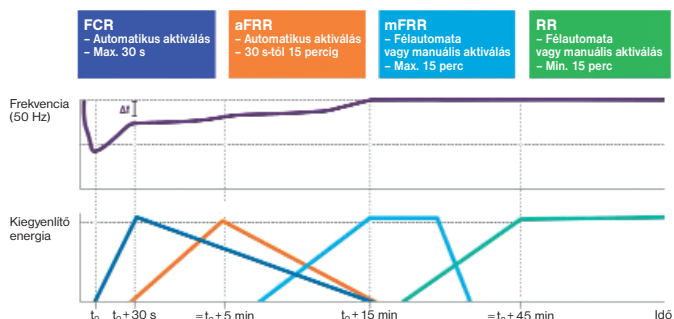


2. ábra. Teljesítmény-egyensúly a rendszerben [3]

A frekvencia 50 Hz körüli értéken tartása a rendszerirányító feladata, ez hazánkban a MAVIR.

A szabályozás érdekében a MAVIR a szabályozási piac szereplőitől veszi meg a szükséges energiát. Négy szolgáltatás keretében lehet a MAVIR számára energiát nyújtani. Ezek az FCR (*Frequency Containment Reserve*), az aFRR (*automatic Frequency Restoration Reserve*), az mFRR (*manual Frequency Restoration Reserve*) és az

## 3. ábra. Rendszerszintű szolgáltatások és jellemző paramétereik







RR (*Replacement Reserve*). A fő különbség közöttük az aktiválásuk időtartama, ahogy a **3. ábra** is mutatja.

Először az FCR-szabályozás lép életbe: feladata, hogy megállítsa a frekvenciaváltozást. Ennek kell a leggyorsabban működésbe lépnie, harminc másodperc alatt a teljes teljesítményt képesnek kell leadnia/felvennie. Miután a frekvencia változása megállt, az aFRR szabályozás feladata, hogy a frekvenciaeltérést megszüntesse; aktiválása harminc másodperccel az FCR aktiválása után kezdődik és öt perc alatt kell elérnie maximális teljesítményét. Ahogyan az idő halad előre és a frekvencia stabilizálódik, az FCR és aFRR szolgáltatások keretében igénybe vett teljesítmény csökkenhet, szerepüket fokozatosan az mFRR szolgáltatást nyújtó gépegyeségek veszik át. Legutoljára pedig az RR szolgáltatást nyújtó gépegyeségeket aktiválják. Minden szolgáltatásnak van belépési korlátja, azaz olyan minimális teljesítmény és energia, amennyivel be lehet lépni erre a piacra.

A fent leírtak alapján látható, hogy melyik szolgáltatások esetén jelentenek nagy előnyt az akkumulátorok. A hagyományos rendszerekben a szabályozást nagyméretű forgógépek tömegének segítségével látják el (FCR). Amennyiben ez nem elégséges (aFRR, mFRR), akkor kerülhet sor gyors indítású gázturbinás erőművek felhasználásra, melyek hatásfoka nem feltétlenül a legjobb, ráadásul folyamatosan készenlétben kell őket tartani. Velük szemben az akkumulátoros rendszerek aktiválási ideje, az az időtartam, amely alatt teljesítményük eléri a maximumát, legfeljebb néhány másodperc. További előnyt jelent, hogy az akkumulátor folyamatosan üzemkés állapotban van, ennek fenntartása nem igényel további erőforrásokat.

Az ábrán nem szerepel, de a frekvencia nemcsak kisebb lehet, mint a névleges, hanem meg is haladhatja azt, ami ugyanolyan probléma. Ebben az esetben a hagyományos erőművekkel történő szabályozásra kevesebb lehetőség van. Az FCR-szabályozás a frekvenciaeltéréssel arányosan csökkenti az erőmű szinkrongenerátorának gerjesztését, ezáltal csökkentve a kiadott teljesítményt. A további szabályozási esetekben viszont már leszabályozásra van szükség, jellemzően a gőzkörfolyamat oldalán is. Az energiatárolók itt előnybe kerülnek, hiszen akadály nélkül tudnak felvenni energiát a hálózatról vagy leadni azt a hálózatba.

Az egyes szolgáltatások díjazása eltér egymástól. Az FCR szimmetrikus szolgáltatás, azaz nincs különbség az energia iránya alapján. Ebben az esetben a szolgáltatásban részt vevő egységek (erőművek, akkumulátorok) között nincs különbség, szükség esetén mindegyik egység egyszerre válik aktívvá, lekötött teljesítményének megfelelően. Bevétel itt csak a rendelkezésre állásból származik, függetlenül a ténylegesen aktivált energiától. Az aFRR nem szimmetrikus szolgáltatás, azaz az energia előjelének függvényében megkülönböztetünk pozitív és negatív aFRR-t, ami a díjazásban is megjelenik. További sajátossága, hogy az aktiválása ún. „merit order”-t követ, azaz nem minden egységet aktiválnak minden egyes esetben. Ennek megfelelően a díjazás is két tételből tevődik össze. Egyrészt a rendelkezésre állási díjból, másrészt az energiadíjból, amit a ténylegesen aktivált energia alapján számolnak. Az mFRR-szolgáltatás díjazása megegyezik az aFRR-ével.

### Az akkumulátor méretezése

Már a felsoroltakból is látható, hogy mind az akkumulátorrendszer méretezése, mind üzemeltetésének egyes jellemzői komplex feladatot rejtenek magukban. A jelenlegi cikk terjedelmébe nem fér bele minden kérdés részletes tárgyalása, így csak néhányukra szorítkozunk.

Az első megvizsgálendő kérdés, hogy milyen akkumulátorral nyújtjuk a szolgáltatást. Az összes elektrokémiai energiatároló technológia bemutatása szintén meghaladná a cikk kereteit, így néhány szóban bemutatjuk a napjainkban piacot uraló technológiákat, amelyeket jelenleg Magyarországon üzembe helyeznek vagy tervezik az üzembe helyezésüket.

A bevezetőben említett „forradalmat” a Li-ion-technológia tette lehetővé: mind az e-mobilitásban, mind a hálózati energiatárolók tekintetében egyelőre ez a domináns megoldás. A Li-ion-akkumulátor lényegében gyűjtőfogalom, a katódban és az anódban felhasznált aktív anyagok alapján számos változat létezik. Ezek közül a legerjedtebb az NMC (*nikkel-mangán-kobalt*) és az LFP (*lítium-vas-foszfát*). Magyarországon is ilyen a telepített hálózati energiatárolók zöme, például Zánkán az E-ON által telepített 1,2 MWh-s rendszer és Zuglóban az ALTEO által működtetett 3,9 MWh-s tároló. Az anód aktív anyaga ma még grafit, de a kutatások egyik ígéretes iránya a szilícium hozzáadása, ezzel lehetne ugyanis növelni az energiasűrűséget, azonban egyelőre az élettartam jelentősen korlátozza a lehetőségeket. A technológia előnye a magas energiasűrűség; az NMC nagyobb fajlagos energiával rendelkezik, mint az LFP. Hátránya az elmúlt években folyamatosan csökkenő, de még ma is tetemes ára, továbbá az, hogy komplex felügyeleti elektronikát igényel.



Az Alteo tárolóegysége a Zuglói Fűtőmű területén (<https://villanyautosok.hu/>)





Energiatároló telepítése  
Zánkán (eon.hu)

2022 márciusában jelentették be, hogy Sümegen VRFB (*vanádium-redox-flow-battery*) technológiájú akkumulátorrendszert terveznek telepíteni. A VRFB-technológia a folyékony elektrolitos akkumulátorok közé tartozik, különlegessége, hogy az elektrolitot külső tartályokból áramoltatják, külön a katód és külön az anód oldalán. A technológia hátránya az alacsony energiasűrűség és a kisebb hatások, előnye, hogy viszonylag olcsó és biztonságos. [4]

2023. július 24-én jelentette be a japán NGK Insulators Ltd. [5], hogy a *Tesseract Energiatároló* projekt keretében az Energiatudományi Kutatóközpont számára szállít egy nátrium-kén magas hőmérsékletű rendszert, demonstrációs célokra. [6] A technológia érdekessége, hogy működéséhez magas, 300 °C körüli hőmérsékletre van szükség. Energiasűrűsége összemérhető a lítiumion-akkumulátorokéval, teljesítménysűrűsége azonban jóval alacsonyabb. A bemutatott technológiákat az **1. táblázat** hasonlítja össze.

	NMC	LFP	VRFB	NaS
Fajlagos energia [Wh/kg]	200–250	90–160	15–25	200–240
Energiasűrűség [Wh/l]	200–735	200–620	15–70	140–300
Teljesítménysűrűség [W/l]	100–10000	100–10000	1–2	120–160
Hatásfok [%]	95	92	70	80
Élettartam [év]	5–20	5–20	5–20	10–25

**1. táblázat. Akkumulátortechnológiák fontosabb paraméterei [7]**

A technológiai szempontok utáni másik fontos mutató az akkumulátorok méretezése szempontjából a teljesítmény/energia arány. A nemzetközi szakirodalomban a „*P/E ratio*” elnevezést használják. Általánosságban fogalmazva megmutatja, hogy egy akkumulátorból mekkora teljesítményt tudunk kivenni az általa tárolt energiához viszonyítva. Elektromos járművek esetében  $P/E \geq 2$ , hibrid járműveknél nem ritka az 5 feletti szám sem. Hálózati energiátárolás esetén, és a bemutatott szolgáltatásoknál is,

$P/E \leq 1$ . Ebben a tekintetben szintén a lítiumion-akkumulátoroknál van az előny, a különböző cellák  $P/E$  aránya nagyon széles tartományban változhat. Velük szemben például az nátriumkén akkumulátorok nem is nagyon léteznek 0,2  $P/E$  aránynál nagyobb kivitelben. Ez a  $P/E$  arány közeli rokonságban van az angolul csak „*C-rate*”-nek hívott arányszámmal (pontosabban annak a cellára megengedhető maximumértékével), ami a töltési/kisütési áram arányát mutatja a névleges kapacitáshoz képest.

Az élettartam tekintetében az akkumulátorok jelentős fejlődésen mentek keresztül az elmúlt évtizedben. A szakirodalom és gyártói adatok alapján már általában 15–25 év között számolnak az új rendszerekkel, de még mindig elmaradnak a hagyományos erőművektől. Érdekes és környezetvédelmi szempontból nagyon fontos kérdés, hogy mi lesz az akkumulátorok sorsa élettartamuk végén. Jelenleg a hatékony újrahasonítás is igencsak kutatott terület. Az e-mobilitásból „kiüregedett” akkumulátorok számára azonban határozottan van potenciál a rendszerszintű energiátárolásban is, hiszen az igénybevételük jóval kisebb. Így egy autókban 15 évet eltöltő akkumulátor állapottól függően akár még 10 évet eltölthet hálózati tárolóként, mielőtt az újrahasonítására sor kerülne. Persze ezek a számok egyelőre erősen a becslés kategóriájába sorolhatók, hiszen az elektromos autók még csak most kezdenek igazán elterjedni. Az akkumulátorok méretezésének kérdései iránt érdeklő olvasónak ajánljuk a [8] és [9] forrásokat.

## Akkumulátoros rendszerek üzemeltetése

A rendszerek üzemeltetésének célja a profitmaximalizálás, lehetőség szerint minél hosszabb élettartamon. Mint a szabályozási szolgáltatásoknál szó volt róla, már a maximum sem feltétlenül határozható meg teljes bizonyossággal, inkább becsülhető az egyes események bekövetkezésének valószínűségéből kiindulva. Például az aFRR-szolgáltatásért kapott energiadíj az aktiválás mennyiségének a függvénye, amit egyrészt a frekvenciaeltérés mértéke (nagysága és időtartama), másrészt az akkumulátoros egység *merit order*ben elfoglalt pozíciója határoz meg. A *merit order* pedig az elfogadott ajánlat energiadíjának függvénye, ha

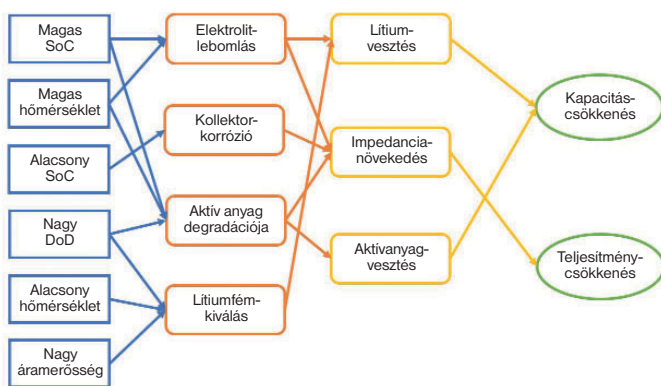




ugyanis az akkumulátorunkkal olcsóbban nyújtjuk a szolgáltatást, gyakrabban aktiválnak bennünket. Ehhez adódik hozzá a rendelkezésreállási díj, amikor nem aktiválják az egységet, azaz nem vesz fel vagy ad le energiát. Ez utóbbi természetesen alacsonyabb díjat jelent, mint az energiadíj.

A különböző szolgáltatások különböző terhelést jelentenek az akkumulátor szempontjából, eltérő mértékben csökkentve az élettartamot. Utóbbin az akkumulátorok esetében a szakirodalom általában kapacitáscsökkenést (tárolható energia mennyisége) és teljesítménycsökkenést ért. Ez utóbbi – nagyon leegyszerűsítve – a belső ellenállás növekedését jelenti, ami miatt egyre nagyobb a veszteség ezen az ellenálláson, azaz egyre kevesebb a hasznos teljesítmény. A teljesítménycsökkenés elsősorban az e-mobilitásban jelent problémát, a hálózati energiátárolásban, mint az előző fejezetben írtuk, a szükséges teljesítmény általában nem nagy a teljes energiához viszonyítva. Ezek alapján tehát az egyes szolgáltatásokkal elérhető profit mellett érdemes figyelembe venni azt is, hogy milyen mértékben csökkentik az akkumulátor várható élettartamát. Például nem biztos, hogy megfelelő stratégia, ha 20%-kal több profitot ér el, de 20%-kal gyorsabban csökken a rendszerem élettartama. Ehhez hozzá kell tenni, a jelenlegi állapotokat tükröződően, hogy a rendszer költségei még mindig meglehetősen magasak 169–229 \$/kWh. [10][11]

Az élettartam vizsgálata szintén meglehetősen bonyolult és intenzíven kutatott terület. Az elsődleges problémát az jelenti, hogy mint korábban írtuk, alapvetően két mérhető jellemző mutatja az élettartam csökkenését, míg magában az akkumulátorban ezeknek számos oka lehet. A kapacitás csökkenését általában három eltérő mögöttes okra szokás visszavezetni: a lítium mennyiségének csökkenése (LLI), az aktív anyag csökkenése a pozitív elektródon ( $LAM_p$ ), az aktív anyag csökkenése a negatív elektródon ( $LAM_N$ ). Itt a csökkenést nem úgy kell érteni, hogy például a lítium kikerül az akkumulátorcellából, hanem úgy, hogy nem képes többé részt venni a fő reakcióban. Ennek is több oka lehet, például az ún. SEI- (Solid Electrolyte Interface) réteg növekedése vagy a lítium egyszerűen fémként kiválik az elektróda felületén. Ezeket a folyamatokat a külső tényezők nagymértékben befolyásolják. A fenti példákat és a fontosabb folyamatokat egyszerűsített ábrán mutatjuk be (4. ábra).



4. ábra. Az akkumulátorok öregedését okozó folyamatok egyszerűsített bemutatása

A folyamatok között vannak olyanok, amelyek a használat során elkerülhetetlenek, legfeljebb a gyorsaságuk változik a külső tényezők függvényében, mint a SEI, és vannak olyanok is, melyekhez speciális feltételekre van szükség, mint a lítiumfém kiválása. Azoknak az olvasóknak, akik jobban elmélyülnének az akkumulátoröregedés témakörében, ajánljuk a [12] és [13] forrásokat.

Az említett folyamatok nagy része modellezhető, azonban a pontos eredményekhez meglehetősen bonyolult elektrokémiai modellekre, továbbá az adott akkumulátor elektrokémiai paramétereinek pontos ismeretére van szükség. Ezek általában kutatólaborokban és a gyártóknál érhetőek el, a napi üzemeltetésben többnyire nem állnak rendelkezésre. Az elektrokémiai modellezés elkerülhető például, ha nem akarjuk pontosan meghatározni, hogy egy adott terhelési mintázat hány év folyamatos üzemelést tesz lehetővé. Elegendő lehet annak a becslése, hogy a különböző szolgáltatások egymáshoz képest milyen mértékben csökkentik az akkumulátor élettartamát. Ehhez kiindulhatunk empirikus mérési eredményekből, például abból, hogy az áramerősség növekedése állandó hőmérsékleten milyen módon hat az élettartam csökkenésére. Bár az ilyen típusú modellek nem alkalmasak a nagy pontosságú élettartambecslésre, viszonylag kevés paraméter segítségével viszont gyorsan támogatják vagy előkészíthetik az akkumulátoros rendszer üzemeltetését. További előnyük, hogy rugalmasan kezelik az új szolgáltatásokat vagy az egyes szolgáltatások jellemzőiben bekövetkező változást. A szerzők az EU Horizon 2020 ONE-NET projektjének keretén belül dolgoztak ki modellt az akkumulátorok piaci üzemeltetésének támogatására. [14]

## Összefoglalás

Az akkumulátoros energiátárolók elterjedésével lehetőség nyílik alkalmazásukra a hálózati szolgáltatások területén. A különböző szolgáltatások esetében bevétel a rendelkezésre állási díjból és energiadíjból származhat. Az energiadíj az aktiválás gyakoriságával és időtartamával van összefüggésben. Ahhoz, hogy maximális bevételt érjünk el, nem feltétlenül elég csak a profitot maximalizálni, érdemes az energiátároló élettartamát befolyásoló tényezőket is figyelembe venni. Ehhez különböző komplexitású modellek állnak rendelkezésre annak függvényében, hogy milyen adatokkal rendelkezünk és milyen pontosságú eredményre van szükségünk. A napi üzemeltetés tervezéséhez nem feltétlenül szükséges a legrészletesebb modell, elegendő lehet egy egyszerűbb empirikus összefüggéseket használó modell is.

## IRODALOM

- [1] <https://hupx.hu/hu/>
- [2] <https://www.portfolio.hu/uzlet/20230802/hamarosan-eljohet-az-ido-amikor-megfizetnek-is-az-aramfogyasztasunkert-631137>
- [3] Ströbl Alajos: A villamosenergia-ellátás fejlődése. <https://slideplayer.hu/slide/11189972/>
- [4] Cunha Á., Martins J., Rodrigues N., Brito F. P.: Vanadium redox flow batteries: a technology review. *Int. J. Energy Res* (2014). DOI: 10.1002/er.3260
- [5] <https://www.ngk-insulators.com/en/product/nas.html>
- [6] <https://www.ek-cer.hu/en/2023/06/22/nas-battery-manufacturing-for-ek-cer/>
- [7] IRENA: Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030. 2017. ISBN 978-92-9260-038-9. [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA\\_Electricity\\_Storage\\_Costs\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf)
- [8] Y. Yoo, G. Jang, S. Jung.: A Study on Sizing of Substation for PV With Optimized Operation of BESS. *IEEE Access* (2020) 8, 214577–214585. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3040646.
- [9] B. Marchi, M. Pasetti, S. Zanoni: Life Cycle Cost Analysis for BESS Optimal Sizing. *Energy Procedia* (2017) 113, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.04.034>
- [10] I.-Y. L. Hsieh, M. S. Pan, Y.-M. Chiang, W. H. Green: Learning only buys you so much: Practical limits on battery price reduction. *Applied Energy* (2019) 239, 218–224, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.138>.
- [11] Utility-Scale Battery Storage | Electricity | 2022 | ATB | NREL
- [12] M. Broussely, Ph. Biensan, F. Bonhomme, Ph. Blanchard, S. Herreyre, K. Nechev, R. J. Staniewicz: Main aging mechanisms in Li ion batteries. *Journal of Power Sources* (2005) 146, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.03.172>
- [13] M. Dubarry, B. Y. Liaw, M.-S. Chen, S.-S. Chyan, K.-C. Han, W.-T. Sie, S.-H. Wu: Identifying battery aging mechanisms in large format Li ion cells. *Journal of Power Sources* (2011) 196, 3240–3245. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2010.07.029>
- [14] Sörös M. A., Hartmann B.: Prolonging battery lifetime in various energy markets. *Journal of Energy Storage*, (2022) 56, Part A, 105959. ISSN 2352-152X. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352152X22019478>





Varga Hanna

# Személyes tapasztalatok egyesült államokbeli egyetemi tanulmányaimról

## Második rész

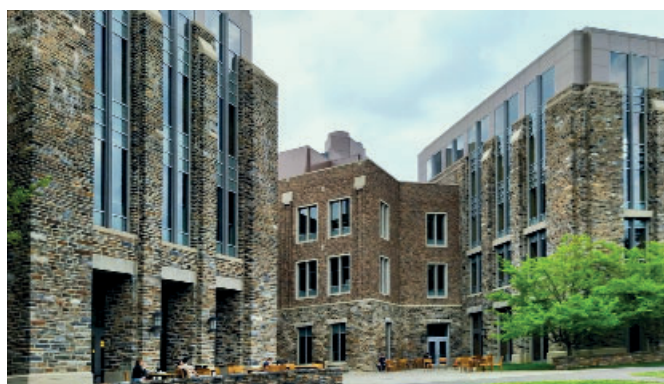
*Az írás első részében megtudtuk, hogy Varga Hanna a Lewis and Clark College-ban (Oregon) kezdte meg tanulmányait. A vegyész alapdiploma megszerzése után, ahogy ebben a részben írja, a Duke Egyetemen járt mester- és PhD-képzésre környezetmérnöki szakon; kutatásaiban a fizikai kémiai megközelítés dominált.*

### Mester- és PhD-képzés

A továbbtanulás irányában gondolkodó alapképzéses hallgatók az Egyesült Államokban jóval az őszi jelentkezési határidő előtt elkezdik a lehetőségek felmérését. Eredetileg európai mesterképzésre mentem volna a költségek miatt, de a harmadik évemben, egyik tanárommal való beszélgetés közben tudtam meg, hogy sok PhD-programba egyből az alapképzés után felvételt nyerhet a hallgató, mesterdiploma nélkül. Ennek általában a feltétele a teljes tanulmányi eredmény és a kutatómunka, szakdolgozat, ami bizonyítja, hogy a hallgató képes lesz az önálló munkára a PhD-képzés alatt. Ez azért fontos, mert a PhD-programok többségében a hallgató munkaviszonnyal rendelkezik, vagyis az egyetemről rendszeres fizetést kap a kutatómunkáért cserébe, illetve a tandíjat és egyéb költségeket az iskola finanszírozza. Így a PhD-képzések többsége ingyenes, míg a mesterképzésekre csak elvéve akad ösztöndíj, és szinte mindenki kénytelen kifizetni a magas tandíjakat, megélhetési költséget. Vannak olyan PhD-képzések, például az is, amelyen én vettem részt, ahol lehetőség van mesterdiploma megszerzésére is ugyanazon a szakon, miután a diák teljesíti a megszabott követelményeket. Ebben az esetben a mesterdiploma szintén ingyenes.

