

A TARTALOMBÓL:

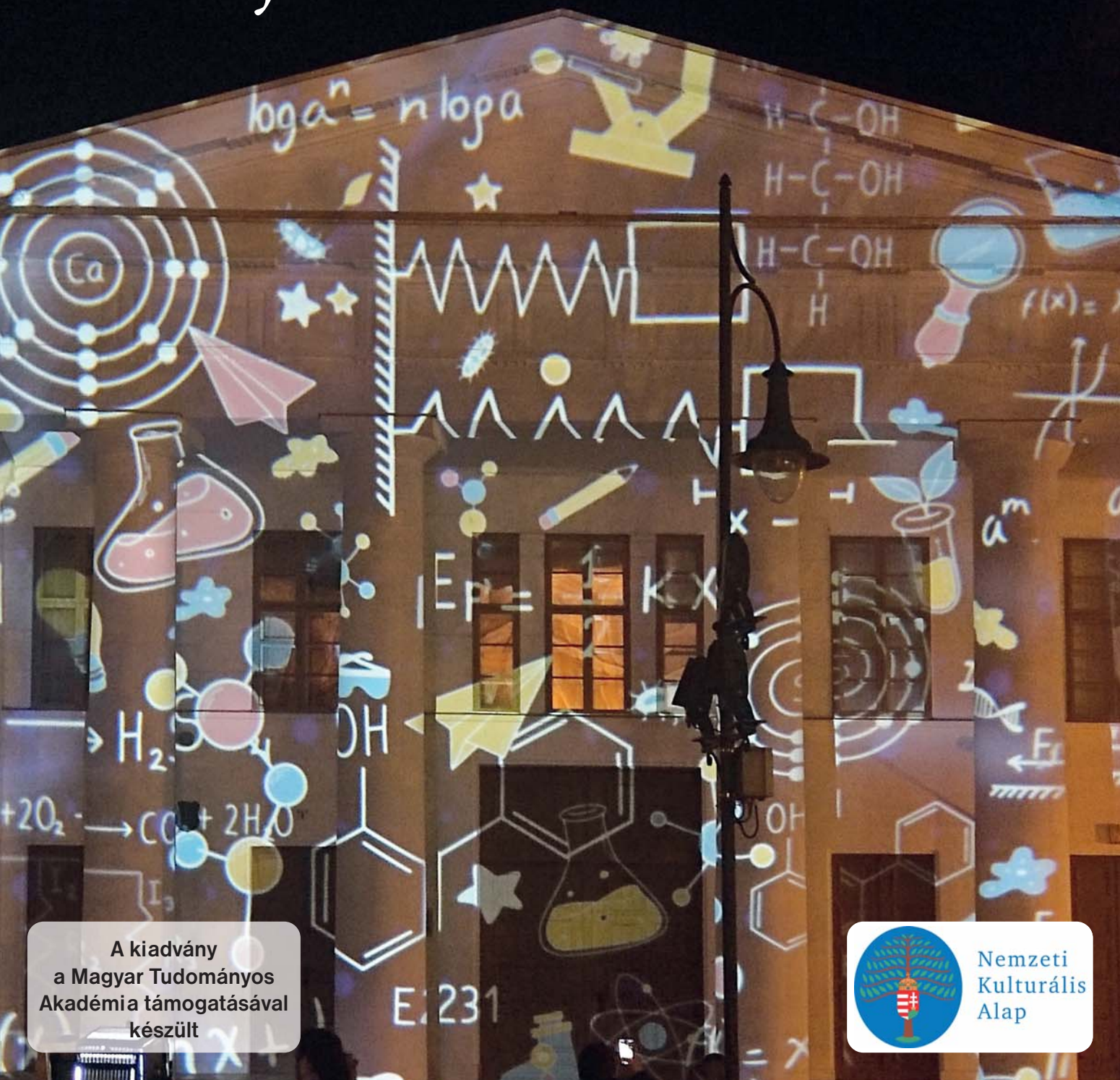
- Küldöttközgyűlés, 2026
- Lítiumion- és vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok
- Felső kategóriás Michelin-abroncsok – Magyarországról
- Azbesztszennyezés
- 250 éve született Amedeo Avogadro



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

A MAGYAR KÉMIKUSOK EGYESÜLETE HAVONTA MEGJELENŐ FOLYÓÍRATA • LXXXI. ÉVFOLYAM • 2026. JÚLIUS–AUGUSZTUS • ÁRA: 3600 FT

Újratölthető elemek



A kiadvány
a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával
készült



Nemzeti
Kulturális
Alap

SZERETETTEL VÁRJUK ÖNÖKET 2026. ÉVI NAGYRENDEZVÉNYEINKEN!



12CCC
12TH CONFERENCE ON COLLOID CHEMISTRY
From fundamentals to sustainable application
Budapest, Hungary
September 27–30, 2026



ESAS 2026
Budapest, Hungary

Organizers Local Information Plenary Speakers & Short Courses Programme Important Dates Exhibitors & Sponsors Registration Contact

EUROPEAN SYMPOSIUM ON ANALYTICAL SPECTROMETRY (ESAS)
Budapest
August 30–September 3, 2026



31. ŐSZI RADIOKÉMIAI NAPOK
Balatonszárszó, SDG Családi és Konferencia Központ
2026. október 12–14.



KOZMETIKAI SZIMPÓZIUM 2026
Budapest – 2026. november 12.
ELTE Harmónia Tere
Eötvös Loránd Tudományegyetem
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
Vendégeinknek díjmentes parkolást biztosítunk az ELTE parkolójában.



HUNGAROCOAT 2026
XIV. Nemzetközi Festékipari Kiállítás és Konferencia
2026. november 24–25.
Nyitvatartás: 9:00–17:00
A kiállítás a látogatók számára ingyenes, de regisztrációhoz kötött





MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXXI. évf., 7–8. szám, 2026. július–augusztus



A Magyar Kémikusok Egyesületének tudományos ismeretterjesztő folyóirata és hivatalos lapja

SZERKESZTŐSÉG:

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

Szerkesztőbizottság:

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

Szerkesztők:

DOBÓ DORINA, KEGLEVICH KRISTÓF,
KERTI GÁBOR, KOVÁCS LAJOS,
NAGY GÁBOR, PAP JÓZSEF SÁNDOR

Szerkesztőségi titkár: KOCOR ERIKA

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

Szerkesztőség: 1106 Budapest,
Fehér út 10. (White Office)

Tel.: 36-20-214-0808

E-mail: mkl@mke.org.hu

Kiadja a Magyar Kémikusok Egyesülete
Felelős kiadó: SZABÓ JÁNOS ZOLTÁN
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
Egy lapszám ára: 1800 Ft
MKE-tagoknak előfizetés: 9900 Ft
Nem MKE tagoknak: 19 900 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:
KOCOR ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,
1106 Budapest, Fehér út 10. (White Office)
Tel.: 36-20-214-0808,
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.2026.07-8

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



Lapunk nyári, kettős számában immár hagyományosan beszámolunk Egyesületünk ez évi küldöttközgyűléséről, amelyre május 8-án került sor a HUN-REN Természettudományi Kutatóközpontjában.

A küldöttközgyűlést Szalay Péter professzor úr, Egyesületünk elnöke köszöntötte és vezette le Szabó János ügyvezető igazgató úr közreműködésével. A megnyitó keretében emlékeztünk meg az elmúlt küldöttközgyűlés óta elhunyt tagjainkról.

A program a szokásoknak megfelelően tudományos előadásokkal vette kezdetét, idén két előadást hallgathattunk meg.

Simoné Sarkadi Livia egyetemi tanárnak, Egyesületünk tiszteletbeli örökös elnökének a kémia tudományában végzett kiemelkedő munkásságát Egyesületünk Náray-Szabó István tudományos díj adományozásával ismerte el. A professzor asszony „Az élelmiszer-kémia tudományos és hétköznapi jelentősége” címmel tartott előadást e mindannyiunk számára életbevágó témakörben. A látványos előadás közérthetően szemléltette a biztonságos és tápláló élelmiszerek előállításának globális kihívásait az egész élelmiszer-ellátási láncot érintően a „termőföldtől az asztalig”. Továbbá rámutatott a tudatos táplálkozás fontosságára az egészségmegőrzés érdekében, aminek megvalósításához alapvető fontosságú az élelmiszerek kémiai összetételének ismerete, a tápanyagok (pl. fehérjék, szénhidrátok, zsírok) tápértékének megértése, valamint az ételkészítés konyhai műveleteinek helyes elvégzése a gasztronómiai élvezet növelése érdekében. Az előadás szlogenje – „Az vagy, amit megeszel” – mindenki számára megmaradt elgondolkodtató útravalóként.

Ebben az évben Wartha Vince-emlékérmet nyertek el a Pannon Egyetem MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék és a MOL Nyrt. kutatói: Bartha László, Nagy Roland, Hartványi Máté, Puskás Sándor és Hrivnák Béla. A díjazottak nevében Puskás Sándor tartott előadást „A tenzides-polimeres növelt hatékonyságú kőolaj-kihozatali eljárások (Enhanced Oil Recovery – EOR) fejlesztése alacsony és magas sótartalmú rétegvízzel telített kőolajtelepek leműveléséhez (Laboratóriumtól az ipari alkalmazásig)” címmel. Ez a mind tudományos szempontból, mind gazdaságilag is kiemelkedő jelentőségű kutatás széles körű együttműködés keretében folyt, folyik, a Pannon Egyetem, a Szegedi Tudományegyetem és a Miskolci Egyetem bevonásával, a MOL Nyrt. koordinálásával. Az előadó ismertette a Magyarországon eddig alkalmazott kőolaj-kihozatali növelő eljárásokat, ezek közül kiemelve a kémiai EOR-t. A hallgatóság betekintést nyert az új és innovatív anyagok és technológiai megoldások fejlesztésének folyamatába, az ipari tevékenységet támogató sikeres K+F és innováció megvalósulásának menetébe, az egykutas elnyelésvizsgálattól az Algyőn megvalósult tenzides-polimeres pilot besajtoló technológián át a nemzetközi műszaki kihívásokba, tapasztalatokba és eredményekbe.

A küldöttközgyűlés résztvevői köszönetüket fejezik ki a tagságnak, a tisztségviselőknek, a szakosztályoknak, szakcsoportoknak, munkahelyi, területi szervezeteknek feladataik egész évi teljesítéséért, külön köszönjük Egyesületünk Titkárságának megfigyelt, elkötelezett, sokrétű munkáját.

Kedves Olvasóinknak békességben, egészségben eltöltött nyarat kívánunk és jó szórakozást az egyesületi életünket, valamint számos aktualitást bemutató közlemények olvasásához.

2026. július

Buzás Ilona

Buzás Ilona

a szerkesztőbizottság tagja

TARTALOM

KÜLDÖTTKÖZGYŰLÉS, 2026

Várnagy Katalin: Főtitkári beszámoló	198
Jegyzőkönyv	205
Bizottságok beszámoló	211

VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY

Schmidt Máté, Kun Róbert: Litiumion- és vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok összehasonlító értékelése: teljesítménymutatók és alkalmazási forgatókönyvek	215
Őri János: Szabadalmaztassunk... De hol és hogyan?	221
Osváth Szabolcs és munkatársai: Az Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) tevékenységének rövid bemutatása	223

IPARI BEMUTATKOZÁS

Nemes Attila, Szirbik Eleonóra: Magyarországon készülnek a Michelin-csoport felső kategóriás abroncsai	226
--	-----

BIZTONSÁGI JELZÉSEK ÉS KÉMIAI BIZTONSÁG

Agárdi Tamás: Csővezetékek jelölése	227
A színcsíkoktól az ISO 20560 globális iparági sztenderdig	227

VÉLEMÉNY

Ágoston Csaba: Azbesztügy: ej, mi a kő, velünk élő középkor?	229
--	-----

VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET

Bazsa György: 250 éve született Amedeo Avogadro, az Avogadro-állandó névadója	233
---	-----

KÖNYVISMERTETÉS

Lente Gábor: A hatalom újratölthető elemei (Nicolas Niarchos: The Elements of Power)	237
--	-----

KITEKINTÉS

Kutasi Csaba: Azbeszt szálanyagokból készült textiltermékek?	238
--	-----

VEGYÉSZLELETEK

Lente Gábor: rovata	240
---------------------	-----

A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA

A HÓNAP HÍREI	242
---------------	-----



Címlapunkon:
Fényfestés Bonyhádon
a 2. Kárpát-medencei
Müller Ferenc Kémiai
Emlékverseny
alkalmából
(fotó: Nagy István)



Főtitkári beszámoló a 2025. évről

2025. január 1-től új főtitkárral, a 2025-ös közgyűlés után pedig részben megváltozott IB-vel folytatódott a Magyar Kémikusok Egyesületének munkája.

Dr. Szalay Péter elnök, Dr. Várnagy Katalin főtitkár és Dr. Janáky Csaba és Dr. Urbányi Zoltán alelnökök vezetésével zajlott a munka. A vezetőségben változást hozott, hogy Dr. Tukacs József, a Gazdasági Bizottság elnöke, és Dr. Mihucz Viktor IB tag is csak a 2025. májusi közgyűlésig vállalta a feladatokat. Így 2025 májusától új főtitkárhelyettesekkel és részben új tagokkal folytatódott a munka. A két főtitkárhelyettes a Műszaki-Tudományos Bizottság elnöke ettől kezdve Dr. Skodáné Földes Rita, a Gazdasági Bizottság elnöke pedig Dr. Ziegler Ildikó lett. Az Intézőbizottság korábbi tagjai Adányiné Dr. Kisbocskói Nóra, Dr. Bálint Erika, Dr. Keglevich György, Dr. Sipos Pál és Tóth Angelika mellett 2025 májusától két új tagot választott a közgyűlés az Intézőbizottságba, Dr. Salma Imrét és Dr. Sebők Ferencet. Az egyesületi élet szervezésében továbbra is fáradhatatlanul, óriási lendülettel tevékenykedett, az Egyesület motorja volt az ügyvezető igazgató, Dr. Szabó János Zoltán.



Dr. Várnagy Katalin
főtitkár

Az elmúlt évben is a Felügyelőbizottság elnöke Sziva Miklós, az Etikai Bizottság elnöke Bognár János, az Oktatási Bizottság elnöke Kózelné Dr. Székely Edit, a díjbizottság elnöke Dr. Sipos Pál, az Érdekvédelmi Bizottság elnöke Dr. Viskolcz Béla, a Nemzetközi Kapcsolatok Bizottságának elnöke Dr. Tóth Ágota volt.

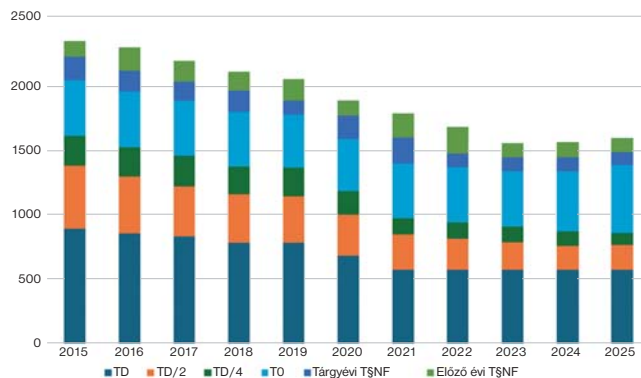
A Magyar Kémikusok Lapja szerkesztőbizottságában a felelős szerkesztő Dr. Lente Gábor, az elnök pedig Dr. Keglevich György. 2025-től a Magyar Kémiai Folyóirat főszerkesztői feladatait Dr. Sente Lajos, a szerkesztői feladatokat pedig Dr. Balogh György Tibor látja el.

Az Egyesület a 2025-ös évben továbbra is szigorú gazdasági fegyelem mellett folytatta az Alapszabályban rögzített tevékenységét. Az MKE vezetése és az Intézőbizottság minden tagja aktívan részt vett az Egyesület korábban elfogadott cselekvési terve pontjainak megvalósításában. Az IB a tervezett ütemezés szerint összesen nyolc alkalommal ülésezett, hibrid formában (személyes és online jelenléttel), illetve egy rendkívüli online ülést tartott 2025. január 9-én a főtitkár személyének változása miatt. December 5-én és 6-án kihelyezett évről vezetői ülés volt, a Pécsi Tudományegyetem Kémiai Intézete és igazgatója, Lente Gábor vállalta a vendéglátást. A helyszínválasztást az is indokolta, hogy az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny döntője

pécsi házigazdánkhoz került a pályázat elnyerésével a következő 5 évre.

Az IB-ülések minden alkalommal határozatképesek voltak, az IB-tagok részvétele minden esetben elérte a 75%-ot.

Az egyesület taglétszámának 2020-as évet követő csökkenő tendenciája megfordult, és 2024-től már optimistán kismértékben emelkedő taglétszámot könyvelhettünk el. Ez a tendencia maradt a 2025-ös évben is, a taglétszám 37 fővel tovább növekedett (1. ábra). Ebben szerepe volt annak, hogy a taglétszám növelésére számos lépést tettünk, ebben aktív szerepet vállalt a Fiatal Kémikusok Fóruma is. Számos kémiával kapcsolatos rendezvényen, így például a Debreceni Egyetemen rendezett Országos Tudományos Diákköri Konferencia Kémia és Vegyipari szekcióján a fiatal résztvevőknek (egyetemi hallgatóknak, PhD-hallgatóknak) egyéves ingyenes tagságot ajánlottunk fel, és bízunk abban, hogy ők a továbbiakban is tagok maradnak.



1. ábra. Az MKE-tagok statisztikája (alapszabály szerinti tagok), 2015–2025

A vezetőség Szalay Péter elnök irányításával egyik kiemelt feladatuként folytatta annak a cselekvési tervnek a megvalósítását, amely az Egyesület hatékonyabb és láthatóbb működését, valamint a kémia imázsának minél szélesebb körben történő javítását célozza meg. Ennek keretében az Alapszabályból következő fő küldetesként fogalmazódott meg, hogy „a magyarországi kémikusok, valamint a kémia és a vegyipar iránt érdeklődők közösségének megtestesítője/szerveződése, a Magyar Kémikusok Egyesülete

- platformot biztosít tagjai szakmai és közösségi tevékenységéhez;
- képviseli a közösséget hazai és nemzetközi térben;
- hitelesen képviseli a kémia szakterületet a társadalmi folyamatokban;
- adatokon és tényeken alapuló állásfoglalásokat készít szakpolitikai döntések támogatásához;
- szerepet vállal a kémikus utánpótlás nevelésében.”

Ezen célok megvalósításához a következő feladatokat végeztük el az elmúlt időszakban:

- 1) Befejeztük az elmúlt évben elkészített **kérdőíves felmérést** a kémia szakterület szereplőivel az Egyesülettel szembeni

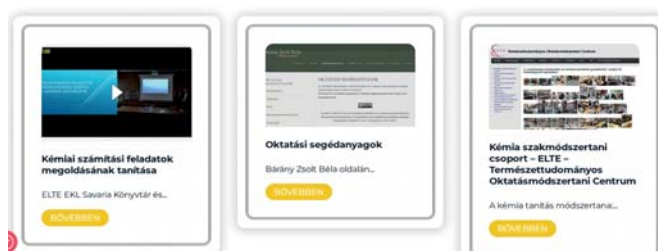


Küldöttközgyűlés a HUN-REN Természettudományi Kutatóközpontban

igényeiről, és a kiértékelés eredményeiről készült összefoglaló a *Magyar Kémikusok Lapjában* jelent meg (2025. július–augusztusi szám).

2) Az Összefogás a kémia népszerűsítéséért kezdeményezés keretében indult a „Kémia mindenkinek” program. A nagyszámú ipari és egyetemi szereplő összefogott a kémia imázsának javítására, a kémiai iránt érdeklődők és a kémiát szakmájuknak választók számának jelentős növelésre. A létrehozott honlapon és egyéb média megjelenésekben jelentős számú követője és aktív résztvevője van a „Kémia mindenkinek” programoknak. A „Kémia Mindenkinek” honlapon (<https://kemiaindenkinek.hu/>) nagyon sok minden található: néhány példa a teljesség igénye nélkül:

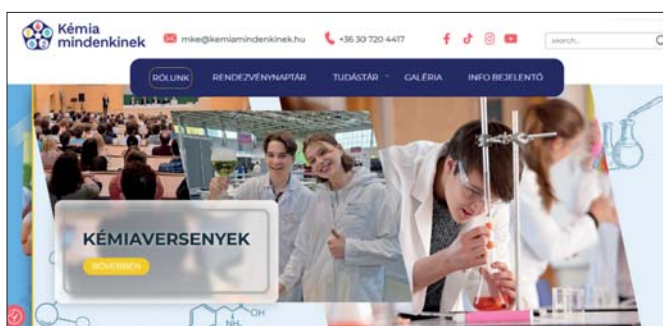
- számos információ a fiataloknak szóló, kémiához kapcsolódó rendezvényekről, versenyekről, táborokról, az egyetemek beiskolázási programjairól;
- az MKE és középiskolások, középiskolai tanárok stb. közreműködésével készült kisfilmek, amelyek a kémia iránti érdeklődés felkeltését célozzák;
- híres kémikusok bemutatása;
- a középiskolai kémiatanárok munkáját segítő módszertani ötletek, programok, segédanyagok stb.



3) Szakhatóságokkal, minisztériumok szakmai vezetésével való kapcsolat kiépítése annak céljából, hogy döntések előkészítése során az MKE szakértelmét felhasználják. Ez ügyben az egyesület elnöke és ügyvezető igazgatója biztató tárgyalásokat folytatott a Belügyminisztérium és a Kulturális és Innovációs Minisztérium vezetőivel.

4) Nagy előrelépés történt az „imázsépítésben” a médiában való megjelenésben, a Magyar Kémikusok Egyesülete, a Fiatal Kémikusok Fóruma és a „Kémia mindenkinek” számos közösségi felületen jelenik meg rendszeresen, és növekszik a követők táborára.

5) Az MKE biztos támaszt nyújt a kémiatanárok számára. Ehhez jelentett segítséget a Belügyminisztérium támogatásával is megrendezett két „Varázslatos kémia” nyári tábor, amelyek 2025. július 7–11. között a Miskolci Egyetemen és 2025. július 28. – augusztus 1. között Veszprémben, a Pannon Egyetemen 75 középiskolás diák részvételével zajlott le. A visszatérő és ismét hagyománnyá váló program nagyon sikeresnek bizonyult, így idén már 4 tábor szervezése





van folyamatban. Ugyancsak igen sikeresen zajlott a 2025. augusztus 24–28. között Egerben, az Eszterházy Károly Katolikus Egyetemen megrendezett **Kémiatanári Továbbképzés**. Ennek folytatásaként a Kémiatanári Szakosztály havi rendszerességgel online módszertani megbeszéléseket tart, és szintén sort került területi szinten (pl. Hajdú-Bihar megye) az általános és középiskolai tanárok szakmai összejövetelére és két-három havonta online workshop megtartására.

6) Az MKE erős képviselőinek biztosítása a nemzetközi szervezetekben, szükség esetén a belső struktúra kompatibilitásának megteremtésével. A 2025. évben a EuChemS Kémia Oktatási Divíziójába (Chemical Education Division) két új képviselő, Bárány Zsolt Béla és Dr. Musza Katalin, a Számítógépes és elméleti Kémiai Divízióba (Division of Computational and Theoretical Chemistry) egy új tag, Szidarovszky Tamás került be, míg a Kémiai Etika Munkacsoportba (Working Party on Ethics in Chemistry) egy fiatal vegyész, Dr. Garda Zoltán új képviselőként lép be.

Az Egyesület tevékenységének közvetett célja a kémiai tudomány, a kémiaoktatás és a vegyipar fejlődésének elősegítése. Ennek elérése érdekében az MKE közhasznú tevékenységét továbbra is az alábbi kiemelt területeken fejtette ki:

- Tudományos tevékenység, kutatás, műszaki fejlesztés, szakmai kulturális tevékenység, szakmai kulturális örökség megővése.
- Nevelés és oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés.
- Euroatlanti integráció elősegítése.
- Környezetvédelem.

A fenti célok megvalósítását az MKE 2025-ben az előző évben megújult szakosztályi és szakcsoporti struktúrával folytatta:

- **21 szakosztály/társaság** (többségében aktív)
- **10 szakcsoport**, melyből 6 az Analitikai Szakosztály keretében, 3 a Szerves és Gyógyszerkémiai Szakosztály keretében, 1 önálló, a Komplexkémiai Szakcsoport
- **7 területi szervezet** (Bács-Kiskun, BAZ, Csongrád, Hajdú-Bihar, Győr-Moson-Sopron és Veszprém)
- **5 MKE munkahelyi csoport** (BorsodChem, EuroAPI, ME, MOL Petrolkémiai Zrt. és Richter Gedeon)
- **Fiatalkémikusok Fóruma**

A 21 szakosztály között a „legfiatalabb” szakosztály, a Kémiai Digitalizáció Szakosztály, amely 2025 tavaszán alakult meg.

Az Egyesület közhasznú szervezetként történő működési tevékenysége az alábbi pontok alapján foglalható össze. Kijelenthető, hogy az MKE a 2025-ben is teljesítette a közhasznú működés feltételeit, a közhasznú szervezeti besorolás nem volt veszélyeztetve.

1) Tudományos tevékenység, kutatás, műszaki fejlesztés, szakmai kulturális tevékenység, szakmai kulturális örökség megővése

Az Egyesület szakmai szervezetei 2025-ben 19 részvételi díjas és 40 térítésmentes tudományos rendezvényt, valamint kémiát népszerűsítő, nagyszámú érdeklődőt vonzó eseményt szerveztek. A hazai és nemzetközi rendezvényeket az **1. táblázat** foglalja össze.

Az egyesületi rendezvényekről a *Magyar Kémikusok Lapjában*, körlevelekben, szakmai folyóiratokban, a közösségi médiában és az egyesületi honlapon (<http://www.mke.org.hu>) tájékoztattuk az érdeklődőket. Az Egyesület honlapja teljesen megújult, korszerűbb, áttekinthetőbb lett. Az említett médiumokban **több mint 3200 középiskolás diákot, egyetemistákat** és tanáraikat szólítottunk meg.

1. táblázat. Az MKE 2025. évi hazai és nemzetközi rendezvényei

Dátum	Rendezvény	Helyszín
január 23.	57. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny Iskolai forduló	150 középiskola
január 24.	Fiatalkok Szerves- és Gyógyszerkémiai workshopja 2. – Antus Sándor emlékülés	Debrecen
február 11.	IUPAC Global Women's Breakfast (#GWB2025)	Budapest
február 11–12.	Labortechnika Kiállítás és Analitikai Ankét 2025	Budapest
március 6.	57. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny Középdöntő	19 vármegye és Budapest
március 20.	Szakosztályok, társaságok, területi szervezetek és munkahelyi csoportok vezetőinek találkozója	Budapest
március 25–28.	Novel Enzymes 2025	Budapest
április 25–27.	57. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny Döntő	Debrecen
május 8–9.	MKE-MTA NMR Munkabizottság ülése	Balatonszemes
május 16.	Küldöttközgyűlés	HUN-REN TTK
május 19–21.	Peptidkémiai Munkabizottság ülés	Balatonszárszó
május 22–23.	XVII. Kristályosítási és Gyógyszerformulálási Kerekasztal	Balatonszárszó
május 26–28.	Komplexkémiai Kollokvium	Balatonszárszó
május 29–30.	Biztonságtechnika 2025	Mátraszentimre
június 1–5.	International Conference on Green & Sustainable Chemistry	Budapest
június 4–6.	Biologikum	Balatonszemes
június 23–25.	MKE-MTA Heterociklusos és Elemorganikus Kémiai Munkabizottság ülése	Balatonszemes
jún. 30–júl. 2.	55. Kromatográfiás Továbbképző Tanfolyam	Szeged
július 7–11.	Varázslatos Kémia tábor a Miskolci Egyetemen	Miskolc
júl. 28–aug. 1.	Varázslatos Kémia tábor a Pannon Egyetemen	Veszprém
aug. 21–24.	Kémiatanári Továbbképzés	Eger
augusztus 28.	Magyar Magnézium Szimpózium	Budapest
szeptember 18.	Vegyipari digitalizáció: K+F vagy ipari realitás? (workshop)	Budapest
október 13–15.	30. Őszi Radiokémiai Napok	Balatonszárszó
október 27–29.	XLVIII. Kémiai Előadói Napok	Szeged
november 5–7.	XVI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencia	Balatonszárszó
november 5–7.	64. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés	Balatonszárszó
november 6.	Borsodi Vegyipari Nap	Miskolc
november 13.	Kozmetikai Szimpózium	Budapest



2) Nevelés és oktatás, képességefejlesztés, ismeretterjesztés

Ez Egyesületünk egyik, talán legfontosabb működési területe, azon belül is az oktatás segítése, amelynek szervezői és végrehajtói a Kémia tanári Szakosztály és az Oktatási Bizottság tagjai. A többi MKE-rendezvényhez hasonlóan a tehetséggondozó programok is jelenléti formában kerültek megrendezésre.

2.1. Tehetséggondozó programok

– 57. Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny.

A Magyar Kémikusok Egyesülete által szervezett háromfordulós verseny már az 57. alkalommal került megrendezésre. A rendezvény 9–10. osztályos tanulók részére szervezett kémiai tárgyú tehetséggondozó verseny, amely az általános iskolai Hevesy-versenyre épül, és egy közbenső fokozatként előkészíti a diákokat az Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny kémia szekcióján való részvételre is. A versenyen 150 iskola közel 2000 tanulója vett részt. A döntőre 2025. április 25–27. között került sor Debrecenben, a Debreceni Egyetemen 216 versenyző diák és 100 felkészítő tanár részvételével.



– **Dr. Kónya Józsefné Emlékpályázat.** Az MKE Hajdú-Bihar Megyei Területi Szervezete a 2024/2025-es tanévre immár 32. alkalommal hirdette meg a pályázatot a megyei általános és középiskolák tanulói részére. 25 pályamű (többek között videó és hangos ppt formájában) készült a versenyre, ebből 9 pályaművet díjazott a zsűri.

– **8. Nemzetközi Kémia Torna.** 2025. augusztus 20–24. között Romániában, Bukarestben, a Bukaresti Egyetemen rendezték a Nemzetközi Kémiai Tornát (International Chemistry Tournament, IchTo) Magyarország 2×6 fős csapattal és két kísérővel képviseltette magát. A csapatversenyben a Hungarian Team Red csapat ezüstérmet, míg a Hungarian Team Green csapat bronzérmet szerzett.



– **21. Nemzetközi Junior Természettudományi Diákolimpia** (International Junior Science Olympiad, röviden IJSO). 2025. november 23. és december 2. között rendezték meg Szocsiában, Oroszországban. A hatfős csapat tagjai közül 2 fő ezüstérmet és 4 fő bronzérmet szerzett.



– **59. Nemzetközi Mengyelejev Diákolimpia.** Itt is kiváló eredményeket értek el a magyar diákok. A versenyt május 5. és 12. között, Brazíliában rendezték meg. Az ötfős csapat tagjai egy arany, egy ezüst és három bronzéremmel tértek haza.



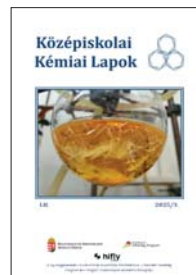
– **XI. Oláh György Országos Középiskolai Kémiaverseny.** 2025. február 28-án és március 1-én rendezték meg. Ez a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Szent-Györgyi Albert Szakkollégiumával együtt szervezett versenysorozat, amelyet kifejezetten középiskolás diákoknak szerveznek.

2.2. Kémiát népszerűsítő programok

– **GWB2022** (IUPAC Global Women's Breakfast), 2025. február 11.) Beszámoló az eseményről az MKL 2025-ös 4. számában olvasható.

2.3. Egyéb közoktatást segítő tevékenységeink

– **KÖKÉL** – 2025-ben a **Középiskolai Kémiai Lapok** 52. év-



folyamat adtuk ki. Lapunk a közoktatás teljes területén kívánja a kémiaoktatást szolgálni ezért ingyenessé tettük a kémia tanár tagjainknak. Emellett a lapszámok már ingyenesen elérhetők online is. Témáinkkal nyitottunk az általános iskolák felé is. 2025-ben 19 diák nyert oklevelet és jutalmat a KÖKÉL kezdő és haladó példamegoldó és az



angol, német fordítási versenyén, valamint 2 tanár tehetőségondozó munkájáért kapott elismerést. Az okleveleket 2025. június 12-én ünnepélyes keretek között adtuk át az ELTE TTK Kari Tanácssteremben.

2.4. A felsőoktatást támogató tevékenységeink

- **48. Kémiai Előadói Napok.** Fiatal kémikusok számára az MKE Csongrád Megyei Területi Szervezete rendezte meg a konferenciát, 2025. október 27–29. között, Szegeden.
- **Diplomamunka Nívódíj.** 28 diplomamunkát nyújtottak be, és ebből 2025-ben 14 végzős egyetemi hallgató diplomamunkáját részesítettük az elismerésben. A Diplomamunka Nívódíjat a Soneas Vegyipari Kft. támogatta. Az elismerésben részesülteknek egyéves tagdíjmentes MKE-tagságot is felajánlott az Egyesület. A díjak átadása a **48. Kémiai Előadói Napok** első napján (2025. október 27-én) történt.
- **Kalaus György-díj.** A BME TDK-konferencia győztesek elismerése, amelyet 13 hallgató nyert el.
- **Fiatalok Szerves és Gyógyszerkémiai workshopja 2.** – Antus Sándor-emlékülés. A rendezvényre 2026. január 24-én került sor Debrecenben, a Debreceni Egyetemen.

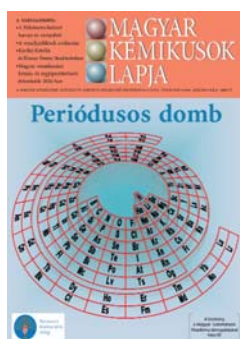
2.5. Fiatal kémikusok szakmai fejlődésének támogatása

- **Vértes Attila Ifjúsági Nívódíj** – előadói verseny: 2 doktori ösztöndíjas és fiatal kutató versenyre a 30. Őszi Radiokémiai Napok keretében – 2025. október 13–15. között, Balatonszárszón.
- **Fiatalkémikusok szakmai rendezvényen való részvételének támogatása.** Hosszú idő után 2025-ben ismét meghirdettük a PhD- és fiatal kutatók (35 év alatt) konferencián és egyéb hazai rendezvényen való részvételének támogatását. A maximális támogatás 150 000 Ft/fő volt. Ezt a támogatást 5 fő kapta meg. Egy fiatal kutatót pedig a Chemistry Europe Travel Grant támogatott.

3. Ismeretterjesztés

Az MKE ismeretterjesztési tevékenységét elsősorban az Egyesület gondozásában megjelenő folyóiratokon keresztül, valamint az elektronikus média segítségével végezte 2025-ben, az alábbiak szerint:

- A **Magyar Kémikusok Lapja** 80. évfolyama jelent meg 2025-ben. A havi lapot az egyesület tagjai már a nyomdai megjelenés előtt olvashatják a honlapon. A honlap címe: <http://www.mkl.mke.org.hu/>. A Covid-19 óta a magas postai



árak miatt nyomtatott formában csak az előfizetők kapják. Igyekszünk az olvasottságot elősegíteni azzal, hogy a jogi tagjainkhoz díjmentesen juttatjuk el a lapszámokat. Ezen túlmenően a versenyeken, ifjúsági eseményeken a résztvevők ajándékként kapják. A lap szakcikkeiben a kémiai tudomány információi jutnak el az olvasókhoz, tájékoztatást kapnak az ipar híreiről, a kémiaoktatásról és középiskoláinkról, valamint az Egyesület hivatalos lapjaként az egyesületi életéről is hírt ad.

- MKE-Facebook: <https://www.facebook.com/mkeface> – 2025-ben több mint 200 bejegyzés jelent meg a Magyar Kémikusok Egyesülete Hivatalos Facebook-oldalán. A bejegyzések több mint 70%-a közvetlenül az MKE által szervezett/támo-

gott eseményekről, az MKE híreiről és főleg a *Magyar Kémikusok Lapjának* tartalmából született. Az MKE Hivatalos Facebook-oldala már összesen több mint 4000 követővel rendelkezik.

- A **Magyar Kémiai Folyóirat** 2025-ös, 131. kötetében négy lapszám jelent meg. A folyóiratnak megújult a honlapja (<https://mkf.mke.org.hu/>) és a folyóirat digitális példányait Egyesületünk tagjai díjmentesen olvashatják.
- A **Membrántechnika** kiadvány a Membrántechnikai Szakosztály szolgáltatása a szakterület iránt érdeklődők számára. Évente négy szám jelenik meg online formában, a folyóirat honlapcíme: <https://mke.org.hu/kiadvanyok/membrantechnika/>.
- Az MKE 1998 óta tagja a **Chemistry Europe** nemzetközi szervezetnek, amely a Wiley-VCH a csoport által koordinált szakfolyóirat-kiadó szervezet. A Chemistry Europe tagjaként az MKE minden évben 3% mértékű, szabadon felhasználható royaltyban részesül a tulajdonosi lapok éves royalty-összegéből. 2025-ben ezen bevételünk 15 107 000 Ft volt.

4. Euroatlanti integráció

Hangsúlyt fordítunk a környező országok kémikus egyesületeivel való kapcsolatokra. Ennek keretében veszünk részt rendszeresen a Nemzetközi Vegyészkonferencián. 2025-ben a 30. Nemzetközi Vegyészkonferenciára Erdélyben, Nagyszebenben került sor október 23–25. között. Emellett számos, határon túli résztvevőt láttunk vendégül az Irinyi versenyen.

Az Egyesület több nemzetközi szervezet rendezvényén képviseltette magát. Szalay Péter elnök és Szabó János ügyvezető igazgató 2025. október 28. és 29. között Poznańban részt vett a EuChemS éves közgyűlésén. Elnökünk ezen kívül két alkalommal vett részt az EuChemS Executive Board ülésein, valamint 2025. október 1. és 3. között a Chemistry Europe éves ülésén is Madridban.

5. Környezetvédelem

Az MKE az oktatási kérdések mellett kiemelten foglalkozik a környezetvédelemmel. Ezt a tevékenységet elsősorban a Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Társaságunk végzi, de valamennyi szakosztályunk foglalkozik közvetlenül vagy közvetve a témakörrel. A **XVI. Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferenciát** 2025. november 5–7. között rendeztük meg Balatonszárszón. Ugyancsak az MKE szervezésében valósult meg Budapesten a **7th EuChemS International Conference on Green & Sustainable Chemistry**, 2025. június 1–5. között, mintegy 130 résztvevővel.





Az MKE fontosnak tartja a környezetvédelemmel összefüggő kérdések szerepeltetését a kémiaoktatásban, ezért az MKE különböző szervezetei által rendezett diákversenyek témakörében a környezetvédelem is szerepel.

6. Az Egyesület gazdálkodása

A MKE 2025. évi gazdálkodását a Gazdasági Bizottság folyamatosan felügyelte. Az aktuális kimutatásokat a vonatkozó IB-ülés előtt áttekintette és a Gazdasági Bizottság az IB-üléseken beszámolt az aktuális gazdasági állapotról. A MKE 2025-es működéséhez megkérdőjelezhetetlenül hozzájárultak támogatóink, amelyek közül külön megemlíthendők a legmagasabb összegű, milliós nagyságrendű támogatásokkal (jogi tagdíjjal, illetve más bevételi forrás lehetőséggel) segítő cégek és intézmények. Az MKE köszönettel tartozik ezen előre tervezhető anyagi forrásokért a **2. táblázatban** és utána felsorolt kiemelt támogatói cégeknek és szervezeteknek:

2. táblázat. Központi költségvetési szervtől, önkormányzatoktól pályázati úton elnyert támogatások

Támogató szerv	Támogatás forint
Magyar Tudományos Akadémia	9 910 000
Belügyminisztérium	4 800 000
Közigazgatási és Igazságügyi Minisztérium	26 281 623
Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal	3 450 000
X. kerület Önkormányzata	300 000
Zalaegerszegi Önkormányzat	100 000
Összesen	44 841 623

Kiemelt támogatóink

- Richter Gedeon Nyrt.
- Servier Kutatóintézet
- Euroapi Hungary Kft.
- Soneas Vegyipari Kft.
- Egis Gyógyszergyár Nyrt.
- Borsodchem Zrt.

A 2025. évi közhasznú támogatás összesen: 96 159 646 Ft

A támogatást jelentő főbb bevételek

- Személyi jövedelemadó 1% felajánlásból 488 107 Ft támogatást kapott az Egyesület.

3. táblázat. Az MKE 2025. évi kiadványaira elnyert támogatások

	Támogatás forint
Magyar Tudományos ► Középiskolai Kémia Lapok Akadémia	1 800 000
Magyar Tudományos ► Magyar Kémiai Folyóirat Akadémia	2 610 000
Magyar Tudományos ► Magyar Kémikusok Lapja Akadémia	3 900 000
NKA ► Magyar Kémikusok Lapja	1 000 000
NKA ► Középiskolai Kémiai Lapok	700 000
Támogató egyéb szervezet	
Richter Gedeon Nyrt ► Magyar Kémikusok Lapja	2 000 000
Hiflylabs Zrt ► Középiskolai Kémiai Lapok	400 000
Összesen	12 410 000

– Pályázati úton elnyert, központi költségvetési szervtől, önkormányzatoktól pályázati úton elnyert támogatások: a MKE 2025-ben is több nagy értékű pályázati támogatásban részesült az Egyesület gondozásában megjelenő kiadványok (**3. táblázat**) megjelentetéséhez, valamint az MKE által szervezett rendezvények (**4. táblázat**) lebonyolításához.

4. táblázat. Az MKE 2025. évi rendezvényeire elnyert támogatások

Támogatott események	Támogatás forint		
	Központi költségvetés – pályázat	Egyéb céges támogatás	Összesen
Irinyi János Országos Középiskolai Kémia verseny	3 500 000	2 920 000	6 420 000
Természettudományi Olimpia	8 784 667	0	8 784 667
Nemzetközi Kémiai Torna	4 596 956	800 000	5 396 956
Mengyelejev Olimpia	4 500 000	1 500 000	6 000 000
Kémia Előadó Napok	0	700 000	700 000
Kémiatáborok	5 650 000	2 000 000	7 650 000
Kémia Mindenkinék Program	5 300 000	2 400 000	7 700 000
ICGSC konferencia	0	9 033 266	9 033 266
Novel Enzymes konferencia	0	4 165 890	4 165 890
Szakmai napok rendezése	1 600 000	7 863 420	9 463 420
Tehetséggondozás, díjak	0	15 957 490	15 957 490
MKE saját rendezvények	900 000	1 089 850	1 989 850
Rendezvények összesen	34 831 623	48 429 916	83 261 539

6.1. A költségvetési támogatás felhasználása

A MKE 2025-ben közvetlen állami költségvetési támogatásban nem részesült.

6.2. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás (5. táblázat)

5. táblázat. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás a mérlegadatok alapján

A tétel megnevezése	Előző év (2024) ezer Ft	Tárgyév (2025) ezer Ft
Befektetett eszközök (I–III.)	6067	21137
I. Immateriális javak	0	6815
II. Tárgyi eszközök	6067	14 322

A 2025. év jelentős beruházásai: konferenciaregisztrációs szoftver, 3 db laptop-konfiguráció, cégautó minőségi csere.

6.3. A működési és apparátusköltségeket a következő oldalon látható 6. táblázat tartalmazza.



6. táblázat. Az MKE 2025. évi működési és apparátusköltségeinek kimutatása

Költségcím	Forint/év	Részletezés
Bérek	34 355 000	a Titkárság 4 munkatársának a bére járulékkal
Irodabérlés	5 515 580	MKE székhely bérleti költsége
Számvitel, könyvelés, ügyvitel	3 960 000	MKE könyvelési és ügyviteli szolgáltatás
Cégautó üzemeltetés	1 707 693	üzemanyag + szervizköltség + biztosítás + adók (konferencia helykeresés, konferenciaanyagok helyszínre szállítása, stb.)
Telefon, fax	796 900	rendezvényszervezés, MKE ügyintézés
Nyomda, irodaszer, karbantartás	648 305	irodai eszközök, anyagköltség
Utazás, kitüntetések, támogatás	23 371 217	utazások a központi és szakosztályi keret terhére, egyesületi elismerések díjköltsége, rendezvény részvételi támogatások, ingyenes egyesületi tagság, Természettudományi Olimpia, Mengyelejev Olimpia és Kémiai Torna utazási költségei
Postaköltség	178 030	MKL, KÖKÉL és irodai postázás
Fizetendő tagdíjak	1 973 032	nemzetközi szervezeti tagság
Reprezentáció, egyesületi jutalmak	8 283 676	küldöttközgyűlés, szakosztály-ülések, éves vezetői értekezlet, egyesület állandó díjai, Diplomamunka Nívódíj
Önkéntesek bérek	3 464 640	technikai költség, árbevételként is szerepel
Kémia mindenkinek honlap, web költségek	6 805 798	MKE, Kémia mindenkinek honlap, web költségek
Értékcsökkenés	1 689 032	
Egyéb működési költségek	7 287 783	bankköltség, jogi szolgáltatás díja, adók, illetékek, szakosztályi egyéb költségek, évvégi deviza értékelés ráfordításai

Amint látható, a működés zökkenőmentességét biztosított, összeszokott apparátust és az infrastruktúrát fenntartottuk és fenntartjuk. Az MKE gazdálkodásának bevétel-, költség-, eredményadatait az előző évi adatokkal, valamint a 2026. évi tervvel egyetemben a 7. táblázat foglalja össze.

7. Táblázat. Az MKE 2025. bevétel/költség/eredmény adatai (tény-terv adatok, ezer Ft)

	BEVÉTEL			KÖLTSÉG			EREDMÉNY		
Bevétel/Költség-címek	2024	2025	2026	2024	2025	2026	2024	2025	2026
	(tény)	(tény)	(terv)	(tény)	(tény)	(terv)	(tény)	(tény)	(terv)
Működtetés	60 987	75 037	77 850	75 194	100 037	105 153	-14 207	-25 000	-27 303
apparátus ktg.				45 277	48 394	62 788			
általános ktg.				29 917	51 643	42 365			
egyéni tagdíj	7 943	8 577	8 800						
jogi tagdíj	12 599	15 476	16 000						
egyéb műk. bev.	1 800	7 000	5 000						
egyéb bev.+roy.	9 453	15 109	14 500						
önkéntesek	3 238	3 465	3 600						
SZJA 1%	542	488	450						
olimpiák támogatása	14 580	20 073	16 000						
működési támogatás	10 833	4 850	6 500						
külső szerv. rend.			7 000						
Rendezvények	126 214	190 526	129 500	108 518	160 326	97 020	17 696	30 200	32 480
Kiadványok	12 675	13 957	14 730	15 552	18 188	18 972	-2 877	-4 231	-4 242
MKL	9 799	9 496	9 900	11 676	12 343	12 356	-2 382	-2 847	-2 456
ebből támogatás	4 050	4 900	5 000						



	BEVÉTEL			KÖLTSÉG			EREDMÉNY		
Bevétel/Költség-nemek	2024	2025	2026	2024	2025	2026	2024	2025	2026
	(tény)	(tény)	(terv)	(tény)	(tény)	(terv)	(tény)	(tény)	(terv)
MKF	454	1 610	1 600	454	1 533	1 700	-474	77	-100
ebből támogatás	410	1 610	1 600						
KÖKÉL	2 422	2 851	3 230	3 422	4 312	4 916	164	-1 461	-1 686
ebből támogatás	2 000	2 500	3 000						
Egyéb kiadványok							0		
Összesen	199 876	279 520	222 080	199 264	278 551	221 145	612	968	935

A Magyar Kémikusok Egyesülete a 2025-as évet pozitív eredménnyel zárta, a 2026-ra tervezett mérleg alapján az Egyesület működése továbbra is biztosítottnak tekinthető.

Dr. Várnagy Katalin
főtitkár

Jegyzőkönyv

Készült Budapesten, 2026. május 8. napján a Magyar Kémikusok Egyesülete küldöttközgyűlésén

Az elnökség tagjai: Dr. Szalay Péter, az MKE elnöke és Dr. Várnagy Katalin, az MKE titkára
Levezető elnök: Dr. Szalay Péter

Dr. Szalay Péter, az MKE elnöke 10 órakor bejelentette, hogy a Küldöttközgyűlés határozatképes, a küldöttek több mint 50%-a jelen van, mivel 52 küldöttből 32 van jelen, azaz 61%.

Fölkérte a jelenlevőket, hogy az elmúlt egy évben elhunyt tagok felolvasása után 1 perces felállással adózzanak emléküknél.

A következőkben a levezető elnök felkérte a 2026. évi **Náray-Szabó István tudományos díjas Simonné Dr. Sarkadi Liviát** „Az élelmiszer-kémia tudományos és hétköznapi jelentősége” című előadás megtartására.



Ezt követően a levezető elnök felkérte a 2026. évi **Wartha Vince-emlékérmes Dr. Puskás Sándort** (EOR főmérnök, MOL Upstream Zrt.) „A tenzides-polimeres növelt hatékonyságú kő-

olaj-kihozatali eljárások (EOR) fejlesztése alacsony és magas sótartalmú rétegvízzel telített kőolajtelepek leműveléséhez (laboratóriumtól az ipari alkalmazásig)” című előadás megtartására.

A díjátadás után az elnök Szavazatszámláló Bizottság felállítására tett javaslatot melynek tagjai: Tóth Angelika és Dr. Sebők Ferenc.

A levezető elnök kéri, hogy szavazzanak a Szavazatszámláló Bizottság tagjairól, először Tóth Angelikáról.

Elfogadja: 32 Ellenzavazat: 0 Tartózkodás: 0

1/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, 0 ellenzavazat) elfogadta Szavazatszámláló Bizottság tagjának Tóth Angelikát.

A levezető elnök kéri, hogy szavazzanak a Szavazatszámláló Bizottság másik tagjáról, Dr. Sebők Ferencről.

Elfogadja: 32 Ellenzavazat: 0 Tartózkodás: 0

2/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, 0 ellenzavazat) elfogadta Szavazatszámláló Bizottság tagjának Dr. Sebők Ferencet.

Ezt követően került sor a levezető elnök kezdeményezésére a Polgári törvénykönyv szerint kötelező jegyzőkönyvvezető és jegyzőkönyv-hitelesítő megválasztására. Az elnök jegyzőkönyvvezetőnek felkérte Dr. Várnagy Katalint, jegyzőkönyv-hitelesítőnek pedig Adányiné Dr. Kisbocskói Nórá. Bejelentette, hogy a javasolt személyeket előzetesen megkérdezte, a megbízatást megválasztásuk esetén elvállalják.

I.

A levezető elnök felkérte a Küldöttközgyűlést, hogy kézfeltartással szavazzon arról, hogy a javasolt személyeket jegyzőkönyvvezetőnek és a jegyzőkönyv hitelesítőnek megválasztja.

Elfogadja: 32 Ellenzavazat: 0 Tartózkodás: 0



3/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (ellen-szavazat és tartózkodás nélkül) úgy dönt, hogy Dr. Várnagy Katalint jegyzőkönyvvezetőnek és Adányiné Dr. Kisbocskói Nórárt jegyzőkönyv-hitelesítőnek megválasztja.

II.

A NAPIREND ELFOGADÁSA

Levezető elnök: A Küldöttközgyűlés napirendje a meghirdetett szerinti. A közgyűlésen csak a meghívóban szereplő napirendi pontok tárgyalhatók.

A levezető elnök kéri a meghívóban szereplő napirend elfogadását.

Elfogadja: 32 Ellenszavazat: 0 Tartózkodás: 0

4/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, ellenszavazat és tartózkodás nélkül) úgy dönt, hogy ki-küldött meghívóban szereplő napirendet elfogadja.

III.

FŐTITKÁRI BESZÁMOLÓ

A levezető elnök felkérte Dr. Várnagy Katalin főtitkárt a beszámoló megtartására. A Főtitkár megtartotta beszámolóját.

SZÓBELI KIEGÉSZÍTÉSEK a főtitkári beszámolóhoz

Sziva Miklós, a Felügyelő Bizottság elnöke ismertette az FB jelentését.

Dr. Ziegler Ildikó, a Gazdasági Bizottság elnöke kimentését kérte. Dr. Bognár János, a GB tagja ismertette a Gazdasági Bizottság jelentését.

Az Elnök felkérte Skodáné Dr. Földes Ritát a Műszaki-Tudományos Bizottság elnökét, aki ismertette a Bizottság jelentését és bemutatta a 2025. évi Diplomamunka Nívódíj díjazottainak névsorát.

Dr. Tóth Ágota, a Nemzetközi Kapcsolatok Bizottság elnöke kimentését kérte. Az Elnök felkérte Dr. Várnagy Katalint az NKB jelentésének ismertetésére, aki ismertette a jelentést.

Közelné Dr. Székely Edit, az Oktatási Bizottság elnöke kimentését kérte. Az Elnök felkérte Dr. Várnagy Katalint az OB jelentésének ismertetésére, aki ismertette a jelentést.

HOZZÁSZÓLÁSOK a Főtitkári beszámolóhoz és a szóbeli kiegészítésekhez

Dr. Sziva Miklós jelezte, hogy több negatív eredménnyel zárult év után másodszor sikerült egy pozitív pénzügyi eredménnyel évet zárni, amihez gratulál.

A levezető elnök felkéri a küldötteket, hogy szavazzanak a Főtitkári beszámoló elfogadásáról.

Elfogadja: 32 Ellenszavazat: 0 Tartózkodás: 0

5/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, ellenszavazat és tartózkodás nélkül) elfogadta a Főtitkári beszámolót.

IV.

KÖZHASZNÚSÁGI JELENTÉS, 2025. ÉVI MÉRLEG ÉS EREDMÉNYKIMUTATÁS, 2027. ÉVI KÖLTSÉGVETÉS ELFOGADÁSA, 2027. ÉVI TAGDÍJ

(Az írásos előterjesztéseket az MKE honlapján a küldöttek megtekinthették, kérdések és hozzászólások a szavazás előtt nem voltak.)