### A jelentkezési folyamat

Az európai egyetemekkel ellentétben a PhD-képzések nem külön helyeket hirdetnek meg (bár ilyen is előfordulhat), hanem az általános őszi jelentkezési folyamat keretében vesznek fel egy diákcsoportot minden évben, amelynek tagjai aztán a professzorok közül választhatnak később mentort. Ezért a jelentkezés menete nagyjából egységes, része az alapdiploma és a GRE (graduate record examination) eredményének elbírálása – utóbbi az egyetemi évek előtti SAT (eredetileg scholastic aptitude test) megfelelője mesterszinten, ami a diákok szókincsét, matematikai és íráskészségét teszteli többek között. Ezenkívül szükség van ajánlólevelekre professzoroktól, és egy esszére, amiben a potenciális kutatási témákat is leírja a jelentkező. Ehhez elengedhetetlen, hogy a választott szakon kutató professzorok munkáit ismerjük, és az érdeklődési körünket összekapcsoljuk a professzorok nevével, részletezve, hogyan segíthetnénk a munkájukat. Vannak, akik



A Duke Egyetem kampusza

már a jelentkezés előtt felveszik a kapcsolatot egy-egy professzorral, hogy az esetleges kutatási lehetőségekről beszéljenek. A borsos jelentkezési díj miatt is érdemes írni az egyetemnek, hátha az eredményeink és anyagi helyzetünk alapján engedélyezik az ingyenes pályázatot (nekem több iskola is elengedte az összeget). Fontos megjegyezni, hogy nem feltétlenül kell az alapdiploma szakján folytatni a tanulmányokat, amíg az alapvető ismeretek megfelelnek az adott szak elvárásainak.<sup>1</sup> Én vegyész alapdiplomával jelentkeztem elsősorban vegyész-mérnöki és környezet-

<sup>1</sup>A hazai szabályozás is hasonló az alap- és mesterképzéses szakok közötti átjárhatóság szempontjából. A doktori képzésre való jelentkezéskor nálunk nincsenek megkövetések az elvégzett kurzusokra, általában az egyes doktori iskolák mérlegetlik, hogy megfelelő-e a jelentkezők végzettsége.





**Témavezetőmmel, Dr. Mark Wiesnerrel. A végzés után az egyik rajzomat adtam emlékebe, én pedig elnyertem a szakom kiváló PhD-hallgatója díját**

mérnöki PhD-képzésekre. Ez részben azért volt megengedett, mert az alapképzés során extra tantárgyakat vettem fel, hogy a mérnöki ismereteket is elsajátítsam, mivel az iskolámnak nem volt külön mérnöki képzése. Így a legtöbb helyre gond nélkül jelentkezhettem, de olyan iskola is van, ahol külön nyári kurzusokkal készítik fel a friss PhD-hallgatókat a mérnöki ismeretekre a hivatalos képzés kezdete előtt, ingyenesen.

Természetesen nemcsak a szakon folyó kutatómunkát érdekes részletesen megismerni, hanem az egyetem egyéb jellemzőit is. Számomra a hely különösen fontos volt, hiszen a következő öt évet abban a városban kellett eltöltenem – a közbiztonság, a tömegközlekedés, a megélhetési költségek mind szempontok. Az egyetemi élet, a klubok, a lehetőségek és a diákok támogatása is számít, valamint a program által adott anyagi támogatás, hiszen ebből kell a lakhatást és egyéb kiadásokat fedezni. Az is lényeges volt, hogy mesterdiplomát szerezhessenek a képzés alatt, illetve, hogy a szakon kívűl is vehessenek fel tárgyakat további tandíj fizetése nélkül – így például lehetőségem nyílt statisztikát és arabot tanulni.

Amennyiben valaki sikeresen túljut a válogatáson, az egyetemen meghívják személyes látogatásra: vagy személyes interjúra, vagy azért, mert eleve felvételt nyert, és lehetőséget biztosítanak az iskola megismerésére, tudván, hogy valószínűleg több intézmény közül kell majd választania. A látogatás általában 2–3 tavaszi napra esik, amikor az összes bejutó PhD-jelentkezőt vendégül látják, saját hotelszobát és teljes ellátást biztosítanak, és fizetik az utazási költségeket. A látogatás keretében a már ott tanuló PhD-diákok vezetnek körbe a csapatot a kampuszon, bemutatva az iskola fontosabb épületeit, szokásait, hagyományait, elviszik őket ebédelni, vacsorázni. Átbeszélhetik a kutatási szándékukat a pro-

fesszorokkal, részletes programleírást kapnak a szak vezetőjétől, és válaszokkal, valamint kis egyetemi szuvenírekkel távoznak. A PhD-képzések többsége esetében a diákok az első évben több kutatólaborban is dolgoznak pár hónapot, hogy aztán kiválasztásuk, melyik professzorhoz csatlakoznak. Én eleve Mark Wiesner professzorhoz nyertem felvételt a Duke Egyetemen, így a döntés egy része rajta is múlt.

## A PhD-képzés felépítése

Az első két évben a diákok figyelme nagyrészt a kurzusokra irányul a kutatási projekt kiválasztása és tervezése mellett, ugyanis a kötelező tárgyakat alkalmassági vizsga követi, hasonlóan a magyarországi komplex vagy átfogó vizsgához. Ennek keretében a kezdeti kutatási eredményeket és tervet is be kell mutatni az elkövetkezendő évekre lebontva (ez természetesen a későbbiekben változhat). Az én esetemben minden másodéves hallgató egyszerűen tette le az írásbeli vizsgát két év tananyagából, illetve nyújtott be kutatási tervet. Ezt követte egy hét múlva a szóbeli vizsga, ahol az írásbeli vizsgán esetlegesen elkövetett hibákról vagy az ott nem szereplő témákról kérdezett a bizottság a kutatási tervek vitatása mellett. Amennyiben a hallgató a vizsga bármely részén elbukik, ott kell hagynia a programot, ha viszont sikeres, PhD-jelölti státuszt kap, és megkezdzi az igazi kutatási folyamatot a témavezetővel. A képzés része a tanársegédi szerep is, mert minimum két félévet kell tanársegédként eltölteni, ennek keretében lehet, hogy előadást vagy laborgyakorlatot kell tartani, fogadóórákat tartani, házi feladatot és vizsgát javítani.<sup>2</sup> A harmadik év vége után következik a kutatási téma védeése, ahol egy választott bizottság előtt kell előadni az addig elért eredményeket; ők eldöntik, megfelelően dolgozik-e a kandidátus, be tudja-e fejezni a még hátra lévő munkát időben, és készen áll-e a disszertáció megírására. Ezt már a végső diplomavédés követi az (általában) ötödik tanév végén.

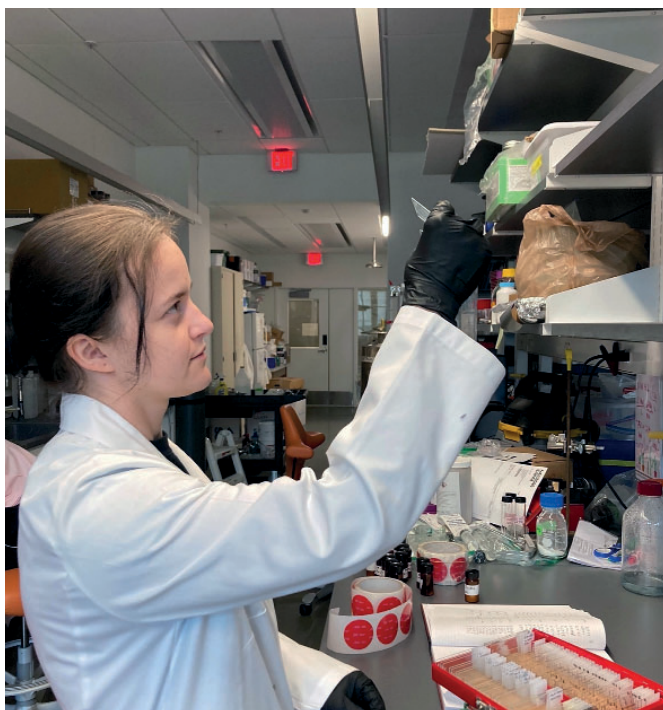
A kutatási folyamatot nagyban befolyásolja a laborcsoport, ahová kerülünk. Vannak témavezetők, akik hetente beszámolókat kérnek minden diáktól és rendszeresen bejárnak a laborba, de vannak olyanok is, akik félévente egyszer találkoznak a diákjaikkal. Bár az utóbbi sokak számára vonzóan hangzik, ebben az esetben a PhD-hallgatók sokkal kevesebb segítséget kapnak a kísérletek kidolgozásánál, és önállóan kell az idejüket beosztani, valamint a munkafolyamatokat folytatni, így annak, akinek fontos, hogy fel-

<sup>2</sup> Ez némileg eltér a hazai tanársegédi pozíciótól. Magyarországon jellemzően a tanársegéd főállásban oktat és kutat, és ezzel párhuzamosan doktori tanulmányokat folytat vagy már rendelkezik fokozattal.

## Kémiai előadóterem



## A környezetmérnöki szak is itt működik



### Munka közben

ügylék a munkáját, nem ilyen professzor való. Az én témavezetőm nagy hírű, hosszú pályafutású professzorként ritkán keresett, de ha bármi kérdésem volt, könnyen elérhettem. Az már az én felelősségem volt, hogy megvalósítsam az ötleteit és tanácsait, felkutassam a kampusz más laborjaiban található, számomra hasznos gépeket, keressek olyan diákokat, akik segíthetik a munkámat, összeállítsam és elvégezzem a kísérleteket, megtervezzem az öt év alatt elvégzendő feladatokat stb. Aki fiatalabb vagy esetleg pályakezdő témavezetőnél dolgozik, kevesebb szabad kezét kap – ez ugyancsak igaz akkor, ha a kutatást egy bizonyos cég vagy szervezet, esetleg az állam szponzorálja. Ebben az esetben gyakran az egész laborcsoport ugyanazon a projekten dolgozik közösen, és meg van szabva, kinek milyen feladatai vannak, milyen kísérleteket kell elvégeznie mennyi időn belül, a pályázati feltételeknek megfelelően. A professzorok legtöbbször ebbe a kategóriába esik, különböző cégekkel vagy állami felhívások alapján dolgoznak konkrét kérdéseken, de vannak olyan PhD-hallgatók is, akik saját maguk nyernek el pályázati pénzt a kutatási tervükre. Az egyik támogató az NSF, National Science Foundation, amely gyakorlatilag a teljes PhD-kutatás költségét fedezi a hallgatóknak, és az egyik legrangosabb elismerés, amit PhD-diák elnyerhet. Itt fontos megjegyezni, hogy külföldi, nem zöldkártyás diákok nem pályázhatnak sem az NSF-felhívásokra, sem más, állami támogatáson alapuló projektekre, illetve általában nem dolgozhatnak a témavezető olyan projektjein sem, amelyeket állami pénzből finanszíroznak. Ez sokszor hátrányt jelenthet a felvételnél, hiszen a kisebb iskolák, fiatalabb professzorok nem mindig rendelkeznek olyan büdzsével, amellyel külföldi diákok támogathatnak.

A publikálás alapvetően nem volt elvárás a környezetmérnöki szakon, de a gyakorlat széles skálán változik. A kísérletalapú tárgyaknál természetesen sokkal tovább tart az adatok gyűjtése és az adatfeldolgozás, mint egy számítógépes modellel foglalkozó kutatásnál. Például a baktériumok tenyésztése vagy növények nevelése hónapokat is igénybe vehet, így ezekben az esetekben általában a PhD-diploma megszerzése után publikál egy vagy két tanulmányt a friss doktor. Gyakori eset az is, hogy több csoportos



### Kutatólabor

projekten dolgozik valaki, így több tanulmány írásában vehet részt társszerzőként. A kollaboratív munkát támogatja az egyetem, sok professzor együttműködik a kutatási kérdések megoldásában, és külön programok keretében is indítanak csoportos kutatómunkát. Én is részt vehettem egy ilyen programban, amelynek keretében az Antarktiszon található madarak fészkelési preferenciáit elemeztük a környezet geomorfológiai tulajdonságaival összevetve. A „rendes” kutatásom azonban a napelemek koszosodásával foglalkozott, azon belül a por és a napelem felszíne közti interakciókkal, a napelem öntisztító bevonataival, és az elpiszkolódási folyamat modellezésével, és ennek érdekében például Új-Mexikóban és Kaliforniában is gyűjthettem adatokat.

### Posztgraduális diákelet

A kutatáson kívül az alapképzésnél leírtaknak megfelelően itt is rengeteg lehetőség közül választhatnak a (a BSc-diploma után posztgraduálissá előlépett) hallgatók a szabadidő eltöltésére, akik már nem a kampuszon laknak. A Duke Egyetem híres a kosárlabdacsapatáról; a mester- és PhD-hallgatók ingyen bejuthatnak az egyébként több száz dolláros mérkőzésekre, amelyek köré egész kultusz épül. Az egyetemen található többek között egy farm, egy látogatható maki- (lemur) kutatási center, egy gyönyörű neogótikus templom, több színház, három könyvtár, túraútvonalak, golfpálya és egy hatalmas, ingyenes botanikus kert, ahová én szinte minden nap ellátogattam. Mindenki talál magának való klubot vagy elfoglaltságot, legyen szó falmászásról vagy 3D-nyomtatásról.

### A diákok rendelkezésére álló 3D-nyomtatók







# A Citroëntől a Sorbonne-ig

**N**em sokkal azután, hogy Scheele felfedezte a klórt Uppsalában, és megfigyelte fehérítő hatását, Berthollet, aki jól ismerte Scheele kísérleteit, 1785-ben textilszálakon is kipróbálta a fehérítést, Párizsban. És mivel oldattal könnyebb dolgozni, mint gázokkal, vízben nyelte el a klórt. Különböző koncentrációkkal, lúgos és sósav hozzáadásával is próbálkozott, de textílek esetében a klór híg vizes oldatát találta a legjobbnak.

Párizs Javel nevű városrészében, a Szajna partján működött ekkoriban egy vegyi üzem, ahol szódát (nátrium-karbonátot) és kén-savat is gyártottak. A klór szintén felkeltette az érdeklődésüket, és Berthollet megmutatta, hogyan állíthatnának elő a gázból fehérítőt. A gyárban úgy döntöttek, lúgos oldatot használnak, amit aztán saját találmányként reklámoztak. Később, mások, felfedezték az oldat fertőtlenítő hatását. A hipót ma is *eau de Javel*-nek (javeli víznek) vagy csak Javelnek hívják Franciaországban.

A vegyi üzemből egy idő után acélmű lett, amely az 1900-as évek elején beolvadt André Citroën üzemébe. Citroën zöldsgyümölcs kereskedő ősei Hollandiában éltek – innen származik a Citroen (hollandul: citrom, e.: szitrun) név, az e-re Franciaországban került rá a két pont. André Citroën a patinás École Polytechnique-en tanult, és nemcsak jó mérnök, hanem zseniális menedzser is volt. Lengyelországban ismerte meg a fából készült, nyílfogazású fogaskerekeket, amelyek csendesen működtek és nagy terhelést bírtak ki. Franciaországban szabadalmaztatta az acélváltozatot, gyárat alapított az előállítására, és óriási üzletet csinált: még a Titanic és a Rolls-Royce is az ő fogaskerekeit használta. A „nyílfogazat” a cég emblémája lett.



A foton látható Citroën-gyártású, nyílfogazású fogaskerékhajtás körülbelül 100 éve szerelték be egy Moldova parti kiserőműbe (Csehországban). 2011-ig használták; ekkor egy közeli városka, Kralupy parkjába szállították (fotó: FDominec, CC BY-SA 3.0)

Az első világháború alatt André Citroën, állami támogatással, modern lőszergyárat létesített a Javel-nyegyedben, amely egyre bővült: így került hozzá az egykori vegyi üzem. A háború után a gyárkomplexumból modern autógyár lett. 1919-ben gördült ki az első, 1975-ben az utolsó darab, ezúttal egy áramvonalas DS; a gyár helyét szerencsére nem zsúfolták tele felhőkarcolókkal, hanem parkosították.

De miért akart Berthollet textilt fehéríteni? Feltehetően azért, mert ekkortájt ő volt a híres Gobelín-gyár (Manufactures des Gobelins) festőrészlegének vezetője. És nem csak a fehérítés ér-



**A parc André-Citroën, Párizs 15. kerületében. 1992-ben készült el** (<https://www.archdaily.com/112685/ad-classics-parc-andre-citroen-alain-provost>)

dekelte: a festés egész tudományáról írt hasznosnak bizonyuló könyvet. A klór vizsgálatából nőttek ki klorátos kísérletei: ő fedezte fel a kálium-klorátot, amelyből később lőszert készítettek, de bemutatásakor szörnyű balesetet okozott – ezt a lőszert nem is vezették be, szerencsére.

A Gobelin-gyárnak Berthollet idejében már hosszú múltja volt. A gyapjúfestéssel induló Gobelin család a Bièvre folyó partján létesített műhelyeket, még a 15–16. században. (A környéket, jóval később, Párizshoz csatolták, a folyó vizét ma a város alatt vezetik a Szajnába.) A francia uralkodók a 17. század környékén startoltak rá a „hazai iparra”. A kárpit, faliszőnyeg mindig fontos volt az udvarban: eleinte csak műhelyeket béreltek a Gobelin családtól, de XIV. Lajos meg is vette őket. Első számú festőjét, Charles Le Brunt nevezte ki igazgatónak, aki nemcsak festőket, szövőket hozott ide, hanem asztalosokat, szoboröntőket, aranyműveseket, metszetkészítőket is – hiszen ő felett, többek között, az akkori palotában felvittatott versailles-i palota teljes dekorációjáért. És igen, ebben a manufaktúrában állították elő a híres gobelíneket. (Ma már néhányan dolgoznak csak itt, de szerveznek műhelylátogatásokat, múzeuma is van.)

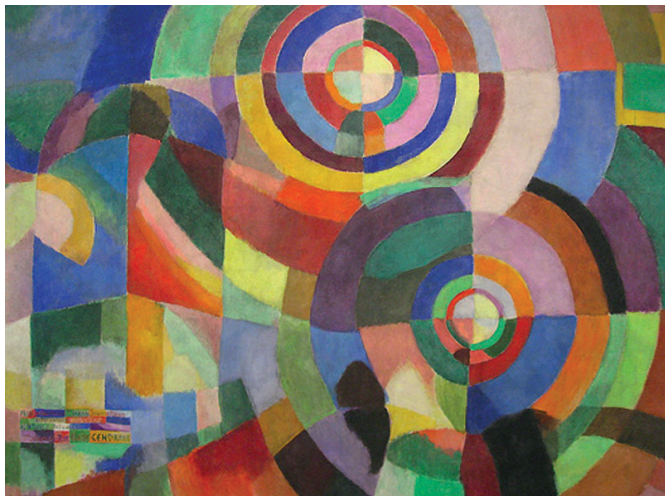


**„XIV. Lajos meglátogatja a Gobelin-manufaktúrát.” A gobelint Charles Le Brun és Adam Frans van der Meulen tervezte 1662-től; 1665-ben kezdték el, 1679-ben fejezték be a szövését. Sok más faliszőnyeggel együtt a versailles-i palotába került**





Valamivel később egy másik jelentős kémikus, Chevreul vezet-e a festőművészetet.<sup>1</sup> Johannes Itten sokat idézett tanulmánya, A színek művészete szerint Chevreul színekről írt könyve „az impresszionista és neoirpresszionista festészet tudományos alapja” lett.