A levezető elnök felkéri a küldötteket, hogy szavazzanak az „MKE Közhasznúsági jelentés 2025” dokumentum elfogadásáról és a 2026. évi költségvetéséről.

Elfogadja: 32 Ellenszavazat: 0 Tartózkodás: 0

6/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, ellenszavazat és tartózkodás nélkül) elfogadta az „MKE Közhasznúsági jelentés 2025” dokumentumot, amely tartalmazza a 2026. évi költségvetését

A levezető elnök kéri, hogy szavazzanak a „Mérleg és eredménykimutatás 2025” dokumentumról.

Elfogadja: 32 Ellenszavazat: 0 Tartózkodás: 0

7/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, 0 ellenszavazat) elfogadta az „MKE mérleg és eredménykimutatás 2025” dokumentumot.

A levezető elnök felkéri a küldötteket, hogy szavazzanak a 2027. évi egyéni tagdíjról, amely a javaslat szerint marad 12 000 Ft/fő/év. Nyugdíjasoknak és az általános iskolai, valamint a középfokú tanintézetekben dolgozó kémiantároknak az egyéni tagdíj 50%-a, ifjúsági tagnak, valamint a gyesen lévőnek az egyéni tagdíj 25%-a a tagdíjmérték.

Elfogadja: 31 Ellenszavazat: 0 Tartózkodás: 1

8/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (31 mellette, ellenszavazat nélkül, 1 tartózkodással) elfogadta, hogy a 2027. évi egyéni tagdíj összege 12 000 Ft/fő/év legyen. A nyugdíjasok és az általános iskolai, valamint a középfokú tanintézetekben tanító kémiantár tag részére 50% a kedvezmény, az MKE Alapszabálya szerinti ifjúsági tag, valamint a gyesen lévő tag számára a mindenkor egyéni tagdíj 25%-a fizetendő.

V.

ALAPSZABÁLY-MÓDOSÍTÁS

Az elnök bejelentette, hogy a korszerűsítés miatt az Intézőbizottság szükségesnek látta módosítani az Alapszabályt. Az Alapszabály módosítását az IB az április 9-i ülésén elfogadta, az alapszabály módosításának tervezetét azóta mindenki elolvashatta a honlapon.

Az elnök kérdést intézett a Küldöttközgyűléshez, hogy van-e valakinek más javaslata.

Hozzászóló és javaslat nem volt.

Ezt követően a küldöttek nyílt szavazással szavaztak arról, hogy egyben szavazzanak az Alapszabály-módosítás elfogadásáról.

A Szavazatszámoló Bizottságból Tóth Angelika ismertette a szavazás eredményét:

A küldöttközgyűlés 32 igen, 0 nem, 0 tartózkodás mellett elfogadta, hogy egy szavazással fogadják el az Alapszabály módosítást.

Ezt követően a küldöttek nyílt szavazással szavaztak az Alapszabály-módosítás elfogadásáról.

A Szavazatszámoló Bizottságból Tóth Angelika ismertette a szavazás eredményét:

A küldöttközgyűlés 32 igen, 0 nem, 0 tartózkodás mellett elfogadta az Alapszabály-módosítást.

9/2024. KGY határozat: A Küldöttközgyűlés egyhangúlag (32 mellette, ellenszavazat és tartózkodás nélkül) úgy dönt, hogy az alábbi Alapszabály-módosítást elfogadja.



I.

Az alapszabály 1.§ (7) bekezdése a következőkre változik:

(7) Az Egyesület bélyegzője: Magyar Kémikusok Egyesülete (köriratban)

II.

Az alapszabály 1.§ (8) bekezdése a következőkre változik:

(8) Az Egyesület emblémája és színe:



színe: kék-fehér

III.

Az alapszabály 1.§ (9) bekezdése törlésre kerül.

IV.

Az alapszabály 2.§ c)–f) pontja a következőkre változik:

c) A hazai vegyészek, vegyészmérnökök, kémiai tanárok és az Egyesület munkájában aktívan részt vevő egyéb szakemberek (továbbiakban összefoglaló néven: *kémikusok*) összefogása;

d) A kémia jelentőségének megértetése és társadalmi elfogadottságának mindenkorai segítése;

e) Állásfoglalás kémiai kapcsolatos kérdésekben, döntések szakmai előkészítésének segítése;

f) A hazai vegyész-társadalom képviselője nemzetközi szervezetekben;

Közvetett módon a kémiai tudomány, a kémiai oktatás és a vegyipar fejlődésének elősegítése.

V.

Az alapszabály 3.§ (1) bek. b) pontja a következőkre változik:

b) nevelés, oktatás, képességfejlesztés, és ismeretterjesztés

VI.

Az alapszabály 3.§ (1) bek. g) pontja a következőkre változik:

g) a környezetvédelem és fenntarthatóság

VII.

Az alapszabály 3.§ (1) bek. h) pontja a következőkre változik:

h) európai beágyazottság, az euroatlanti integráció elősegítése

VIII.

Az alapszabály 3.§ (2) bek. b) pont vii–x. alpontja a következőkre változik:

vii. Együttműködésben európai társszervezetekkel nemzetközi szakmai folyóiratokat tart fent

viii. Kutatási, fejlesztési, oktatási és továbbképzési programokat véleményez, illetve részt vállal azok kidolgozásában

ix. Fiatal szakemberek számára pályázatokat ír ki, szakmai vitafórumokat szervez a közéleti és szakmai szereplésre való felkészítésük érdekében

x. Ápolja a szakmai nyelvet

IX.

Az alapszabály 3.§ (3) bek. c) pontja a következő, v alponttal egészül ki:

v. Nemzetközi szervezetekben képviseli a magyar vegyész-társadalmat.

X.

Az alapszabály 4.§ (2) bek. b) pontja a következőkre változik:

b) Az Egyesület egyéni örökös tagja az a természetes személy, aki 70. életévét betöltötte, előtte legalább 15 évig az Egyesület tagja volt és elfogadja az erre vonatkozó felkérést. Az örökös tag nem fizet tagdíjat, és jogai megegyeznek a rendes tag jogaival.

XI.

Az alapszabály 5.§ (1) bek. g) pontja a következőkre változik:

g) Az Egyesület megbízásából, annak képviseletében részt vehet hazai és nemzetközi rendezvényeken és szervezetekben.

XII.

Az alapszabály 5.§ (2) bek. c) pontja a következőkre változik:

c) A Küldöttközgyűlés által meghatározott és egyéni tagra vonatkozó tagdíjnak a *Gazdasági Tevékenységek Ügyrendje (továbbiakban „Ügyrend”)* szerinti határidőre történő megfizetése (kivéve az örökös tagot). Az igazoltan nyugdíjas tagok a Küldöttközgyűlés által meghatározott, a nyugdíjasokra vonatkozó tagdíjat fizethetik. A nyugdíjas jogosultságot megfelelő dokumentummal igazolni kell az MKE felé.

XIII.

Az alapszabály 5.§ (3) bekezdése a következőkre változik:

(3) Az Egyesület egyéni tagjai tudományos és szakmai kérdésekben függetlenek, az Egyesület ilyen ügyekben elfoglalt álláspontja nem köti őket. Szakmai és tudományos kérdésekben jogosultak saját, akár az Egyesületétől eltérő állásfoglalásukat szóban és/vagy írásban közzétenni, azonban az Egyesület képviseletében, annak nevében a tag köteles az Egyesület álláspontját képviselni.

XIV.

Az alapszabály 5.§ (5) bek. a) pontja a következőkre változik:

A jogi tag az Egyesület Küldöttközgyűlésén általa megnevezett 1 fő szavazati jogú küldötttel képviselteti magát. Amennyiben a jogi tag pártoló tag kíván lenni, ez esetben a jogi tag maga dönti el, hogy az Egyesület Küldöttközgyűlésén milyen formában képviseltetheti magát: 1 fő tanácskozási jogú küldött, vagy nem kíván küldöttet állítani.

XV.

Az alapszabály 5.§ (5) bek. d) pontja a következőkre változik:

d) A pártoló tag az Egyesület Küldöttközgyűlésén tanácskozási jogú küldötttel képviseltetheti magát, esetleg nem kíván küldöttet állítani.

XVI.

Az alapszabály 6.§ (1) bekezdése a következőkre változik:

(1) Egyéni tagsági viszony keletkezik az egyéni tagságot kezdeményező személy belépési nyilatkozata alapján, amely tartalmazza azt a nyilatkozatot is, hogy a belépni szándékozó nincs eltiltva a közügyek gyakorlásától. A tagsági viszony létrejöttéről a kezdeményező személy online visszaigazolást kap.

XVII.

Az alapszabály 6.§ (2) bek. d) pontja a következőkre változik:



d) Törléssel, a tagdíj fizetésének a tárgyévét megelőző 2 éves elmaradása esetén az eredménytelen fizetési felszólítás tag által történő kézhezvételétől számított 30 nap elmúltával.

XVIII.

Az alapszabály 6.§ (2) bek. kiegészül a következő e) ponttal:

e) Amennyiben az örökös tag az Egyesület igazolható módon megküldött megkeresésére örökös tagsági jogviszonyának fennállását írásban nem erősíti meg.

XIX.

Az alapszabály 8.§ (2) bekezdése a következőkre változik:

(2) Az Egyesület szervezetei:

- a) Állandó bizottságok;
- b) Munkabizottságok;
- c) Szakosztályok (ezen belül szakcsoportok);
- d) Területi szervezetek;
- e) Munkahelyi csoportok;
- f) Klubok, körök;
- g) *Fiatal Kémikusok Fóruma*;
- h) Egyesületi lapok/kiadványok szerkesztőbizottságai.

XX.

Az alapszabály 9.§ (2) bek. b) pontja a következőkre változik:

b) A szakosztályok (ezen belül szakcsoportok), a területi szervezetek és a munkahelyi csoportok választott küldöttei, akiknek számát az adott egység (szakosztály/ szakcsoport, területi szervezet, munkahelyi csoport) taglétszáma – 100 főként 1 fő – határozza meg. A küldöttek megbízatása a következő tisztújító Küldöttközgyűlésig szól. Ettől a küldő szervezet indokolt esetben eltérhet.

XXI.

Az alapszabály 9.§ (4) bekezdése a következőkre változik:

(4) A Küldöttközgyűlésen tanácskozási joggal részt vehet:

- a) A 8.§ (2) bekezdés b., d., e., f., g. és h pontok szerinti egyesületi szervezetek elnökei;
- b) Az Intézőbizottság, a Felügyelőbizottság és az Etikai Bizottság tagjai;
- c) A jogi tagok tanácskozási jogú küldöttei;
- d) Az egyesületi emlékérmek tulajdonosai;
- e) Az Egyesület tiszteletbeli *tisztségviselői és tagjai*;
- f) Meghívottak;
- g) Bármely egyesületi tag, aki előzetesen írásban jelezte részvételét.

XXII.

Az alapszabály 9.§ (10) bek. f) pontja törlésre kerül.

XXIII.

Az alapszabály 9.§ (13) bek. b) pontja törlésre kerül.

XXIV.

Az alapszabály 9.§ (17) bekezdése a következőkre változik:

(17) Ugyanaz a személy ugyanarra a tisztségre egymás után legfeljebb 2 alkalommal választható meg.

XXV.

Az alapszabály 9.§ (18) bekezdése a következőkre változik:

(18) Ugyanaz a személy egymás után legfeljebb 2 alkalommal vá-

lasztható meg a Felügyelőbizottság vagy az Etikai Bizottság tagjának.

XXVI.

Az alapszabály 10.§ (3) bek. b) pontja következőkre változik:

b) Az ülés állandó résztvevői az Intézőbizottság tagjai. Az ülésen tanácskozási joggal részt vehet az Egyesület ügyvezető igazgatója, a Felügyelőbizottság elnöke, *vagy az általa delegált tagja*. Az ülésekre tanácskozási joggal a főtitkár meghívhatja továbbá az Egyesület más tisztségviselőit, egyesületi tagokat, illetve az ülés adott témájában érdekelt személyeket.

XXVII.

Az alapszabály 10.§ (4) bek. e) pontja következőkre változik:

e) A tisztújító Küldöttközgyűlésre a küldöttállítás rendjének meghatározása legkésőbb a tisztújító Küldöttközgyűlést megelőző naptári év III. negyedév végéig. Az erről szóló határozatot a küldöttállítás egyesületi szervezetek tudomására kell hozni legkésőbb a tisztújító Küldöttközgyűlést megelőző naptári év *utolsó napjáig*.

XXVIII.

Az alapszabály 10.§ (4) bek. f) pontja következőkre változik:

f) Egyesületi szakosztály, területi szervezet, munkahelyi csoport *alapításának jóváhagyása*, megszüntetése, illetve döntés ezek egybeolvadásáról vagy szétválásáról

XXIX.

Az alapszabály 10.§ (4) bek. m) pontja következőkre változik:

m) Javaslat állami kitüntetésekre való felterjesztésre

XXX.

Az alapszabály 10.§ (4) bek. p) pontja következőkre változik:

p) Külföldi kiküldetési tervek jóváhagyása az utazást megelőző év november–decemberi IB-ülésen

XXXI.

Az alapszabály 10.§ (4) bek. u) pontja következőkre változik:

u) Az Egyesület képviselőinek más egyesületekbe, szövetségekbe, civil szervezetekbe, kamarákba delegálása.

XXXII.

Az alapszabály 11.§ (5) bekezdése következőkre változik:

(5) A Felügyelőbizottság elnöke *vagy az általa meghatalmazott tagja* az Egyesület választott testületeinek ülésein tanácskozási joggal vesz részt.

XXXIII.

Az alapszabály 13.§ törlésre kerül.

XXXIV.

Az alapszabály 14.§ (2) bek. b) pontja a következőkre változik:

b) Ugyanaz a személy ugyanazon bizottság elnöki tisztségére egymás után legfeljebb *kétszer választható meg*.



XXXV.

Az alapszabály 15.§ (4) bek. a) pontja a következőkre változik:

a) A szakosztályi vezetés tisztújítására *általában* az Egyesület tisztújító Küldöttközgyűlését megelőző időszakban kerül sor, *amelytől indokolt esetben az IB jóváhagyásával el lehet térni.*

XXXVI.

Az alapszabály 15.§ (8) bekezdése a következőkre változik:

(8) A szakosztály (szakcsoport) kezdeményezett konferencia, szimpózium szervezőjét az Intézőbizottsággal egyetértésben jelöli ki. Az egyesületi szervezetek *által rendezett konferenciák lebonyolítója* alanyi jogon a Titkárság.

XXXVII.

Az alapszabály 15.§ (9) bekezdése a következőkre változik:

(9) A szakosztály, szakcsoport az éves tevékenységéről *március 16-ig* írásos beszámolót készít, amelyet megküld a Műszaki-Tudományos Bizottság és az Intézőbizottság részére.

XXXVIII.

Az alapszabály 16.§ (1) bekezdése a következőkre változik:

(1) A területi szervezetek tudományos, ipari központokban, vagy vármegyéenként/régióként alakulhatnak minimum 10 fővel.

a) Területi szervezet alakítását az Intézőbizottság hagyja jóvá.

b) A területi szervezet az *Ügyrend szerint*, az Intézőbizottság egyetértésével gazdálkodik.

c) A területi szervezetek szakmai tevékenységét az Egyesület Műszaki-Tudományos Bizottsága ellenőrzi.

XXXIX.

Az alapszabály 16.§ (6) bekezdése a következőkre változik:

(6) A területi szervezet az éves tevékenységéről *március 16-ig* írásos beszámolót készít, amelyet megküld a Műszaki-Tudományos Bizottság és az Intézőbizottság részére.

XL.

Az alapszabály 17.§ (3) bekezdése a következőkre változik:

(3) A munkahelyi csoport az éves tevékenységéről *március 16-ig* írásos beszámolót készít, amelyet megküld a területi szervezetének, ez utóbbi hiányában a Műszaki-Tudományos Bizottságnak és az Intézőbizottságnak.

XLI.

Az alapszabály kiegészül a következő 18/A.§ -sal:

A Fiatal Kémikusok Fóruma

18/A.§

(1) A Fiatal Kémikusok Fóruma (FKF) tagja lehet minden olyan 35 év alatti MKE-tag, aki FKF-tagként is regisztráltatja magát az MKE tagnyilvántartásában. Az FKF működését a Szervezeti és Működési Szabályzatuk (FKF SzMSz) határozza meg.

XLII.

Az alapszabály 20.§ (5) bekezdése a következőkre változik:

(5) A vezető tisztségviselői megbízatás keletkezése (kivéve ügyvezető igazgató):

a) A vezető tisztségviselői megbízatás a Küldöttközgyűlésen történő megválasztás *utáni hónap 30. napján kezdődik.*

b) Meghatározott tisztségre egy személy *egymás után legfeljebb kétszer* 4 évi időtartamra választható.

c) Nem teljes négyéves periódusokra történő megválasztás vagy

megbízás esetén a tisztségben töltött teljes idő nem lehet több 8 évnél.

XLIII.

Az alapszabály 21.§ (2) bekezdése a következőkre változik:

(2) A tisztségviselői megbízatás az Alapszabályban erre feljogosított szerv által való megválasztással és a tisztség elfogadásával keletkezik. Meghatározott tisztségre egy személy *egymás után általában kétszer, legfeljebb 4-4 évi időtartamra* választható. *Harmadik ciklusra való megbízás indokolt esetben az IB előzetes hozzájárulásával jöhet létre.* A lelépő tisztségviselő más funkcióba teljes jogú hatáskörrel választható.

XLIV.

Az alapszabály 23.§ (2) bekezdése a következőkre változik:

(2) Az Egyesület *önfenntartó, nem nyereségérdekelt gazdálkodást folytat.*

XLV.

Az alapszabály 23.§ (4) bekezdése a következőkre változik:

(3) Az Egyesület a gazdálkodása során elért eredményét *nem osztja fel, azt kizárólag jelen alapszabályban meghatározott közhasznú tevékenységére fordítja.*

XLVI.

Az alapszabály 23.§ (6) bek. a) pontja a következőkre változik:

a) Az alapítótól, az államháztartás alrendszereitől vagy más adományozótól közhasznú *tevékenység* céljára vagy működési költségei fedezésére kapott támogatás, illetve adomány.

XLVII.

Az alapszabály IX. fejezet címe a következők szerint változik:

IX. EGYÜTTMŰKÖDÉS MÁS SZERVEZETEKSEL

XLVIII.

Az alapszabály 24.§ (2) bekezdése törlésre kerül.

XLIX.

Az alapszabály 24.§ (4) bekezdése a következőkre változik:

(4) Jelen Alapszabály az Egyesület 2026. május 8-án megtartott Küldöttközgyűlésén elfogadott módosításokkal egységes szerkezetbe foglalt szöveg.

VI.

EGYESÜLETI ELISMERÉSEK ÁTADÁSA



A levezető elnök bejelenti, hogy a Chemistry Europe kuratóriumának döntése alapján a 2026. évi „Chemistry Europe Fellow” Díj kitüntetettje **Dr. Keglevich György.**

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Hermecz István-díj** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazott méltatására.

A díjazott: **Dr. Greiner István**





Próder István
a Magyar
Vegyészeti Múzeum
táborozóival

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Than Károly-emlékérem** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazott méltatására. A díjazott: **Próder István** (a díj átadására később kerül sor).



A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Preisich Miklós-díj** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazott méltatására.

A díjazott: **Bognár János**



BERKECZ RÓBERT



BRAUN MIHÁLY



SCHENKER BEATRIX



BUZÁS ILONA



HORVÁTH KRISZTIÁN

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2025. évi **Kiváló Egyesületi Munkáért oklevelek** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazottak méltatására. A díjazottak: **Dr. Berkecz Róbert** (kimentést kérte), **Dr. Braun Mihály** (betegség miatt kimentését kérte), **Dr. Schenker Beatrix**, **Dr. Buzás Ilona** és **Dr. Horváth Krisztián**.

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Náray-Szabó István Tudományos Díj** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazott méltatására. A díjazott: **Simonné Dr. Sarkadi Livia**.

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Pfeifer Ignác-emlékérem** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazott méltatására. A díjazott: **Dr. Záray Gyula**.



A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Wartha Vince-emlékérem** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazott méltatására. A díjazott: a 75 éves MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék és a MOL Nyrt. munkatársai, **Dr. Bartha László**, **Dr. Nagy Roland**, **Dr. Hartványi Máté**, **Dr. Puskás Sándor**, **Hrivnák Béla**.



A fejlesztők a felsorolás sorrendjében, Szalay Péterrel
(balról a harmadik)

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Kálmán Alajos-díj** átadására ősszel kerül sor. A díjazott: **Dr. Tarczay György** (a díját ősszel veszi át, hozzájárult ahhoz, hogy a díjátadására a Fabinyi Rudolf-emlékéremmel együtt kerüljön sor).

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Fabinyi Rudolf-emlékérem** átadására ősszel kerül sor. A díjazott: **Dr. Guttmann András** (a díját ősszel veszi át, hozzájárult ahhoz, hogy a díjátadására a Kálmán Alajos-díjjal együtt kerüljön sor).



POPPE LÁSZLÓ



DÜLKNÉ DR. MOLNÁR ZS. K.



BÁLINT ERIKA



MIKA LÁSZLÓ TAMÁS

A levezető elnök bejelenti, hogy a 2026. évi **Egyesületi Nívódíj** átadása következik és felkéri Dr. Várnagy Katalint a díjazottak méltatására.

A díjazott: **Dr. Poppe László**, **Dr. Dülkné Dr. Molnár Zsófia Klára**, **Dr. Bálint Erika** és **Dr. Mika László Tamás**.

VII. ELNÖKI ZÁRSZÓ

Az elnöki zárszó elhangzása után, más napirend és felvetés nem lévén, a levezető elnök a küldöttközgyűlést berekesztette.

*Dr. Szalay Péter s.k.
elnök*

*Dr. Várnagy Katalin s.k.
jegyzőkönyvvezető*

*Adányiné Dr. Kisbocskói Nóra s.k.
jegyzőkönyv-hitelesítő*





Bizottságok beszámolói

Emlékeztető

az MKE Felügyelőbizottságának 2026. április 29-i elektronikus körlevélben lebonyolított üléséről

Helyszín: elektronikus körlevél

Jelen vannak: Sziva Miklós, Csutorás Csaba, Kovács Attila, Lengyel Attila, Rajkó Róbert, Szabó János ügyvezető igazgató

Napirend:

1. Az MKE 2025.évi gazdasági beszámolójának megvitatása
2. Az MKE Közhasznúsági jelentés 2025 véleményezése
3. Az MKE 2026.évi gazdálkodási tervének véleményezése
4. Egyebek

Az MKE 2024. évi gazdasági beszámolójának megvitatása

Dr Szabó János ügyvezető igazgatótól „MKE mérleg és eredménykimutatás 2025” dokumentumokat kapott meg a Felügyelő Bizottság megvitatásra.

Az MKE gazdálkodása 2025-ben 343 eFt közhasznú és 625 eFt vállalkozási, összesen 968 eFt nyereséggel zárult ezzel folytatva a 2024 év pozitív eredményét. Az eredményt csökkentette az MKE-kiadványok vesztesége, ami az állami támogatás összegének elértéktelenedéséből fakad.

Az FB megállapította, hogy az MKE 2025. évi gazdálkodási tevékenysége szabályos és kézben tartott volt.

1/2026. FB-határozat

Az FB elfogadja az MKE 2025. évi gazdasági beszámolóját a „Mérleg és eredménykimutatás 2025” dokumentumokkal együtt és a 2026. évi MKE Küldöttközgyűlésnek is elfogadásra javasolja.

Az MKE Közhasznúsági jelentés 2025 véleményezése

A közhasznúsági jelentés részletesen bemutatja az MKE 2025. évi tevékenységét, amelyből egy aktív, szerteágazó a kémiai tudományt, oktatást, ismeretterjesztést támogató szervezet munkáját ismerjük meg. Az MKE Alapszabályban és az egyesületi stratégiában megfogalmazott céloknak megfelelő sokrétű tevékenységen belül a kémiát népszerűsítő programokat külön is ki kell emelni. A 2025. évi aktivitás felülmúlja a 2024. évet, a rendezvények száma jelentősen nőtt. A szakmai ismeretek bővítése, az oktatási kérdésekkel való foglalkozás és a nemzetközi szervezetekben történő aktív szerepvállalás állandó elemei az egyesületi életnek.

2/2026. FB-határozat

Az FB megállapítja, hogy az „MKE közhasznúsági jelentés 2025” dokumentum megfelelő mélységben tájékoztat az Egyesület 2024. évi tevékenységéről és működéséről, és megfelel a közhasznúság követelményeinek ezért elfogadásra ajánlja a 2026 évi MKE Küldöttközgyűlésnek.

Az MKE 2026. évi gazdálkodási terve

A terv pozitív pénzügyi eredményt valószínűsít, amely takarékos gazdálkodással újabb támogatók bevonásával valósítható meg.

3/2026. FB-határozat

Az FB támogatja és elfogadásra ajánlja a Közgyűlésnek az MKE 2026. évi gazdálkodási tervét.

Egyebek

Az ügyvezető igazgató tájékoztatása szerint 2025-ben nem volt külső szerv által kezdeményezett és az egyesületi életet érintő vizsgálat az MKE-ben.

Peres, vitás ügye nincs az Egyesületnek.

Az MKE Küldöttközgyűléssel kapcsolatos és a kötelező tájékoztatást jelentő dokumentumok az MKE honlapján elérhetők.

Megállapítható, hogy az Intézőbizottság aktívan, nagyszámú kérdést napirendre tűzve és megvitatva eredményesen vezette az Egyesület munkáját.

Az MKE-kiadványok elismerten magas színvonalon szolgálják a vegyésztársadalom érdeklődését.

A Felügyelőbizottság megköszöni és elismeri a tagság, a szakosztályok, a szakcsoportok, a területi szervezetek, a munkahelyi csoportok, a Titkárság és a különböző vezető tisztségviselők munkáját.

**Sziva Miklós, Csutorás Csaba, Kovács Attila,
Lengyel Attila, Rajkó Róbert**

A Magyar Kémikusok Egyesülete Gazdasági Bizottságának összefoglaló jelentése a 2025. évi gazdálkodásról

A Magyar Kémikusok Egyesülete (továbbiakban: MKE) Gazdasági Bizottsága, feladatának eleget téve, rendszeresen ellenőrzi az Egyesület gazdálkodását, amit a 2025-ben tartott Gazdasági Bizottsági (GB) üléseken, a gazdasági mutatók áttekintésével és megvitatásával történt. A könyvvizsgálat alapját a kontrolling-táblázatok adták, amelyek aktuális adatainak alakulását az éves tervekkel összehasonlítva követtük figyelemmel az év folyamán. A GB 2026. március 5-én a Közhasznúsági jelentést, valamint külön a záró mérleget, mint a közgyűlés elé terjesztendő dokumentumot, tárgyalta meg. A benyújtott mérleget – a csatolt kontrolling-táblákat, a likviditást (készpénz, bankszámla, követelésállomány) is áttanulmányozva – javasolta az IB-nek előterjesztésre, a 2025. évi rendes Közgyűlés elé kerülő pénzügyi mérlegbeszámolót, a Közhasznúsági jelentést és a 2026-os költségvetési tervét, amelyet ebben az összefoglaló jelentésben terjeszt az IB és a közgyűlés elé.

A 2025-ös évben is folytatódott a korábban már gyakorlattá vált fegyvermezett, szoros gazdálkodás, ami meghozta számunkra a gazdasági mutatók pozitívba fordulását, az Egyesület gazdasági stabilitásának visszanyerését: az eredmény a 2025-ös évben 968 eFt. A stabilizálásban oroszlánrészét vállalt az Egyesület a korábban a 2025-ös évre tervezettnél több rendezvény megszervezésével, valamint a taglétszám stabilizálásával. Továbbá jelentős támogatás-



szerző munkát is folytatott az Egyesület, ami részben a pályázati lehetőségek kiaknázását, részben a jogi tagok körének bővítését jelentette. Az Egyesület népszerűsítését azóta is kiemeleten kezeli és folytatja a vezetőség.

A 2024-es költségvetésbe bevezetett több költséghatékony intézkedést is megtartottuk, például: áttértünk a postai úton történő értesítésről az elektronikus úton történő információ megosztásra, a jelenleginél kisebb és olcsóbb irodát bérlünk 2024 júliusától, a kiszervezett feladatok jelentős részét visszahívtuk és házon belül próbáljuk megoldani, új, egységes alapra helyeztük a szakosztályok/munkacsoportok működését, hogy csak a legjelentősebbeket említsük.

Büszkeséggel tölt el minket, hogy lehetővé vált a kémianárokról részére továbbképző workshop megszervezése, amelynek teljes költségét az Egyesület vállalta magára annak érdekében, hogy Egyesületünk egyik kulcsfeladatának megfelelően támogassa a kémianárokat vegyész szakember-utánpótlásképzésben játszott kritikus szerepük teljesítésében. Ugyanezt a célt szolgálták a na-

gyobb számban megrendezett nyári kémiatáborok, amelyek rendezéséhez szintén sikerült támogatást szerezni több forrásból is.

Az egyszerűsített éves beszámoló tükrözi az Egyesület gazdálkodási tevékenységét. A Közhasznúsági jelentés részletesen értékeli a közhasznú célú bevételi források összetételét. Egyúttal tartalmazza a 2026-os év tervezett költségvetési számaikat. Az IB 1/2026, valamint 2/2026, 3/2026 és 4/2026 határozatában, külön-külön szavazással egyhangúlag elfogadta a 2025. évi mérleget az eredménykimutatást, a Közhasznúsági jelentést és a 2026. évi gazdálkodási tervet.

Az Egyesületnek határidőn túli lejárt számlája, kinnlevősége nincsen. Szabad pénzeszközei állami garanciájú értékpapírban, ill. az Egyesület folyószámláján vannak.

A GB javasolja a Küldöttközgyűlésnek a 2025. évi beszámoló, a Közhasznúsági jelentés és a 2026. éves terv elfogadását.

A beszámoló készítője a GB nevében: **Ziegler Ildikó GB-elnök**
(A GB jelenlegi tagjai: Bognár János, Várnagy Katalin, Szabó János)

Beszámoló

az MKE Műszaki és Tudományos Bizottságának 2025. évi tevékenységéről

Az MKE Műszaki és Tudományos Bizottsága elnökének a 2025. május 15-én tartott Magyar Kémikusok Egyesülete Tisztújító Küldöttközgyűlésén választották meg. Így a Bizottság tagjai az alábbiak voltak:

Elnök: Várnagy Katalin egyetemi tanár, Debreceni Egyetem (2025. május 15-ig), Skodáné Földes Rita egyetemi tanár, Pannon Egyetem, Veszprém (2025. május 15-től)

Tagok: Bálint Erika egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest; Baranyai Edina egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem; Deák András munkatárs, HUNREN Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; Holló András, a MOL Finomítói Termékfejlesztés és Szolgáltatóközpont vezetője, Százhalombatta; Kiss Éva egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest; Kotschy András, a Servier Kutatóin-

tézet Zrt. igazgatója, Budapest; Marosi György egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.

A Műszaki és Tudományos Bizottság évente két díj odaítélésére tesz javaslatot:

Hermecz István-díj: 2025-ben ezt a díjat Dr. Simig Gyula nyerte el az Egis Gyógyszergyárban végzett munkásságának elismeréseként.

Wartha Vince-díj: 2025-ben nem osztották ki.

Emellett a bizottság döntött fiatalok konferencián történő részvételének támogatásáról, valamint Diplomamunka Nívódíjak odaítéléséről.

A konferencián való részvétellel vonatkozó kiírásra 2025-ben 13 pályázat érkezett, ezek közül a bizottság 5 fiatal kutató támogatását hagyta jóvá. Emellett Kormányos Attila utazása a Chemistry Europe Travel Grant támogatásával valósult meg.

Pályázaton elnyert utazási támogatások 2025-ben

Név	Helyszín	Időpont	Összeg (Ft)	Támogatás jogcíme	Utazás célja
Keresztes Barbara	Wroclaw	2025.08.24-29	144 320	regisztrációs díj	EUCMOS 2025
Csécsi Marcell	Cambridge	2025.augusztus	150 000	regisztrációs díj	The second century Faraday Discussion
Garami Kristóf Noel	Budapest	2025.08.24-28	150 000	regisztrációs díj	ECHC2025
Csomós Attila	Boston	2025.07.26	149 172	szállás	Tanulmányút
Hajdú Dorottya	Lisszabon	2025.09.05-11	140 894	szállás	EFCE General Assembly
Kormányos Attila	Erlangen	2025.11.03-22	664 762	szállás,utazás	Chemistry Europe Travel Grant

A Diplomamunka Nívódíj pályázatra 28 pályázat érkezett.

A dolgozatok szakok szerinti megoszlása

A dolgozatok intézmény szerinti megoszlása

Intézmény	BME	DE	ELTE	ME	PE	PTE	SzTE
dolgozatok száma	4	5	5	4	1	4	5

szak	dolgozatok száma	szak	dolgozatok száma
vegyész	17	gyógyszerész	1
vegyésmérnök	4	gépésmérnök	1
gyógyszervegyésmérnök	3	anyagmérnök	1
		kémia tanár	1



A bizottság 14 dolgozatot javasolt Nívódíjra:

intézmény	dolgozat készítőjének neve	szakja
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem	Horváth Anna Virág Schmidt Máté	gyógyszervegyész-mérnök MSc vegyésmérnök MSc
Debreceni Egyetem	Pogonyi-Szaniszló Zsófia Sidó Evelin Tóth Klaudia	vegyész MSc vegyész MSc vegyész MSc
Eötvös Loránd Tudományegyetem	Budai Eszter Ecseri Gábor Herczegh Attila Richárd Kapdos Ádám Németh Dávid	vegyész MSc vegyész MSc vegyész MSc vegyész MSc vegyész MSc
Pannon Egyetem	Cziráki Bálint	anyagmérnök MSc
Pécsi Tudományegyetem	Koch Marcell	vegyész MSc
Szegedi Tudományegyetem	Gátszegi Gerda Terjéki Gergő	vegyész MSc vegyész MSc

Örvendetes, hogy idén a korábbinál több pályázat érkezett a felhívásra. Viszont az elmúlt évekhez képest mind a pályázók, mind a díjazottak között nagyobb túlsúlyba kerültek a vegyész mesterszakos hallgatók.

Emiatt a továbbiakban arra kell törekednünk, hogy a felhívásban még jobban kiemeljük, hogy a kémiához kapcsolódó minél több szakon készülő diplomamunka kerüljön felterjesztésre.

Összességében megállapíthatom, hogy az MKE Műszaki és Tu-

dományos Bizottsága az elmúlt évben elvégezte a feladatait. A jövőben is mindent meg fogunk tenni azért, hogy minél több fiatal konferenciákon, illetve a Magyar Kémikusok Egyesületéhez vagy a EuChemshez kapcsolódó rendezvényeken való részvételét támogatni tudjuk.

Skodáné Földes Rita

az MKE Műszaki és Tudományos Bizottságának
elnöke

A Nemzetközi Kapcsolatok Bizottságának beszámolója a 2025. évi tevékenységről

Elnök: Dr. Tóth Ágota egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem

Tagok: Dr. Bánhidi Olivér címzetes egyetemi tanár, Miskolci Egyetem; Dr. Farkas Etelka professor emerita, Debreceni Egyetem; Molnárné Nagy Livia laborvezető, Festékipari Kutató Kft.; Dr. Ősz Katalin egyetemi docens, Pécsi Tudományegyetem; Dr. Pap József Sándor tudományos főmunkatárs, Energiatudományi Kutatóközpont; Skodáné Dr. Földes Rita egyetemi tanár, Pannon Egyetem; Dr. Szabó Mária egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem; Dr. Szabó János Zoltán, az MKE ügyvezető igazgatója.

Az MKE két nemzetközi szervezet tagjaként vesz részt a nemzetközi vérkeringésben, ahol igyekszik minél több divízióban, munkacsoportban képviseltetni magát. A képviselők a 2025. október 30-án rendezett éves online fórumon ismertetik eredményeiket és a felmerülő problémákat, tartják egymással is a kapcsolatot, valamint az éves beszámoló keretében tájékoztatják az egyesületet, melyek közül az alábbiakat emeljük ki.

Dr. Szalay Péter nemcsak az Európai Kémiai Társaság (EuChemS) közgyűlésén vett részt, hanem a Számítási és Elméleti Kémia divízióban is, ahol Dr. Szidarovszky Tamás képviselői delegálására is sor került. **Dr. Horváth Viola** az EuChemS Analitikai Kémiai Divízió képviselője munkatársaival nagyon jó pályázatot nyújtott be, melyet meggyőzően prezentáltak, elnyerve a 2029-ben rendezendő EuroAnalysis konferencia szervezését. A Fémorganikus Kémia Divízió képviselője, **Skodáné Dr. Földes Rita** szintén sikeresen pályázott, és 2029-ben Veszprémben lesz a divízióülés és -konferencia az MKE szervezésében. **Simonné Dr. Sarkadi Livia** az Élelmiszerkémia Divízió képviselőjeként

fontos eredménynek nevezte a *ChemFoodChem* folyóirat indítását, és céljuk, hogy az a divízió hivatalos folyóiratként működjön. További jelentősebb tevékenységük volt munkacsoportok létrehozása a szakmai webináriumok folytatásához, valamint az európai oktatási helyek feltérképezésére a Food Chemistry Curriculumot illetően. **Dr. Nagy Noémi** is aktívan vett részt a Mag és Radiokémia Divízió ülésein, ahol többek között a nukleáris vegyész Euromaster-képzés jelenlegi helyzetéről, valamint a divízió közösségi médiabeli jelenlétéről esett szó. **Dr. Szabó Mária** hírességeként a *Kémia mindenkinek* program nemzetközi megjelenítésével megkezdte munkáját. **Dr. Bodor Zsanett** az EYCN magyarországi delegáltjaként összegyűjtötte az egyes országokbeli delegáltakat, valamint a Chemistry Across Europe térkép információinak frissítésén, és bővítésén tevékenykedett. Dr. Szabó Rebeka képviselői delegálása is sikeresen befejeződött. **Dr. Láng Győző** a Fizikai Kémia Divízió kincstárnokaként veszi ki részét a képviselői munkából. A Kémia Oktatási divízióban képviselőváltásra került sor, az MKE nevében köszönetet mondunk Szalay Luca és Petz Andrea képviselőknél lelkiismeretes munkájukért. Az új képviselők, **Bárany Zsolt** és **Dr. Musza Katalin**, 2026-ban kezdik meg tevékenységüket, míg az MKE Etikai Munkacsoportjába Garda Zoltán második képviselő delegálása folyamatban van.

Az MKE nemzetközi kapcsolatainak másik része a Vegyész-mérnökök Európai Közössége (EFCE), amelyben a szerepvállalás erősítése, különösen a vezetésben, az MKE prioritásai között szerepel. Ennek első lépéseként **Dr. Székely Edit** képviselte az MKE-t az EFCE közgyűlésén, ahol elhangzott, hogy a munkacsoportok és a szekciók közötti együttműködés erősítése mellett az ipari kapcsolatok erősítése és ipari delegáltak számának nö-



velése a cél. A Kristályosítási Munkabizottság képviselőinek, **Dr. Borsos Ákosnak** és **Dr. Pataki Hajnalkának**, legfontosabb feladata a 2026. évi, Budapesten rendezendő ISIC konferencia szervezése volt. A Száritási Munkabizottság képviselője, **Dr. Poós Tibor**, részt vett a 2025. július 07-i éves közgyűlésén, melyet a EuroDrying konferenciával egybekötve tartottak, valamint a bizottság és a szakma prominens személyeit is sikerült meglátogatnia, összekötve a bizottsági üléssel. Az EFCE Száritási munkacsoportjába a második képviselő delegálása folyamatban van. A Fluid Elválasztási Munkabizottság képviselője, **Dr. Hégyesi László**, részt vett a munkabizottság mindkét ülésén. A jelenléti ülésre 2025. június 12–13-án Londonban került sor, ahol a szakmai előadások mellett a Distillation & Absorption 2026 konferencia szervezését is megbeszélték. A képviselőt a konferencia tudományos bizottságába is beválasztották. **Kőzelné Dr. Székely Edit**, az Oktatási Munkabizottság alelnöke beszámolt arról, hogy a közös etikai értékek elsajátítása és a tanulási folyamat visszaellenőrzése a mesterséges intelligencia széleskörű használatához kapcsolódóan kiemelten kezelendővé vált. A munkacsoport további célja oktatási módszertani ajánlásokkal, jó gyakorlatok megosztásával segíteni az oktatókat a mindennapi munkájukban, hogy az etikai értékek tanítása és számonkérése szerves része legyen a képzéseknek. A munkacsoport ezért kapcsolatot alakított ki a EuChemS és a SEFI etikai munkabizottságaival is. A képviselő megfontolásra javasolja egyetemi oktatási tapasztalattal bíró

ipari szakértő delegálását is a munkacsoportba. **Kőzelné Dr. Székely Edit** a Nagynyomású Technológiák Munkabizottság egyesületi képviselőjeként is részt vett a munkabizottsági ülésen, melyen a közös pályázati lehetőségek feltérképezése mellett a közös képzések kialakítási lehetőségeit is tárgyalták.

Az MKE még a FATIPEC, EFMC, IPSCC szervezetekben is képviseli a kémikus közösséget. **Molnárné Nagy Livia** képviselő, mint az európai tudományos bizottság tagja, bírálólként vett részt a FATIPEC 2025. évi „PAINTS and COATINGS VISIONS” online szimpóziumán.

Az IUPAC által kezdeményezett **Global Women's Breakfast** hazai rendezvénye „Fókuszban a magyar űrkutatás” alcímmel került megrendezésre a Labortechnika Kiállítással és az Analitikai Ankéttel egybekötve 2026. február 10-én.

Az MKE fiatalok konferencia-részvételét is támogatta. Az NKB jövőbeli tervei között szerepel a támogatottak meghívása a képviselők fórumára, ahol beszámolhatnak a tapasztalataikról. Végezetül pedig felhívjuk a figyelmet arra, hogy az MKE és Szabó János ügyvezető igazgató lépéseket tett kereshető konferencia pályázati anyag készítéséhez.

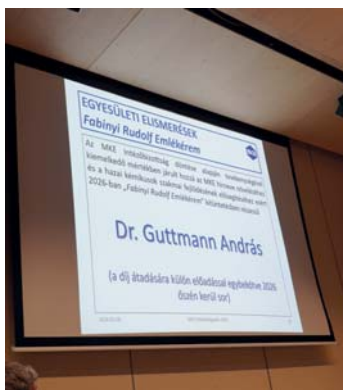
Pénzügyi vonatkozások:

A 2025. évben az MKE 2 064 eFt-ot fizetett be nemzetközi tagdíjakként, míg utazási költségekre 2 349 eFt-ot fordított.

Tóth Ágota, az NKB elnöke



Képek a Küldöttközgyűlésről



Fotók:
FEDOR LEVENTE





Schmidt Máté^a – Kun Róbert^{a,b}

^a HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont, Anyag és Környezetkémiai Intézet, Megújuló Energiák Kutatócsoport

^b BME Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar | kun.robert@ttk.hu

Lítiumion- és vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok összehasonlító értékelése: teljesítménymutatók és alkalmazási forgatókönyvek

A hatékony és megbízható energiatároló rendszerek kulcsszerepet töltenek be a modern társadalmak energetikai rendszereiben. Az energiarendszerek átalakulása – különösen a fosszilis energiahordozókról a megújuló forrásokra való fokozatos áttérés – alapvetően új kihívásokat teremt az energia „előállítás” (átalakítása), elosztása és felhasználása terén. A nap- és szélenergia termelése időben ingadozó, ezért az energiatárolás nem csupán kiegészítő technológiává, hanem az energiarendszer stabil működésének egyik alappilléreivé vált. Ezzel párhuzamosan az elektromos mobilitás gyors térnyerése jelentős mértékben növelte és folyamatosan növeli az akkumulátorok iránti globális keresletet. A zöld átállás kulcstechnológiái közül az akkumulátorok piaca várhatóan kiemelkedő jelentőségűvé válik, gyakran „új kőolajként” hivatkoznak rá, utalva stratégiai szerepére a jövő gazdaságában. Jelenleg az akkumulátorok iránti kereslet döntő részét az elektromos járműipar generálja, amely a teljes piac túlnyomó hányadát adja. Ez a dominancia jelentős mértékben befolyásolja a kutatás-fejlesztési irányokat és az ipari kapacitásbővítést is. Ugyanakkor egyre világosabbá válik, hogy a stacioner, azaz a helyhez kötött, telepített energiatárolás, legyen szó lakossági rendszerekről, ipari alkalmazásokról vagy villamosenergia-hálózati megoldásokról, a következő évtizedben rendkívül gyors növekedés előtt áll. Az energiatárolási technológiák értékelése alapvetően alkalmazásfüggő, ezért nem létezik minden célra optimális, univerzális megoldás. Különösen fontos különbséget tenni az elektromos mobilitás és a telepített energiatárolás között, mivel ez a két terület eltérő műszaki és gazdasági követelményeket támaszt. Míg a járműipari alkalmazások esetében a nagy energiasűrűség, a kis tömeg és a kompakt kialakítás elsődleges szempont, addig stacioner rendszerekben gyakran a költséghatékonyság, a hosszú élettartam, a biztonság és a skálázhatóság kerül előtérbe. A megfelelő energiatároló technológia kiválasztása ezért többdimenziós teljesítménymutatók együttes értékelésén alapul. Ezek közé tartozik többek között a beruházási költség (CAPEX), az egységnyi energiatárolás költsége a teljes életciklus során, a ciklusélettartam, a biztonság,

az energiasűrűség és a teljesítménysűrűség, valamint az ökológiai lábnyom. Ezen paraméterek között gyakran kompromisszumok állnak fenn, így az optimális megoldás minden esetben az adott alkalmazási forgatókönyv függvényében határozható meg. Az energiatárolási rendszerek összehasonlításánál különösen fontos szempont az idő- és méretskála figyelembevétele. Az energiatárolási igények jelentősen eltérnek attól függően, hogy rövid idejű, napon belüli kiegyenlítésről, többnapos energiatárolásról vagy akár szezonális energiatárolásról van szó. Hasonlóképpen, a tárolandó energiamennyiség nagyságrendje – amely a néhány kilowattórás lakossági rendszerektől a gigawattórás vagy akár terawattórás léptékű hálózati megoldásokig terjed – alapvetően meghatározza a szóba jöhető technológiák körét. Ez a szemlélet rávilágít arra, hogy az egyes akkumulátortechnológiák eltérő módon skálázhatók, és különböző alkalmazási tartományokban lehetnek versenyképesek. A lítiumion-akkumulátorok jelenleg a legelterjedtebb elektrokémiai energiatárolási technológiát képviselik, elsősorban kedvező energiasűrűségüknek, magas hatásfokuknak és technológiai érettségüknek köszönhetően. Széles körben alkalmazzák őket hordozható elektronikai eszközökben, elektromos járművekben, valamint egyre növekvő mértékben stacioner energiatárolási rendszerekben is. Ugyanakkor a technológia számos kihívással néz szembe, többek között a kritikus nyersanyagok elérhetősége, a biztonsági kérdések és az életciklus végén jelentkező újrahasznosítás problémái terén. Ezzel párhuzamosan az utóbbi években egyre nagyobb figyelem irányul az alternatív energiatárolási megoldásokra, különösen a redox-folyadékáramos akkumulátorokra. Ezeknek a rendszereknek az egyik legfontosabb sajátossága, hogy az energiatároló kapacitás és a teljesítmény egymástól függetlenül méretezhető, ami jelentős előnyt jelenthet nagy léptékű, hosszú idejű energiatárolási alkalmazásokban. A vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok (VRFB) a legfejlettebb és legszélesebb körben vizsgált redox-folyadékáramos rendszerek közé tartoznak, amelyek potenciálisan versenyképes alternatívát kínálhatnak bizonyos stacioner alkalmazásokban.

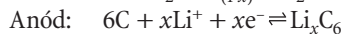
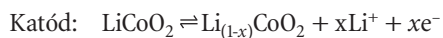
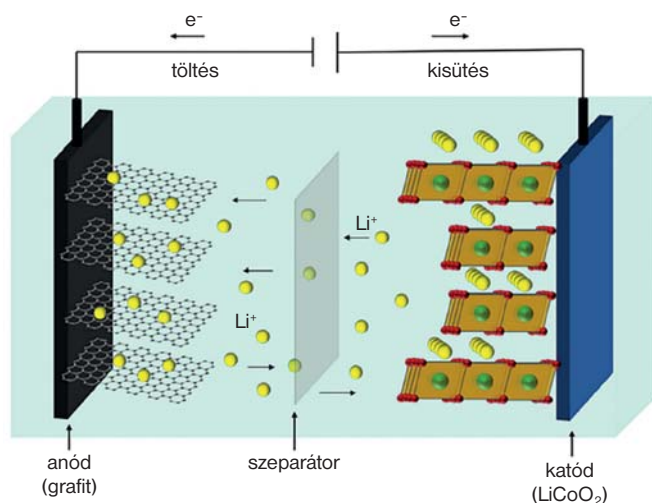


A lítiumion- és vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok alapjai

A lítiumion-akkumulátorok működési elve és fő jellemzői

A lítiumion-akkumulátorok elektrokémiai energiatároló rendszerek, ennek megfelelően működésük a kémiai energia elektromos energiává (és fordítva) történő átalakításán alapul. Az elektromos energia eltárolása/felszabadítása az aktív anyagokban végbemenő reverzibilis redoxireakciók révén történik, amelyek során a lítiumionok az akkumulátor két elektródja között vándorolnak. Egy tipikus lítiumion-cella katódból (pozitív elektród), anódból (negatív elektród), szeparátorból, elektrolitoldatból, valamint pozitív és negatív áramgyűjtőkből épül fel. A szeparátor feladata az elektródok fizikai elválasztása a rövidzárlat megakadályozása érdekében, de lehetővé teszi a lítiumionok (Li^+) szabad mozgását. Az elektrolitoldat ionvezető közegként szolgál, amely biztosítja a töltéshordozók sztranszportját az elektródok között, miközben elektromosan szigetelőként viselkedik. A modern lítiumion-akkumulátorok katódjai jellemzően különböző lítiumtartalmú vegyületekből állnak, ilyen például a LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiNiO_2 vagy LiMn_2O_4 , míg az anód leggyakrabban grafit (C_6), amely képes a lítiumionok befogadására, interkalációjára. Az elektródokat porózus szerkezetű poliolefin szeparátor választja el, amelyet általában nem vizes, szerves oldószereken alapuló folyékony elektrolitoldat itat át. Töltés során a lítiumionok a katód rácsszerkezetéből kilépve az elektrolitoldaton keresztül az anódba vándorolnak, ahol beépülnek a grafitszerkezetbe, lítiumozott grafitot (LiC_6) képezve. Ezzel párhuzamosan az elektronok a külső áramkörön keresztül jutnak el az anódhoz. Kisütés során a folyamat megfordul: a lítiumionok az anódból visszavándorolnak a katódra, miközben az elektronok a külső áramkörön keresztül haladva elektromos munkát végeznek. Mivel a lítiumionok a két elektród között oda-vissza mozognak, a működési elvet gyakran „hintaszék” (rocking-chair) mechanizmusként írják le. A lítiumion-technológia egyik legfontosabb előnye a magas energiasűrűség, amely lehetővé teszi kompakt és könnyű energiatároló rendszerek kialakítását. Emellett a rendszerek magas hatásfokkal mű-

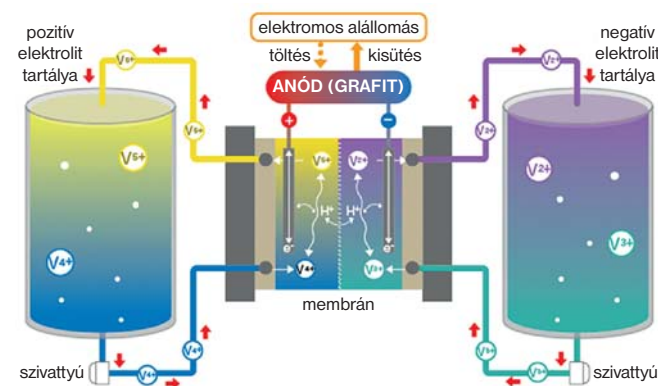
1. ábra. Li-ion akkumulátor sematikus ábrája töltési és kisütési irányban [4]



ködnek, és alacsony önkisüléssel rendelkeznek. A különböző katóanyagok alkalmazása lehetővé teszi a tulajdonságok, például az energiasűrűség, az élettartam, a biztonság és a költség finomhangolását az adott felhasználási terület igényeihez. Ugyanakkor a lítiumion-akkumulátorok működéséből adódóan bizonyos korlátokkal is rendelkeznek. A gyúlékony szerves elektrolitoldat biztonsági kockázatot jelenthet nem megfelelő üzemeltetés vagy sérülés esetén, a ciklusélettartam során pedig fokozatos kapacitásvesztés figyelhető meg. Emellett a kritikus nyersanyagok, például a lítium, a kobalt és a nikkel elérhetősége, valamint az újrahasznosítás technológiai kihívásai egyre nagyobb figyelmet kapnak a fenntarthatósági szempontok előtérbe kerülésével. Egy lítiumion-akkumulátor működési elvének sematikus ábráját láthatjuk az 1. ábrán. [1, 2, 3, 4]

A vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok működési elve és fő jellemzői