**Elektromos prizmák.** Sonia Delaunay 1914-es festményét a „Szent Mihály útján” akkoriban megjelenő villanyvilágítás inspirálta. A művészre hatást gyakorolt a kémikus Chevreuil színelmélete

Claude Louis Berthollet (1748–1822) nem csak a Gobelin-gyárban vitt prominens szerepet: a francia forradalom idején a pénzverde (Monnaie) vezetője is volt – éppen akkor, amikor a tizenkettesről áttértek a decimális pénzrendszerre, a livre-ről (újra) a frankra, amit csak az euró váltott fel.



A párizsi pénzverde palotája, az Hôtel de la Monnaie udvarán, az érmemúzeum bejárata előtt. A nagyszabású épületet a 18. században emelték a Pont Neuf közelében, de a pénzverdét még a mi honfoglalásunk előtt alapították (quai Conti 11.)

Berthollet egyáltalán nem „vegyésmérnöknek” készült. Eleinte orvosként dolgozott, de a kémiában is képezte magát. Megállapította, többek között, az ammónia összetételét, és hogy a reak-

<sup>1</sup> Michel-Eugène Chevreul (1786–1889). Néhány további név és évszám: Carl Wilhelm Scheele (1742–1786), André Citroën (1878–1935), Gaspard Monge (1746–1818), Joseph Fourier (1768–1830), Antoine François Fourcroy (1755–1809), Pierre-Simon Laplace (1749–1827), Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850).

ciók fizikai körülményei, különösen a reagensek koncentrációi módosítják az affinitást, ami hozzájárult a tömeghatás törvényének megfogalmazásához. Az állandó súlyviszonyok törvényéről folytatott vitája Dalton atomelméletnek felállításában játszott szerepet. Lavoisier hatására nagyon gyorsan elvetette a flogisztonelméletet. Lavoisier mellett részt vett a kémiai nómenklatúra kialakításában, Gaspard Monge, az ábrázoló geometria alapjait lefektető matematikus mellett pedig az École polytechnique megalapításában. Az „iskolának” ő lett az egyik első kémiaprofesszora. Az intézménybe húsz hallgatói labort szántak (ez passzolt Berthollet habitusához), és még egyet minden professzor számára. Mi számontartjuk, hogy először Selmezbányán vezették be a hallgatókat a gyakorlati munkába, ami mintaként szolgált az École polytechnique számára. Abban a tervezetben, amelyet a kémikus Fourcroy terjesztett 1794-ben, az alapítás évében a Konvent elé, az áll, hogy a francia létesítmény „példa nélküli Európában”; persze mindkét állítás igaz lehet. (Az École polytechnique mellett szintén jól ismert francia elit egyetem az École normale supérieure. Ennek elődjét is 1794-ben alapították, tanárképzés céljából. A természettudományokról enciklopédikus tudást kívántak adni, és Berthollet, aki ott is tanított, átfogó kémiai elméletet vázolt fel hallgatóinak, akik ezt jóval kevésbé értékelték, mint a későbbi tudománytörténészek.)



„Lavoisier, egy laboratóriumában bemutatott kísérlet után, áttért Berthollet-t a pneumatikus tanra (1785).” Théobald Chartran festményéről (1889) készült kópia. Az eredetit a Sorbonne első emeleti oszlopcsarnokában őrzik. A pneumatikus kémia gázok („levegők”) tulajdonságait vizsgálta

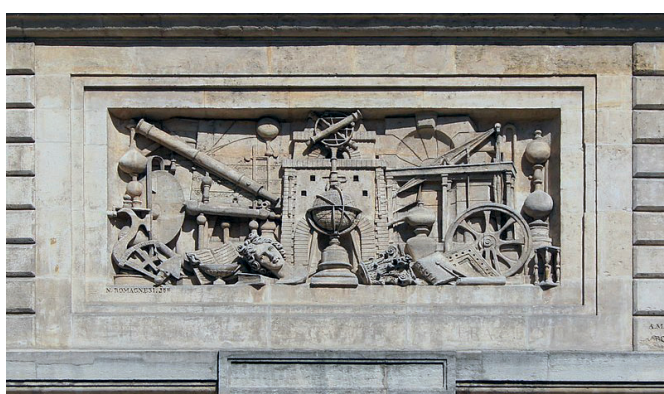


A találkozási készült festmény ihlette a Liebig cég fűszerezett húskivonatának reklámkártyáját (1929). Az inzert Berthollet-t ábrázolja. A híres kémikusokat megjelenítő reklámképekből egész sorozat készült...





Az École Polytechnique 1805-től használt épületének impozáns bejárata a Sorbonne közelében (rue Descartes 2.). Az intézmény korábban a Bourbon-palota (ma itt ülesek a Nemzetgyűlés alsóháza) lovardáját és más melléképületeit kapta meg, a szomszédos palotában, az Hôtel de Lassay-ben pedig (ma a Nemzetgyűlés elnökének rezidenciája) nagy előadótermet alakítottak ki (rue de l'Université, 126). Az egyetem kb. 50 éve a Párizshoz közeli Palaiseau-ba, más tudományos-oktatási intézmények közelébe költözött (nem messze nyílt meg 2023-ban a Servier kutató-fejlesztő intézete)

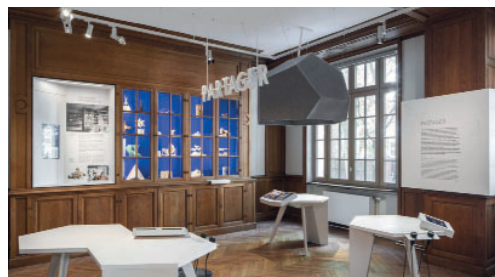


Az École Polytechnique régi épületének bejáratától balra elhelyezett dombormű a tudományos képzésre utal, az itt nem szereplő jobb oldali katonaira, mert Napóleon katonai akadémiává alakította át az École Polytechnique-et

Berthollet idővel Párizs egyik elővárosában, Arcueilben vett elegáns házat, és laboratóriumokat is berendezett magának. Megalapította az Arcueili Társaságot, ahová tudósokat hívott meg, köztük Laplace-t, a szomszédját és Gay-Lussacot, a mentoráltját. Kéthetente volt „szeminárium”, kísérletekkel kiegészítve. A társaságot nagy elismerés övezte. Berthollet-t tartják Lavoisier után a 18. század második legnagyobb francia kémikusának.

Monge és Berthollet a matematika és az alkalmazott tudományok iránt érdeklődő Napóleon kedvenc tudósai közé tartozott. Mindketten részt vettek abban a csoportban, amely az olaszországi hadjárat után kiválogatta az elkobzandó kulturális kincseket (ekkor került a Mona Lisa is Franciaországba). Berthollet, aki a Savoyai Hercegségben született és jól beszélt olaszul, az első között írt a szépművészeti alkotások restaurálási eljárásairól. 1798-ban Napóleon őt bízta meg az egyiptomi hadjárat katonáit kísérő „művészeti és tudományos bizottság” megszervezésével. A 160 fő között szerepelt Monge és Fourier is. Hogy mire kellett ez a bizottság? Először is utak tervezésére, az élelmiszer-ellátás megszervezésére, a gyarmatosítás elősegítésére, amelyhez hozzátartozott az európai tudomány, bizonyos kultúra megismertetése, de az egyiptomi tudás, szellemi és mozdítható fizikai örökség megszerzése is. A többnyire fiatal tudósok nagyon lelkesen tanulmányozták az addig nagyjából ismeretlen egyiptomi vidéket, flórát, faunát, piramisokat, kultúrát. Így lett például a matema-

tikus Fourier híres egiptológus. Napóleon kitüntetésekkel, címekkel, pénzzel is elhalmozta Berthollet-t (és néhány társát), amitől a tudós nem hatódott meg túlságosan: a Szenátus tagjaként 1814-ben a császár „menesztésére” szavazott.



Kiállítás a matematikai múzeumban (Institut Henri Poincaré, rue Pierre et Marie Curie, 11.)

Párizsban utca viseli Berthollet nevét – nem messze a Mongeről elnevezett tértől és a 2023 őszen megnyitott matematikai múzeumtól, a Maison Poincarétól, ahol megint „befigyel” a kémia: a múzeumot a Sorbonne-hoz tartozó Jean Perrin-épületben helyezték el. Perrin, aki ebben az épületben dolgozott, 1926-ban kapott fizikai Nobel-díjat a Brown-mozgás tanulmányozásáért. Kísérleteivel igazolta Einstein elméletét, és alátámasztotta az anyag atomos természetének hipotézisét. A kísérletek során Perrin (nem elsőként) meghatározta az Avogadro-számot – a név is tőle származik. „Az atomizmus régi ellenfelét”, Wilhelm Ostwaldot, Sommerfeld visszaemlékezése szerint „a Brown-mozgás teljes magyarázata térítette át az atomizmusra”. A matematikai múzeum a Curie házaspár „utcájában” van, persze a Curie-múzeum közelében.

sv

#### IRODALOM

- F. Borel, Les grandes expériences scientifiques à Paris. Parigramme, 2013.  
 Compte rendu du Colloque Berthollet (1748–1822). Bulletin de la Sabix (2000) 24.  
 B. Belhoste, De l'École des Ponts et Chaussées à l'École Centrale des Travaux Publics. Bulletin de la Sabix (1994) 11.  
 B. Bensaude-Vincent et al., Leçons de chimie de Berthollet; Introduction. In: L'école normale de l'an III. Vol. 3. 2006.  
 M.-L. Tronc-Casademont, Petite histoire de l'École polytechnique sur la montagne Sainte-Geneviève. Bulletin de la Sabix (2020) 65.  
 Bonaparte in Egypt (2): The scientific expedition, <https://www.napoleon.org/en/young-historians/napodoc/bonaparte-in-egypt-2-the-scientific-expedition/>  
 R. Newburgh et al., Einstein, Perrin, and the reality of atoms: 1905 revisited. Am. J. Phys. (2006) 74, 478.



Kathó Ágnes

■ Debreceni Egyetem Fizikai Kémiai Tanszék

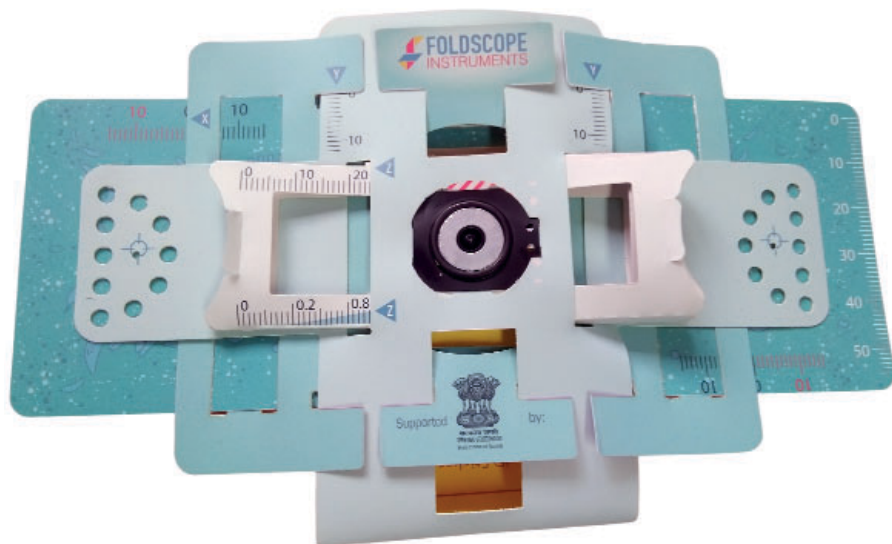
Ha lúd, legyen arany?

# A Golden Goose-díj

**A** Magyar Kémikusok Lapja hosszabb ideje rendszeresen beszámol a mulatságos tudományos eredményeket elismerő IgNobel-díjakról [1]. Vannak azonban, akikből az effajta teljesítmények nem nevetési inger, hanem dühöt váltanak ki. Közéjük tartozhatott az Egyesült Államok egyik demokrata szenátora, William Proxmire, aki 1975-től kezdődően 13 éven keresztül havi egy Aranygyapjú-díjat (Golden Fleece Award) osztott ki azoknak a szövetségi állam által támogatott kutatásoknak, amelyek – szerinte – csak a tudományra fordítható összegek eltékozlására, elherdálására jók [2].

Egészen másképpen közelített a sokak által lenézett vagy kigúnyolt ötletekhez Jim Cooper, Tennessee állam republikánus képviselője. Nemcsak saját pártbeli társaival, hanem demokrata képviselőtársakkal is összefogva 2012-ben megalapította az Aranylúd-díjat (Golden Goose Award) annak bemutatására, hogy az ilyen kutatások egy része a későbbiekben jelentős emberi és/vagy gazdasági hasznot hajtottak. A díjra a szövetségi állam által támogatott, már lezárt projektek közül azok jelölhetők, amelyek igen jelentős tudományos, technológiai áttörést vagy társadalmi hatást váltottak ki, de a támogatás folyósításának idején a) ilyesmire még nem lehetett számítani; b) szokatlanak vagy elsőre neveseknek tűntek a célok, és az eredmények értéke is kérdéses volt. Emellett olyan felfedezésekre is fel lehet hívni a figyelmet, amelyek a támogatott kutatások „melléktermékeként” képződtek. Ezek olyan megfigyelések, amelyek távol álltak a kutatások eredeti fókuszától, de a kutatók felismerték a szándékuktól eltérő észlelet jelentőségét (serendipity).

Életmentő kezelések, gyógyszerek kifejlesztésében jeleskedő kutatók mellett azokat is jutalmazták, akik jelentős mértékben hozzájárultak a nemzetbiztonság, az energiafelhasználás, a környezetmegóvás, a közegészségügy terén mutatkozó technikai fejlődéshez. Egyének és szervezetek korlátozás nélkül tehetnek javaslatot, de az önjelölés kizárt. Évente három, 2012 óta pe-



1. ábra. Az origami mikroszkóp

dig összesen 33 vívmányt díjaztak, de ebben a rövid ismertetőben közülük csak a 2022. évi nyerteseket mutatom be az Aranylúd-díj honlapja alapján [2] (a kézirat leadásakor a 2023-ban kitüntetettek neve még nem volt ismert).

Manu Prakasht és Jim Cybulskit a filléres mikroszkóp megalkotásáért jutalmazták. Az eszköz szükségességére Prakash, a Stanford Egyetem fizikusa akkor döbbszóra, amikor 2011-ben Indiában tanulmányozta a fertőző betegségek (pl. a malária) azonosítására használt módszereket. E kórságok korai felismerése, terjedésének megakadályozása százezrek életét mentheti meg, de az ehhez nélkülözhetetlen mikroszkópokat sok helyen nem tudják megvenni. Prakash találkozott olyan esettel is, hogy a drága műszer egy lezárt szobában porosodott, mert nem volt szakképzett kezelője és/vagy megoldatlan volt az eszköz karbantartása, javítása. Ekkor tűzte ki azt a meglepő célt, hogy olcsó, könnyen kezelhető, nagy teljesítőképességű (a malária kórokozójának kimutatására alkalmas), széles körben hozzáférhető mikroszkópot fog kifejleszteni.

Az elnyert pályázatban leírt tervét a mérnök végzettségű Cybulskival, az akkori PhD-hallgatójával közösen valósította meg.

Diákok a mikroszkóppal  
(Foldscope Instruments, Inc.)

Alapanyagul az olcsó papírt választották, amelyből a nyomtatással felvitt alakzatokat nagy pontossággal ki lehet vágni, és azok hajtogatásával kialakítható a mikroszkóp háza (a hajtogatásra utal az origami mikroszkóp, illetve az angol „foldscope” elnevezés is). Lencseként egyszerű üvegolyót, míg fényforrásként egy gombelem által táplált, nagy fényerejű LED-et alkalmaztak. A hozzávalók csekély árának köszönhetően az akár 140-szeres nagyítást is elérő eszközt kevesebb mint egy dollárból állították elő, és a költségek kímélése érde-





2. ábra. A filléres centrifuga

kében a méreteit a szabványos tárgylemezhez igazították (1. ábra).

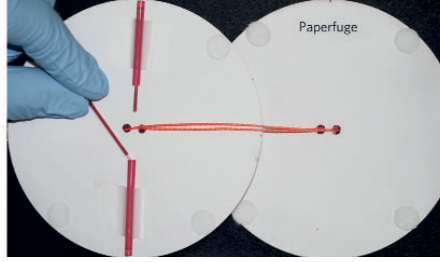
A 2022-es adat szerint a papírmikroszkóp 160 országba és 1,8 millió emberhez jutott el (nagyon sokukhoz ingyen, az állami támogatásnak köszönhetően). A felhasználók sokféle területen eredményesen alkalmazták az eszközt, de a feltalálók nagyon büszkék az általuk alapított, Microcosmos elnevezésű online fórumra is. Ennek keretében a világ legkülönbözőbb tájain élő emberek megosztják és értékelik a mikroszkóppal készített felvételeiket, azaz a mikroszkóp közösségteremtő erővé is vált.

Annak ellenére, hogy kezdetben nagyon nehezen kapott támogatást, Prakash ma is további filléres tudományos eszköz kifejlesztésére törekszik. Irányításával kb. 20 centből valósították meg a kézi hajtányú, mindössze 2 g tömegű, papírból készült centrifugát (2. ábra), ami másfél percnél is kevesebb idő alatt képes a kapillárisba zárt vérminta plazmáját elkülöníteni [3]. Az ötletet az a játék adta, amelyet gyerekorunkban talán mindannyian készítettünk egy gomb és kb. félméternyi spárga felhasználásával.

Reménykedem, hogy a közoktatási (vagy akár a felsőfokú) intézményekben már felfedezték ezeket a papírcsodákat, és a tanárok biztatására a gyerekek számos megfigyelést, kísérletet végeztek ezekkel az olcsó műszerekkel.

Az ifjúság érdeklődését azonban nemcsak a mikroszkopikus méretű dolgok kelte fel, hiszen már az egészen apró gyerekek is szívesen gyűjtenek változatos méretű, színű, alakú rovarokat, kagylókat, csigákat és más élőlényeket. A Fülöp-szigete-

3. ábra. A kúpcsigák egyike (*Conus magus*)



ki Baldomero Marquez Olivera középiskolásként szerettt bele a kúpcsigákba (3. ábra), és tudományos igénnyel rendszerezte jelentős kollekciónját.

A PhD-fokozatot San Franciscóban szerezte meg, majd a Kansasi Állami Egyetemen DNS-szintézisekkel foglalkozott. Az elsők között fedezte fel és írta le az *Escherichia coli* DNS-ligáz enzimét, azt az öszeillesztő enzimet, amely nagyban hozzájárult a génszűréshez és a DNS-rekombinációs folyamatok megvalósulásához [4].

Olivera minden évnek legalább a felét a szülőhelyén töltötte, de ott nem voltak meg a DNS-kutatások feltételei, ezért ezekben az időszakokban a figyelme a régi hobbi felé fordult. Érdeklődésének középpontjában azonban már nem a rendszertani jellemzők, hanem a kúpcsigák zsákmányszerzésre, illetve védekezésre használt mérgei kerültek. Ezek a mérgek rendkívül összetettek, fajoként legalább 200, egyenként is mérgező peptid keverékei. E vizsgálatokba bevonta az ugyancsak Manilában élő egykori évfolyamtársát, Lourdes J. Cruz vegyész, akit később az amerikai munkahelyére, az Utahi Egyetemre is meghívott, hogy a mérgek különböző frakcióinak élet-tani hatásait vizsgálják.

Ezekben a kísérletekben azonban csak akkor következett be igazi áttörés, amikor csatlakozott hozzájuk egy hallgató, Craig Clark. Őt elsősorban az agy működése érdekelt, ezért az addigi szokástól eltérően nem az egerek bőrébe, hanem az agyába injektálta a *Conus magus* kúpcsigából származó mérgeanyag különböző részleteit. Egyes frakciók élénkítették, mások letargikussá tették az egereket, de az egyéb hatások között akadt például remegést kiváltó is. Már jó fél éve folytak a kaotikus viselkedés titkának megfejtésére irányuló kísérletek, amikor egy kezdő hallgató, Michael McIntosh a remegést okozó toxin elkülönítésére vállalkozott. A kinyert, jól jellemzett peptiddel széles körű vizsgálatokba kezdtek, például olyan kérdések megválaszolásához, hogy a mérge miért nem bénítja meg az egereket, ha a halak vagy békák éppen emiatt válnak a csigák áldozataivá.

Ezeknek a tanulmányoknak a során bizonyították az  $\omega$ -konotoxinként elnevezett vegyület kalciumcsatorna-blokkoló hatását, és felismerték, hogy a kúpcsigák toxinjai alkalmasak lehetnek krónikus fájdalmak enyhítésére. Az Elan nevű cég szintetizálta az  $\omega$ -konotoxint, és a zikonotidra keresztelt hatóanyag 2004-ben engedélyt kapott a gyógyászati alkalmazásra. A Prial néven forgalmazott gyógyszer nagy előnye, hogy – szemben a morfinszármazékokkal – nem az opiát-receptorokhoz kötődik, ezért nem okoz függőséget. Óriási hátránya, hogy közvetlenül a gerincvelői folyadékba kell bejuttatni. Biztató állatkísérletek vannak azonban olyan módosított konotoxinokkal, amelyekből szintén hatásos fájdalomcsillapító tablettákat készítettek.