A redox-folyadékáramos akkumulátorok működési elve alapvetően eltér a hagyományos, szilárd elektródos akkumulátorokétól, mivel az energiát nem szilárd fázisú aktív anyagokban, hanem folyadékfázisú elektrolitoldatokban tárolják. Ezek az elektrolitoldatok oldott redoxaktív komponenseket tartalmaznak, amelyeket külső tartályokban tárolnak, és működés közben szivattyúznak át az elektrokémiai cellán. Ez a kialakítás lehetővé teszi, hogy az energiatárolást (a kapacitást) és a teljesítményt egymástól függetlenül szabályozhassuk. A vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátor (VRFB, vanadium redox flow battery) az egyik legfejlettebb rendszernek tekinthető; az 1980-as évek óta fejlesztik. Működése alapját a vanádiumionok többféle stabil oxidációs állapota képezi, amely lehetővé teszi, hogy ugyanazon elem különböző redoxpárjai mindkét félcellában alkalmazhatók legyenek. Ez jelentős előnyt jelent, mivel a membránon keresztüli ionátjutás (keresztzennyeződés) nem okoz irreverzibilis kapacitásvesztést, ellentétben más redox-folyadékáramos rendszerekkel. A VRFB-rendszerek tipikusan két elektrolitoldat-tartályból, szivattyúból, valamint egy elektrokémiai cellatömbből állnak. A két tartályban található elektrolitoldatok különböző oxidációs állapotú vanádiumionokat tartalmaznak. A negatív oldalon a $\text{V}^{2+}/\text{V}^{3+}$, míg a pozitív oldalon a $\text{V}^{4+}/\text{V}^{5+}$ (gyakran $\text{VO}^{2+}/\text{VO}_2^+$ formában jelölt) redoxpárok vesznek részt a reakciókban. Az elektrolitoldat általában kénsavas közegű (H_2SO_4), ami biztosítja az ionvezetést és a megfelelő kémiai stabilitást. Az elektrokémiai cellában a két félcellát egy ioncserélő membrán – jellemzően protoncserélő membrán (PEM) – választja el egymástól. Ez a membrán lehetővé teszi a protonok (H^+) áthaladását, miközben gátolja az elektrolitoldatok közvetlen keveredését. A rendszer működése során az elektrolitoldatok folyamatosan keringenek a tartályok és a cella között. Töltés során a pozitív oldalon a V^{4+} oxidálódik V^{5+} állapotba ($\text{VO}^{2+} \rightarrow \text{VO}_2^+$), míg a negatív oldalon a V^{3+} redukálódik V^{2+} állapotba. Ezzel egyidejűleg az elektronok a külső áramkörön keresztül a pozitív oldalról a negatív oldal felé haladnak, míg a töltéskiegyenlítés érdekében protonok vándorolnak át a membránon. Kisütés során a folyamat megfordul, és a redoxreakciók révén az elektrolitoldatban tárolt kémiai energia elektromos energiává alakul vissza. Teljesen lemerült állapotban a negatív elektrolit főként V^{3+} , míg a pozitív elektrolitoldat V^{4+} állapotú ionokat tartalmaz. A könnyebb megértés érdekében a 2. ábra szemlélteti egy vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátor felépítését és a kisütése közben lejátszódó folyamatokat. [5, 6, 7, 8, 9]



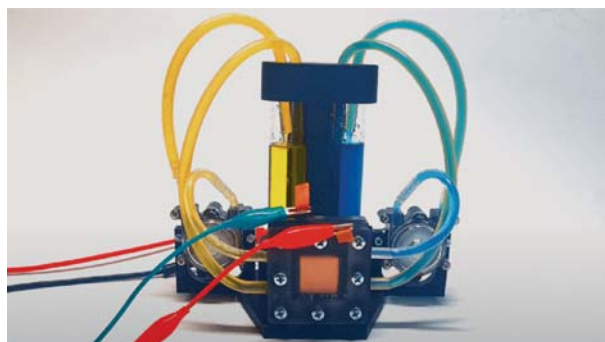
2. ábra. Egy vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátor felépítése és lejátszódó reakciói töltés és kisütés közben [10]

Pozitív cella, reakció: $\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

Negatív cella, reakció: $\text{V}^{2+} \rightleftharpoons \text{V}^{3+} + \text{e}^-$

Teljes reakció: $\text{VO}_2^+ + \text{V}^{2+} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{VO}^{2+} + \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$

A VRFB-rendszerek egyik legfontosabb sajátossága, hogy az energiatároló kapacitás az elektrolitoldat térfogatától, míg a teljesítmény a cella és az elektródok méretétől függ. Ez a tulajdonság lehetővé teszi a két paraméter független méretezését, ami



VRFB – barkácsolással

(<https://www.youtube.com/watch?v=QW0-1j803Dc>)

különösen előnyös nagy léptékű, hosszú idejű energiatárolási alkalmazások esetén. További előnyként említhető a hosszú ciklusélettartam, amely abból adódik, hogy az aktív anyagok oldatban vannak jelen, így az elektródok szerkezeti degradációja kevésbé jelentős. A vizes elektrolit nem gyúlékony, ami kedvező biztonsági tulajdonságokat biztosít. Emellett az elektrolit újrahasznosíthatósága és potenciálisan hosszú élettartama fenntarthatósági szempontból is előnyös. A technológia korlátai közé tartozik az alacsonyabb energiasűrűség a lítiumion-akkumulátorokhoz képest, ami nagyobb helyigényt eredményez. A rendszer komplexitása – beleértve a szivattyúkat, tartályokat és segédberendezéseket – összességében növeli a beruházási költségeket, különösen kisebb léptékű alkalmazások esetében. Ennek következtében a VRFB-rendszerek jelenleg elsősorban stacioner, nagy méretű energiatárolási feladatokra kínálnak versenyképes megoldást.

Fejlesztési irányok és kihívások a lítiumion- és VRFB-technológiákban

A lítiumion-akkumulátorok az elmúlt évtizedben az energiatárolási piac meghatározó technológiájává váltak, ami intenzív kutatás-fejlesztési tevékenységet és gyors ipari felfutást eredményezett.

Technológia jelentőségüket jól jelzi, hogy 2019-ben a kémiai Nobel-díjat John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham és Akira Yoshino kapták a lítiumion-akkumulátorok fejlesztéséhez való alapvető hozzájárulásukért. A gyors technológiai fejlődés ugyanakkor együtt járt a piaci igények drasztikus növekedésével, különösen az elektromos mobilitás területén. Bár a jelenlegi lítiumion-rendszerek már képesek kielégíteni számos alkalmazás követelményeit, több alapvető kihívás továbbra is fennáll, és ezek új fejlesztési irányokat határoznak meg.

A lítiumion-akkumulátorok fejlesztési irányai

A lítiumion-technológia egyik legfontosabb fejlesztési célja az energiasűrűség növelése. A jelenleg kereskedelmi forgalomban lévő Li-ion-cellák tipikusan 150–270 Wh/kg fajlagos energiatartalommal bírnak, míg a laboratóriumi fejlesztések ennél magasabb értéket is képesek elérni. Ugyanakkor a további növelést alapvető anyagtudományi és biztonsági korlátok nehezítik. A katódfejlesztések középpontjában a csökkentett kobalttartalmú, de magas nikkeltartalmú rendszerek (pl. $\text{Li}[\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_{(1-x-y)}]\text{O}_2$) állnak. Ezek használatával és szélesebb körű elterjedésével csökkenthető a kobalt iránti igény, miközben az akkumulátorcellák energiasűrűsége növekszik. Ezzel párhuzamosan a lítium–vas-foszfat (LFP) rendszerek is egyre nagyobb szerepet kapnak, különösen költségérzékeny és biztonságkritikus alkalmazásokban.

Az anód- (negatív elektród) oldalon jelentős fejlesztési irány a grafit részleges kiváltása szilíciummal, amely lényegesen nagyobb elméleti kapacitással rendelkezik, mint a grafit. A szilícium azonban jelentős térfogatváltozáson megy keresztül az elektrokémiai töltési-kisütési folyamatok során, ami anyagszerkezeti degradációhoz vezethet, így a szilícium nagy léptékű alkalmazása még komoly fejlesztési kihívást jelent.

További fontos irány a folyékony elektrolitoldatok kiváltása szilárd elektrolitokkal: ez az úgynevezett szilárdtest-akkumulátorok fejlesztésének területe. Ezek potenciálisan nagyobb energiasűrűséget és magasabb biztonságot kínálnak, azonban technológiai érettségük jelenleg még alacsony. Jóllehet, időről időre újabb és újabb bejelentések látnak napvilágot a szakmai tudósításokban a szilárdtest-akkumulátorok lehetséges kereskedelmi bevezetésével kapcsolatban, ám az ilyen bejelentések hitelessége és szakmai megalapozottsága sokszor kétséges.

A lítiumion-akkumulátorokkal kapcsolatos kihívások nem zárólag műszaki jellegűek. A kritikus nyersanyagok, különösen a lítium, a kobalt és a nikkellátása geopolitikai és gazdasági kockázatokkal terhelt. Például a kobalt kitermelésének jelentős része a Kongói Demokratikus Köztársasághoz köthető, míg a feldolgozási kapacitások nagy része Ázsiában koncentrálódik. Ez a helyzet fokozza az ellátási lánc sérülékenységet (lásd még a 237. oldalon szereplő könyvismertetést).

Mindezek mellett az újrahasznosítás és az életciklus végén jelentkező környezeti hatások kezelése is egyre fontosabb fejlesztési irányt jelent. Az új generációs akkumulátortechnológiák, például a lítium–kén (Li-S), lítium–levegő (Li-O₂) vagy a nátriumion-rendszerek, hosszabb távon alternatívát kínálhatnak, azonban jelenleg ezek a megoldások is inkább a fejlesztési fázisban léteznek. [11, 12, 13, 14, 15]

A vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok fejlesztési irányai

A VRFB-akkumulátorok fejlesztése eltérő fókuszú, mint a lítiumion-rendszereké, mivel ezek elsősorban stacioner energiatárolási alkalmazásokra optimalizált technológiák. Ennek megfelelően a



kutatás-fejlesztés fő céljai nem az energiasűrűség maximalizálására, hanem a költségek csökkentésére, az élettartam növelésére és a rendszerhatékonyság javítására irányulnak.

Az egyik legfontosabb fejlesztési terület az elektrolitoldatok (anolit és katolit) optimalizálása. A vanádiumkoncentráció növelése közvetlenül javíthatja az energiasűrűséget, azonban ezt korlátozza az oldhatóság és a különböző oxidációs állapotok stabilitása, különösen alacsony hőmérsékleten. Az elektrolitoldatok összetételének finomhangolása ezért kulcsfontosságú kutatási irány.

A membrántechnológia szintén kritikus szerepet játszik a VRFB-rendszerek teljesítményében. A cél olyan ioncserélő membránok fejlesztése, amelyek alacsony ionátvitási (ion crossover vagy crosstalk) veszteséget, nagy kémiai stabilitást és kedvező költség szintet biztosítanak. A jelenleg széles körben alkalmazott protoncserélő membránok (pl. perfluorozott polimerek) költsége jelentős tényező a teljes rendszer árának szempontjából.

További fontos kutatási irány az elektródanyagok és a cella-architektúra fejlesztése, ami befolyásolja a reakciókinetikát és a határfokot. A szénelapú elektródok felületének módosítása például javíthatja az elektrokémiai aktivitást és csökkentheti a veszteségeket.

Rendszerszinten a költségek csökkentése és a hatékonyság növelése érdekében kiemelt szerepet kap a hidraulikai veszteségek minimalizálása, a szivattyúk energiaigényének csökkentése, valamint a moduláris kialakítás optimalizálása. Emellett a vanádium árának ingadozása, volatilitása szintén befolyásolja a technológia gazdaságosságát, ami ösztönzi az alternatív elektrolitrendszerek (pl. más redoxpárok) kutatását is.

A VRFB-technológia egyik hosszú távú előnye az elektrolitoldatok potenciálisan korlátlan újrahasznosíthatósága, ami lehetővé teszi az úgynevezett „elektrolit-lízing” globális üzleti modelljeinek kialakulását is. Ez különösen nagy léptékű energiatárolási rendszerek esetében jelenthet gazdasági előnyt.

A Li-ion- és VRFB-akkumulátorok kvantitatív összehasonlítása és fejlesztési irányai

A megújuló energiaforrásokból, különösen nap- és szélenergiából származó villamos energia tárolása az elmúlt évtized egyik kulcskérdése lett, különösen hálózati léptékű alkalmazások esetén. A következőkben a két technológiát, a lítiumion- (LIB) és a vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorokat (VRFB) hasonlítjuk össze kvantitatív módon. A legfontosabb paramétereket az 1. táblázat foglalja össze.

Az 1. táblázat alapján jól látható, hogy a két technológia eltérő alkalmazási térben optimális. A LIB-rendszerek kiemelkedő tömeg- és térfogati energiasűrűséggel rendelkeznek, ami elengedhetetlenné teszi őket mobil-alkalmazásokban, például elektromos járművekben és hordozható eszközökben. Ezzel szemben a VRFB-rendszerek energiasűrűsége alacsonyabb, azonban ciklusélettartamuk és üzemidő-tartósságuk jelentősen kedvezőbb, ami előnyös hosszú idejű, stacioner energiatárolási feladatok esetén. A ciklus hatékonyság tekintetében a LIB-rendszerek általában jobban teljesítenek, ugyanakkor a korszerű VRFB-rendszerek már elérhetik vagy megközelíthetik a 80–85%-os ciklikus hatékonyságot, különösen optimalizált áramlási és celladizájn mellett. Gazdasági szempontból fontos különbség, hogy míg a LIB-rendszerek költségét nagymértékben az aktív anyagok (különösen a Li, Ni, Co) és a gyártási komplexitás határozza meg, addig a VRFB-rendszereknél a költségek jelentős része az elektrolitoldatokhoz

1. táblázat. Az LIB és a VRFB összehasonlítása (tipikus tartományok)

Technológia	Energiasűrűség	Élettartam	Ciklus-hatékonyság	Ű+K költség***
LIB	150–300 Wh/kg	10–15 év vagy 500–3000 ciklus*	85–95%	alacsony
VRFB	16–33 kWh/m ³ (~20–40 Wh/kg ekvivalens)	10–25+ év vagy 10 000–20 000+ ciklus**	70–85%	közepes –magas

* A tényleges élettartam erősen függ a ciklusmélységtől (DoD), a hőmérséklettől és a töltési stratégiától. Napi teljes ciklus esetén a 3000 ciklus kb. 8 évnél felel meg, napi kétszeri ciklusnál ez kb. 4 évre csökkenhet.

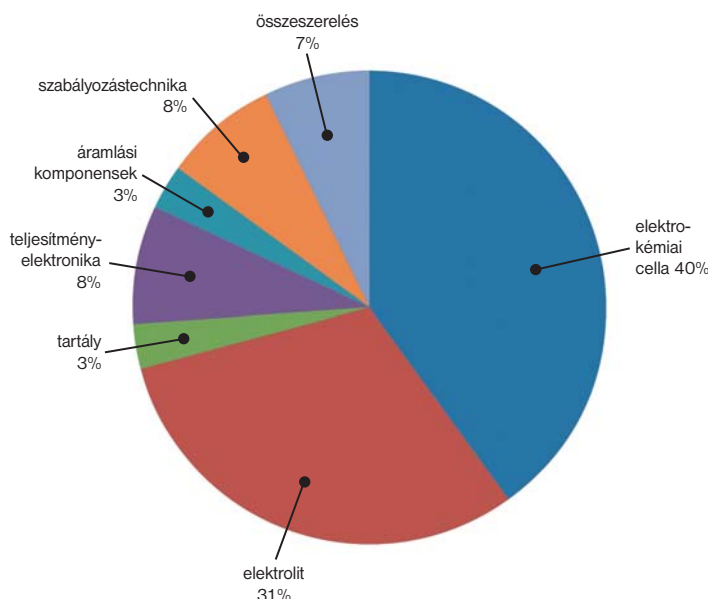
** Egyes laboratóriumi és demonstrációs rendszerekben ennél nagyságrenddel magasabb ciklusszámokat is jelentettek. A „kvázivégtelen élettartam” azonban csak közelítés, mivel az elektrolitdegradáció, a membránöregeedés és a keresztiszennyeződés hosszú távon jelentkezik.

*** Az üzemeltetés és a karbantartás teljes költsége.

(vanádium) és az elektrokémiai rendszer komponenseihez, különösen az ioncserélő membránhoz köthető. A költségstruktúra sajátossága, hogy VRFB esetén az energia (elektrolitoldat-térfogat) és a teljesítmény (cellaméret) külön skálázható, ami gazdasági optimalizálást tesz lehetővé a nagy rendszerekben.

A 3. ábra szemlélteti egy általános VRFB-akkumulátor költségeloszlását. Az elektrokémiai cella legnagyobb költségösszetevője a már korábban említett ioncserélő membrán, míg a második legnagyobb költségvetel az elektrolitoldat, az elektrokémiai-aktív komponens adja. A jövő kutatásaiban további technológiák fejlesztése vagy olcsóbb aktív komponensű alternatívák keresése jelentősen csökkentheti a VRFB már így is versenyképes szinten lévő, energiaegységre vonatkoztatott költségét. [16]

3. ábra. A VRFB-t alkotó különböző komponensek költség szerinti szétválasztása [16]



Összességében elmondható, hogy ha megújuló energiaforrások hosszú távú tárolása szempontjából szeretnénk vizsgálni ezt a két technológiát, akkor a következőket kell figyelembe vennünk: a lítiumion-akkumulátorok kimagasló energiasűrűsége mellett az



életciklusuk rövidebb lehet, és nagy méretű tárolóegységek esetén a költségek megugranak; a VRFB kisebb energiasűrűséggel és nagyobb üzemeltetési költséggel rendelkezik, viszont a szinte elhanyagolhatóan kis mértékű önkisülése, jóval hosszabb élettartama és későbbi könnyebb újrahasznosítási lehetősége, valamint a magasabb fokú biztonság mind előnyként értelmezhető. [17, 18, 19, 20]

A vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok alkalmazása lítiumion-alapú BESS-rendszerek alternatívájaként megújuló energiaforrások hosszú távú tárolására

A megújuló energiaforrások egyik alapvető kihívása az időbeli változékonyság. A naperőművek kizárólag nappali időszakban termelnek, míg a szélenergia rendelkezésre állása nehezen előre jelezhető és helyfüggő. Ennek következtében az energiatermelés időbeli lefutása gyakran nem esik egybe a fogyasztási igényekkel, amelyek jellemzően az esti órákban tetőznek. Ez az eltérés az energiarendszerek egyik központi problémája, amelynek kezelésében kulcsszerepet játszanak az (elektrokémiai) energiátároló rendszerek.

A nagy léptékű elektrokémiai energiátárolás egyik legelterjedtebb megoldása az úgynevezett telepített akkumulátoros Battery Energy Storage System (BESS vagy ESS) rendszer, amely villamos energia tárolására és igény szerinti visszatáplálására szolgál. A BESS-rendszerek különböző akkumulátortechnológiákra épülhetnek, amelyek közül jelenleg a lítiumion-rendszerek dominálnak, azonban egyre nagyobb figyelem irányul az alternatív megoldásokra, például a VRFB-akkumulátorokra.

A BESS-rendszerek számos kulcsfontosságú funkciót látnak el az energiarendszerben, többek között hozzájárulnak a termelés és a fogyasztás közötti egyensúly megteremtéséhez, csökkentik a csúcsidőszaki terhelést, tartalékkapacitást biztosítanak, valamint elősegítik a megújuló energiaforrások integrációját a villamosenergia-hálózatba. Ennek eredményeként javítják a rendszer rugalmasságát, növelik az energiahatékonyságot és hozzájárulnak a decarbonizációs célok eléréséhez. [19, 21]

A VRFB-akkumulátorok különösen ígéretes alternatívát jelentenek a hosszú idejű energiátárolási alkalmazásokban. A technológia egyik legfontosabb előnye a rugalmas méretezhetőség: a teljesítmény az elektrokémiai cellák számának növelésével, míg az energiátároló kapacitás az elektrolitoldat-tartályok térfogatának növelésével szabályozható. Ez lehetővé teszi a rendszer optimalizálását az adott alkalmazási igényekhez, különösen nagy léptékű, többórás vagy akár többnapos energiátárolási feladatok esetén.

További tetemes előnyt jelent a vizes elektrolitoldat nem gyúlékony jellege, ami kedvező biztonsági tulajdonságokat biztosít, különösen nagy méretű telepített rendszerek esetében. A hosszú ciklusélettartam és az aktív anyagok stabilitása miatt a VRFB-rendszerek jól illeszkednek olyan alkalmazásokhoz, ahol napi többszöri ciklizálás és hosszú üzemidő szükséges.

Bár a VRFB-rendszerek egyik gyakran említett hátránya az alacsonyabb energiasűrűség, ez a paraméter hálózati léptékű alkalmazásokban sok esetben másodlagos jelentőségű. MWh vagy annál nagyobb méretű rendszerek esetében a rendelkezésre álló terület általában nem korlátozó tényező, így a térfogati energiasűrűség nem meghatározó a gazdaságosság szempontjából. Ezzel szemben a rendszer teljes élettartama, a ciklusok száma, valamint a költségek sokkal nagyobb súllyal esnek latba.

Az energiasűrűség növelése a folyadékáramos rendszerekben ugyanakkor jelentős technológiai kihívásokat idéz elő. A nagyobb koncentrációjú elektrolitoldatok viszkozitása növekszik, ami rontja az áramlási viszonyokat és növeli a szivattyúzási veszteségeket. Emellett a magas ionkoncentráció kedvezőtlen hatással lehet az elektrolit stabilitására és a membránon keresztüli transzportfolyamatokra is, például ozmotikus hatások révén. Ennek következtében az energiasűrűség növelése nem feltétlenül vezet arányos rendszerhatékonyság- vagy költségjavuláshoz.

A hosszú idejű energiátárolás piaca a következő évtizedekben várhatóan jelentős növekedést mutat. Egyes becslések szerint 2040-re a globális tárolói kapacitás elérheti az 1,5–2,5 TW teljesítményt és a 85–140 TWh energiátárolási kapacitást, amely több ezer milliárd USD nagyságrendű piacot jelenthet. Ebben a kontextusban a VRFB-technológia potenciálisan kulcsszerepet tölthet be – különösen olyan alkalmazásokban, ahol a hosszú élettartam, a biztonság és a skálázhatóság elsődleges szempont.

Összességében megállapítható, hogy míg a lítiumion-akkumulátorok elsősorban nagy energiasűrűséget igénylő alkalmazásokban dominálnak, addig a VRFB-rendszerek a hosszú idejű, nagy léptékű energiátárolás területén kínálnak versenyképes alternatívát, különösen a megújuló energiaforrásokra épülő energiarendszerekben. [22]

Összefoglalás és következtetések

A vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok (VRFB) a vanádium különböző oxidációs állapotain alapuló elektrokémiai rendszerek, amelyek különösen alkalmasak nagy léptékű, hosszú időtávú energiátárolási alkalmazásokra. A technológia egyik legfontosabb előnye a nagy ciklusélettartam (tipikusan 10 000–20 000 ciklus vagy annál több), valamint az, hogy az energiátároló kapacitás és a teljesítmény egymástól függetlenül méretezhető. Ez különösen kedvezővé teszi a VRFB-rendszereket hosszú idejű (többórás–többnapos) energiátárolási feladatok esetén.

Gazdasági szempontból a VRFB-rendszerek versenyképessége erősen függ az alkalmazási profiltól. Gyakori ciklizálás és hosszabb tárolási idő esetén a teljes életciklusra vetített költségek tekintetében kedvező alternatívát jelenthetnek a lítiumion-alapú rendszerekkel szemben, különösen nagyobb, több száz kWh-tól MWh–GWh-ig terjedő rendszerek esetén. Ezzel szemben kisebb léptékben és rövidebb időtávú tárolási feladatoknál a lítiumion-technológia továbbra is domináns marad.

A VRFB-rendszerek további előnye a vizes elektrolitoldat alkalmazásából fakadó kedvező biztonsági jellemző, mivel nem gyúlékonyak, és széles üzemi hőmérséklet-tartományban stabilan működnek. Ennek következtében különösen alkalmasak hálózati és ipari energiátárolási alkalmazásokban, ahol a biztonság és a hosszú élettartam kiemelt jelentőségű.

Ugyanakkor a technológia előtt továbbra is jelentős kihívások állnak. Ezek közé tartoznak az alacsonyabb energiasűrűség, a rendszerkomplexitásból adódó magasabb kezdeti beruházási költség, valamint az olyan hosszú távú degradációs mechanizmusok, mint a membránon keresztüli ionátjutás (crossover), az elektrolit stabilitásának korlátai és a rendszerkomponensek öregedése. Emellett a technoökonómiai értékelések (TEA) rámutatnak arra, hogy a gazdaságosság erősen függ az adott alkalmazási esettől és üzemeltetési stratégiától. [23]

Összességében megállapítható, hogy a lítiumion- és a vanádium-redoxfolyadékáramos akkumulátorok nem közvetlen versenytársai egymásnak, hanem eltérő alkalmazási tartományok-



ban kínálnak optimális megoldást. Míg a lítiumion-technológia a nagy energiasűrűséget igénylő mobil és rövid idejű tárolási alkalmazásokban dominál, addig a VRFB-rendszerek a hosszú idejű, nagy léptékű energiatárolás területén jelenthetnek kulcsfontosságú megoldást a megújuló energiaforrásokra épülő energiarendszerekben. A jövő energiarendszereiben a különböző akkumulátortechnológiákat várhatóan egymást kiegészítve, alkalmazáspecifikusan alkalmazzák majd.



Köszönetnyilvánítás. A jelen munka a 2021-2.1.1-EK-00001 azonosítószámú projekt keretében valósult meg, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap támogatásával, a 2021-2.1.1-EK pályázati program finanszírozásában.

IRODALOM

- [1] Xie J, Lu YC. A retrospective on lithium-ion batteries. *Nat Commun* (2020) 11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16259-9>.
- [2] Tian G, Yuan G, Aleksandrov A, Zhang T, Li Z, Fathollahi-Fard AM, et al. Recycling of spent Lithium-ion Batteries: A comprehensive review for identification of main challenges and future research trends. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (2022) 53. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102447>.
- [3] Chen Y, Kang Y, Zhao Y, Wang L, Liu J, Li Y, et al. A review of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards. *Journal of Energy Chemistry* (2021) 59, 83–99. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.10.017>.
- [4] Cheng H, Shapter JG, Li Y, Gao G. Recent progress of advanced anode materials of lithium-ion batteries. *Journal of Energy Chemistry* (2021) 57, 451–68. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2020.08.056>.
- [5] Kim KJ, Park MS, Kim YJ, Kim JH, Dou SX, Skyllas-Kazacos M. A technology review of electrodes and reaction mechanisms in vanadium redox flow batteries. *J Mater Chem A Mater* (2015) 3, 16913–33. <https://doi.org/10.1039/c5ta02613j>.
- [6] Parasuraman A, Lim TM, Menictas C, Skyllas-Kazacos M. Review of material research and development for vanadium redox flow battery applications. *Electrochim Acta* (2013) 101, 27–40. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2012.09.067>.
- [7] Lourenssen K, Williams J, Ahmadpour F, Clemmer R, Tasnim S. Vanadium redox flow batteries: A comprehensive review. *J Energy Storage* (2019) 25. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100844>.
- [8] Blanc C, Rufer A. Understanding the Vanadium Redox Flow Batteries. *Paths to Sustainable Energy, InTech*; 2010. <https://doi.org/10.5772/13338>.
- [9] Huang Z, Mu A. Research and analysis of performance improvement of vanadium redox flow battery in microgrid: A technology review. *Int J Energy Res* (2021) 45, 14170–93. <https://doi.org/10.1002/er.6716>.
- [10] <https://www.lesys.jp/english/redox/>
- [11] Xu J, Cai X, Cai S, Shao Y, Hu C, Lu S, et al. High-Energy Lithium-Ion Batteries: Recent Progress and a Promising Future in Applications. *Energy and Environmental Materials* (2023) 6. <https://doi.org/10.1002/eem2.12450>.
- [12] Khan FMNU, Rasul MG, Sayem ASM, Mandal NK. Design and optimization of lithium-ion battery as an efficient energy storage device for electric vehicles: A comprehensive review. *J Energy Storage* (2023) 71. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108033>.
- [13] Abu SM, Hannan MA, Hossain Lipu MS, Mannan M, Ker PJ, Hossain MJ, et al. State of the art of lithium-ion battery material potentials: An analytical evaluations, issues and future research directions. *J Clean Prod* (2023) 394. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136246>.
- [14] Ye Y, Zhang J, Pilla S, Rao AM, Xu B. Application of a new type of lithium-sulfur battery and reinforcement learning in plug-in hybrid electric vehicle energy management. *J Energy Storage* (2023) 59. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106546>.
- [15] McNulty RC, Hampson E, Cutler LN, Grey CP, Dose WM, Johnson LR. Understanding the limits of Li-NMC811 half-cells. *J Mater Chem A Mater* (2023) 11, 18302–12. <https://doi.org/10.1039/d3ta00912b>.
- [16] Adeniran A, Bates A, Schuppert N, Menon A, Park S. Recent advances in aqueous redox flow battery research. *J Energy Storage* (2022) 56. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106000>.
- [17] da Silva Lima L, Quartier M, Buchmayr A, Sanjuan-Delmás D, Laget H, Corbisier D, et al. Life cycle assessment of lithium-ion batteries and vanadium redox flow batteries-based renewable energy storage systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (2021) 46. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101286>.
- [18] Zhang X, Li Y, Skyllas-Kazacos M, Bao J. Optimal sizing of vanadium redox flow battery systems for residential applications based on battery electrochemical characteristics. *Energies (Basel)* (2016) 9. <https://doi.org/10.3390/en9100857>.
- [19] Khaki B, Das P. Definition of multi-objective operation optimization of vanadium redox flow and lithium-ion batteries considering leveled cost of energy, fast charging, and energy efficiency based on current density. *J Energy Storage* (2023) 64. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107246>.
- [20] Tsai WS, Huang C, Huang CC, Yang CC, Lee M. Environmental trade-offs and externalities of electrochemical-based batteries: Quantitative analysis between lithium-ion and vanadium redox flow units. *J Environ Manage* (2023) 326. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116807>.
- [21] Lehtola T, Zahedi A. Solar energy and wind power supply supported by storage technology: A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* (2019) 35, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.05.013>.
- [22] Reber D, Jarvis SR, Marshak MP. Beyond energy density: flow battery design driven by safety and location. *Energy Advances* (2023). <https://doi.org/10.1039/D3YA00208J>.
- [23] Zhang L, Yu G. Recent Developments in Materials and Chemistries for Redox Flow Batteries. *ACS Mater Lett* (2023) 5, 3007–9. <https://doi.org/10.1021/acsmaterialslett.3c01191>.

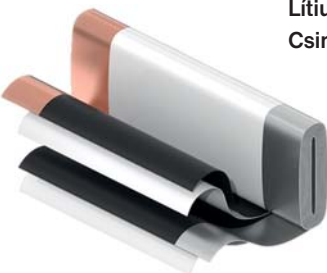
Akkumulátorokról – képekben



Vanádium-szulfát-oldatok. A kísérletben V_2O_5 kb. 0,25 M-os kénsavas oldatából indultak ki (balra), amelyet eltérő ideig reagáltattak cink-granulátummal (Walter Tau, CC BY-SA 4.0)



Lítiumion-akkumulátorokat gyártó készülékek tesztelése Csinhuában (Kína)



A lítiumion-akkumulátor gyártásának egyik lépése: az anód- és katód-elektrodfóliákat a szeparátorral együtt feltekerve készül a „piskótateker”



A Sumitomo Electric négy órán át működő VRFB-rendszere egy közösségi napelemes mikrohálózatban, Dél-Japánban – a nappal termelt energia esti-éjszakai felhasználására

Óri János

■ Danubia Szabadalmi és Jogi Iroda Kft. | central@danubia.hu

Szabadalmaztassunk...

De hol és hogyan?

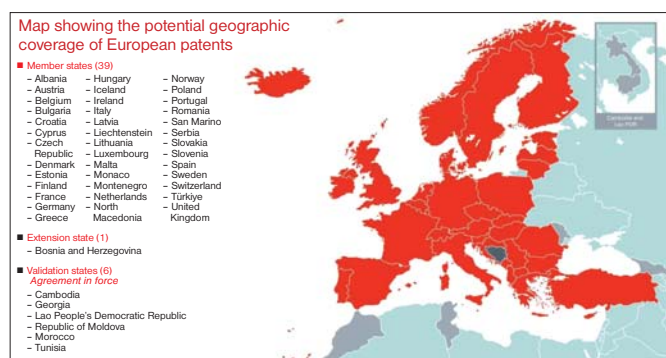
A magyar akadémiai és egyetemi szféra szereplői, a magyar kis és közepes vállalatok számos kémiai kutatási és fejlesztési projekten dolgoznak, melyek nem új gyógyszerhatóanyagok vagy növényvédőszer-hatóanyagok kutatására vonatkoznak, hanem a kémia minden más területére. Ezek a projektek is nagy valószínűséggel üzleti szempontból értékes műszaki eredményekhez – találmányokhoz – fognak vezetni. Természetes, hogy az ilyen kémiai találmányok gazdasági hasznosulásának is egyik szükséges, de nem elégséges feltétele szabadalmi oltalmuk megszerzése.

Magyarország piaca szerény méretű az Európai Unió piacával, illetve a világgal összehasonlítva. Ezért a magyarországi szabadalmi oltalom megszerzése nem elegendő a szóban forgó, új vegyületekre, illetve új kémiai eljárásokra vonatkozó találmányok esetében. Nyilvánvalóan – a rendelkezésre álló pénzügyi források figyelembevételével – legalább az Európai Unió tagországainak többségében és az Egyesült Királyságban (UK) oltalmat kell szerezni a fenti találmányokra.

Milyen lehetőségek állnak rendelkezésre jelenleg? Mint ismeretes, az Európai Szabadalmi Egyezmény (European Patent Convention, EPC) alapján tett egyetlen európai bejelentés olyan európai szabadalom engedélyezését eredményezi, mely jelenleg 46 országban (köztük az összes EU-tagállamban) – lásd a térképet – biztosíthat oltalmat az egyes országokban az érvényesítéshez szükséges adminisztratív eljárások után. Lényeges, hogy az Egyesült Királyság (UK) tagja maradt az EPC-nek a brexit után is! Számos országban az európai szabadalom érvényesítéséhez az adott ország hivatalos nyelvére történő fordítást is be kell nyújtani, ami jelentős költséggel jár. Így a szabadalmaztás a találmányra vonatkozó csokornyí, egymástól független nemzeti szabadalomhoz jut, melyeket természetesen külön-külön fent kell tartani, ami évente költségekkel jár.

A bemutatott módon kapott európai szabadalmak esetében a 2023 nyara óta létező Egységes Hatályú (európai) Szabadalom

Az európai szabadalmak potenciális földrajzi lefedettsége
(www.epo.org)



(Unitary Patent) alakítás is kérhető, amely 18 EU-tagországra kiterjedően biztosít oltalmat. Ez jelentős megtakarítást eredményez a fordítási és szabadalomfenntartási költségekben (lásd www.epo.org, unitary patent). Azonban arról ne feledkezzünk meg, hogy ez a szabadalom mind a 18 tagállamban egyszerre szűnik meg egy sikeres megsemmisítés esetén.

Jelenleg AT, BE, BG, DE, DK, EE, FI, FR, IT, LV, LT, LU, MT, NL, PT, RO, SI és SE vesz részt az Egységes Hatályú (európai) Szabadalom rendszerében. A brexit miatt az Egyesült Királyság (UK) már nem lett tagja az Egységes Hatályú Szabadalom Európai Unió által létrehozott rendszerének. Spanyolország (ES) és Lengyelország (PL) nem kíván résztvevő lenni. További EU-tagországok – CZ, SK, CY, GR, HU, IE – várakozó állásponton vannak a vonatkozó szerződés ratifikációjával kapcsolatban. Horvátország (HR) – mint később csatlakozó EU-tag – még nem döntött.

Az ismertetett szabadalmaztatási lehetőségek az európai piacon biztosítják az optimális oltalomszerzést és jó hátteret nyújtanak az oltalom alá helyezett találmányok üzleti kiaknázásához Európában.

Természetesen nem lehet megelégedezni a világpiac további alapvető észak-amerikai, kínai és japán részeitől sem, különösen ha a találmánytól nagyon jelentős piaci siker várható. A magyar szabadalmi bejelentés elsőbbségét igényelve érdemes nemzeti szabadalmi bejelentéseket tenni legalább Kínában, Japánban és az USA-ban.

Lehet, hogy túlzottan ambiciózusnak tűnik a fenti országlista, de azt szem előtt kell tartani, hogy ez az országlkör már igen jelentős piacokat ölel fel. Továbbá például egy szerves katalizátor (organic catalyst) kategóriába tartozó új molekulával piacra lépni ebben az országlkörben nagyságrendekkel egyszerűbb és gyorsabb, mint egy új gyógyszerhatóanyagot tartalmazó gyógyszerkészítménnyel vagy egy új peszticidmolekulát tartalmazó növényvédő készítménnyel.

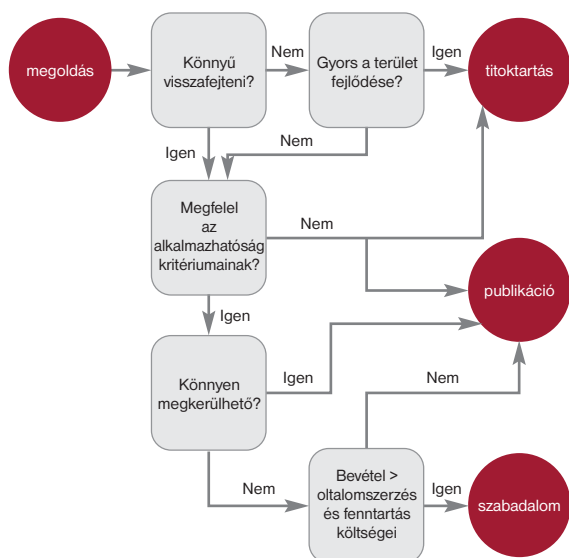
A példaként említett szerves katalizátorok globális piacának közelítő évi értéke jelenleg 15,5 milliárd USD, enzimek nélkül pedig évente 3,5 milliárd USD. A piac becsült éves növekedési rátája 5–9% a teljes szegmensben. Tehát ez is üzletileg reménykeltő műszaki terület.

Azonban ahhoz, hogy a fenti országokban erős, jogilag érvényesíthető vegyület- és eljárásoltalmat lehessen szerezni, megfelelő előkészületeket kell tenni a projektek folyamán:

A technika állását tisztán kell látni, a projekt folyamán rendszeresen frissített újdonságvizsgálatot kell folytatni, ami igazolja, hogy a létrejövő megoldás új-e; az ehhez a találmányi megoldáshoz legközelebbi ismert megoldásokat azonosítani kell. Ezt a leggyorsabban a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala (továbbiakban SZTNH) által nyújtott kutatási szolgáltatásokkal lehet elérni (www.sztnh.gov.hu), de fordulhatunk szabadalmaztatásra specializálódott szakemberekhez, azaz szabadalmi ügyvivőkhöz is.

Továbbá meg kell határozni a fenti vizsgálat eredményei alapján, hogy miben rejlik az új megoldás meglepő volta, azaz feltalálói tevékenységen alapul-e. Ezzel az is biztosítható, hogy amennyiben a műszaki megoldás szabadalmaztatása mellett dönt a cég, a kutatóintézet vagy az egyetem, akkor a szabadalmi bejelentésben világosan megfogalmazzák a találmányi gondolatot.

Minden létrejött új műszaki megoldás/találmány esetében három út, azaz a publikálás, a szabadalmaztatás vagy a titokban tartás között kell választani. A döntési folyamatot le kell folytatni, melyet a szakirodalom pontosan bemutat.



A találmány sorsa: döntéshozatal egy K+F-folyamat során létrejött megoldás oltalmazásáról, publikálásáról vagy titokban tartásáról [1]

A hivatkozott cikk itt is bemutatott 1. ábrája összefoglalja a teendőket. [1]

Ha az a döntés az új és inventív műszaki megoldással (találmánnyal) kapcsolatban, hogy szabadalmaztatni kell, akkor szabadalmi ügyvivő készítsen el a bejelentés szövegét és nyújtsa be a magyar elsőbbségi bejelentést. Nem érdemes megkockáztatni, hogy csak szűk oltalmi körű, nehezen érvényesíthető szabadalmak vonatkozzanak a jelentős üzleti értékű találmányra a szakszerűtlenül megfogalmazott elsőbbségi bejelentés miatt.

Az SZTNH-től a magyar bejelentéssel kapcsolatban előnyös írásos véleménnyel kiegészített újdonságvizsgálatot kérni már a bejelentés benyújtásakor. Ennek az előzetes véleménynek birtokában a bejelentő sokkal megalapozottabban tud dönteni, hogy érdemes-e a magyar szabadalmi eljárást folytatnia, illetve érdemes-e a külföldi oltalomszerzést elindítania.

Összefoglalva:

1. A magyar akadémiai és egyetemi szféra szereplőinek, a magyar kis és közepes vállalatoknak fontos törekedniük a kémia bármely ágában keletkező, üzletileg is jelentős találmányaik legalább az európai piacokon való szabadalmaztatására.
2. Az Egységes Hatályú (európai) Szabadalom a fenti célra nagyon gazdaságos eszköz.
3. Gondoljunk szabadalmaztatáskor a globális lehetőségekre: USA és Ázsia.
4. A kutatási-fejlesztési projektek folyamán a létrejött találmányok sorsáról való döntési folyamatba és már az elsőbbségi magyar szabadalmi bejelentés elkészítésébe is vonjunk be szabadalmi ügyvivőt (www.szabadalmikamara.hu).

IRODALOM

Janáki-Bohner Biborka és Molnár István: Az iparjogvédelem kutatás-fejlesztést támogató szerepe. Magyar Kémikusok Lapja (2023) 1, 12–16.

Amerikai szabadalmat kapott a BME járműbiztonsági áttörése

Az Egyesült Államok Szabadalmi és Védjegyihivatala (USPTO) is megadta a szabadalmi oltalmat annak a járműirányítási technológiának, amelyet a BME Gépjárműtechnológia Tanszékének kutatói fejlesztettek ki. Az innováció különlegessége, hogy a járművet a tapadási határon túl, megcsúszás közben is képes kontrolláltan irányítani, ezzel jelentősen csökkentve a kisodródásos balesetek kockázatát.

A fejlesztés már korábban egységes európai szabadalmi oltalmat kapott, az amerikai szabadalom megszerzése pedig újabb jelentős mérföldkő a technológia nemzetközi elismerésében. Az USPTO döntése egyben azt is jelzi, hogy a magyar kutatók megoldása globális szinten is újszerű és iparilag releváns.

A BME Automated Drive Lab keretében működő Járműdinamika és Szabályzás kutatócsoport fejlesztése új megközelítést alkalmaz a járműbiztonság területén. Míg a hagyományos menetstabilizáló rendszerek – például az ESP – elsődleges célja a tapadás visszaállítása, addig ez az új technológia a megcsúszás állapotában is fenntartja a jármű irányíthatóságát. A rendszer szükség esetén átveszi az irányítást a vezetőtől, és csúszás közben, akár kontrollált driftmanőver alkalmazásával vezeti biztonságos pályára a járművet (videó a honlapon).



„A közúti balesetek jelentős része abból fakad, hogy kritikus helyzetben a vezető már nem képes kontrollálni a jármű mozgását. A célunk az volt, hogy a fizikai határok közelében vagy akár azon túl is fenntartható maradjon az irányíthatóság” – mondta Szalay Zsolt, a BME Gépjárműtechnológia Tanszékének vezetője.

Az automatizált és önvezető rendszerek biztonságának egyik kulcskérdése, hogy miként kezelik a szélsőséges, tapadásvesztéssel járó forgalmi helyzeteket. A fejlesztés ezért nemcsak a közlekedésbiztonság javításához járulhat hozzá, hanem új lehetőségeket is nyithat a következő generációs járműszabályozási rendszerek fejlesztésében is.

A BME Gépjárműtechnológia Tanszéke az elmúlt években számos nemzetközileg is jegyzett kutatási és ipari együttműködésben vett részt az automatizált járművek, a járműdinamika, a funkcionális biztonság és a jövő mobilitási rendszerei területén. A mostani amerikai szabadalom újabb példája annak, hogy a magyar mérnöki és tudományos tudás nemzetközi szinten is versenyképes innovációk létrehozására képes.

(<https://www.bme.hu/hirek/260526/bme-kjk-jarmutechnologia-fejleszt-es-usa-szabadalom>)



Bagi Lajos¹, Balázs-Rudasy Edina², Cseke-Fábián Rozália Teréz³, Demkó Richárd², Garan Marcell¹, Glavatszkih Nándor², Homoki Zsolt², Nagy Viktória⁴, Kerekes Irén³, Kohári György⁵, Koller Tamás², Kovács Gábor⁶, Kövending Kónyi Júlia², Lóránt Györgyné⁴, Orosz Péter⁴, Osváth Szabolcs², Pálvölgyiné Szabó Zsuzsanna⁷, Rell Péter², Sándor Flórián⁶, Stellerné Kökény Virág³, Szabó Sándor⁶, Szarkáné Németh Ágnes², Szigeti Ágnes², Törökné Apró Erika⁵, Vörös Anita⁷, Weisz Tibor²

¹ Borsod-Abaúj-Zemplén Vármegyei Kormányhivatal ² Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (NNGYK) ³ Tolna Vármegyei Kormányhivatal

⁴ Hajdú-Bihar Vármegyei Kormányhivatal ⁵ Csongrád-Csanád Vármegyei Kormányhivatal ⁶ Budapest Főváros Kormányhivatala ⁷ Győr-Moson-Sopron Vármegyei Kormányhivatal
| osvath.szabolcs@nngyk.gov.hu

Az Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH) tevékenységének rövid bemutatása

Bevezetés

A radioaktivitás a természet része. Környezetünkben számos radionuklid (vagy „radioaktív izotóp” – bár ebben az esetben ez kissé pontatlan megnevezés) megtalálható. Az ún. *terresztriális* radionuklidok a Föld keletkezése óta jelen vannak a földkéregben (pl. ⁴⁰K, ²³²Th, ²³⁸U), vagy ezek bomlása során keletkeznek (pl. ²²²Rn, ²²⁶Ra). Az ún. *kozmozgón* radionuklidok folyamatosan keletkeznek a felső légkörben a világűrbeli érkező sugárzások hatására.

A második világháború óta mesterséges eredetű radionuklidok is kerültek a környezetbe (pl. hasadási termékek: ⁹⁰Sr, jódiotópok, céziumizotópok; aktivációs termékek: transzuránok), elsősorban atombomba-robbantási kísérletek és nukleáris létesítmények balesetei következtében. Ezek közül a ¹³⁷Cs mennyiségét szokás a leggyakrabban vizsgálni, ugyanis maghasadás során nagy hozammal keletkezik, 30 év körüli felezési ideje miatt sokáig jelen marad, és méréstechnikailag sem jelent komoly kihívást. Ezzel szemben a ⁹⁰Sr mennyiségéről (noha szinte ugyanakkora a hasadási hozama és a felezési ideje) sokkal kevesebb adat áll rendelkezésre, mert a mérését csak radiokémiai elválasztást követően lehet elvégezni.

A környezetünkben jelen lévő természetes és mesterséges eredetű radioaktivitás figyelemmel kísérése állami feladat; amint azt – egyebek mellett – az Európai Atomenergia Közösséget létrehozó „Euratom” szerződés [1] 35. cikke és az Európai Bizottság 2000/473/Euratom ajánlása [2] is előírja. Ennek a tevékenységnek a keretrendszeréről, az Országos Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (OKSER) működtetéséről jogszabály (489/2015. Korm. r. [3]) rendelkezik. Az OKSER adatainak a zöme a három nagy ellenőrző adatszolgáltató központtól származik. Ezek: a Környezetvédelmi Regionális Mérőközpontok, a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) és a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ (NNGYK) szakmai irányítása alatt álló Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatszolgáltató Hálózat (ERMAH). Ez utóbbinak jogszabályban (8/2002. EüM r. [4]) rögzített egyik célja megbecsülni azt a *dózisterhelést*, ami a hazai lakosságot a környezetben, továbbá az élelmiszerekben lévő természetes és mesterséges eredetű radioaktivitás miatt éri.

Az ERMAH az NNGYK Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztálya, valamint a fővárosi és 5 vidéki kormányhivatal ERMAH-

laboratóriumaiból áll. Az országos tisztifőorvos által jóváhagyott éves vizsgálati programnak megfelelően mérjük a kültéri gamma-dózisteljesítményt, valamint környezeti és élelmiszermintákat

1. táblázat. Az ERMAH vizsgálati programjának váza

Környezeti közeg	Mintavétel gyakorisága	Vizsgálatok
Aeroszol	Napi / heti	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Kihullás („fall-out”)	Havi	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Folyóvíz		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Állóvíz	Negyedéves	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Talaj		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Fű (széna)		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Környezeti háttérsugárzás	Napi / heti	Gamma-dózisteljesítmény
Élelmiszer		
Hús (hal)	Havi	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Gabona, kenyér		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Tej, tejtermékek		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria, Sr-90
Zöldségek, gyümölcsök	Negyedéves	Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Tojás		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria
Ivóvíz		Összes-alfa, összes-béta, gamma-spektrometria, H-3, Sr-90, Rn-220
Menü („vegyes étrend”)		Összes béta-számlálás, gamma-spektrometria, Sr-90



veszünk, melyekből fizikai és kémiai előkészítés után határozzuk meg egyes radionuklidok (vagy radionuklid-csoportok) aktivitáskoncentrációit (**1. táblázat**). Az ország teljes lefedettségét biztosítandó a kormányhivatalok szervezetében működő ERMAH-laborok a saját vármegyékük mellett 1–4 szomszédos vármegyében is felelősek a terepi mintavételekért (talaj, fű, állóvíz, folyóvíz, ivóvíz: **1. ábra**).



1. ábra. A kormányhivatali ERMAH-laboratóriumok székhelyei [fehér zászló] és illetékességi területei [rózsaszín: Borsod-Abaúj-Zemplén Vm.-i Kh., zöld: Budapest Főváros Kh.-a, drapp: Csongrád-Csanád Vm.-i Kh., sárga: Győr-Moson-Sopron Vm.-i Kh., türkiz: Hajdú-Bihar Vm.-i Kh., szürke: Tolna Vm.-i Kh.], továbbá a felszínvíz-mintavételi pontok elhelyezkedése [piros: folyóvíz; fekete: állóvíz]

Környezeti dózisteljesítmény

Más – folyamatos üzemű – mérőhálózatokhoz (pl. a Katasztrófavédeleméhez vagy az egyetemek Országos Sugárzásfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszeréhez, OSJER-éhez) és számos létesítményhez (pl. nukleáris létesítményekhez, radioaktív hulladékok tárolóihoz) hasonlóan az ERMAH-ban is mérjük a *kültéri gamma-dózisteljesítményt*. Jelenleg ez csak kézi műszerekkel, jellemzően heti vagy napi gyakorisággal történik. A szokásos mért értékek hazánkban 55 és 180 nSv/h közé esnek. 2026-ban a rendszer az NNGYK telephelyén (a budapesti Nagyvárad tér mellett) kiegészül egy hálózatra kapcsolt, folyamatos működésű mérőegységgel.

Minta-előkészítés, nukleáris mérési technikák

A mintatípusok részletes tárgyalása előtt ismertetjük azokat az előkészítési és mérési technikákat, melyekkel az analízist végezzük.

A vízminták ^3H -aktivitáskoncentrációját desztillációs tisztítás után folyadékszcintillációs (LSC) technikával mérjük.

A többi radionuklid méréséhez a folyadékmintákat bepárlás, a szilárd mintákat szárítás után általában elhamvasztjuk. Gázáramlásos detektorral határozzuk meg a hamu összes béta-aktivitáskoncentrációját. Ez túlnyomórészt a természetes ^{40}K -tól származik, így az összes béta- és a ^{40}K aktivitáskoncentrációk összevetése a mérések belső minőség-ellenőrzését szolgálja.

Nagy tisztaságú félvezető- (HPGe) detektoros spektrométerrel vesszük fel a minták gamma-spektrumát. Ebből a ^{40}K mellett minden minta esetében meghatározzuk a ^{137}Cs (és egyes esetekben a ^{134}Cs) aktivitáskoncentrációját, illetve kimutatási határát.

A legfontosabb Ca-forrásunkat jelentő tejből, tejtermékekből (sajt, túró, tejföl) és a vegyes élelmiszerből a ^{90}Sr aktivitáskoncentrációját is meghatározzuk. Ez közvetett módon történik: a

^{90}Sr bomlástermékét, az ^{90}Y -ot tömény salétromsavas közegből tributil-foszfátba (TBP) extraháljuk, majd oxalátos leválasztás után mérjük. (Ez a módszer ma már klasszikusnak számít, és megérett a kiváltásra.)

Környezeti minták

A környezeti minták közül a legfontosabb az *aeroszol*. Baleseti vagy nem tervezett környezeti kibocsátás esetén ugyanis a radioaktív szennyezés a légköri mozgások közvetítésével terjed a leggyorsabban és a legnagyobb távolságra. Az aeroszol mintázása normál időszakban is folyamatos, az összes béta-aktivitás napi mérése és a heti mintaképzést követő gamma-spektrometriai mérés mellett. Jelenleg a hálózatban öt egyforma, közepes légforgalmú, 150 m³/h teljesítményű aeroszol-mintavevő üzemel (Budapestben kettő, Győrött, Szekszárdon és Miskolcon egy-egy), így a mintavételi pontok – hazánkban egyedülálló módon – nagyjából lefedik az egész országot. A minták nagy tisztaságú félvezető- (HPGe) detektorral felvett gamma-spektrumában mindig található 1000–10 000 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ kozmogén ^7Be és 100–1200 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ teresztriális ^{210}Pb . Ugyanakkor a mesterséges eredetű ^{131}I , ^{134}Cs és ^{137}Cs mennyisége többnyire kisebb a kimutatási határnál (ami 1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ környékén van). Néhány hónapja tesztüzemben működik az NNGYK telephelyén egy nagy légforgalmú, 400 m³/h teljesítményű aeroszol-mintavevő. Ezzel – azonos mintavételi és mérési gyakorlat mellett – már a 0,3–0,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ aktivitáskoncentrációk is kimutathatóvá válnak. (Más megfogalmazásban: a nagyobb térfogatáram ugyanazt az aktivitáskoncentrációt rövidebb idejű mintagyűjtéssel is mérhetővé teszi – ami baleseti helyzetben gyorsabb reagálást tesz lehetővé.)