Az emberek életét nemcsak a fájdalmak, hanem érzékszerveik károsodásai is megkeserítik. Sokaknak segített már a lézeres szemműtét, de lényegesen kevesebben lehetnek azok, akik hallottak a módszer kiindulási pontjának tekinthető balesetről. Előzményként érdemes megemlíteni, hogy Gerard Mourau és PhD-hallgatója, Donna Strickland 1985-ben a Rochester Egyetemen dolgozták ki azt a módszert, mellyel nagy intenzitású, ultrarövid lézerimpulzusokat tudtak létrehozni (a fázismodulált impulzuserősítésen alapuló elv kidolgozásáért 2018-ban megosztott fizikai Nobel-díjat kaptak).

Néhány év múlva Mourau a Michigani Egyetemen folytatta ezeket a kísérleteket, ahol PhD-hallgatóinak egyike, Detau Du egy alkalommal védőszemüveg viselése nélkül igazította meg a lézerkészülék tükrét. Szerencséjére, ez a figyelmetlenség a látását lényegesen nem befolyásolta, de a szemét megvizsgáló orvos, Ron Kurtz érdeklődését felkeltette, hogy a lézersugár egy tökéletesen kör alakú égésnyomot hagyott a retináján. Együttműködésbe kezdtek, és kiterjedten vizsgálták a lézersugarak által okozott szövetkárosodások mértékét.

Közel egyéves tapasztalataikat egy 1994-ben megrendezett konferencián ismertették, ahol jelen volt Juhász Tibor a Kaliforniai Egyetem (Irvine) lézerfizikusa, akinek szintén voltak már ismeretei a femtoszekundumos lézersugarak és a szaruhártya kölcsönhatásáról. Ez indította arra Mourau-t, aki mellett már korábban is dolgozott Rochesterben, hogy Michiganba hívja közös munkára. 1997-ben Kurtz és Juhász megalapította az IntraLase nevű céget, hogy kidolgozzák a szike nélküli, lézerrel végzett szemkorrekciós műtéti eljárásokat, és kifejlesszék az ehhez szükséges eszközöket.



Sokéves sikeres klinikai használat után 2001-ben mutatták be az első, kereskedelmi forgalomban is kapható femtoszekundumos lézerekészüléket, amit ma már a világ sok táján rutinszerűen alkalmaznak. A segítségével végzett korrekciós műtétek a korábbi eljárásokhoz képest sokkal kisebb kockázattal és rövidebb idejű felépüléssel járnak. Napjainkig legalább 30 millió ember élvezte ezeket az előnyöket, és az is kiderült, hogy a műszer nemcsak a korrekciós műtéteknél lehet hatásos. A Juhász Tibor által létrehozott ViaLase startup cég például a zöldhályog kezelésében ért el már jelentős eredményeket.

Az eddigi díjazottak között Juhász Tibor az egyetlen hazánkfi, de nem az egyedüli magyar, hiszen 2021-ben Karikó Katalin már részvett ebben az elismerésben (Drew Weissmannal közösen a mRNS-alapú vakcina kifejlesztéséért). Akik egy kicsit is kö-

vették az ő munkásságát, azok tudják, hogy az elbocsátások, sikertelen pályázatok ellenére mindig töretlen volt a lelkesedése és a hite az mRNS-sel kapcsolatos kutatások hasznában, fontosságában [5]. Eltökéltésge, hihetetlen munkabírása (megszállottsága?) elengedhetetlen volt ahhoz, hogy nagyon sok ember megmenekülhessen a Covid-járvány alatt, és bizonyára új lendületet adott azoknak a kutatásoknak is, amelyek e technika más betegségek kezelésében való alkalmazására irányulnak.

Az Aranylúd-díj nyerteseinek történeteit olvasva többekben felidéződhetnek az alap-kutatások támogatásának szükségességéről szóló, időről időre fellángoló viták. Néhány éve a tudomány finanszírozásáért felelős miniszter (az MTA rendes tagja) a Magyar Hírlap 2018. július 6-i számában a következőt nyilatkozta: „Legitim igény, hogy hasznos, a társadalom érdekét szol-

gáló célokra fordítsuk az adófizetők pénzét.” E mondat minden szavával egyet lehet érteni, de amint az előbbiekben részletezett esetek is mutatják, nehéz megjósolni, hogy egy kutatási téma milyen alkalmazást indíthat el, és mekkora társadalmi hasznot hozhat akár az eredeti ötlettől távol eső területen is. Fontos lenne, hogy ne semmissüljenek meg az aranytojást tojó tyúkok!

Lapzártakor érkezett a hír, hogy Karikó Katalin és Drew Weissman orvosi Nobel-díjat kapott.



## IRODALOM

- [1] Lente G., MKL (2023) 78, 269.
- [2] <https://www.goldengooseaward.org>
- [3] Bhamla M.S., Benson B., Chai C., Katsikis G., Johri A., Prakash M., Nat. Biomed. Eng. (2017) 1, 0009.
- [4] Thomas K.R., Olivera B.M., J. Biol. Chem. (1978) 253, 424.
- [5] Silberer V., MKL (2019) 74, 117.



## Olvasnivalót ajánlanék

*István Hargittai–Balázs Hargittai: Brilliance in Exile. The Diaspora of Hungarian Scientists from John von Neumann to Katalin Karikó. CEU Press, Budapest–Vienna–New York, 2023.*

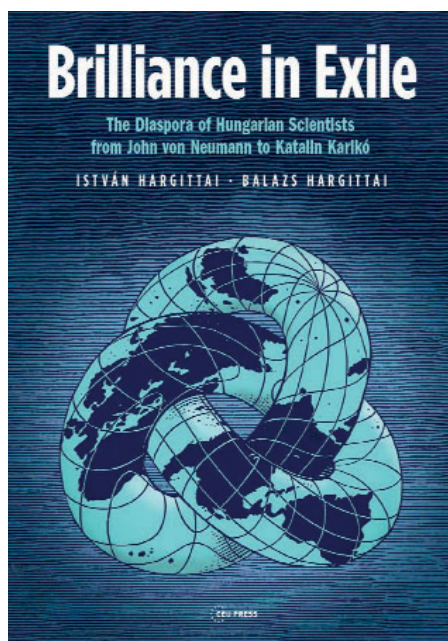
Ismét egy angol nyelvű könyvet ajánlanék olvasásra. A könyv szokatlanul élményekkel gazdagított, és bízom benne, hogy több olvasónknál célt érek. A kicsit borsos ára nem lehet akadály, mivel ma már egy magyar nyelvű könyv sem sokkal olcsóbb. A kormányzati minőségrombolás, amit az okoz, hogy az egyetemi diploma megszerzésének nem feltétele az idegen nyelv tudása, nem terjed olyan gyorsan, és sokan vannak, akik még tudnak angolul.

A könyv az országból öt hullámban (kezdvé a korai húszas évektől egészen a rendszerváltás utáni évekig) kivándorolt 50 magyar tudós életét mutatja be a szerzők szokásos olvasmányos, élvezetes stílusában. A bevezetőben leszögezik, hogy a történelem okán a hazájukat elhagyó tudósok között nem csak zsidók és zsidó származásúak voltak/vannak. A tudósok mind a természettudományok és a matematika területén alkottak; az egyes hullámokból csak egy-egy nevet említenék, az én számomra különböző okokból legmaradandóbbakat (az okokra terjedelmi okokból nem térek ki): ezek Szilárd Leó, Erdős Pál, Szent-Györgyi Albert, Oláh György és Furka Árpád. Mindannyian kemény munkával nemzetközileg ismertté váltak, szakmai karriert csináltak. Az egyes fejezetek végén van egy „kontroll”-tudós, aki a számítéztudásból/külföldről hazatért, mint Bródy Imre vagy Furka Árpád. Az ő pályájuk bizony nem teljesedett ki.

A szerzők számára két alapvető üzenet fogalmazódik meg, melyet az olvasóknak ajánlanak tanulságként; ezt idézném itt he-

venyészett fordításban: „Az egyik, hogy minden olyan ország, amely kirekesztő és nem elfogadó, rengeteget veszít. A másik pedig: azok a társadalmak, amelyek elfogadóak és toleránsak, integrálóak és befogadóak, óriási haszonra tesznek szert.”

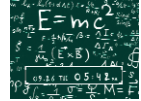
Bennem is felmerül, hogy most mit hoz a jövő. Nem látok változást, az ötödik hullám folytatódik, vagy egy még erősebb hatodik hullám indul. A pedagógusokat óraadók váltják fel a közoktatásban; a felsőoktatás és kutatás területén a nemzetközi/európai kapcsolataink beszűkülnek az Erasmus+ és a Horizont hálózatokból való kikerüléssel. A kormány azzal nyugtatja az állampolgárokat, hogy majd ő pótolja a hiányzó forrásokat. A kialakult kapcsolatot nem lehet pénzzel pótolni. Elutazni lehet, szállást is lehet foglalni, de az együttműködő intézmények kapui zárva maradnak. Oda már nem engednek be bennünket. Évente több ezer magyar egyetemista nem mehet európai egyetemre részképzésre az Erasmus+ program keretében. Ők már a teljes egyetemi tanulmányaikat akarják európai egyetemeken végezni. És 2024-től felfüggesztették tevékenységünket a folyó EU-s kutatási programokban is, kesereg Kemenes Gábor víruskutató Pécscről. Így jártunk mi is egy COST-projektünkkel. Beláthatatlan károkat okoznak ezek tudományos kapcsolatainkban. A kapcsolatot nem lehet újraépíteni egy-két e-maillal.



A könyvet a CEU Press a szerzőkkel való hangulatos hibrid (személyes és online) beszélgetésen mutatta be a CEU Nádor utcai központjában. Sokan voltunk; igaz, inkább az idősebb korosztály képviseltette magát. A beszélgetést Michael L. Miller, a CEU professzora vezette. Többet tudhatnak meg a beszélgetésről és a könyvről a <https://events.ceu.edu/2023-09-21/book-launch> linken.

KT





## KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

## Kohlrausch törvényei

**F**riedrich Kohlrausch a 19. század kiemelkedő tudósa volt. A kísérleti módszerek kidolgozásával, a precíz mérések kivitelezésével és azok értelmezésével ő indította el azokat a kutatásokat, amelyek az elektrolitokkal foglalkozó tudományterület megalapozásában döntő szerepet játszottak. Nem kevésbé jelentős, hogy minden későbbi szereplő (így például Ostwald, Arrhenius, Nernst) valamilyen formában az ő tanítványa volt.

## Az ionok független vándorlásának Kohlrausch-féle törvénye

Friedrich Kohlrausch 1873-ban a következő törvényt fogalmazta meg: Végtelen hígításban (azaz nagyon híg oldatban) az ionmozgékonyosságok ( $u_i$ ,  $\text{m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) az egyes ionokra jellemző és az oldatban lévő többi ionoktól független értékek. Következésképpen az elektrolitok moláris vezetése ( $\Lambda = \kappa c_B$ , ahol  $\kappa = \sum z_i F u_i c_i$  az elektrolit (fajlagos vagy mért) vezetése és  $c_B$  az elektrolit koncentrációja,  $\Lambda$  mértékegysége:  $\text{S m}^2 \text{mol}^{-1}$ ) az egyes ionok moláris vezetése ( $\lambda = z_i F u_i$ , ahol  $z_i$  az ion töltésszáma,  $F$  a Faraday állandó,  $\lambda_i$  mértékegysége:  $\text{S m}^2 \text{mol}^{-1}$ ) összegeként írható fel:

$$\Lambda = \lambda_K + \lambda_A, \text{ azaz } \Lambda = u_K + u_A,$$

ahol K és A alsó indexek az adott elektrolit kationját, illetve anionját jelölik.

Kohlrausch törvényét annak a kísérletsorozatnak az eredményére alapozta, amelyben sorban megmérte különböző kationok azonos anionnal és különböző anionok azonos kationnal alkotott sóinak vezetését. Azt figyelte meg, hogy a két különböző kation közös anionnal alkotott sóinak moláris vezetése közötti különbség híg oldatban gyakorlatilag független a közös anion minőségétől, illetve különböző anionok közös kationnal alkotott sóinál ugyanez a helyzet.

Svante Arrhenius (1859–1927, Nobel-díj: 1903) az elektrolitikus disszociáció elméletét csak 1884-ben fogalmazta meg, de az ehhez vezető utat Kohlrausch követte ki mind a mérési technika kidolgozásával, mind szisztematikus mérési eredmények közzétételével. Megjegyzendő, hogy Arrhenius 1886-ban posztdoktor volt Kohlrauschnál Würzburgban (1. ábra).

## Kohlrausch hígítási törvénye

1900 körül Kohlrausch meghatározta az erős (teljesen disszociáló) elektrolitok híg oldataiban az elektromos vezetés koncentrációval való változását. E szerint



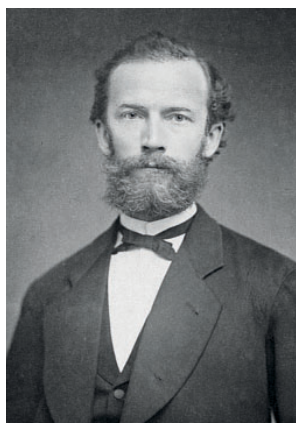
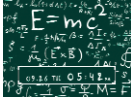
1. ábra. Kohlrausch (középen ül) és tanítványai: Arrhenius (áll, jobbról a második), mellette a kép jobb szélén a még ifjabb Walther Nernst

$$\Lambda_0 - \Lambda_c = A \sqrt{c},$$

ahol  $\Lambda_0$  és  $\Lambda_c$  a „végtelen hígítású” oldat (extrapolációval határozható meg), illetve a  $c$  koncentrációjú oldat moláris vezetése,  $A$  pedig egy állandó. Ez az eredmény ellentétben van a gyenge elektrolitokra vonatkozó Ostwald-féle hígítási törvénnyel, ami szerint a moláris fajlagos vezetés lineárisan változik a koncentrációval híg oldatokban. Ebből következik, hogy erős elektrolitok esetében nem a disszociáció fokának változása játszik szerepet, amelyben a tömeghatás törvénye érvényesül. Erős elektrolitokban a domináló hatás az ionok közötti elektrosztatikus kölcsönhatás. Ennek elméletét Peter Debye (1884–1966, Nobel-díj: 1936) és Erich Hückel (1896–1980) dolgozta ki 1923-ban [1], majd Lars Onsagerrel (1903–1976, Nobel-díj: 1968) együtt a vezetés Kohlrausch-féle gyökös koncentrációfüggésre is magyarázatot tudtak adni.

## Friedrich Kohlrausch

Friedrich Wilhelm Georg Kohlrausch (Rinteln, Németország, 1840. október 14. – Marburg, 1910. január 17.) (2. ábra) apja, Rudolf Hermann Arndt Kohlrausch (1809–1858) neves fizikus volt. A fiatalabb Kohlrausch Erlangenben és Göttingenben fizikát tanult, az utóbbi egyetemen doktorált is. Wilhelm Eduard Weber (1804–1891), a mágneses fluxus egységének névadója volt a témavezetője, aki már apjával is együtt dolgozott. Weber és Rudolf Kohl-



2. ábra. Friedrich Kohlrausch 1875 körül

rausch 1856-os híres munkájában azt mutatták ki, hogy az elektrosztatikus és az elektromágneses egységek aránya a fénysebességet adja, amit ők jelöltek először  $c$  betűvel. Friedrich Kohlrausch a kor szokásának megfelelően különböző egyetemeken vállalt munkát, először Frankfurtban előadó, 1866 és 1870 között a Göttingeni Egyetemen fizikatanár, 1870-től az ETH professzora Zürichben, de egy év múlva már a Darmstadt Műszaki Egyetemen találjuk. 1875-től a Würzburgi Egyetem professzora, ahol fő témája az elektrolitikus vezetés lesz. Nála doktorált Walther Nernst (1864–1941, Nobel-díj: 1920) és Erasmus Kittler (1852–1929) fizikus, az elektrotechnika egyik jeles úttörője is. 1888-tól a Strasbourgi (Straßburgi) Egyetem professzora. Utóda Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) lett a würzburgi tanszéken. 1894-ben visszautasítja a professzori állást a berlini Humboldt Egyetemen, de 1900-tól tanít Berlinben. 1887-ben Wilhelm Ostwald (1853–1932) felkereste őt Würzburgban. Így írja le Kohlrausch: „Magas, vékony ember, szürkés-szőke szakállal, nyugodt, keveset beszélő, tartózkodó.” Ostwald nagyon hálás volt Kohlrauschnak, mert az ő ajánlásával került azután a Lipcsei Egyetemre professzornak [2].

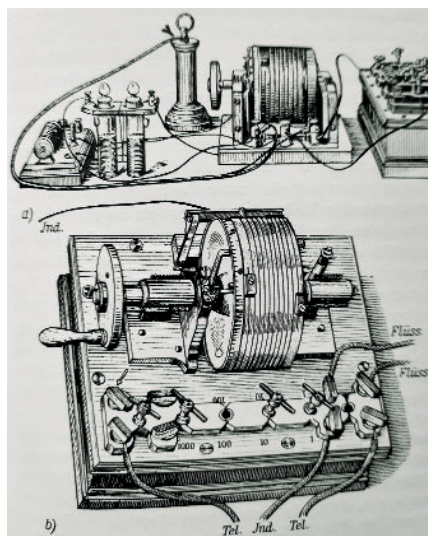


3. ábra. Kohlrausch a laboratóriumában 1902-ben

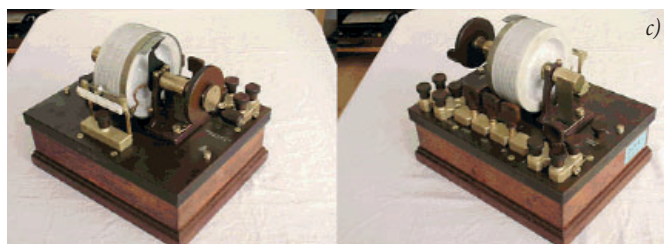
1895-től Hermann von Helmholtz (1821–1894) utódként Kohlrausch a Physikalisch-Technische Reichsanstalt elnöke (3. ábra), amely tisztséget 1905-ig tölti be. Számos precíziós műszert és mérési technikát (torziós magnetométer, árnyékolt galvanométer, dinamométer, Kohlrausch-híd (dob) ellenállásmérésekhez) fejleszt, szabványokat, kalibrálási módszereket dolgoz ki, amelyeket azután az egész világban használtak. Tárgyunk tekintetében például alapvető jelentőségű, hogy ő használt először váltóáramot elektrolitikus elektromos ellenállásának (vezetésének) mérése során, elkerülve ezzel az elektrolízis okozta mérési pontatlanságot [3]. Egyik fontos találmánya a helikális (spirális) potenciométer, amit Kohlrausch-dobnak vagy -Walzénak neveznek (4. ábra).

Helmholtz és Ernst Werner Siemens (1816–1892) mellett Kohlrauschnak nagy szerepe volt az élenjáró német elektrotechnikai, optikai és mechanikai ipar megalapozásában.

Könyvei – Leitfaden der praktischen Physik (1870), Lehrbuch der praktischen Physik (1901) – több nyelven és több mint húsz kiadásban jelentek meg.



4. ábra. a) Kohlrausch mérési berendezése oldatok vezetésének mérése, b) A Kohlrausch-dob ellenállás (feszültség) értékének beállítására [5] c) Wheatstone-híd Kohlrausch-dobbal 1889-ből (https://www.alte-messgeraete.de/)



5. ábra. Az Annalen der Physik címlapja a kuratórium tagjaival



6. ábra. Kohlrausch összes publikációjának gyűjteményes kötetek

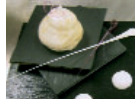
Szerkesztett folyóiratot (5. ábra), nagyon sok cikket publikált. Már egy évvel halála után, 1911-ben gyűjteményes kötetben kiadják összes műveit (6. ábra).

Munkásságát Wilhelm Wien (1864–1928), az 1911. évi fizikai Nobel-díjas méltatta [6], illetve a londoni Royal Society – amelynek 1906-tól tiszteletbeli tagja volt – kiadványában jelent meg értő és elismerő megemlékezés [7].

IRODALOM

- [1] Erdy-Grúz T., Schay G., Elméleti fizikai kémia III. Tankönyvkiadó, Budapest, 1962. 32–82.
[2] W. Ostwald, The Autobiography (R. S. Jack, F. Scholz, szerk.). Springer, 2017, 114, 137.
[3] F. Kohlrausch, Annalen der Physik (1876) 235, 233–275.
[4] L. Dunsch, Geschichte der Elektrochemie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1985, 70–72.
[5] W. Wien (1910), Obituary: Friedrich Kohlrausch. Annalen der Physik (1910) 336(3), 449–454.
[6] G. C. F. Obituary Notices of Fellows Deceased. Proceedings of the Royal Society of London. Series A (1911) 85(582), xi–xiii.