A *kihullási* (fallout) minták gyűjtése folyamatosan, a mintaképzés havonta történik. Ezekben a csapadékvíz ^3H -aktivitáskoncentrációjának jellemző értékei a kimutatási határtól (2 Bq/l-től) 8 Bq/l-ig terjednek. A levegőből kiülepedő és kimosódó összes béta-radioaktivitás ülepedési fluxusa tipikusan 5–30 Bq/(m²×30 nap), míg a ^{137}Cs -é legfeljebb 0,5 Bq/(m²×30 nap).

A kihullást közvetett módon, *talajminták* vizsgálatán keresztül is ellenőrizzük. A mintákat bolygatatlan területekről (pl. erdőn, mezőn, de nem mezőgazdasági művelés alatt álló területen) vesszük, mert egy esetleges friss szennyezés ezekből mutatható ki megbízhatóbban. A mért radioaktivitások széles határok között fordulnak elő (pl. 400–700 Bq/kg összes-béta), ami elsősorban a talajképző kőzetek változatosságával (az azokban lévő teresztriális radionuklidok változatos koncentrációival) magyarázható; a ^{137}Cs aktivitáskoncentrációja jellemzően 2–70 Bq/kg. A talajminták mellett *fűminták* (esetleg széna) is szerepelnek a vizsgálati programban.

A *felszíni vizek* vizsgálata során a kormányhivatalokban működő ERMAH-laboratóriumok vármegyénként egy-egy folyóvízből havonta és egy-egy állóvízből negyedévente vesznek mintát, majd azoknak az összes béta-aktivitáskoncentrációját határozzák meg. Az NNGYK a Dunát 6 ponton monitorozza (Gönyű, Észak-Budapest, Budafok, Paks, a Paksi Atomerőmű V2 melegági csatornája és Mohács), továbbá referenciaképpen a Szelidi-tó vizét vizsgálja (**1. ábra**). Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az összes béta-aktivitáskoncentráció (jellemzően 50–250 mBq/l) zöme a ^{40}K -tól (jellemzően 50–150 mBq/l) származik. A vizsgált mesterséges eredetű radionuklidok (^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs) aktivitáskoncentrációi általában nem érik el a 10 mBq/l-t.

Az országos vizsgálati programot néhány regionális alprogram egészíti ki, amelyek az ún. *kiemelt létesítmények*hez kapcsolódnak.



In-situ gamma-spektrometriás vizsgálat



Víz minta vétele

Ilyenek a radioaktív hulladék-tárolók Püspökszilágyon és Bataapá-tiban, továbbá a nukleáris létesítmények, így a kutatóreaktor Csil-lebércen, az oktatóreaktor a budapesti Műgyetemen, az atomerő-művek Pakson és Mohiban. (Ez utóbbi Szlovákiában van, de 80 km sugarú környezete átnyúlik a Visegrádi-hegységbe és a Börzsöny-be.) Ezek a létesítmények maguk is monitorozzák a környezetüket, de az üzemeltetőtől független vizsgálatok is elengedhetetlenek.

Élelmiszer minták

Mivel az ERMAH egyik fő célja a lakosság dózisterhelésének a becslése, ezért – az érzékeny átlagfogyasztót modellezve – az *élelmiszer mintákat* kiskereskedelmi forgalomból vásároljuk, többnyire a legolcsóbb (éppen akciós) terméket választva.

A vizsgált élelmiszerfélék: cereáliák (búza dara, rizs, kukorica-pehely, zabpehely), kenyér (esetleg kifli vagy zsömlé), tej és tejtermékek (sajt, túró, tejföl), hús (baromfi, sertés, marha, hal), tojás, szezonális zöldség és gyümölcs, ásványvíz, ivóvíz. (Jogi szempontból csak a csapvíz ivóvíz, az ásványvíz nem az.) Tudomásunk szerint hazánkban csak az ERMAH vizsgál „vegyes élelmiszer”-mintákat (azaz fogyasztásra kész ebédmenüt). Ezeket kifizetésből, menzáról, ételfutártól szerezzük be. Az NNGYK tervei között szerepel a mintavétel kiterjesztése további élelmiszerekre, például vadhúsokra, húskészítményekre (parizer, virsli, kolbász), gombára, bébiételekre.

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a legtöbb élelmiszerfélésegekben az összes béta-aktivitáskonzentráció 10 és

100 Bq/kg közé esik (az élelmiszer K-tartalmától függően). A ^{137}Cs jelenléte az élelmiszer mintáknak durván a felében mutatható ki. A kimutatási határ számos tényezőtől függ (ilyen pl. a minta hamutartalma és a mérés időtartama), de általában a 100 mBq/kg nagyságrendjébe esik. Hasonlót mondhatunk a ^{90}Sr -ról is azzal a kiegészítéssel, hogy (a kémiai feldolgozás veszteségeinek függvényében) a kimutatási határ még szélesebb tartományban változhat.

Befejezés

Noha az ERMAH-nak nem elsődleges feladata a korai riasztás, radiológiai és nukleáris veszélyhelyzet esetén az ERMAH-laboratóriumoknak folyamatos üzemben kell biztosítaniuk a környezet radiológiai ellenőrzését. Számos mintatípushoz kapcsolódik ún. *jelentési szint*. (Az az aktivitáskonzentráció, aminek a túllépését haladéktalanul tudatni kell a szakmai irányítóval.) A legtöbb jelentési szintje az összes béta-, a ^{137}Cs - és a ^{90}Sr -aktivitáskonzentrációnak van. Fontos rögzítenünk, hogy az alkalmazott vizsgálati technikák megfelelő tartalékkal alkalmasak a jelentési szinteknél kisebb aktivitáskonzentrációk kimutatására.

Példaként említhető a tejben lévő ^{137}Cs vizsgálata. Többnapos szárítást, bepárlást és hamvasztást követően 60 000 s (kb. 16,7 h) mérési idővel mintegy 0,01 Bq/l-es kimutatási határ érhető el. Időszükében, a nyers minta 20 000 s-os (kb. 5,5 h-s) mérésével a kimutatási határ kb. 0,1 Bq/l. Ez nyilvánvalóan kedvezőtlenebb az előbbinél, ám még mindig kisebb a vonatkozó, 0,25 Bq/l-es jelentési szintnél – vagyis az időszükében végzett mérés is kellően érzékeny ahhoz, hogy ki lehessen mutatni a jelentési szintet elérő aktivitáskonzentrációkat.

Az ERMAH eredményei is alátámasztják, hogy az embert érő sugárterhelésnek (a külső és a belső komponensnek egyaránt) a nagyobbik része természetes eredetű. Magyarországon a külső sugárterhelésnek (amit a kozmikus sugárzás mellett a kőzetek és a talaj radioaktivitása okoz) a természetes komponense szabad téren átlagosan 0,16 mSv/év, épületen belül 0,84 mSv/év. (Ez utóbbi a kibányászott, feldolgozott és építőanyagként felhasznált anyagoknak tudható be.) A kiüledett mesterséges radioaktivitás járuléka ezzel szemben 0,0056 mSv/év. Az élelmiszerek fogyasztásából származó sugárterhelésnek 0,175 mSv/év a természetes és 0,002 mSv/év a mesterséges komponense.

Mindezek az értékek összesítve is jelentős mértékben elmaradnak a természetes eredetű radonizotópok és rövid felezési idejű bomlástermékeik belégzésének dóziskövetkezményétől, ami a legújabb tudományos eredmények szerint Magyarországon 5,6 mSv/év-et tesz ki.

Az ERMAH-rendszer működéséről és eredményeiről az érdeklődő olvasó további információkat talál az éves OKSER-jelentésekben. Ezeket bárki ingyen letöltheti az Országos Atomenergia Hivatal, OAH (illetve a 2014 előtti jelentések esetében az NNGYK) honlapjáról (www.haea.hu, illetve nngyk.gov.hu).

IRODALOM

- [1] Az Európai Atomenergia Közösséget Létrehozó Szerződés.
- [2] 2000/473/Euratom ajánlás a népesség egészségét érő sugárterhelés felmérése érdekében a környezeti radioaktivitás-szint figyelemmel kísérésére vonatkozó alkalmazásáról.
- [3] 489/2015. Korm. r. a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről.
- [4] 8/2002. EüM r. az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről.



Nemes Attila–Szirbik Eleonóra

■ Michelin Hungária Kft.

Magyarországon készülnek a Michelin-csoport felső kategóriás abroncsai

A Michelin éppen 30 éve, 1996-ban vásárolta meg az akkori Taurus Gumiipari Vállalatot. A Michelin Hungária Kft. ma közel 1300 munkavállalót foglalkoztat, árbevétele alapján Szabolcs-Szatmár-Bereg megye legnagyobb vállalata.

A franciaországi székhelyű Michelin-csoport a világ legnagyobb abroncsgyártója. A vállalatot a 19. század végén alapították a Michelin fivérek a Francia-középhegység közelében található Clermont-Ferrandban. A mára minden kontinensen jelen levő cég központja ma is itt, az eredeti üzem helyén működik.

A Csoport a fenntartható mobilitás szolgálatát tekinti küldetésének. A kerékpártól a supersport-autókon és a repülőgépeken át az ultrakategóriás bányadömperekig minden típusú járművön találkozhatunk Michelin-abroncsokkal (a legnagyobb Michelin-abroncs súlya 5 tonna, és több mint 4 méter átmérőjű). Valaha a NASA űrrepülői is a Michelin által fejlesztett abroncsokkal szálltak le, ma pedig a leendő holdjárók abroncsainak tervezésében vesz részt a vállalat.

A gumikeverékek és -kompozitok terén szerzett tapasztalatait a Michelin ma már az abroncsgyártás mellett a szállítóhevederek, az orvosi eszközök, az ipari műszaki termékek és a csúcstechnológiás alapanyagok gyártásában is kamatoztatja.

A Csoport arra is törekszik, hogy az utazás során maradandó élményben részesítse ügyfeleit. Ezen gondolat mentén született meg 1900-ban a Michelin-útikönyv és -étteremkalauz, valamint az éttermek Michelin-csillagos és a szállodák Michelin-kulcsos minősítése. Ugyancsak az utazási élmény javítása, az utazók segítése iránti vágy vezette a vállalatot alapító fivéreket arra, hogy 1931-ben bevezessék az utak számozását, majd elindítsák a világ első, még telefonon és postai úton működő útvonaltervező szolgáltatását.

A Michelin-csoportnak világszerte 122 ezer alkalmazottja van (ebből 6000 fő a kutatás-fejlesztésben dolgozik), 75 abroncsgyárat és 48 kompozitterméket ellátó gyárat működtet.

A Michelin Magyarországon 4, korszerű infrastruktúrával ellátott telephelyen van jelen:

- abroncsgyár Nyíregyházán,
- európai abroncsdisztribúciós központ Vácott,
- alapanyag-logisztikai bázis Tuzséron,
- kereskedelmi iroda Budapesten.

Nyíregyháza: supersport-abroncsok gyártása

Az 1962-ben indult, 1200 fős nyíregyházi gyár valaha a Taurus mezőgazdasági abroncsairól volt híres. Jelenleg a gyár fő termékei a prémium kategóriás, 18” és 23” közötti méretű supersport Michelin-személyabroncsok. Ezek olyan nagy teljesítményű autókra kerülnek, mint például a Ferrari, a Porsche, a Land Rover, a Volvo vagy a Tesla. A gyár termelési kapacitása (évi 2 millió darab) alapján nem számít nagynak, ám a Csoporton belül kimagasló szerepet játszik a magas műszaki tartalmú, kis szériás abroncsok gyártásában és az új méretek fejlesztésében.

A gyár ugyancsak fontos termékei a Michelin és Kleber márkájú mezőgazdasági tömlők, amelyek Európában egyedül itt készülnek.

A gyár az európai Michelin-gyárak fontos szövetbeszállítója is: a Michelin-csoport világszinten három telephelyen állít elő nyers és itatott szöveteket; ezek egyike Nyíregyháza. A szabolcsi üzemben az abroncsok szerkezeti stabilitásához elengedhetetlen itatott nejlonszálakat készítenek.



Vác: európai disztribúciós központ és a magyarországi kereskedelemi csapat telephelye

A Vácott működő közel 30 000 m²-es logisztikai központ a mai struktúráját három fázisban nyerte el. A korábban termelőgyárként működő telephely egy 2015-ös jelentős bővítést követően a Michelin-csoport egyik európai disztribúciós központjává vált, és ma kivételesen széles termékpalettát kezel: a 3–4 kg-os motorabroncsoktól a személy-, kisteher- és teherabroncsokon át a legnagyobb, több mint 1 tonnás földmunkagép-abroncsokig. A logisztikai bázis több mint 3500-féle termék elosztását irányítja a régió több mint 20 országában, Csehországtól Kazahsztánig, Ausztriától Bulgáriáig.

Tuzsér: alapanyag-ellátás, logisztika és kereskedelem

Tuzsér az ukrán–szlovák–magyar határ közelében található. Az 1985-ben létesült telephely fő tevékenysége az ipari korom és szintetikus kaucsuk beszerzése és stratégiai készletezése a Michelin-csoport számára, elsősorban ázsiai importból. A Tuzséra beérkező termékek laboratóriumi bevizsgáláson és minőség-ellenőrzésen esnek át, mielőtt raktározásra, vevői igények szerinti átcsomagolásra és kiszállításra kerülnek.

Budapest: a Tier2 és Tier3 márkák világszintű kereskedelmi központja

A Budapesten működő Regional Brands üzletág munkatársai a Michelin-csoport második vonalbeli (Kleber, BF Goodrich) és budget (Taurus, Kormoran, Tigar, Riken, Uniroyal) személy- és kisteherabroncsainak tervezését, gyártását és világszintű értékesítését koordinálják.

Felelős foglalkoztató

A Michelin Hungária elkötelezett amellett, hogy javítsa kollégái munkakörülményeit, pozitív hatást gyakoroljon a közösségekre és a környezetre. 2020 óta családbarát munkahely, 2024-ben elnyerte a Felelős Foglalkoztató „arany” minősítési fokozatát, 2025-ben pedig a Méltányos Munkahely „kiváló” fokozatát.

Következő írásunkban bemutatjuk, hogy milyen fejlesztések mentén halad a Michelin a zöld gyártás és a minimális környezeti hatású abroncsok felé.



Agárdi Tamás

■ AFV Kft.

Csővezetékek jelölése

A színcsíkoktól az ISO 20560 globális iparági sztenderdig

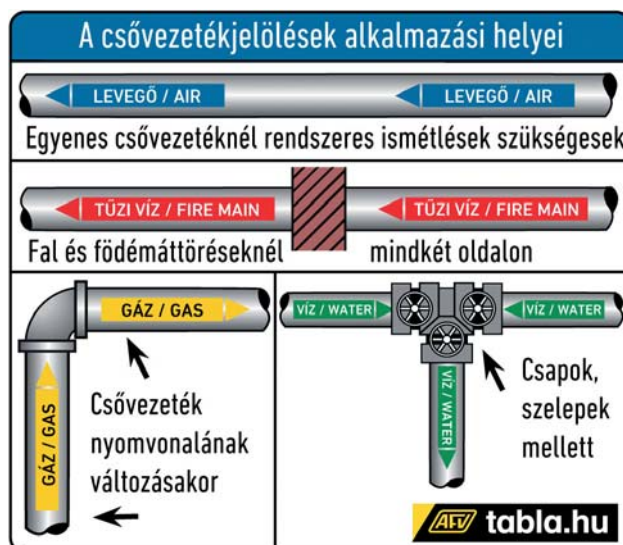
Egy vegyipari üzemben, technológiai térben vagy akár egy folyosón a csővezeték első pillantásra gyakran csak háttér-elem. A biztonság szempontjából azonban éppen az a döntő kérdés, amit kívülről nem látunk: mi áramlik benne, merre halad, milyen nyomáson és hőmérsékleten, milyen egészségkárosító, tűzvédelmi vagy környezeti kockázattal kell számolni, és hová kell nyúlni, ha beavatkozásra van szükség. A csővezeték-jelöléseket ezért karban kell tartani, adott esetben aktualizálni a legmodernebb globális iparági trendeknek és szabványoknak megfelelően, így válik célja szerint a kockázatkommunikáció egyik leggyorsabban értelmezhető elemévé.

A magyarországi gyakorlatban sok üzemben ma is többféle, részben örökölt, vagy az építés, telepítés során a vállalkozóra bízott jelölési rendszer él egymás mellett. Van, ahol a közeg nevét egyszerű felirat mutatja, máshol színcsíkokkal, nyilakkal vagy saját belső kódokkal azonosítják a vezetékeket. Ez önmagában nem feltétlenül hibás, ha a rendszer dokumentált, oktatott és következetesen alkalmazott. A gond akkor kezdődik, amikor ugyanazon telephelyen eltérő logika jelenik meg, a jelölések hiányosak, a nyilak nem egyértelműek, a veszélyes anyaghoz nem kapcsolódik CLP/GHS-piktogram vagy a címke anyaga néhány tisztítási ciklus után olvashatatlaná válik. Ilyenkor a csőjelölés nem segíti, hanem lassítja a döntést.

A hazai minimumot a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény és a munkahelyen alkalmazandó biztonsági és egészségvédelmi jelzésekről szóló 2/1998. (I. 16.) MüM rendelet adja. Eszerint a CLP-rendeletben (az Európai Parlament és a Tanács rendelete az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról) veszélyesként osztályozott anyagot vagy keveréket tartalmazó, illetve szállító látható csővezetékek jelölésének összhangban kell lennie a CLP szerinti kommunikációval (2/1998. (I. 16.) MüM rendelet 9.§ – hatályos 2015. X. 1-től). A kockázatértékelés dönti el, hol és milyen részletességgel szükséges jelzés; ahol a csővezeték tartalma szivárgás, tűz, mérgezés, marás vagy környezeti kár kockázatát hordozza, a dolgozónak és a beavatkozóknak azonnal értenie kell a helyzetet.

Ebben hoz új, nemzetközileg is egységes szemléletet az ISO 20560 szerinti csővezeték- és tartályjelölési rendszer. A szabvány nem pusztán színcsíkakat határoz meg, hanem biztonsági információs rendszerben gondolkodik. A csőjelölés nem egyetlen felirattal áll, hanem egymást erősítő elemekből: a közegecsoportot jelző alapszínből, a közeg megnevezéséből, az áramlási irányból, szükség esetén GHS-piktogramból vagy figyelmeztető jelből, valamint kiegészítő műszaki és üzemeltetési adatokból. A tartályjelölésnél ugyanez a logika jelenik meg a tartalom, az azonosító, a kapacitás, a veszélyességi információ és a beavatkozási adatok egységes felületre rendezésével.

Az átállás legfontosabb előnye az értelmezési biztonság. A dolgozó, az alvállalkozó, a karbantartó és a vészhelyzeti beavatkozó ugyanabból a vizuális rendszerből olvas. A szín segít a közeg jellegének gyors előminősítésében, a szöveg pontosítja a tartalmat, a



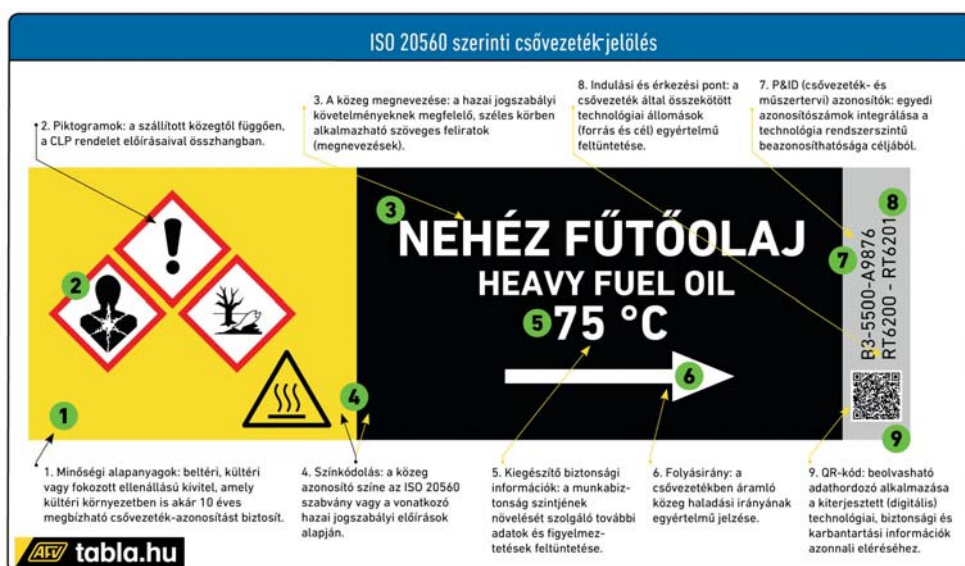
A csővezeték-jelölés tipikus alkalmazási pontjai

ISO 20560 színcsík kódolás	
Gázok (cseppfolyós állapotban is)	
Folyadékok és szilárd anyagok	
Savak	
Lúgok / alkáli anyagok	
Tűzoltó berendezés / tűzoltó közeg	
Víz	
Levegő	
Veszélyes anyagok	

ISO 20560 szemléletű színcsík kódolás

nyíl megszünteti az áramlási irány körüli bizonytalanságot, a piktogram pedig a veszély természetét kapcsolja a vezetékekhez. Ez különösen többnyelvű üzemi környezetben értékes, ahol a magyar és angol megnevezés együttes használata csökkenti a félreértés esélyét, miközben a piktogram továbbra is nyelvfüggetlenül működik.

A korszerű jelölés azonban csak akkor működik, ha a jel ott van, ahol döntés születik. Egyenes csőszakaszokon rendszeres ismétlésre van szükség, fal- és födémáttöréseknél mindkét oldalon indokolt a jelölés, irányváltozásnál az új nyomvonalat is egyértelművé kell tenni, szelepek, csapok, leágazások és szerelvénycsoportok mellett pedig a kezelőnek nem keresgélnie kell, hanem



Kiegészített csővezeték-jelölés: közegnév, pictogram, hőmérséklet, folyásirány, azonosító és QR-kód egy felületen

azonnal látnia, melyik vezetékhez nyúl. A jó csőjelölés tehát nem „rákerül” a technológiára, hanem követi annak működési logikáját.

A digitalizáció további réteget adhat ehhez. Egy QR-kód vagy NFC-azonosító nem helyettesíti a fizikai jelzést, de megnyithatja az adott vezetékhez vagy tartályhoz tartozó biztonsági adatlapot, rövidített műveleti utasítást, karbantartási lapot, P&ID-részletet vagy vészhelyzeti teendősort. A vészhelyzeti minimuminformációnak továbbra is a jelölésen kell szerepelnie, de az oktatás, a felülvizsgálat és a dokumentált üzemeltetés szempontjából nagy érték, ha a tábla nem elszigetelt felület, hanem belépési pont egy karbantartott információs rendszerbe.

Az átállásnál sokszor nem a szabványi logika a legnagyobb kihívás, hanem a kivitelezés ismételhetősége. Egy telephelyen több száz vagy több ezer jelölési pont lehet, eltérő csőátmérőkkel, hőmérséklettel, vegyszeres terheléssel, kültéri és beltéri igénybevétellel. A jelöléseknek azonos színlogikával, azonos tipográfiával, azonos pictogramhasználattal és ellenőrizhető adattartalommal kell készülniük, különben az egységes rendszerből újra helyi imp-

rovizáció lesz. Itt válik stratégiai kérdéssé a megfelelő gyártópartner kiválasztása.

Egy szakmailag felkészült biztonsággel-gyártó segíthet a jelölési logika kialakításában, a magyar és angol megnevezések egységesítésében, az ISO 20560 szerinti szinkódolás és a CLP/GHS-pictogramok megfelelő összehangolásában, valamint a hordozóanyag kiválasztásában. Más anyag kell száraz beltéri csőre, vegyszerrel tisztított technológiai térbe, kültéri UV-terhelésre vagy magas hőmérséklet közelébe. A jó gyártó partner nem egyszerű táblát ad, hanem olyan azonosítható termékrendszert, amely később ugyanazzal a minőséggel, ugyanazzal a grafikával és ugyanazzal az adatlogikával újra-rendelhető.

A minőségi átállás része a felmérési adatlap, a jóváhagyott jelölési törzslista és a változáskezelés is. Ha egy közeg neve, koncentrációja, hőmérséklete vagy technológiai útvonala módosul, a jelölést nem elegendő „majd valamikor” átírni: a fizikai címkének, a digitális elérésnek és a belső dokumentációnak együtt kell frissülnie. Így válik a csővezeték-jelölés nemcsak megfelelőségi eszközzé, hanem valódi üzemeltetési kontrollponttá.

A csővezeték-jelölés megújítása ezért nem pusztán adminisztratív feladat, hanem üzemi biztonsági fejlesztés. A jelenlegi, sokszor vegyes és történetileg kialakult jelöléseket érdemes felmérni, a kockázatértékeléssel és az SDS-információkkal összevetni, majd fokozatosan egységesíteni. Az ISO 20560 szerinti szemlélet ebben jó kapaszkodó: nemzetközileg érthető, auditálható és oktatható rendszert ad. A végeredmény nemcsak rendezettebb csőhálózat, hanem gyorsabb beavatkozás, kevesebb félreértés és erősebb munkavédelmi kultúra. A jól jelölt csővezeték végső soron ugyanazt teszi, mint minden jó biztonsági jel: még a hiba előtt ad időben felismerhető, cselekvésre fordítható információt. ●●●

A komponensektől az intelligens ipari rendszerig

A mai ipari környezetben – legyen szó egy magyar gyártóüzemről vagy egy dél-németországi logisztikai központról – a legfontosabb szempont már nem csupán a teljesítmény, hanem a kiszámíthatóság. A nem tervezett leállások drágák, a beszállítói láncok összetettek, a rendszerek pedig egyre nagyobb terhelés alatt működnek. Sok vállalat még mindig több gyártó termékeiből próbálja összeilleszteni saját hajtásláncát, ami gyakran töredezett működést és felesleges költségeket eredményez.

A Regal Rexnord erre kínál egyszerű, mégis erőteljes választ: integrációt. Egy kézből érkező, egymásra hangolt megoldásokat, amelyek mögött évtizedes mérnöki tudás, globális jelenlét és folyamatos innováció áll. A cél nem pusztán az, hogy az ipari rend-

szerek működjenek, hanem hogy stabilan, hatékonyan és hosszú távon kiszámíthatóan teljesítsenek. Nemcsak alkatrészeket szállítanak, hanem olyan ipari gondolkodásmódot, ahol a teljes hajtáslánc egyetlen, intelligensen működő egységként szolgálja a termelést.

A Regal Rexnord megoldásai megtalálhatók járműgyártó üzemekben, mezőgazdasági és bányászati gépekben, élelmiszeripari feldolgozósorokon, adatközpontok hűtőrendszereiben, darukban, emelőberendezésekben vagy akár a megújuló energia rendszereiben. A cél minden esetben ugyanaz: kevesebb állásidő, nagyobb hatékonyság, alacsonyabb teljes rendszerköltség.

(<https://www.muszaki-magazin.hu>)

Ágoston Csaba

Azbesztügy: ej, mi a kő, velünk élő középkor?