Braun Tibor

# Ínyenc étkezés a molekuláris gasztronómiától a „hangjegytől hangjegyig” konyháig

HERVÉ THIS  
- FŐZÉS KÖZBEN

## Előszó

Célszerűnek tűnik, hogy írásunkat rövid magyarázattal kezdjük, és az ínyenc étkezésről említsünk néhány szót. Az ínyenc kifejezés a francia nyelvből származik. Magyarországon ezt a szót az étkezés kifinomult szokásával kapcsolatban használjuk, ehhez hozzá kell tenni, hogy a fogalomhoz francia nyelven két szó is rendelkezésre áll, a *gourmet* és a *gourmand*. E két szó jelentése azonban eltér egymástól. A *gourmand* (nincs magyar megfelelője) a falánk, nagyevő, zabáló, míg a *gourmet* (magyarul ínyenc) a „választékos evő”, aki jó étvágyal étkezik és inkább az ételek minőségében leli örömét.

A címben használt ínyencséget kizárólag a *gourmet* vonatkozásban használjuk a molekuláris gasztronómia és a hangjegyről hangjegyre konyha esetében is.

## Bevezetés

Kevesen befolyásolták *Hervé This*nél jobban a kulináris világot, illetve a gasztronómiát. Érdekesnek tekinthető, hogy *This* ezt nem képzett séfként, hanem vegyészként, kémikusként tette, aki ismereteit, tudását arra használta, hogy 1988-ban *Nicholas (Miklós) Kürti* oxfordi amatőr séf és gasztronómus fizikusprofesszorral együtt létrehozta azt a kulináris és kutatási irányzatot, amelyet azóta molekuláris gasztronómiának neveznek. [1] *This* szerint [2,3] az ő akkori törekvései mögött is már ott lappangtak azok a gondolatok, amelyek szerint tisztán kémiai vegyületekből kiindulva, közvetlenül is készíthetők ételek.

Gasztronómiának nevezünk minden intelligens tudást az emberi táplálkozásról; az ételek, italok szakértői ismeretét, ínyencségét, illetve élvezetének művészetét, tágabb értelemben az étkezés kultúráját is. A fejlődés során óhatatlanul felmerült a kérdés, hogy miért viselkednek úgy az élelmiszerek, ahogy, amikor bizonyos dolgokat tesznek velük. Azt a tevékenységet, amely a konyhai nyersanyagoktól az elkészült ételig vezető változások fizikai és kémiai mechanizmusát van hivatva megismerni, Kürti és *This* kezdeményezése és tevékenysége nyomán szintén a molekuláris gasztronómiához tartozónak ismerték fel és fogadták el világszerte a legutóbbi 50-60 év során. [2] Utóbbiról nemrégén részletesen írtunk, ezért nem térünk rá újfent vissza. [3]

Időközben Kürti professzor Angliában elhunyt, és 1994-ben *Hervé This* létrehozta azt a még újabb gasztronómiai irányzatot, amit ő a furcsa és nehezen lefordítható „*note-by-note cuisine*”-nek, azaz „hangjegyről hangjegyre konyhának” nevezett el. [4] *This* szerint a *note-by-note cuisine* nem húst, halat, zöldséget



használ ételkészítésre, hanem helyettük a belőlük kivont tiszta vagy a cél érdekében szintetizált kémiai vegyületeket, illetve azok keverékeit. Ez hasonló lehetne ahhoz, írja *This*, mint amikor a zenét nem hangszerekkel, például trombitákkal, hegedűkkel, zongorával stb. hozzák létre, hanem tiszta hanghullámokat kevernek zenévé. Az elektronikus zene, amelyet szintetizátorokkal állítanak elő, az utóbbi időben hatalmas fejlődésen ment keresztül. Ma az ilyen elektronikus hangkeveréssel bármilyen zenei hang létrehozható. A zenéből vett analógia alapján *This* szerint a *note-by-note cuisine* során a séfnek meg kell terveznie a tiszta vegyi komponensekből álló étel alakját, színeit, ízeit, illatait, a főzési vagy hűtési hőmérsékletet, a textúrákat, a tápértékeket és sok minden mást. Az ilyen ételek létrehozásához, mondja *This*, meg kell ismerni azokat a vegyületeket, amelyek az ételek ízét, szerkezetét és aromáját képezik, felhasználva a műszeres analitika és/vagy a szintetikus kémia lehetőségeit, eszközeit. Nem meglepő, hogy eleinte a fogyasztók és a séfek egyaránt meglehetősen tartózkodással viszonyultak az új eljáráshoz. Ezzel szemben meg kell említeni, hogy hasonló aggodalmak merültek fel több évtizeddel ezelőtt a szintetikus zenével kapcsolatban is. A szintetizátorok létrehozásával a zenészek később megtalálták a szintetikus zene előállításának titkait, és ma már például a rádiók által közvetített zene részben vagy teljesen szintetikus.

Hogyan lehet összeállítani fogásokká a hangjegyről hangjegyre konyha összetevőit? Válaszként *This* megjegyzi, hogy a legtöbb mai élelmiszer – gyakran nagy víztartalmú – kolloid. Számos szerves vegyület rosszul oldódik vízben, ezért az emulzifikálás nyilvánvalóan nagyon fontos művelet a hangjegytől hangjegyig konyhában. Mindezekhez nagyon hasznosak a különböző diszperziós eljárások.



**Hangjegyőről hangjegyre.** Az illusztrációk A dublini School of Culinary Arts and Food Technology diákjainak munkái

Konzisztencia szempontból további technológiai feladatokat kell megoldani, mivel a kolloidális anyagok néhány titkát még meg kell fejteni. Bizonyos egyszerű emulziók előállítása néha nehéznek bizonyul, és általában tekintetbe kell venni, hogy egyes termékek textúrájának kialakítása még nem teljesen megoldott.

„Mondd meg, mit eszel – vélte *Brillat-Savarin* a *Physiologie du goût* (Az ízlelés fiziológiája, 1825) című klasszikus alapművében –, és én megmondom, ki vagy.” Manapság erre azt válaszolhatjuk, „én reggelire keménytojáshoz eszem, esetleg kis borssal”, de amennyiben én lennék This, aki Brillat-Savarin lelkes csodálója és követője, azt válaszolnám, „reggelire ovalbumint (fehérjék, víz, lipidek kombinációját) ettem kevés piperinnel és különböző terpinnel megszórva az íz és illat érdekében. Amennyiben Brillat-Savarinnak igaza volt az étel és az egyéniségünk közötti bensősége

ges kapcsolatunkról, akkor melyik az igazi: a tojás- vagy az ovalbumin-reggeli? Ugyanolyan egyforma étkü ételfogyasztók vagyunk? Számos jelenlegi étel-szubkultúrát a fenti logika vezérel, és sok étkező szereti tudni a hozzávalók eredetét, vagyis azt, hogy valódi-e az, amit fogyaszt.

A molekuláris gasztronómia és a hangjegyőről hangjegyre konyha különböző utakon járnak. Ez utóbbi nem foglalkozik az ételek „eredetiségével”, és az új étkezési területen alkalmazott receptek nem hasonlítanak nagyszüleink receptjeihez. A jelenlegi és jövőbeni bírálók a hangjegyőről hangjegyre ételfogásokat természetellenesnek tartják – hasonlóan azokhoz, akik az élő szervezetek genetikai megváltoztatásától tartanak környezetünkre vagy egészségünkre gyakorolt potenciális hatások miatt. Bár ebben lehet igazság is, de This és társai úgy tartják, hogy az ételek mindegyike mesterséges, beleértve például a termelői piacok sárgarépaírt, amelyek több nemzedék nemesítésének, genetikai megváltoztatásának termékei. Ez arra ösztönöz, hogy az ételeket ne a természetes vagy természetellenes kategóriába soroljuk, hanem annak alapján tekintünk rájuk, hogy milyen ízt képviselnek és mennyire befolyásolják az egészségünket. Az ételek előállítási stílusának megítélése erősen függ a társadalmi, esztétikai, gazdasági és morális jellemzőktől.

#### IRODALOM

- [1] Braun Tibor, *Empíriától a tudományig. Molekuláris és szupramolekuláris gasztronómia*. In: Braun Tibor, *A Nobel-díjra érdemes taxisofoőr*. Lexica Kiadó, Budapest, 2015.
- [2] H. This, *Molecular gastronomy, exploring the science of flavour*. Columbia University Press, New York, 2006.
- [3] Braun Tibor, *Gasztronómiai íz-, illat- és zamatpárosítások molekuláris háttere és új lehetőségei*. In: Braun Tibor, *A Nobel-díjra érdemes taxisofoőr*. Lexica Kiadó, Budapest, 2015.
- [4] H. This, *Note-by-note cooking. The future of food*. Columbia University Press, New York, 2014.

## Életének 75. évében elhunyt Rakiás Ferenc László



A napsugaras, forró nyár kezdetén Rakiás Ferenc radiokémikus-gyógyszerésznek türelemmel és bölcsességgel viselt, hosszan tartó betegsége ért véget.

Rakiás Ferencet édesanyja egyedül nevelte, ezért egyetemi tanulmányai költségét matematikai különórák adásával biztosította. Jól tanuló, szorgalmas diák volt, akinek – Claudi Ottó tanítványaként – a szerves kémia volt a kedvence. 1973-ban avatták okleveles gyógyszerészé a SOTE Gyógyszerésztudományi Karán.

Szakmai pályafutását a Kőbányai Gyógyszergyár (ma Richter Nyrt.) dorogi üzemében kezdte, ahol a B12-vitamin szintézise folyt. Ekkor kezdett gyógyszer-analitikával foglalkozni. Analitikai kémiai sikereire alapozva Pungor Ernő professzor meghívta az MTA-hoz kapcsolódó önálló kutatási csoportjába, amely a Budapesti Műszaki Egyetem Általános és Analitikai Kémiai Tanszékén működött, Tóth Klára professzor irányításával.

Rakiás Ferencet 1983-ban avatták doktorrá a Semmelweis Orvostudományi Egyetemen. Az ifjú doktorok nevében mondott beszédét számos napilap is közölte.

Néhány évi sikeres kutatást követően rövid ideig a Vám- és

Pénzügyőrség Országos Parancsnoksága Egészségügyi Központjának laboratóriumában dolgozott. Leszerelését követően Török Ilonka főosztályvezető helyetteseként az OGYI-ban (később GYEMSZI–OGYI) szervezte meg a radiofarmakonok kutatásával és engedélyezésével (törzskönyvezésével) foglalkozó laboratóriumot. Elismert szakértője volt a radiológyszereknek, melyek nagy része, mintegy 90%-a in vivo diagnosztikum, elsősorban gamma-sugárzó izotóp, kisebb részüket terápiás céllal alkalmazzák, ezek többnyire alfa-sugárzók. A témában írt összefoglaló munkája 2014-ben jelent meg a *Gyógyszerészet* című folyóiratban.

1990-től nagyszámú publikációja jelent meg az *Izotóptechnika – Diagnosztika* című folyóiratban (gyakran Szentgyörgyi Pál és Bodor Elekné munkatársával közösen). Gyakori előadója volt a Magyar Kémikusok Egyesülete Szerves- és Gyógyszer-analitikai Szakcsoportjának és a Magyar Gyógyszerésztudományi Társaságnak.

Rakiás Ferenc tudományt népszerűsítő és közéleti tevékenységének szép példája, hogy a csernobili katasztrófát követően elsőként ő írt felvilágosító cikket a *Magyar Hírlapban*, „Sugárzási szótár” címmel.

Energiái kifogyhatatlanok voltak, nyugalomba vonulását követően kereskedelmi céget alapított és mostani haláláig jelentős közéleti aktivitását is folytatta.

Nyugodjék békében!

**Tömpe Péter**





Nagy Géza

■ Pécsi Tudományegyetem

# Egy tanítvány gondolatai Pungor Ernő 100 éves születésnapja alkalmából

**P**ungor professzor iskolájához 1968 nyarán csatlakozva mintegy harminc éven át tagja voltam szelektív elektroanalitikai érzékelők és módszerek fejlesztésével foglalkozó kutatócsoportjának. Kanyargós, szerencsés úton kaptam lehetőséget erre.

A műszeres analitikai laboratóriumi gyakorlatunkat vezető egyik oktatómtól halottam először Pungor Ernő nevét debreceni vegyészhallgató koromban, valamikor a múlt század közepének egyik szemeszterében. A gyakorlat nagyon tetszett, az országos bevezetését javasoló, akkor „Mr. Műszeres Analízis”-nek becézett szaktekintély nevét megjegyeztem. Először a tv-ben láttam. Zsúritagként szerepelt a középiskolás diákok vetélkedőjében, a *Ki minek tudósa?* című műsorban. Ez a szélesebb népszerűségnek örvendő *Ki mit tud?* kortársa volt.

Tanulmányaim során az EGYT Gyógyszervegyészeti Gyár ösztöndíja támogatott, ezért az egyetem elvégzése után a budapesti gyárba kerültem. Rövid idő múlva azonban az EGYT további tanulmányokra is lehetőséget adott az egyetemi doktorátus elnyerése érdekében. Debrecenben, a Szerves Kémiai Intézetben kezdtem dolgozni külső doktoranduszként (doktori iskolák hazánkban még nem működtek akkor). A javasolt kutatási témám szerint remélhetőleg kedvező élettani hatással rendelkező hidantoinvegyületeket szintetizáltam. Abban az időben azonban a ma széles körben használt „nagyagyúk” (NMR, MS, IR) nem álltak rendelkezésre, vagy használatuk nehézségbe ütközött. Ezért olvadáspontmérést, elemösszetétel-vizsgálatokat és vékonyréteg-kromatográfiát használtam a kapott termékek jellemzésére. Az élettani hatások tanulmányozására sem találtam lehetőséget. Nem látszott valószínűnek, hogy a fokozat megszerzéshez szükséges eredményeket összegyűjtöm az adott határidőre.

Sikeresebb volt egyik gyógyszergyári kollégám, aki a Veszprémi Nehézipari Egyetemen (VVE; ma Pannon Egyetem) kutatott Pungor professzor irányításával. Az ő kérdésére Pungor professzor elvállalta az én munkám irányítását – anélkül, hogy ismert volna. A témaváltozáshoz szükséges papírmunka elvégzésében is segített. Ötvenöt év távolából nézve a kapott lehetőséget nagy szerencsének, pályámra meghatározó jelentőségűnek tartom, és nagymértékben Pungor professzor rugalmas, nagyvonalú, segítőkész egyéniségének köszönhetem.

Így költöztem Debrecenből Veszprémbe. Kora délután érkeztem motorbiciklivel a közel 400 km hosszú út után. Pungor professzor és néhány munkatársa, köztük az én kollégám, éppen a menza felől jött ebéd után. A prof nem sokat teketóriázott. Azonnal levizsgáztatott, amint igyekeztem bemutatkozni. Főleg komp-



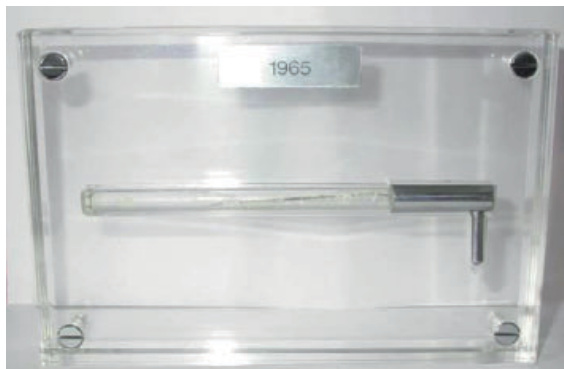
**Pungor Ernő otthonában** (Az illusztrációk forrása: Pungor Ernő: *Ifjan – értetlen – öregem*, Technika Alapítvány, 2003)

lexkémiai dolgokat és egy kis reakciókinetikát kérdezett tőlem, csak úgy szóban. Szerves kémikusi beállítottsággal, a hosszú motorozásnak megfelelő zúgó fejfel nemigen adhattam jó válaszokat, de ő valószínűleg nem is számított azokra igazán. Egyetértettünk abban, hogy sokat kell tanulnom.

Pungor professzor 1961-ben kezdte meg a munkát Veszprém-ben. Addig ott jelentős műszeres analitikai kutatás nem folyt. Hallatlan aktivitásának, szervezőképességének köszönhetően viszonylag rövid idő alatt rendkívül intenzív kutatómunkát indított el és irányított a VVE Analitikai Kémia Tanszékén, annak első professzoraként. Odaérkezésekor már különböző csoportok foglalkoztak a műszeres elemzés módszereinek, eszközeinek fejlesztésével. Intenzív együttműködés folyt a városban dolgozó két nagy kutatóintézet, a MÁFKI és a NEVIKI egyes munkatársaival is. Abban az időben a lángfotometria, a gázkromatográfia módszerei újszerűek voltak, intenzíven fejlődtek. A tanszék külső cégekkel együttműködve hozzájárult a fejlődéshez. Tudomásom szerint a MOM tervezte a tanszék szellemi potenciáljához kapcsolódó komoly kutatóbázis veszprémi kiépítését. Különböző cégek bízták meg a tanszékét módszerfejlesztési munkával, illetve mintaelemzési feladatokkal. Ezek közül az Ajkai Timföldgyár fluoridionkoncentráció-méréssel kapcsolatos feladataira és az Fűzfői Papírgyár szennyvízelemzési problémáinak megoldásához kért segítségre emlékszem külső kutatóként. A budapesti székhelyű Kolorisztikai Kutatólaboratórium kis kutatócsoportot működtetett a tanszéken. Az elektroanalitikai módszerek területén különösen sikeres és híres volt a tanszéki kutatómunka veszprémi tartózkodásom idején. Három csoport három területet művelt.



Munka folyt a nagyfrekvenciás vezetőképesség-mérő módszerek fejlesztése, azaz az oszcillometria, a voltammetria és a potenciometria módszereinek területén. A fejlesztési munkában a Radelkis Szövetkezet munkatársai alkotó módon részt vettek Havas Jenő korábbi Pungor-tanítvány, későbbi Radelkis-elnök vezetésével. A kollaboráció során találmányok születtek: analitikai eszközök gyártására és forgalmazására került sor.



### Ionszelektív elektród a „veszprémi időkből”

Lassan már történelmi távlatból nézve megállapíthatjuk, hogy a Pungor-iskola legjelentősebb tudományos eredményeit az ionszelektív elektródok kutatása területén érte el, egyes lépések során nagymértékben hozzájárulva a fejlődéshez. Gyakran említik, hogy a nem üvegalapú, szelektív potenciálválaszt mutató elektródokról, azok analitikai alkalmazhatóságáról Pungor professzor már 1961-ben közleményt jelentetett meg. Az iskola munkájára épült az első, kereskedelmi forgalomban kapható, csapadékalapú ionszelektív elektródok kifejlesztése. Megfigyelésem és emlékeim szerint a „Pungor-típusú”, azaz szilikongumi-alapú ionszelektív elektródok gyártásának fontos lépését egyes esetekben a tanszéken végezték a Szövetkezet munkatársai.

Hosszabb-rövidebb ideig hazai és külföldi vendégkutatók is dolgoztak különböző problémák megoldásán a tanszéken. Érdekes volt velük megismerkedni, betekintést nyerni kutatási területükbe. Többükkel örömmel találkoztunk később a konferenciákon, terveztünk együttműködéseket. Jó volt akkor a tanszéken dolgozni. Külső kutató doktoranduszként az oktatási és tudományszervezési problémákról nem sokat hallottam.

Pungor professzort soha nem láttam indulatosnak, nyugodt hangon jelezte a teendőket, kérte a szükséges változtatásokat. Csak egy példa: abban az időben a kromatográfiai elválasztásokra használatos vékonyréteglemezeket saját magunk alakítottuk ki, megfelelő eszközök segítségével, üveghordozón. A készítés során nehezen kerülhettük el a fehér por szétszóródását. Korábban a tanszéken nem alkalmaztak vékonyréteg-kromatográfiai elválasztásokat, így kezdeti tevékenységem jelentős kritikát váltott ki. A probléma a professzorral folytatott megbeszélés hatására megoldódott. Magamon tapasztaltam, hogy Pungor professzor figyelmet fordított a fiatal munkatársak nevelésére is. Abban az időben a veszprémi menzán lehetett sört kapni ebédidőben. Egy idősebb kollégával néha megittunk ketten egy üveggel. Pungor professzor, észrevéve a „sörözést”, behívatott, és elmagyarázta, hogy ez a tudományos munkával összeegyeztethetetlen. Mondanom se kell, hogy nem vált szokásommá a déli sörivás.

Pungor Ernő a hétköznapokon Veszprémben dolgozott, de a hétvégén híresen gyors Renault 16-os autójával hazament Budapestre. Veszprémben a tanszéki szobájában lakott. Szeretett esténként szétnézni a laboratóriumokban. Érdemes volt az esti órák-

ban kísérletezni, mert akkor gyakran odajött, leült a műszerek elé. Nézte a kísérletek folyását, tanácsokat adott. Ilyenkor részletesen megbeszélhettük vele a kísérleti terveket. Megemlítettük az akkor különösen gyakori vegyszerbeszerzési nehézségeket, egyes szükséges műszerek, egységek hiányát is. Sokszor segített a beszerzésekben, tudta, hogy kitől kölcsönözhetjük a szükséges dolgokat. Varázslatosan meggyorsította az üvegtechnikai vagy mechanikusi munkát. Ha rá hivatkoztunk, segítséget kaptunk.

Kedves, sikeres területe volt az áramló oldatos analitikai módszerek kidolgozása. Sokat utazva a világban látta kedvező teljesítőképességüket, elterjedésüket. Javasolta, hogy foglalkozzunk elektrokémiai detektorokat alkalmazó áramló oldatos mérések, mérőkészülékek kidolgozásával. Meglátása szerint az állandó sebességű vívfolyadékba injektált, kis térfogatú oldatmintákat elektrokémiai detektorcellán átáramoltatva jelentősen rövidíthető az analízis ideje. Javaslatára alapján sikeres kísérleteket végeztünk, és komoly közleményeket írtunk. Meg kell jegyeznem, hogy ezt a munkánkat többen a későbbi mások által fejlesztett és profeszionalisan népszerűsített „Flow Injection Analysis” (FIA) technika kidolgozásához vezető kezdeti lépésnek tekintik.

A vívőoldat állandó sebességű áramoltatásához nem sikerült akkor megfelelő szivattyút szereznünk, de állandó hidrosztatikai nyomást alkalmazva megoldottuk a problémát. Sok próbálkozással úszó, üvegbuborékos szintszabályozó szelepet készítettünk közösen, az üvegtechnikus kolléga munkájának professzori katalizálásával. A Pungor professzor 80. születésnapját ünneplő, Tudományos Akadémián rendezett ülésen beszéltem az áramló oldatos kísérletekről. Professzor úr nevetve emlékezett erre a munkára.

1970-ben a fiatalon meghalt Erdey László tanszékének vezetését Pungor professzor vette át a BME Vegyész-mérnöki Karán. Hozzásegített ahhoz, hogy továbbra is az ő iskolájában maradjak. A tanszéki szobája melletti egyik professzori laboratóriumban kaptam helyet. Az újonnan szervezett Elektroanalitikai Kutatócsoportban dolgoztam, az oktatómunkában is részt véve. Megismertem a tanszék addig csak névről ismert híres kémikusait, és lassan befogadott kollégáik között érezhettem magam. A BME Általános és Analitikai Kémia Tanszékének vezetése jelentősen megnövelte Pungor professzor feladatait. Nagyobb létszámú, de tapasztalt kutató-, oktatógárdát kellett irányítania. A Kar irányításában, hazai és nemzetközi tudományszervezési munkákban is fontos feladatokat kapott. Sikeres munkája nyomán rendkívül sok hazai és nemzetközi elismerésben részesült.

A betöltött pozíciókról, kapott díjakról, kitüntetésekéről nem célok itt áttekintést adni. Emlékeim alapján inkább néhány tevékenységének köszönhető főbb eredményt említek:

- Közvetlen modorával, emberszerető, segítőkész hozzáállásával jó munkaköri hangulatot teremtett.
- A hallgatói laboratóriumi gyakorlatok terén „tutorálásos” rendszert, szabad laboratóriumi munkaidő-választást, speciális gyakorlati tematikákat bevezetve emelte a képzés színvonalát, egyben segítette a hallgatók munkáját.
- Sikeres erőfeszítéseinek köszönhetően jelentősen növelte és modernizálta a tanszék oktatási és kutatási műszerparkját.
- Nemzetközi elismertsége révén számos vezető külföldi kutatócsoporttal alakított ki együttműködéseket. Ezeknek köszönhetően a tanszék munkatársai külföldi laboratóriumokban dolgozhattak vendégkutatóként.
- Nagymértékben támogatta a számítógépek, kemometriás módszerek elterjedését az analitikai kémia területén. Igen fogékony és aktív volt új módszerek megismerése, elterjesztése területén.





- Sikeres nemzetközi konferenciákat szervezett, ezeken lehetőséget biztosított a hazai csoportok eredményeinek bemutatására.
- Nagymértékben támogatta az ipari kapcsolatok kiépítését a kutatási eredmények hasznosítása érdekében.

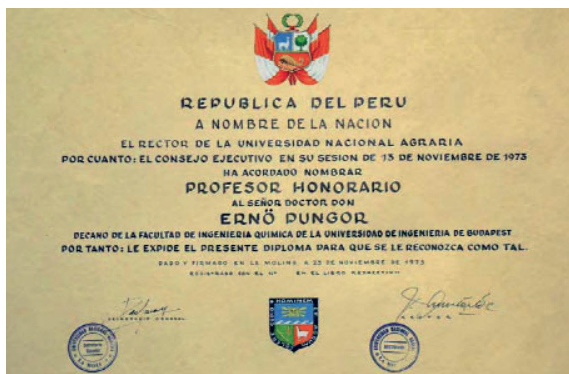
Pungor professzor eredményes munkája híressé tette őt. Gyakran fogadott a tanszéken vendégként különböző iskolákból vezető tudósokat és munkatársaikat is szívesen látta. Nekünk szintén megkönnyítette külső laboratóriumok meglátogatását, ha az ő nevére hivatkoztunk. Csak egy példa: egyik amerikai tanulmányutam során felve hívtam fel a Berkeley Egyetemen dolgozó világ-hírű Somorjai professzort, kérve, hogy meglátogathassam az intézetét. Említve, hogy Pungor Ernő munkatársa vagyok, ő rögtön időpontot javasolt látogatásomra, és saját maga vitt végig fantasztikus felszerelt laboratóriumain.

A fejlődő országokból a BME tanzékére látogató oktatók, oktatási szakpolitikusok körében rendszerint elismertséget vívott ki a Műegyetemen folyó műszeres analitikai oktatás színvonala. Ennek köszönhetően Pungor professzort különböző külföldi egyetemek kérték fel ottani mintakurzusokra. Szívesen vállalta ezt a

első konferenciára több mint ötven évvel ezelőtt került sor a Mátrafüredi MTA-üdülőben. Azóta a konferenciát két-három évenként, más helyszínen, de továbbra is a Mátrafüred név megtartásával rendezik meg. A konferenciákon a professzor idejében külön szekció szolgált az elhangzott előadások vitájára. A rendszerint hosszú viták anyagát magnetofonnal rögzítettük, és utána szerkesztve, kérdés-felelet formában a konferencia anyagát tartalmazó könyvbe illesztettük. Sokat viccelődünk a szerkesztőmunka során az elhangzottakon. A vitaanyag azonban népszerű részét képezte a kiadványnak.



A Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Intézet épületei Szegeden, Miskolcon és Budapesten



#### Perui állami díj

munkát. Ragaszkodott a hallgatói mintagyakorlatok megtartásához. Így tanszéki kollegákból, más hazai egyetemek szaktekintélyeiből oktatógárdát szervezett. Egyiptom, Irak, India, Peru egyes vezető egyetemmein tartott a kis csapat kumulatív műszeres analitikai mintakurzust. A hallgatószám jó része az ottani egyetem fiatal oktatóiból állt. Oktatóként, szerencsémre, több ilyen tanfolyamon dolgozhattam, a professzor vezette csoporttal együtt különleges helyeket jártunk be és értékes munkatapasztalatokat szereztünk.

Pungor professzor legkedvesebb kutatási területe budapesti munkája során is a szelektív elektroanalitikai érzékelők és módszerek fejlesztése volt. Közleményei, eredményei alapján a területen dolgozó legtöbb vezető kutató ismerte őt, szívesen vett vele részt közös munkában. Ennek megfelelően a BME-n működő csoportjának több kutatója is dolgozott hosszabb-rövidebb ideig külföldi laboratóriumokban. Azokban az időkben (1970–1988) nem utazhattunk könnyen Nyugatra. Gyakran előfordult, hogy valaki, aki kijutott egy nyugati országba, nem jött haza, azaz disszidált. Egy vezetőnek bátorság kellett ahhoz, hogy támogassa munkatársai nyugati tanulmányútjait. Pungor professzor sok tanítványa utazását támogatta. Közülük senki sem lett disszidens. Első két éves amerikai tanulmányutam előtt részletesen elmesélte, hogyan viselkedjem, példákat mondott az akkor helytelennek tartott dolgok következményeire.

Pungor professzor tudományszervező tevékenységének fontos eredménye volt a szelektív elektroanalitikai érzékelők területével kapcsolatos nemzetközi konferenciák sorozatának szervezése. Az

Pungor Ernő még emeritus professzor korában is részt vett a kutatásban. Akkor inkább az elméleti kérdések foglalkoztatták, de a BME-n működő Elektroanalitikai Csoporttal tartotta a kapcsolatot. Emlékszem, hogy az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB) elnökeként is meghívott bennünket a hivatalába megbeszélésekre. Először ott láttam, hogyan működik az információkeresés a világhálóhoz csatlakozott személyi számítógéppel. Az egyetemi oktatógárda létszámának csökkentése során igyekezett tanítványainak megfelelő állást találni. Engem az általa alapított Bay Zoltán Kutatóintézetbe hívott munkatársnak, de akkor már elígérkeztem a Janus Pannonius Tudományegyetemre (ma Pécsi Tudományegyetem).

Jó emlékezni ritka pécsi látogatásaira. Örömmel látta, hogy az általa kezdett munka folytatódik, bejárta a laboratóriumokat. Egyszer a Páneurópai Unió pécsi csoportjának rendezvényén ő volt a meghívott díszvendég. Előadást tartott, és részt vett a tudomány, a fejlődés problémáiról szóló kötetlen beszélgetésen. Az a megtiszteltetés ért, hogy én mutattam be, „laudáltam” a híres professzort. A tudományos életrajzi adatok, publikációk, szabadalmak számának összegyűjtése mellett észrevettem, hogy tanítványai közül már akkor több mint tízen dolgoztak egyetemi tanárként. Az ülés után az ujjainkon számolgattuk a professzorokat, és tényleg tíznél több újra volt szükség. Professzor úr ezt addig nem is gondolta végig. Örült a számnak.

2007-ben tudományos konferenciára gyűltünk össze a Balatonnál, több prezentációt készítettünk hallgatóink, munkatársaink eredményeiből. Vártuk Pungor professzort, aki a bevezető előadást tartotta volna. Vártuk, vártuk, de nem jött. Először forgalmi dugóra gyanakodtunk, majd értesítettek, hogy kisebb otthoni baleset miatt elmarad az előadása. Pungor professzor abszolút jó szellemi és fizikai állapotban volt az eset előtt, így nem aggódtunk. Aztán jött a szomorú, nagyon megrázó hír.

Pungor Ernő különleges tehetségű, nagy formátumú tudós volt. Örülök, hogy tanítványa és hosszú időn keresztül a munkatársa lehettem.





TÚL A KÉMIÁN

## Kőkori művészet újratöltve



Harmincötezer éve élt elődeink nagyon szerettek barlangok falára állatokat rajzolni. A képeken azonban az esetek mintegy kétharmadában elvont, láthatóan nem az állat valódi felépítését tükröző elemek is vannak: leggyakrabban vonalak, pontok vagy Y-szerű alakzatok. A régészek már másfél évszázada törik azon a fejüket, hogy mi is lehetett a művész szándéka ezekkel. Egy brit tudóscsoport a közelmúltban új feltételezéssel állt elő: elemzésük szerint a jeleket egyfajta naptárnak szánhatták, méghozzá a hóolvadás és az adott faj párzási időszaka között eltelt hónapok számát adhatják meg. A vadászó-gyűjtögető Homo sapiens

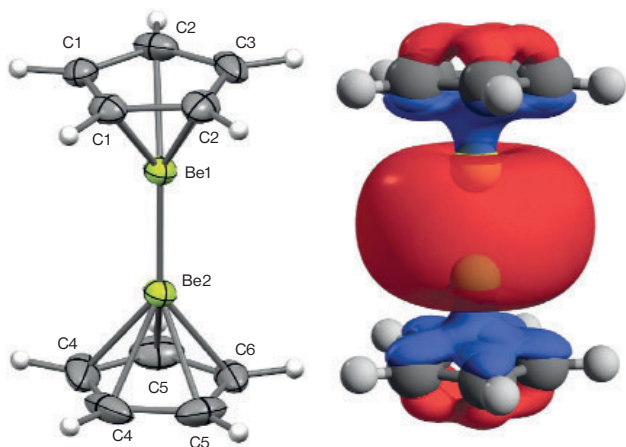
számára ez minden bizonnyal nagyon lényeges információ volt, s így a művészi alkotásokban is megőrkítették.

*Camb. Archaeol. J. 33, 371. (2023)*

## Fém-fém kötés berilliumatomok között

A közelmúltban sikerült az első olyan szilárd vegyületet előállítani, amely két berilliumatom között tartalmaz kötetést. A diberrilocénről (CpBeBeCp) a neve alapján is kitalálható, hogy két ciklopentadienil-csoportot tartalmaz, így a berilliumatomok szénatomokhoz is kötődnek benne. Korábban a berilliumatomokból álló kétatomos molekulát (Be<sub>2</sub>) már azonosították gázfázisban, de nem tudták izolálni. A vegyület előállításához a berillocént (BeCp<sub>2</sub>) redukálták egy magnéziumtartalmú komplexszel, így két központi atomjának formális oxidációs száma +1, ami meglehetősen ritka a négyes rendszámú elem kémiaiában.

*Science 380, 1147 (2023)*



Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: [lenteg1206@gmail.com](mailto:lenteg1206@gmail.com). A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: [http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index\\_magyar.html](http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html)

## CENTENÁRIUM



George L. Clark and William Duane: The Abnormal Reflection of X-Rays by Crystals *Science Vol. 58, pp. 400–402. (1923. november 16.)*

George Lindenberg Clark (1892–1969) a University of Illinois kémiaprofesszora, illetve az ottani Analitikai Kémia Tanszék vezetője volt. Tudományos munkája elsősorban a röntgensugárzás kémiai felhasználására összpontosított. Közel száz doktori hallgató szerzett fokozatot vezetésével, alapító elnöke volt az Electron Microscope Societynek.



## Sevillai elefántcsont nő

Az Ibériai-félsziget déli részén, Sevilla közelében 2008-ban olyan, a rézkorból származó, tehát négyezer évnél is idősebb sírt tártak fel, amely egy társadalmilag láthatóan nagyon magas rangú, felfedezésekor húsz év körüli férfiként azonosított ember maradványait tartalmazta. Sok elefántcsont tárgyat és egy afrikai elefánt teljes agyarát is eltemettek vele együtt, s egyetlen más, hozzá hasonlóan díszes lelet sem ismert abból a korból. A közelmúltban a fogzománc vizsgálata azt bizonyította, hogy a csontváz valójában egy nőé volt. A fogban ugyanis található egy olyan fehérje, az amelogenin, amely akár több ezer évig is jól megőrződik, szerkezete pedig jellegzetes különbségeket mutat férfiakban és nőkben. Az archeológiai szakirodalom korábban a leletet 'Ivory Man' néven emlegette, az új tanulmány hatására 'Ivory Lady' lett belőle.

*Sci. Rep. 13, 9594. (2023)*

APRÓSÁG

Retraction Watch

Crossref

A Crossref adatbázis és a Retraction Watch blog a jövőben szorosabban együttműködik majd, így az adatbázisokban is nagy valószínűséggel nyoma lesz annak, ha egy cikket visszavonnak.

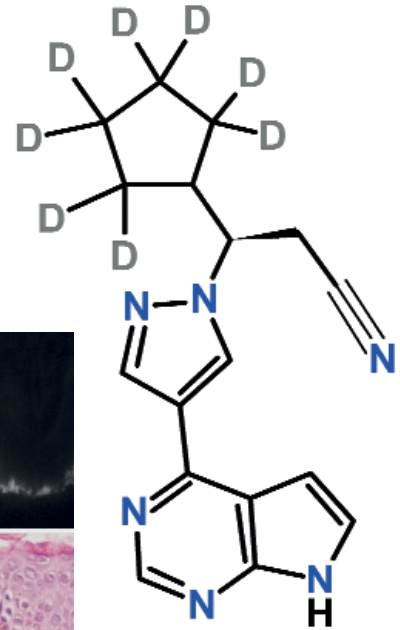




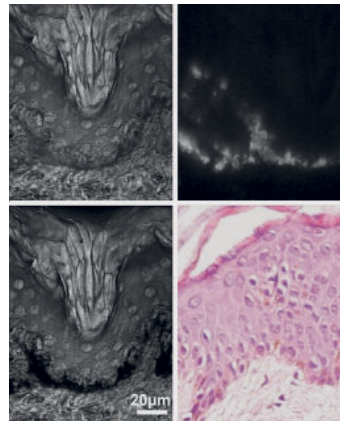
**A HÓNAP MOLEKULÁJA**

A deuruxolitínb (C<sub>17</sub>H<sub>10</sub>D<sub>8</sub>N<sub>6</sub>) a gyógyszerek egy viszonylag új, deutériumot tartalmazó családjába tartozik. Ezek általában a hidrogén nehezebb izotópját szénhez kötve tartalmazzák és hatásmechanizmusukban lényeges az a tény, hogy egy ilyen kötést nehezebb felhasítani, mint ha a hidrogén szokásos, egyes tömegszámú izotópjá lenne ott. A deuruxolitínb a kináz inhibitorok közé tartozik, és már a harmadik fázisú gyógyszertervezteken is sikerrel szerepelt.

*Curr. Med. Chem.* 30, 4096. (2023)



**Raman-  
újdonság**



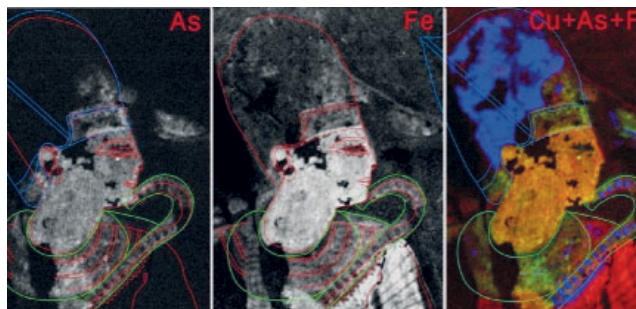
A Raman-mikroszkópiában a koherens anti-Stokes Raman-szórás, illetve a stimulált Raman-szórás már régóta kedvező eredményekkel használt, nemlineáris módszerek. Francia kutatók ezt az eszköztárat egy újjal gyarapították: ez lett a koherens Stokes Raman-szórású mikroszkópia (CSRS). Ennek az elvi lehetőség régóta ismeretes volt, de korábban azt gondolták róla a szakemberek, hogy a viszonylag jelentős fluoreszcencia-háttér miatt nem lesz információban gazdag. Ezt a problémát az optikai elemek megfelelő megválasztásával, illetve a két gerjesztő lézer ügyes összehangolásával sikerült leküzdeni. Az itt kidolgozott technikai megoldások más Raman-mikroszkópiás módszerek esetében is az érzékenység javulásához vezethetnek.

*Nat. Commun.* 14, 3337. (2023)

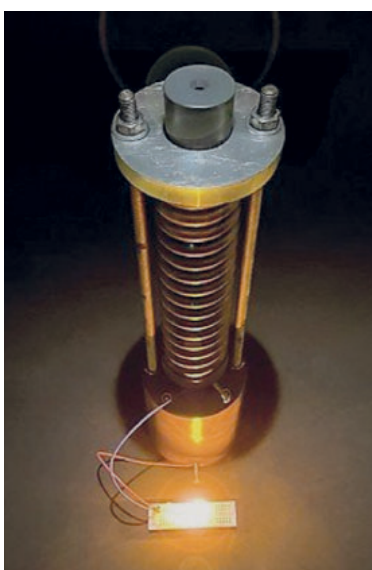
**Óegyiptomi javítóművészet**

Théba nekropoliszának háromezer évnél is régebbi falfestményeit manapság is sokan megcsodálják. A szemlélőknek nem feltétlenül nyilvánvaló, hogy ezek a képek nem feltétlenül készültek el elsősre úgy, hogy az alkotónak tetszett volna, s ilyenkor időnként utólag javítottak rajtuk. Mindezt egy francia kutatócsoport kézi röntgenfluoreszcencia-készülék segítségével alaposabban is megvizsgálta: így fedtek fel néhány utólagos beavatkozást, amelyhez rendszerint az eredeti változatban használttól eltérő kémiai összetételű festéket használtak. A művészettörténet azt tanítja, hogy az egyiptomi festészet igen erősen formalizált és előre szabályozott volt, ezzel azonban nem egyeztethető össze a feltárt utólagos javítás.

*PLoS ONE* 18, e0287647. (2023)

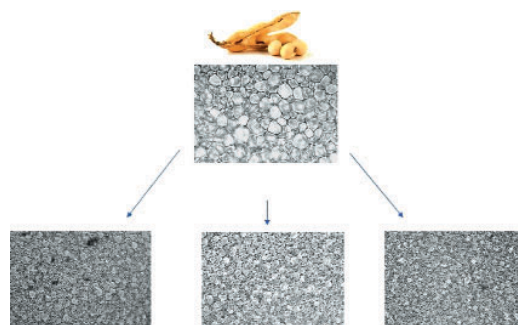


**Falazás szuperkondenzátorral**



Globális szinten a széndioxid-kibocsátás mintegy nyolc százaléka a cementgyártásból származik. Ezért lehet jelentős energetikai előrelépés, hogy cementből, vizes kálium-klorid-oldatból és szénporból olyan építőanyagot sikerült előállítani, amely – szuperkondenzátorként – elektromos energia tárolására is képes. Ennek komoly előnye van az akkumulátorokkal szemben: nincs benne kémiai reakció, csak vezetékben lejátszódó töltéssztíválás. A jelenlegi formájában nagyjából három és fél méter élhosszú kockányi szükséges ebből az építőanyagból egy átlagos ház egy napi energiaigényének tárolásához.

*Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 120, e2304318120. (2023)



**Fagyásgátló szójafehérjék**

A fagyaltfogyasztás krémes élményét eléggé elronthatja, ha a hideg finomság felületén jégkristályok alakulnak ki. Ennek az ízrontó eseménynek a valószínűségét azzal lehet csökkenteni, ha fagyásgátló óriásmolekulák adalékolásával meggátolják a kristályosodást. A korábbi ismeretek szerint erre leginkább a zselatinban lévő állati eredetű fehérjék voltak alkalmasak. Új élelmiszeripari kutatások eredményei alapján ennél jobb megoldás lehet a szójában proteinjeinek felhasználása erre a célra. Általában a nagyobb molekulatömegű molekulák fagyásgátló hatása bizonyult erősebbnek, de a mechanizmust még nem sikerült tisztázni.

*J. Agric. Food Chem.* 71, 11587. (2023)



## Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott aktuális két publikáció közül az első egy új CCMD- (Coupled Cluster Molecular Dynamics) eljárást mutat be, amely a gépi tanuláson és a lokális korrelációs módszereken alapul. A második közleményben a szerzőknek kvantummechanikai számításokkal sikerült felfedni a  $\text{HHe}^+_3$  molekulakomplex esetében az atommagok nagymértékű delokalizációját.

**Perczel András**

osztályelnök, az MTA rendes tagja

### Coupled cluster-molekuladinamika tömbfázisú rendszerekre géptanulás-alapú potenciálok segítségével: referenciaszámítás a folyadékfázisú vízre

*Physical Review Letters*, 2022

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.129.226001>

János Daru<sup>1,2</sup>, Harald Forbert<sup>3</sup>, Jörg Behler<sup>4</sup>, Dominik Marx<sup>1</sup>

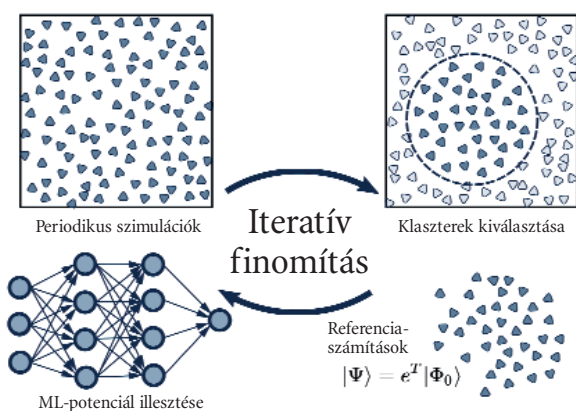
<sup>1</sup> Lehrstuhl für Theoretische Chemie, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

<sup>2</sup> Eötvös Loránd University, Department of Organic Chemistry, Budapest, Hungary

<sup>3</sup> Center for Solvation Science ZEMOS, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany

<sup>4</sup> Universität Göttingen, Institut für Physikalische Chemie, Theoretische Chemie, Göttingen, Germany

A közlemény azt az új CCMD-eljárást mutatja be, amely a gépi tanuláson és a lokális korrelációs módszereken alapul. Az eljárás segítségével tömbfázisú rendszerek (folyadékok, oldatok, szilárd anyagok) esetén is lehetővé vált olyan pontos leírás, ami korábban csak gázfázisú molekulák esetén volt elérhető. A CCMD-t a szoba-hőmérsékletű vízre alkalmazva sikerült ennek a komplex rendszernek minden fontosabb kísérleti eredményét visszakapni, tisztán elméleti úton.



### Atommagok kvantum delokalizációja és annak rezgési-forgási ujjlenyomatai

*Angewandte Chemie International Edition*, 2023

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/anie.202306744>

Irén Simkó<sup>1,2</sup>, Christoph Schran<sup>3</sup>, Fabien Briec<sup>3</sup>, Fábri Csaba<sup>1</sup>, Oskar Asvány<sup>4</sup>, Stephan Schlemmer<sup>4</sup>, Dominik Marx<sup>3</sup>, Attila G. Császár<sup>1</sup>

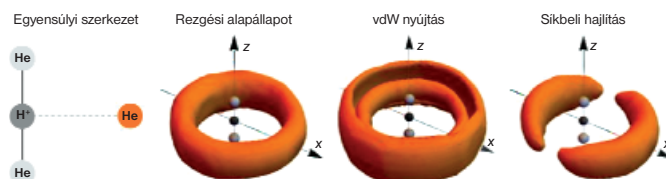
<sup>1</sup> ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kémiai Intézet és MTA-ELTE Komplex Kémiai Rendszerek Kutatócsoport

<sup>2</sup> ELTE Hevesy György Kémia Doktori Iskola

<sup>3</sup> Lehrstuhl für Theoretische Chemie, Ruhr-Universität Bochum

<sup>4</sup> I. Physikalisches Institut, Universität zu Köln

A kvantumkémia egyetemi tananyagot képező törvényei szerint a molekulákban lévő atommagok lokális mozgást végeznek egy ún. egyensúlyi szerkezet kis környezetében. Ez a közlemény az atommagok nagymértékű delokalizációjára mutat példát a  $\text{HHe}^+_3$  molekulakomplex esetében: míg a komplex egyensúlyi szerkezete T alakú és planáris (kétdimenziós), addig a valódi szerkezet térbelivé (háromdimenzióssá) válik, a szolvatól He-atom magssűrűsége nagy kiterjedésű tóruszal jellemezhető. A vizsgálat bemutatja azt is, hogy a delokalizáció miképpen változik a komplex rezgéseinek függvényében: a magssűrűséget jellemző tórusz megmarad, de különböző mértékben, jól értelmezhetően felhasad.



Az MTA Fenntartható Fejlődés Elnöki Bizottságának állásfoglalása a Magyarországon jelenleg működő, telepítés alatt álló és jövőben telepítendő akkumulátorgyárak ügyében

A fenntartható fejlődés elveivel ellentétben a már megvalósult, illetve megvalósítás alatt álló fejlesztéseket nem előzte meg széles körű társadalmi tájékoztatás és egyeztetés, amely megfelelő stratégiai hatásvizsgálatokon alapulna, illetve az érintettek számára nem volt mód esetleges kételyeik, ellenérveik érdemi artikulálására, a fejlesztések valamennyi fenntarthatósági aspektusának a megismerésére. A fenntarthatóság szempontrendszerét leegyszerűbben egy háromlábú székhez szokták hasonlítani; ha bármelyik lába sérül, az egész maradandó károkat szenvedhet, kifejezve ezzel azt az üzenetet, hogy a gazdasági, a társadalmi és a környezeti szempontok egyaránt nélkülözhetetlenek, és ezek harmóniája, integrált szemlélete a legjobb megoldás. Az MTA Fenntartható Fejlődés Elnöki Bizottsága sem mentes a sokakat foglalkoztató aggodalmaktól, ezért – kiváltképpen a megnyugtató rendezés érdekében – észrevételeket és ajánlásokat tett a döntéshozóknak.

Ezek a cím alapján megkereshetők, illetve megtalálhatók itt: <https://mta.hu/fenntarthato-fejlodes/az-mta-fenntarthato-fejlodes-elnoki-bizottsaganak-ffeb-allasfoglalasa-a-magyarorszagon-jelenleg-mukodo-telepites-alatt-allo-es-jovoben-telepitendo-akkumulatorgyarak-ugyeben-113218>



## „A fenntarthatóság életmód és sikk legyen”

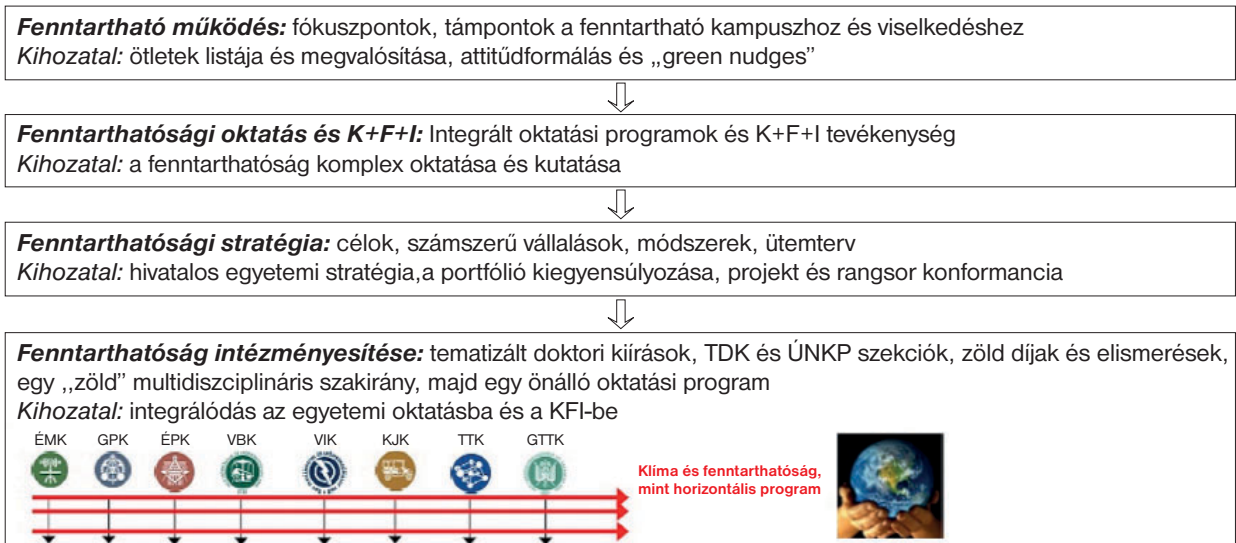
A Műegyetemen szeptember 29-én rendezték meg az „Eredmények és tapasztalatok az egyetemek fenntarthatóvá válásának folyamatában” workshopot – annak a folyamatnak a részeként, amelyet a 14 egyetem részvételével éppen egy éve alakult Magyar Egyetemek Fenntarthatósági Platformja indított el.

A résztvevőket Keglevich György professzor, a BME Fenntarthatósági projektjének szakmai felelőse üdvözölte, és ő vezette le a délelőtti szekciót, amelyen az egyetemek képviselői vázolták fel programjaikat, igyekeztek megosztani jó gyakorlataikat az együttműködés – és nem a verseny – jegyében. Czigány Tibor, a Műegyetem rektora büszkén említett is kettőt bevezetőjében: megkezdődött az egyszerű használatos műanyag csomagolás, eszközök kivetése az egyetemi büfékből, klubokból, ami évi több tíz tonna hulladék kiküszöbölését segíti elő, a másik pedig éppen most indul: a büfékben kínált ennivalót a karbonlábnyomot jelző színnel látják el (ötféle kód egyikével).

Szinte az összes egyetem néhány általános elvet követ a fenntarthatóság elérése érdekében: amellett, hogy a tantárgyakba, ha lehet, beépítik a követendő elvek és gyakorlatok tárgyalását, az oktatókat-kutatókat is „edukálják” (gyakran hihetetlenül egyszerű eszközökkel: a Corvinuson például a munkatársak véleményének kikérése nyomán – nem parancsszóval – cserélték le a műanyag vizes palackokat; máshol programokkal, akár erre a célra fejlesztett mobilapplikációk segítségével ösztönzik a bicikli használatát); üzemeltetési módosításokat vezetnek be (például a távhő- és vízhasználat, a különböző kampuszok közötti közlekedés terén); és a nagyközönség tájékoztatására is gondot fordítanak. A megvalósítás sokféle módja azonban, ahogy látjuk, egyedi.

A Műegyetem célkitűzéseinek egy részét a beszámoló címe is viseli: Levendovszky János tudományos és innovációs rektorhelyettestől származik, aki szándékosan provokál, mert ahogy mondja, aki nem követi a divatot, talán kényelmetlenül érzi magát a maradisága miatt (noha a régi életmód sokszor kényelmesebb). A fenntarthatóság megvalósítása intézményi szinten természetesen összetett feladat. Az eredmény kulcsa a tudás, vagy ahogyan fogalmazott, a „humán erőforrás kiválósága”, és az egész a tanszékek teljesítményének „lineáris kombinációja” adja ki. Az átfogó ismertetés, a kiállított kari poszterek és néhány ku-

### A BME fenntarthatósági programjának főbb állomásai





<b>VÍZTECHNOLÓGIÁK</b> Természetes vizek védelme Lakossági és ipari szennyvíz tisztítása Mikroműanyag-mentesítés Vízbiztonság	<b>MEGÚJULÓ ENERGIÁK</b> Hulladék alapú biogáz előállítás Szintézisgáz előállítás Hidrogéntermelő biofolyamatok Hidrogéntechnológiai megoldások Energiamenedzsment Energiatárolás Energiafelhasználás Energiaközösségek	<b>INTELLIGENS MEGOLDÁSOK</b> Digitális ügyvitel Optimalás Szimulációs rendszerek Karbantartási és üzemeltetési eljárások Útvonaltervezés Döntéstámogató rendszerek
<b>HULLADÉKGAZDÁLKODÁS</b> Válogatási technológia fejlesztése Biológiai hasznosítás Kémiai hasznosítás Mechanikai hasznosítás Létesítményfelmérés Hulladékiszegény technológiák	<b>ZÖLD KÉMIA</b> Környezetbarát motorhajtóanyagok Korszerű szerkezeti anyagok Korszerű katalizátorok	<b>FENNTARTHATÓSÁG</b> Fenntartható gazdaság Körforgásos gazdaság Fenntartható városfejlesztés Fenntarthatóság gazdasági vonatkozásai Fenntarthatóság társadalmi vonatkozásai Környezeti nevelés Környezetpedagógia
<b>ÉGHAJLATVÁLTOZÁS</b>	<b>FENNTARTHATÓ IPAR</b> Ipar 4.0/5.0 Mesterséges intelligencia Bio- és nanotechnológia Védelmi ipar	<b>FENNTARTHATÓ TURIZMUS</b>
<b>FENNTARTHATÓSÁGI CÉLOK, INDIKÁTOROK</b>	<b>DÖNTÉSTÁMOGATÁS</b>	



**Pannon Egyetem**  
University of Pannonia

## Fenntarthatósági kutatási lehetőségek a Pannon Egyetemen

tatócsoport beszámolója alapján (lásd később) kialakulhatott egyfajta kép az egyetem tevékenységéről.

A Budapesti Corvinus Egyetem képviselői beszámoltak az ot-tani ERS Hubról (ERS: ethics, responsibility, sustainability), amely egyetemi szinten kívánja összehangolni az etika, a felelősségvá-lalás, a fenntarthatóság körébe tartozó projekteket. Felhívták a figyelmet a PRME globális együttműködési, tanulási platformra is (<https://www.unprme.org/>), amelynek egyik munkacsoportja az éghajlatváltozás és a környezeti kihívások kérdéseivel foglalkozik.

A Szegedi Tudományegyetem képviselője a tanulási lehetősé-geket emelte ki. A Course Garden felületen a Miskolci Egyetem-mel és a Soproni Egyetemmel közösen hirdetnek meg kurzusokat, többek között, a fenntartható vízgazdálkodásról, a környe-zettudatos vállalkozásokról, a fenntartható városokról (<https://u-szeged.hu/kooperativ>). Az Indonéziában indított UI Green-Metric kezdeményezés fenntarthatóság szerint rangsorolja az egyetemeket, és online kurzusokkal, együttműködések támoga-tásával segíti a fenntarthatóság kialakulását – akár nálunk is (<https://greenmetric.ui.ac.id/>).

## A fenntartható fejlődési célok (sustainable development goals, SDG) kis ikonjait egyre több program tünteti fel



A Pannon Egyetem egyaránt aktív az oktatás, a KFI és a népszerűsítés terén. Körforgásos gazdaságon alapuló fenntarthatósági kompetencia-központot is felállítottak (<https://korforgas.uni-pannon.hu/>). Egyik edukációs gyakorlatuk azonnal érdeklődést keltett a workshop hallgatóságban: egy korábban üresen álló helyiségben új gazdára található az egyetemi polgárok (főként oktatók) otthonaiból kikerült régi, de működő használati cikkek.

A Miskolci Egyetem – üzemeltetésé-nek módosítása mellett – a kutatás, az oktatás számos területén és „fenntart-hatósági eseményekkel” (fenntartható-sági élménytábor, *Miskolc Campus For-um Green and Smart* üzleti konferen-cia, általános iskolás *Tudományos ve-télkedő a Földünkért*) törekszik a célok megvalósítására. A környezeti fenntart-hatóság elérése jegyében indul például a hulladékkezelési és -hasznosítási, mun-

kavédelmi, klímaadaptációs, hidrogénelátási, napelemeserőmű-és napkollektor-létesítő, atomerőművi szakmérnöki képzés. GINOP-programjaikban és a hulladékgyártó cégekkel folyó együttműködésekben is érvényesülnek a fenntarthatósági szem-pontok.

A Nyíregyházi és a Soproni Egyetem a szó szoros értelmében zöld egyetem, fák, bokrok között élnek mindennapjaikat. Profiljaik-nak megfelelően a többi egyetemnél közelebb állnak a nagykö-zönséghez, amit ki is akáznak. A Nyíregyházi Egyetem különö-sen elkötelezett, hogy a náluk hagyományosan erős tanárkép-zésben érvényesüljenek a fenntarthatósági szempontok; az „Em-ber és környezet” tantárgyat minden hallgatónak fel kell vennie. A Soproni Egyetemen minden hallgató után ültetnek egy fát a kö-vetkező 30 évben.

A Semmelweis Orvostudományi Egyetem és a Pécsi Tudomány-egyetem orvos képviselői azt emelték ki, hogy a fenntarthatóság elérésében a jóllét, az egészség „nem megkerülhető”. Jó gyakor-latokat osztanak meg az *SE Zöld egyetem* site-ján (<https://sem-melweis.hu/zoldegyetem/>), és mivel „értünk kell az egészsé-günkhöz”, megjelentették az *Egészség elvitelre* című könyvet, amelynek fűlszö-vege szerint: „Mindegy, hány éves vagy, mindegy, milyen testi adottságokkal, családi és anyagi háttérrel rendelkezel, sőt még az is mindegy, hova jártál isko-lába és mi a szakmád! Rajtad múlik, hogy a jelenlegi állapotodhoz képest jobban érezd magad a bőrödben!”

Az egészséges táplálkozást és a fenntarthatóságot szem előtt tartva érde-mes beleolvasni a „Food in the Anthro-pocene: the EAT – *Lancet* Commission on healthy diets from sustainable food systems” áttekintésbe; a cím alapján is könnyen megtalálható a neten ([https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(18\)31788-4/full-text](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)31788-4/full-text)).





A workshop második felében, amelyet Kovács Klára, a Szemléletformálás és Kommunikációs Munkacsoport vezetője koordinált, rövid beszámolók hangzottak el a BME-tanszékeken folyó „fenntarthatósági kutatásokról”: például arról, hogy PET-palacskok (polietilén-polipropilén) kupakjaiból falburkoló panel készülhet – ami felveti a használt műanyagok szelektív gyűjtésének kérdését, hiszen a műanyagok sokfélesége is akadályozza újrahasznosításukat; vizsgálják a hagyományosnál nagyobb hatásfokú, kétféle anyagot alkalmazó tandem napelemekben rejlő lehetőségeket; innovatív építőanyagokkal kísérleteznek; az áramköri hordozóként használt epoxigyantát megújuló vagy újrahasznosított anyagokkal igyekeznek felváltani, ami „game-changer” lenne a szakterület/iparág karbonkibocsátásának csökkentésében. Néhány munkát igyekszünk részletesebben bemutatni – a kutatók közreműködésével – a következő hónapokban.

További információk: [www.bme.hu](http://www.bme.hu) -> Egyetemünkről -> Fenntarthatóság -> Tájékoztató anyagok: „Eredmények és tapasztalatok az egyetemek fenntarthatóvá válásának folyamatában” konferencia előadásai.



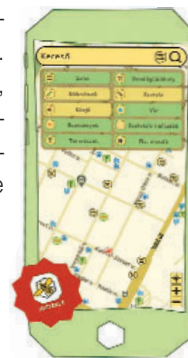
Novemberben indul!

**Találjuk meg a fenntartható lehetőségeket!**

Nem is gondolnánk, hogy mennyi ökotudatos megoldás van tőlünk karnyújtásnyira. Ha ezeket választjuk a hétköznapokban, azzal támogatjuk a helyi gazdaságokat, csökkentjük az ökolábnymunkat és végül egészségesebben is élhetünk. Pár kérdés, amire könnyen ad választ a térkép:

- Hol találok a szelektív hulladékgyűjtőket?
- Hol vehetek helyit vagy használtat?
- Hol javítják meg elromlott dolgaim?

Elérhető: <https://www.beco.hu/>



## BME Vegyész-mérnöki és Biomérnöki Kar: Öregdiák-találkozó

Komoly szervezés előzte meg a szeptember 16-i VBK-öregdiák-találkozót. Keresztbe kasul áramlott az információ az FB-posztokon, a csoportos e-maileken keresztül. Böven 600 feletti résztvevővel zajlott a szombat délután 4-kor kezdődő nagy ívű esemény. Hallgatói önkéntesek fogadták az érkezőket a K épület főbejáratánál. A kitűzött névcímkék megkönnyítették egymás felismerését. Nemcsak az évfolyamtársak, hanem a különböző generációk is szeretettel üdvözölték egymás és idéztek fel régi emlékeket. A legidősebb és legfiatalabb korosztály találkozása 70 évet ölelt át.

Pontosan 6 órakor megkezdődött az ünnepi köszöntők sora, melyet az aulában és közvetítéssel a Díszteremből lehetett követni. Az est háziasszonya az egyik főszervező, Tóth Andrea (főosztályvezető, Richter Gedeon Nyrt.) volt. Először Szarka András dékán emelkedett szólásra. Összefoglalta a Kar történetét és felhívta a figyelmet a 150 éves jubileumra, amelynek ünnepségsorozatába tartozik az öregdiák-találkozó is. A dékánt Koczkané Csizsár Emília nemzetközi rektorhelyettes követte üdvözlő szavival, majd Gál Zalán HK-elnök a jelenlegi diákok nevében köszöntette az elődöket. Ezután a támogatók képviselésében felszólalt Bogsch Erik (Richter Nyrt., igazgatósági elnök), Kelemen Béla (Mol Nyrt., működési és kiválósági alelnök, Ligethy Zsolt (Wacker-Chemie Hungary Kft., regionális ügyvezető igazgató). Szimbolikus volt, hogy a legidősebb korosztály nevében az 1952-ben végzett Paksy László kandidátus, míg a legfiatalabb generáció képviselésében a 2022-ben diplomázó Ligethy Laura

vegyszermérnök köszöntötte az egybegyűlteket. Végül a szervezés folyamatát és a szervezők gondolatait, jókívánásait Bujdosó István (Hieroglif Kft., vegyszermérnök) és Tömösközi Sándor (BME, ABÉT-tanszékvezető) foglalták össze. A felszólalásokat a Műegyetemi Kórus műsora tette színesebbé. Nagy siker volt a Vegyszéopera-részlet, amelyet a kiosztott szöveg alapján a publikum a kórusal együtt énekelt.

Az üdvözléseket követően a magasföldszinti és az 1. emeleti kerengőn svédasztalos fogadásban lehetett részünk. A vacsora maradandó beszélgetésekre adott alkalmat. A Díszteremből nyíló erkélyre is ki lehetett menni, ahol a csodálatos pesti fényekben gyönyörködhettünk. Kilenc órakor kezdődött Kovács András Péter (KAP)

humorista Dumaszház a mindennapi élet ügyes-bajos dolgairól. Tíz órától a Skyriders zenekar gondoskodott a háttérzenéről a legjobb retrokínálattal. A bátrabbak tánra is perdültek. Néhány pohár ital után mindenki oldottabb hangulatba került. A lazább beszélgetések és a tánc hajnali 2-ig tartott. Távozáskor mindenki emléklapot kapott.

Összességében a szervezők jóvoltából igen jól éreztük magunkat. Reméljük, hogy lesz folytatás, hogy a felfrissült évfolyamtársi kapcsolatok és a beszélgetések folytatódhatnak, és az esemény alkalmat adott a karunk szakmai tevékenységét támogató alumni-szerveződés fejlődéséhez is.

**Tömösközi Sándor és Keglevich György**





## Vegyipari mozaik

**Három éves stratégiai keretszerződést kötött a MOL és a Pannon Egyetem.** A Pannon Egyetem és a MOL három évre szóló együttműködést írt alá, hogy az energiaipar számára folyamatos utánpótlást biztosítson, illetve támogassa a kutatás-fejlesztést a körforgásos gazdasághoz. Az együttműködés nem újkeletű, ugyanis a vegyész mérnök-képzésben, a tananyag korszerűsítésében és a szakmai gyakorlatok megvalósításában is régóta együtt dolgoznak.



„A MOL-nak meghatározó szerepe van a régióban. Ez a vállalat az ellátásbiztonság egyik legfontosabb bástyája, de meghatározó a szerepünk a térség kiskereskedelmében, közlekedésében és vegyiparában is, emellett pedig eltökélt célunk, hogy a körforgásos gazdaságban is vezetőik legyünk. A MOL transzformációja nagy feladat, és az egész régió jövőjére hat. Ehhez a munkához pedig folyamatosan új, nemzetközi szinten versenyképes tudásra, felkészült szakértőkre és innovatív technológiákra van szükség. A jó szakember hatalmas érték. Akkor nyertünk a legnagyobbat, ha itthon tarjuk őket, sőt a legjobb, ha szakmai karrierjük a MOL-on belül folytatják. Mindemmellett az együttműködés másik célja, hogy olyan innovatív fejlesztéseket, technológiai megoldásokat találjunk közösen, amelyek segítik a MOL célterekvéseit a körkörös gazdaságban, és ugyanakkor szakmai kihívást jelentek az egyetemi szakembereknek is. Ezen dolgozik a MOL és a Pannon Egyetem is” – mondta Világi Oszkár, a MOL-csoport vezérigazgató-helyettese.

„Válságokkal terhelt és folyamatosan változó világunkban, a tervezett energetikai átmenet és a lineáris gazdaság visszahajlításának korszakában rendkívüli módon felértékelődnek a nagyvállalatok és a jövőorientált tudáscentrumok közötti olyan szakmai együttműködések, mint ami most a MOL és a Pannon Egyetem között megújításra kerül. Egy ilyen korban a megszokás nem működhet, folyamatos és adaptív innovációra, az eredmények gyakorlatba történő minél gyorsabb és szélesebb körű átültetése mellett a társadalom érzékenyítésére és bevonására is szükség van. Ez utóbbi legalább akkora kihívást jelent, mint az innovációs ötletek kidolgozása, új eljárások és technológiák fejlesztése.

Azt reméljük, hogy a Pannon Egyetem számára stratégiai jelentőségű együttműködésünk mindannyiunk jövője szempontjából kritikus fontosságú fejlesztések támogatásához nyújt majd nélkülözhetetlen segítséget” – hangsúlyozta Dr. Gelencsér András, a Pannon Egyetem rektora. ([www.mol.hu](http://www.mol.hu))



**Az ABB az Avantium és a Worley első számú villamos kivitelezőjeként járul hozzá az innovatív bioműanyag-projekt megvalósulásához.** Az ABB biztonságosabbá, okosabbá és fenntarthatóbbá teszi egy bioműanyagot előállító új holland üzem működését fejlett elektromos megoldásainak köszönhetően.

Az Avantium új üzemet épít, mellyel a bioalapú műanyagokra való átállást kívánja elősegíteni, ezzel a fosszilis alapanyagok fokozatos kiváltása a cél. A technológia a növényi cukrokat a poli-etilén-furanoátnak (PEF) nevezett következő generációs műanyagá alakítja át. Az új technológiai megoldást a hollandiai Delfzijlben alkalmazzák.

Az alapkőletéti munkálatok 2022 áprilisában kezdődtek, és az építkezés várhatóan 2024-ben fejeződik be, hogy a cég már 2024-től kereskedelmi forgalomba hozhassa PEF-termékeit.

A Worley és az Avantium az ABB-t választotta a projekt első számú villamos kivitelezőjéül (MEC). Az ABB szolgáltatásai műszaki tartalom tekintetében az elektromos tervezést, eHouse-ok alkalmazását, a frekvenciaváltók, akkumulátorok, kis- és közepesfeszültségű kapcsolóberendezések elhelyezését, az eHouse-okon kívül elhelyezett elosztó transzformátorokat és a leszállított berendezések üzembe helyezését jelentik.



„Az ABB a fejlett elektromos rendszerekkel kapcsolatban már többszörösen bizonyított szaktudása, az ABB kiváló minőségű és működés közben is bevált elektromos termékeinek széles portfóliója, a cég gazdag szakmai tapasztalatai és a konténeres megoldások terén eddig elért sikerei mind hozzájárultak ahhoz, hogy az ABB-t válasszuk ennek a projektnek a megvalósításához” – mondta Hans-Jochem de Kleijn, az FDCA Flagship-Project Mondego – Renewable Polymers projektmenedzsere az Avantium részéről. (<http://new.abb.com/hu>)



**A CHMP pozitív véleménye az endometriózis kezelésére szolgáló RYEQO® készítményről.** A Richter Gedeon Nyrt. és a Sumitomo Pharma America, Inc. (SMPA), valamint a Sumitomo Pharma Switzerland (SMPS) bejelentték, hogy az Európai Gyógyszerügynökség (EMA) Emberi Felhasználásra Szánt Gyógyszerkészítmények Bizottsága (CHMP) pozitív véleményt adott ki a





RYEQO® készítmény (40 mg relugolix, 1,0 mg estradiol és 0,5 mg norethisterone acetate tartalmú) törzskönyvének II-es típusú változtatási kérelmére vonatkozóan. A készítmény az endometriózis tüneti kezelésére alkalmas olyan nőknél, akik korábban endometriózis gyógyszeres vagy sebészi kezelésében részesültek. Az Európai Bizottság (EB) a CHMP javaslatának áttekintését követően néhány hónap múlva hoz végleges döntést a törzs-

könyvi kérelem jóváhagyásáról, mely az Európai Gazdasági Térség összes tagállamában érvényes lesz.

„Innovatív kulcstermékeink terápiás felhasználási körének szélesítése is azt a folyamatot igyekeztünk bizonyítani, amivel vezető gyógyszeripari vállalattá kívánunk válni a női egészségügy területén – mondta a Richter Gedeon Nőgyógyászati Üzletágának globális vezetője, Turek Péter. – Az Európai Bizottság teljes körű jóváhagyása esetén ez a készítmény terápiás választási lehetőséget teremt számos, endometriózisban szenvedő nő számára.”

„Az endometriózis hatással lehet az általános fizikai, mentális és szociális jólétre. A nők gyakran csak hosszú évek után értesülnek az endometriózis diagnózisról. Néhányan közülük a fájdalom kezelése érdekében több korábbi műtéten is átesetek, ám a tünetek gyakran fennmaradtak, illetve visszatértek. A mostani uniós hatósági támogató vélemény fontos lépést jelent azon az úton, ami egyre több nő számára teszi majd elérhetővé világszerte ezt a készítményt – mondta a Sumitomo Pharma America biofarma kereskedelmi vállalatának vezérigazgatója, Adele Gulfo.

A kérelmet két, 24 hetes nemzetközi klinikai vizsgálat (SPIRIT 1 és SPIRIT 2) támasztja alá, amelyekben több mint 1200, endometriózishoz társuló, középsúlyos és súlyos fájdalomtól szenvedő nő vett részt, továbbá egy 80 hetes nyílt kiterjesztett vizsgálat, ami a RYEQO® hosszú távú hatásait mérte fel. Ezek az adatok a RYEQO® közel kétéves időszak alatt felgyűlt hatásossági és gyógyszerbiztonsági információit összesítik.

(<https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/media/230915>)



**Újabb szociális naperőművek épülnek Magyarországon.** Az ország második szociális naperőműve is megkezdte működését a Somogy vármegyei Lakócsa határában. Az első ilyen létesítmény a tiszabői volt. A kezdeményezés a Felzárkózó települések elnevezésű program keretében indult, melyet a kormányzat kezdeményezett, és a következő hónapokban 21 újabb falu közelében épül a legszegényebb családok támogatását szolgáló naperőmű.

A programot koordináló Magyar Máltai Szeretetszolgálat közleménye szerint: „... három éve Tiszabőn helyezték üzembe az első



szociális naperőművet, amelynek áramértékesítéséből származó bevételét a legszegényebb családok téli fűtésének támogatására fordítják. A mintaprogram folytatásaként a Somogy vármegyei Lakócsa határában egy egyhektáros területen 1011 napelem összekapcsolásával alakítottak ki erőművet, amely már megkezdte a termelést, és éves árbevételéből mintegy 100 kisgyermekes család részesülhet támogatásban a téli fűtési idényben.”

A kommunikációban felhívták a figyelmet arra, hogy a Felzárkózó települések program részeként a következő hónapokban 21 falu határában létesítenek hasonló napelemparkokat. A létesülő naperőművek összesített teljesítménye az ország legszegényebb településein élő, mintegy 2000 hátrányos helyzetű, kisgyermekes család támogatását teszi lehetővé az októbertől ápriliséig tartó fűtési szezonban.

(<https://www.tisztajovo.hu/megujulo-energiaforrasok/2023/09/22/ujabb-szocialis-naperomuvek-epulnek-magyarorszagon>)



### A bányászok zászlója leng ezentül Szank főterén.

A 73. bányásznapi alkalmából tartott koszorúzással, a bányászok zászlójának ünnepélyes felhúzásával és a helyi szénhidrogén-bányászat történetét bemutató tárlat megnyitásával ünnepelték a bányásznapot Szankon. A gáz- és olajipar megtelepedése alaposan megváltoztatta a közösség életét, melyről most koszorúzással és bányász-zászlóavatással emlékeztek meg.



A szénhidrogének kitermelése 1964-ben kezdődött a falu környékén, majd 1969-ben létrejött az önálló szanki üzem.

Az elhunyt bányászok emléke előtt az egybegyűltek néma felállással tisztelegtek, majd felhúzták a bányászok zászlóját.

A szanki bányásznapi szabadtéri tárlat megnyitásával folytatódott az Ízek Háza udvarán. Hajagos Csaba történész, az olajipari emlékkiállítás összeállítója is emlékeztetett, hogy mekkora áldást jelentett a szénhidrogénipar Szanknak.

Varga Ferencné polgármester bejelentette, hogy jövőre, a település megalakulásának 150. évfordulójára, szeretnének a 60 éves szanki olajbányászatnak állandó kiállítóhelyet biztosítani.

(<https://www.baon.hu/helyi-kozelet/2023/09/a-banyaszok-zaszloja-leng-ezentul-szank-foteren-galeriaval>)



**Az európai statisztika szerint is alacsonyak a magyarországi kezdő tanári fizetések.** A pedagógusok világnapja alkalmából az Európai Bizottság Eurydice hálózata közzétette a tanári fizetésekről és juttatásokról szóló éves jelentését. A beszámoló 27 uniós tagállam és 10 másik – köztük nyugat-balkáni – ország adatait veti össze.

A jogszabályban előírt bruttó kezdő fizetések országonként évi 4 ezer és 92 ezer euró között mozognak. Öt EU-tagállamban – Magyarországon kívül Bulgáriában, Lettországon, Lengyelországban és Romániában – a kezdő tanárok törvényben előírt fizetése évi 10 ezer euró alatti. A legmagasabb, 50 ezer EUR feletti fizetések Dániában, Németországban és Luxemburgban jellemzőek.

Az összehasonlítás megkönnyítése érdekében érdemes a fizetéseket kifejezni vásárlóerő-paritáson (PPS). A bruttó kezdő fize-



tések így 11 ezer és 59 ezer PPS között mozoghatnak évente a vizsgált országcsoportban. Magyarországon ez a szám 13 465 PPS, ami az uniós államok között csak Litvániában (12 739) és Szlovákiában (13 319) alacsonyabb.

A törvényben előírt fizetések növekedésének lehetősége a karrier során jelentősen eltér. A kezdő fizetések a tanári pályafutás során 16 százalék (Dánia, Szerbia) és 143 százalék (Ciprus) között emelkedhetnek. A fizetési sáv tetejének eléréséhez szükséges évek száma a dániai 12 évtől a magyarországi 42 évig terjed.

(<https://nepszava.hu/>)

**Dobó Dorina összeállítása**

## Oláh György Országos Középiskolai Kémiaverseny



Jelentkezzetek az X. Oláh György Országos Középiskolai Kémiaversenyre! A 2023/24-es tanév során ismét sok-sok izgalmas feladattal várják a kémia és egyéb természettudományok iránt érdeklődőket.

A verseny két levelező fordulóból, valamint egy budapesti zárthelyi döntőből áll. A döntő forduló egy helyszíni írásbeli feladatsor megírásából és egy szóbeli, előre elkészített prezentáció előadásából, illetve a IV. kategória számára (amennyiben nem vonják össze a III. kategóriával) egy laborfeladat elvégzéséből áll (bővebb információ: <https://olahverseny.szasz.bme.hu/versenykiiras>).

A versenyre nevezhet minden magyarországi vagy határon túli középfokú oktatási intézményben tanuló diák.

A jelentkezés és az első forduló beküldésének határideje: **2023. november 7.**

## MKE-HÍREK

### Rendezvénytár (2023)

November	Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai és Analitikai Kémia Konferencia (2024. március 6–8-ra elhalasztva)	Balaton-szárszó
November 14.	39. Borsodi Vegyipari Nap	Miskolc
November 23.	Kozmetikai Konferencia	Budapest

## MKE egyéni tagdíj (2024)

Kérjük tisztelt tagtársainkat, hogy szíveskedjenek gondoskodni a 2024. évi tagdíj befizetéséről. A tagdíj összege az egyes tagdíjkategóriák szerint az alábbi:

- alaptagdíj: 10 000 Ft/fő/év
- nyugdíjas (50%): 5000 Ft/fő/év
- közoktatásban dolgozó kémiatanár (50%): 5000 Ft/fő/év
- ifjúsági tag (25%): 2500 Ft/fő/év
- gyesen lévő (25%): 2500 Ft/fő/év

Tagdíjbefizetési lehetőségek:

- banki átutalással (az MKE CIB banki számlájára: 10700024-24764207-51100005)
- sárga csekk az MKE Titkárságtól kérhető

- személyesen (MKE-pénztár, 1015 Budapest, Hattyú u 16. II/8.)

Banki átutalásos és csekkes tagdíjbefizetés esetén a név, lakcím, összeg rendeltetése adatokat kérjük jól olvashatóan feltüntetni.

Ahol a munkahely levonja a munkabérből a tagdíjat és listás átutalás formájában továbbítja az MKE-nek, ez a lista szolgálja a tagdíjbefizetés nyilvántartását.

Tájékoztatjuk, hogy a Magyar Kémikusok Lapja nyomtatott változatát csak azok a tagjaink kapják meg, akik 7000 Ft-tal hozzájárulnak a Lap megjelenéséhez és postázásához. Kérjük, ha az online hozzáférés mellett a nyomtatott példányt is szeretné megkapni, küldje el nevét és címét az Egyesület Titkárságának (1015 Budapest Hattyú u. 16. 2/8., e-mail: [mkl@mke.org.hu](mailto:mkl@mke.org.hu)).

## Előfizetés a Magyar Kémiai Folyóirat 2024. évi számaira

A Magyar Kémiai Folyóirat 2024. évi díja fizető egyesületi tagjaink számára 1400 Ft. Kérjük, hogy az előfizetési díjat a tagdíjjal együtt szíveskedjenek befizetni. Lehetőség van átutalással rendezni az előfizetést a Titkárság által küldött számla ellenében. Kérjük, jelezzék az erre vonatkozó igényüket!

Köszönetet mondunk mindazoknak, akik 2023-ban kettős előfizetéssel hozzájárultak a határon túli magyar kémikusoknak küldött Folyóirat terjesztési költségeihez. Kérjük, aki teheti, 2024-ben is csatlakozzon a kettős előfizetési akcióhoz.

## HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

### LXXVIII. No. 11. November

#### CONTENTS

<i>A hydrogen transportation problem along the Berlin–Reykjavík axis</i>	318
<b>GÁBOR LENTE</b>	
<i>Battery energy storage systems in electric energy supply</i>	320
<b>MILÁN ATTILA SÓRÉS and BÁLINT HARTMANN</b>	
<i>Experiences of studying in the USA. Part II</i>	324
<b>HANNA VARGA</b>	
<i>From Citroën to Sorbonne</i>	327
<b>VERA SILBERER</b>	
<i>The Golden Goose Award</i>	330
<b>ÁGNES KATHÓ</b>	
<i>Whom was it named after? Kohlrausch's laws</i>	333
<b>GYÖRGY INZELT</b>	
<i>From molecular gastronomy to note by note cuisine</i>	335
<b>TIBOR BRAUN</b>	
<i>Obituary. Ferenc László Rakiás</i>	336
<b>PÉTER TÖMPE</b>	
<i>Professor Ernő Pungor: a student's memories</i>	337
<b>GÉZA NAGY</b>	
<i>Chembits</i>	340
<b>GÁBOR LENTE</b>	
<i>Publication of the month</i>	342
<i>News of the month</i>	343





# Kutatók éjszakája – 2023







## Lépje át a határokat

eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

Teljesen új lehetőségek nyíltak meg a komplex analitikai kihívások megoldásában, a kis- és nagymolekulák világában egyaránt. A Thermo Scientific™ Orbitrap™ Tribrid™ nagyfelbontású, nagy tömegpontosságú tömegspektrométerek ötvözik a kiemelkedő szelektivitást, érzékenységet, sebességet és kombinálhatóságot, ezzel lehetővé téve a kimutatási határokat, a mennyiségi meghatározás és az ismeretlen komponensek azonosításában eddig ismert korlátok jelentős túllépését. A Tribrid™ tömegspektrométerek három analizátor típus, a kvadrupol, a lineáris ioncsapda és az Orbitrap™ előnyeit kombinálva teljesen egyedi mérési üzemmódok alkalmazását teszik lehetővé.



Thermo Scientific™ Orbitrap  
Eclipse™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap  
Fusion™ Lumos™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap  
ID-X™ Tribrid™ MS

További információk: [thermofisher.com/tribrid](https://thermofisher.com/tribrid)

Kizárólagos képviselő:

**UNICAM Magyarország Kft.**  
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.  
Telefon: +36 1 221 5536  
E-mail: [unicam@unicam.hu](mailto:unicam@unicam.hu)  
Web: [www.unicam.hu](http://www.unicam.hu)

# UNICAM