Nem joghézag, hanem helytelen joggyakorlat miatt szennyeződik Nyugat-Magyarország

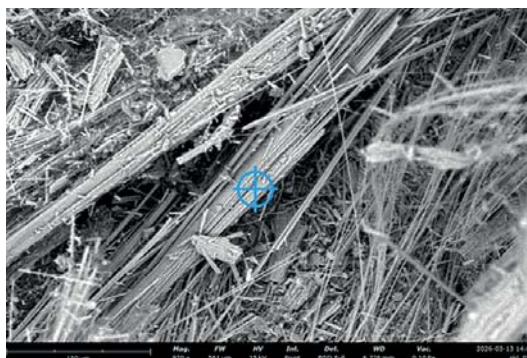
A Mérés Mintavétel konferencia estéjén, június 4-én, a 2006-ban épült, és így azbesztmentes otthonomban üldögéltem, és a napközben hallott előadásokon gondolkodtam. Az azbeszt-tartalmú anyagokkal kapcsolatban, melyekről másfél hónapja még azt hittem, hogy Magyarországon ezek kizárólag 2005 előtt felhasznált építőanyagok lehetnek, két kiváló előadás is elhangzott. Az egyik előadást egy egyetemi kutató tartotta az azbeszt-pala tetők távérzékelési módszerekkel történő felmérésére kifejlesztett módszerükről, míg a másik előadást az Európai Unió azbesztmentesítéssel kapcsolatos szabályozóinak szigorodása miatt szükségessé vált új mérés technikát elsőként bevezető akkreditált laboratórium szakembere. Mindkét előadás kiválóan illeszkedett Magyarország és az Európai Unió azbeszttel kapcsolatos törekvéseihez. A Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség (IARC) az azbeszt minden típusát a rákkeltő anyagok I. csoportjába (emberre bizonyítottan rákkeltő anyagok) sorolja. Ennek megfelelően a WHO ajánlásával összhangban az Európai Unióban – és így Magyarországon is – tilos az azbeszt felhasználása. Az ilyen típusú anyagokra nem állapítható meg biztonságos határkoncentráció, melynek megfelelő anyagmennyiség élő szervezetbe jutása még bizonyítottan nem növeli meg bizonyos betegségek kockázatát. Ezért kerülnek a tiltott anyagok „listájára”. A REACH-rendelet (Európai Parlament és Tanács 1907/2006/EK rendelete) XVII. mellékletének 6. pontja szerint:

„E szálak, valamint az e szálakat szándékosan hozzáadott formában tartalmazó árucikkek és keverékek gyártása, forgalomba hozatala és felhasználása tilos.”

De mi az azbeszt? Az azbeszt természetes, geológiai folyamatokban keletkező „anyag”, melyet nem kémiai összetétele, hanem speciális kristályszerkezete alapján definiálnak, és negatív élettani hatásai ehhez köthetők. Hosszú, vékony szálakból áll, ami egyébként kiváló technológiai tulajdonságokkal ruházta fel. Emiatt korábban nagy mennyiségben bányászták, sokrétűen használták az iparban, és bizony az otthonainkban is – hogy csak a szórt azbeszt szigetelést, az azbesztcement csöveket, és az azbeszt-pala tetőfedő anyagokat említsük.

De ma már nem használjuk, hanem tiltjuk!

Magyarország több lépésben, húsz-harminc éve zéró toleranciát hirdetett az azbeszttel szemben, és bevezette a világ egyik legszigorúbb azbeszttilalmát. Így például ha egy építőanyag azbesztet tartalmaz, felhasználása tilos. Az igazi szigor az „azbesztet nem tartalmaz” kifejezés értelmezésében van. Ez ugyanis hazánkban nem a legtöbb szennyező esetében megszokott szám-



Tremolit (amfibol) azbeszt elektronmikroszkópos képe (fotó: Kör-Ker Kft.)



Tremolitdarabka (8,2x6,7 cm) a Pireneokból (fotó: Didier Descouens, CC BY-SA)

szerűen meghatározott határkoncentrációt jelent, hanem, mint az Építési és Közlekedési Minisztérium egyik állásfoglalásában szerepel, „analitikai nullát”:

„Magyarországon az azbeszt-tartalmú termékek előállítása, forgalmazása és beépítése tilos. Az egészségügyi szempontból elfogadható határérték így 0%. Ez nem matematikai abszolút nulla, hanem analitikai kimutathatósági korlát. Ha egy akkreditált laboratórium azbesztet mutat ki az anyagban, az onnantól kezdve nem kaphat megfeleléségi tanúsítványt építőanyagként.”

Ezt a tilalmat nehéz betartani egy olyan természetes anyag esetén, ami a környezetünkben emberi tevékenységtől függetlenül előfordulhat. Egy ilyen tiltást lehetetlen lenne betartani például egy olyan toxikus elem, mint az ólom esetében.



Miért lehet Magyarország nagyon szigorú az azbeszt kapcsán?

Az ország területén szinte sehol nem fordul elő az azbeszt a természetben. Emiatt elkerülhető, hogy a hazai bányászat az azbeszt szándék nélküli kibocsátásával járjon, és az előállított építőanyagaink, ideértve a bányászott követ is, nem tartalmaznak kimutatható mennyiségben azbesztet. Az „analitikai nulla”, mint határérték, számunkra tartható. A korábbiakban, 2005 előtt, az épületeinkbe beépített azbeszttartalmú anyagokat a természetes elhasználódást követően szigorú munkavédelmi követelményeket betartva (40/2025 (XII.19.) NGM rendelet az azbeszttel kapcsolatos kockázatoknak kitett munkavállalók védelméről) eltávolítjuk, gondosan ügyelve az azbesztrostok levegőbe jutásának elkerülésére. Amíg az azbeszt kötött formában van, nem kerül a levegőbe, nem lélegzik be az emberek, ártalmatlan. A lakosság ezért sérülésmentes azbesztpala tetők alatt, azbesztcement vezetékek használata mellett nincs kitéve az azbesztrostok belélegzési kockázatának. Bolygatás nélkül, sérülésmentes állapotban ezért maradhatnak használatban. Ezzel a gyakorlattal a WHO ajánlását követjük (https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/chemical-safety-and-health/health-impacts/chemicals/asbestos?utm_source=chatgpt.com). Viszont ezeket az anyagokat mozgatva, törve, vágva felszabadulhatnak a rostok, ezért a kiemelt munkavédelmi szigor. Ezért szükséges megfelelő védőfelszerelés, a keletkező hulladék megfelelő kezelése és szállítása. A lebontott, azbeszttartalmú anyag veszélyes hulladék (HAK 17 06 05* – azbesztet tartalmazó építőanyag, vagy HAK 17 06 01* – azbeszttartalmú szigetelőanyag), újrahásznosítása nem megengedett. Ezeket az anyagokat minden esetben hulladékként (veszélyes hulladékként) ártalmatlanítani kell.

Persze tudjuk, hogy sajnos nem mindenki tartja be az előírásokat. Esetleg valaki maga végez bontásokat és hulladékelhagyással is lehet találkozni. Ez azonban tiltott tevékenység, jó okkal. Azt is tudjuk, hogy sajnos a két korábbi hazai azbesztttermék-gyár környezetében (Nyergesújfalú, Selyp), melyek egyébként külföldről importált azbesztet dolgoztak fel, voltak és vannak is megoldandó problémák.

Összességében elmondható, hogy Magyarországon természetes kibocsátásokból nem éri a lakosságot azbeszttterhelés, és a lakóköznyezetbe beépített azbeszttartalmú anyagok mennyisége is folyamatosan csökken. Emiatt a lakosság egészségét érő azbeszttexpozíció folyamatosan csökken. Elvi, távlati célként megfogalmazható: *azbesztmentes Magyarország*.

Tudjuk, ez a cél még messze van, de minden adottsággal rendelkezünk az eléréséhez. A hatályos szabályozásaink, a jogértelmezésünk is ebbe az irányba mutat, és rendelkezünk a felkészült és gyakorlott szakemberekkel is. Ezt a célt tulajdonképpen húsz éve megfogalmaztuk, és következetesen haladunk, ha néha lassan is, ebbe az irányba.

Vagy mégsem elérhető cél az azbesztmentes Magyarország, hiába törekszünk rá?

Április elején látott napvilágot, hogy Szombathelyen az elmúlt években zúzottkőből épített, mintegy 12 km hosszú útszakasz kőanyagából vett 70 mintából 54 azbesztet tartalmazott, és az utak mellett, a környezeti levegőben mért azbeszt szállórost-koncentráció a hazai egészségügyi határérték (1000 szállórost/Nm³, 4/2011 (I.14.) VM rendelet) 30–40-szeresét, egy rövid, néhány órás időtartam alatt (csúcskoncentráció) 290-szeresét mérték.¹ A vi-

szonyítás kedvéért: ha ezt az értéket egy azbesztmentesítés helyszínén mérték volna, akkor azonnal fel kellett volna függeszteni a munkát a munkavállalók egészségének védelme érdekében a hatályos EU-konform munkavédelmi szabályok értelmében. Az utak kőanyaga osztrák kőbányákból származott, melyekben egy szerpentin nevű ásványt bányásztak. A szerpentin köztudottan tartalmazhat azbesztet. A bányák sok évtizede működtek, és szállítottak kőanyagot Ausztria sok területére, és az országhatárhoz közeli elhelyezkedésük miatt Magyarországra is. Ma már tudjuk, hogy a szombathelyi eset csak egy a sok közül, hosszú évtizedeken keresztül szállítottak az osztrák kőbányák „kőanyagot” Magyarországra sok felhasználási helyre. Utakba épült be, parkolókat szórta fel vele, és sok magáningatlanon is felhasználták kültéri burkolatként. Jellemzően szabad felületeket borít, ahol a közlekedés koptató-örmlő hatása miatt kiporzása, az azbesztszállak felszabadulása és levegőbe kerülése könnyen megvalósulhat.



A Szombathely Oladi Plató városrészén épített kőburkolatú út kiporzása
(fotó: Kör-Ker Kft.)

Ebben a kőanyagban van a természetes eredetű azbeszt (szennyezős?) vagy ez olyan kőanyag, ami részben (vagy esetleg egészében) azbeszt?

Ez a kérdés első olvasatra talán erőltetettnek, esetleg egyenesen nevetségesnek tűnik, de sajnos nem az. A REACH-rendelet szerint ugyanis ez nem mindegy:

„E szálak, valamint az e szálakat szándékosan hozzáadott formában tartalmazó árucikkek és keverékek gyártása, forgalomba hozatala és felhasználása tilos.”

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy azok a termékek (azbesztpala, azbesztcement cső, szórt azbeszt szigetelés, hőálló és lúgálló azbesztszövet védőruhák, fékbetétek stb.), melyekbe szándékolatlan, egy technológiai tulajdonság elérése érdekében kerültek azbesztszálak, nem hozhatóak forgalomba. Viszont azok a termékek, melyekben emberi beavatkozás nélkül, nem szándékos hozzáadással tartalmaznak azbesztet, nem esnek általános tilalom alá. Jogosan merül fel a kérdés:

Hogyan fordulhatott elő, hogy az azbeszttfelhasználás általános tilalma ellenére évtizedeken keresztül kitermeltek a természetes előfordulási helyéről azbeszttel terhelt anyagot, és ezt szabad forgalmú (bárki által megvásárolható) terméként el is adták?

És itt, az okok keresésekor kezdődnek a félreértések.

Mit jelent az, hogy a REACH-rendelet nem tiltja a nem szándékos azbeszthozzáadással előállított anyagok felhasználását?

Ez olyan joghézag, melyet kihasználva jogszerűen bányászható, és nagy területen diffúz módon elhelyezhető az épített környe-

¹ <https://kormanyhivatalok.hu/sites/default/files/dokumentumtar/vas/szakertoi-velemeney.pdf>



zetben egy biztonságos határkoncentrációval nem jellemezhető rákkeltő anyag?

A válasz egyértelműen: nem!

Az emberi egészségre ártalmas természetes eredetű és a természetben előforduló anyagokkal való együttélésre számos példát ismerünk, és jól ismertek a megoldások is. Talán a legismertebb hazai példát az Alföld „arzénszennyezett” vízbázisai jelentik. Az arzén természetes módon, emberi beavatkozás nélkül került ezekbe a vizekbe (endogén eredet), melyeket mi, emberek ivóvíz előállítására szeretnénk használni. Erre a problémára két megoldás lehetséges. Vagy olyan vízádóba fúrunk kutat, melyben az arzén koncentrációja elfogadható számunkra (határértéknél kisebb mennyiségben tartalmaz a víz arzént), és nem használjuk fel a problémás vízkészletet. Vagy, ha ez nem lehetséges, akkor kitermeljük az arzéntartalmú vizet. Ez nem tilos. De azt a vizet a lakosságnak megfelelő előkezelés, és folyamatos ellenőrzés mellett, már ártalmatlan („határérték alatti”) arzénkoncentrációval adjuk. Ha úgy tetszik, mindkét megoldás azt célozza, hogy a lakosság már csak a veszélytelen mennyiségű arzént tartalmazó vizet kapja, ezt az anyagot „hozzuk forgalomba”, megóvva a lakosságot a nem szándékosan hozzáadott, „természetes” arzén egészségkárosító hatásaitól. Ausztriában az azbeszt kapcsán ez a lépés maradt el.

A probléma tehát nem az, hogy egy jogszabály lehetővé teszi egy anyag felhasználását, hanem az, hogy a felhasználás minden más, és egyébként észszerű követelmény figyelmen kívül hagyásával valósul meg.

A bányák úgy üzemelhettek évtizedeken keresztül, hogy Ausztriában már 1990 óta, tehát jóval az Unió sokat emlegetett REACH-rendeletének hatályba lépése előtt tilos volt a 0,1 tömegszázaléknál nagyobb azbesztartalmú termékek forgalomba hozatala (BGBl. Nr. 324/1990).

Sok-sok jogszabályt és követelményt meg lehet még említeni, amelyek miatt ezeknek a bányáknak a működését vagy a kőanyagok Magyarországra szállítását át kellett volna gondolni az üzemeltetőnek, de még inkább az ellenőrző hatóságnak. Itt csak egy alapvető követelményt emelek ki. Az Európai Unió környezetpolitikája az elővigyázatosság elvén és megelőzés elvén alapul (Az Európai Unió működéséről szóló szerződés 191. cikk (EUMSZ 191. cikk (2) bekezdés)):

Az elővigyázatosság elvének lényege: ha komoly vagy visszafordíthatatlan káros hatás lehetősége fennáll, de a tudományos bizonyíték még nem teljes vagy nem végleges, a hatóságok akkor is beavatkozhatnak a veszély megelőzése érdekében.

Itt jegyzem meg, hogy az azbeszt bizonyított egészségkárosító hatása évtizedek óta közismert és tudományosan elfogadott csakúgy, mint a szerpentin azbeszt tartalma. Ezért az azbesztartalmú anyagok bármely formájának szabadkereskedelemben és az épített környezetben való felhasználása esetén megalapozottan alkalmazni kell a megelőzés elvét is.

A megelőzés elvének lényege: a környezeti vagy egészségügyi károkat nem utólag kell helyrehozni, hanem még bekövetkezésük előtt meg kell akadályozni.

Joggal merül fel a kérdés, hogyan alakulhat ki egy új építésű lakóparkban (Szombathely, Oladi Plató), ahol sem a természeti környezet, sem az épületek nem tartalmaznak azbesztet, egy új épí-

tett út miatt az egészségügyi határértéket sokszorosan meghaladó azbeszt-légszennyezettség. Hogyan lehet egy ilyen tulajdonságokkal rendelkező kőanyagot építőanyagként forgalomba hozni?

Mindezek ismeretében döbbenettel olvashatjuk, láthatjuk az érintett bányák által létrehozott szervezet és az érintett osztrák hatóságok nyilatkozatait, melyekből csak két részletet emelek ki (teljes terjedelmükben a hivatkozásban elérhetők):

„Legális ezt a követ kibányászni?” „Igen, tehát uniós szinten semennyire nincsen szabályozva.”²

„Levegőt lélegzünk, nem köveket! Mi ez a cirkusz?”³

De mekkora a kibányászott kőanyag azbeszt tartalma?

Május 12-én az osztrák parlamentben a burgenlandi bányák kapcsán feltett kérdésre az illetékes miniszter válaszában szerepel egy táblázat, mely mind a négy érintett bánya kőanyagainak vizsgálati eredményeit tartalmazza (a teljes dokumentum az osztrák parlament honlapján elérhető, száma: 4055/AB-BR/2026):

„Die dem BMLUK vorliegenden Informationen können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden:” (A BMLUK rendelkezésére álló információk az alábbi táblázatból olvashatók ki:)

Bezirk	Steinbruch	Asbestgruppe	Asbestgehalte in Prozent
Oberpullendorf	Pilgersdorf	Chrysotil	5 bis 50
	Bernstein	Chrysotil	5 bis 100
Oberwart	Postmann (KG Glashütten bei Schlaining)	Chrysotil und Amphibol	10 bis 70
	Badersdorf	Chrysotil und Amphibol	2 bis 70

Nem találtam mintavételi dokumentációt, így a táblázatban bemutatott értékeket műszaki szemmel kezeljük fenntartásokkal. Mindenesetre beszédes, hogy a legkisebb mért érték is 2 tömegszázalék (egy bánya esetén), míg további két bánya esetében 5 tömegszázalék, és egy bányánál 10 (!) tömegszázalék a hatóság által mért legkisebb azbeszt tartalom. Emellett két bányában a szerpentinben nagy gyakorisággal előforduló krizotil azbeszt mellett amfibol azbeszt is előfordult, mely az azbeszt leginkább veszélyes fajtája.

Az előbb hivatkozott interjúban az osztrák hatóság képviselője elmondja, hogy a bányákat azért zárták be, mert a 2026. január elsejétől hatályos, új, uniós, munkahelyi légtérre vonatkozó azbeszt-határértéket a munkavégzés során nem tudják betartani. Ez az új érték, mely értelemszerűen Magyarországon is hatályos: 10 000 azbesztro/Nm³. A viszonyítás kedvéért: ezt a határértéket kell betartani azbesztmentesítés közben is. Akkor is, amikor a negyvenéves porló, szórt azbesztet fejtik le egy felületről. Hogyan lehetséges az, hogy egy kőzet bányászata során, mely nem azbeszt, „csak” szándékolatlanul természetes azbesztet (esetenként 100 %-ban) tartalmazó „kemény kőanyag”, amit később eladnak, a kötelezően alkalmazandó elérhető legjobb technika (BAT) alkalmazása mellett (porleválasztás, nedvesítés, kiporzó felületek takarása, szálmegkötő anyagok használata stb.) nem tudnak egy munkahelyi határértéket betartani? Ha nem tudnak biztonságos munkakörnyezetet biztosítani a munkavállalóiknak a rendelkezésükre álló speciális műszaki eszközökkel sem, miért gondolja bárki is, hogy majd az értékesített kőanyag a beépítése és használata során nem fog aggasztó mértékben kiporzani, és az anyaggal munkát végzők, majd a környezetében élők nem lesznek kitéve a szálló azbesztrostok jelentette veszélynek?

És itt jutottunk el a lényeghez. Tényleg évtizedekig legálisan bányászható és értékesíthető volt egy bizonyítottan rákkeltő

² <https://www.youtube.com/watch?v=o-fpHx9DpI&t=299s>

³ https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20260416_OTSO104/arge-naturgestein-greenpeace-soll-verbreitung-unfundierter-informationen-in-verbundung-mit-hartgesteinen-aus-dem-burgenland-einstellen



anyagot tartalmazó kőzet az összes ezzel ellentétes szabályozó, és a józan ész ellenére csak azért, mert az adott alkotó természetes módon jött létre, és nem szándékos emberi beavatkozással került az árucikkbe?

Itt eszembe jutnak néhai tanárom, Beck Mihály professzor „Tudomány, áltudomány” szabadon választható kurzusa keretében elmondott gondolatai. Az áltudományos gondolkodásmód egyik, a középkori világszemléletből velünk maradt öröksége az, amikor különbséget teszünk anyagok között aszerint, hogy azok milyen módon keletkeztek. A tudományos megközelítés az anyagok tulajdonságainak megismerésén alapul. Az azbeszt esetében ezek a tulajdonságok, élettani hatások jól ismertek, és ezek függetlenek attól, ki keverte az azbesztszálakat a kitettséget okozó anyagba. Hatósági ügyekben, különösen a környezetvédelmi kérdésekben döntést hozó hatóság részéről még sosem találkoztam hasonló, az anyag természetes, emberi beavatkozás nélküli kialakulásán alapuló érveléssel. És itt évtizedekig működtek bányák erre hivatkozva. Az ilyen érvelés olyan szemléletet tükröz, amely az anyag eredetét fontosabbnak tekinti annak tulajdonságainál, ezért figyelmen kívül hagyja a negatív környezeti, egészségügyi hatásokat. Ez a megközelítés nem egyeztethető össze a mai kor természettudományos alapokon álló gondolkodásával.

Az osztrák érvelés egy kis darabka velünk élő középkor!

Sajnos ez a kis darabka is több millió tonna azbeszttartalmú kőanyag kitermeléséhez, kereskedelmi forgalomba hozatalához, végső soron lakókörnyezetben diffúz módon történő beépítéséhez vezetett.

És akkor nézzük meg, miről is szól valójában a REACH-rendelet idézett részlete. Miért helyes a jelenlegi formájában a szabályozás, miért nincs „joghézag”.

Mi ennek a tévesen „megengedőnek” vagy „joghézagnak, szabályozási hiányosságnak” értelmezett rendelkezésnek a valós tartalma, értelme és valódi célja. Hogyan is kell a természetben előforduló azbeszthez (NOA: Naturally Occurring Asbestos) vagy másként geogén azbeszthez viszonyulni a REACH-rendelet szerint.

A természethez alkalmazkodni kell, nem lehet betiltani, vagy általa nem tisztelt korlátok közé szorítani. Az azbeszt egyes geológiai képződményekben jelen van, bármit teszünk, vagy bármit írunk a szabályozóinkban.

Előfordulhat, hogy olyan területen szükséges építkezni, ahol azbesztet tartalmaz maga az ott jelen lévő kőzet. Ilyen esetek ismertek például Korzikán. Ekkor elkerülhetetlen az azbesztet tartalmazó kőanyagok bolygatása, használata, hiszen az maga a rendelkezésre álló földtani közeg, melyre az épületek épülnek. (De Szombathelyen, Sopronban nem ilyen a kőzet.)

Másrészt konkrét esetekben szükséges lehet egyes értékes, ipari nyersanyagok bányászata, melyek értelemszerűen kizárólag a kitermelőanyagokkal, esetleg a jelen lévő azbeszttel együtt bányászhatók ki. (De itt nem ipari nyersanyag bányászatáról van szó.)

Harmadrészt egyes, jellemzően nem a lakosság életterében lévő beruházásokban a lakosság veszélyeztetése nélkül is felhasználhatóak azbeszttartalmú kőanyagok a mélyépítésben, ahol ezzel értékesebb kőanyag esetleg csak nagy távolságból odaszállítható, ezért drága azbesztmentes anyagok felhasználása váltható ki. (De Magyarországon nem ez történt.)

Fontos kiemelni, hogy minden esetben ezeket a tevékenységeket a környezetvédelmi követelmények betartásával kell végezni, az elővigyázatosság és megelőzés elveinek legszigorúbb alkalmazásával. A lakosság védelmét biztosítani kell rákkeltó anyaggal történő kitettséggel szemben. Ez nemcsak a kitermelés folyamatára, de a kitermelt anyag felhasználására is igaz.

A Magyarországra építőanyagként beszállított kőanyag azbesztartalma természetes azbeszt-előfordulás-e? Lehet-e ezt a környezetegészségügyi problémát a természetes azbeszt-előfordulás okozta környezeti kockázatként értelmezni?

A természetes lelőhelyén kőzetekben kötött állapotban előforduló anyag szemcseméretét a bányászat, majd feldolgozás során csökkentik, ezzel nagy fajlagos felületű anyagot állítanak elő, melyet árucikként forgalomba hoznak, és a természetes kialakulási helyétől nagy távolságra elszállítanak és felhasználják. Ez azt eredményezi, hogy az eredeti anyagnak az azbeszt negatív hatása szempontjából leglényegesebb tulajdonsága, a kiporzása alapvetően megváltozik, romlik, és mindezt a hatást nem a természetben, hanem humán épített környezetben, építőanyagként felhasználva a kialakulási helyétől távol fejt ki. Mindezek miatt az ausztriai kőanyagok magyarországi felhasználása, figyelembe véve azt a tényt is, hogy a magyarországi felhasználási helyeken természetes módon az azbeszt elő sem fordul, nem minősülhet természetes azbeszt-előfordulásnak. A Magyarországra beszállított anyagok által okozott negatív hatások semmilyen szempontból sem minősíthetők geogén (természetes eredetű) azbeszt által okozott, és ezért potenciálisan elkerülhetetlen hatásnak.

Mi lehet a nyugat-magyarországi azbesztszennyezés következménye?

A várható hatások messze túlmutatnak egy nagymértékű környezetszennyezés által kiváltott állapotromlásra.

Magyarország az elmúlt 20–30 évben következetesen az „azbesztmentes ország” cél irányában haladt, ha lassan is. Azbeszt szinte kizárólag épületekhez kötött fordult elő, és általánosan elfogadott törekvés volt, hogy (említésre méltó természetes azbeszt-előfordulások hiányában) az épített környezetből az azbesztet teljes egészében távolítsák el. A megengedett azbeszttartalom az újonnan felhasznált építőanyagokban az alkalmazott analitikai módszer alsó méréshatára. Húsz évnél fiatalabb építményekben nem fordul elő azbeszt. Az azbeszttartalmú kőanyag felhasználása új típusú szennyezést jelent, mely elsősorban kültéren létesített diffúz kibocsátó felületekhez, nem épületekhez köthető.

Ha el kívánjuk érni a célt, mely felé eddig haladtunk, akkor a szennyezett kőanyagok nem maradhatnak lakókörnyezetben beépített építőanyagként, ezek szakszerű eltávolítása, a lakókörnyezet szervezett azbesztmentesítése szükséges.

Nem környezetvédelmi kérdés, de a turisztikai és ingatlanforgalmi negatív hatások is csak a szennyezett kőanyag eltávolításával lesznek véglegesen elháríthatók (<https://www.portfolio.hu/gazdasag/20260529/azbeszt-ugy-dramai-a-helyzet-a-magyar-turistavarosban-azonnali-mentoovet-kernek-a-tisza-kormanytol-839834>).

Időközben június ötödike lett. Környezetvédelmi világnap! Teszek este egy nagy sétát a közeli erdőben. Ha talállok esetleg gyilkos galócát, nem fogom leszedni és nem adom el a közeli termelői



piacon. Még akkor sem, ha teljesen természetes, mondhatni biotermékről van szó, melynek összetételét nem változtattuk meg, és a benne lévő természetes eredetű mérgező anyagokat nem szándékosan „keverték” bele. Eljátszom a gondolattal, Ausztriában vajon ezt a gombát termelői piacon jogszerűen eladhatnám?



Bazsa György

■ Debreceni Egyetem, Fizikai Kémiai Tanszék | bazsa@unideb.hu

250 éve született Amedeo Avogadro, az Avogadro-állandó névadója

Amikor a számok beszélnek

9,81 m/s²
343 m/s
300 000 000 m/s
602 000 000 000 000 000 000 mol⁻¹

Ezek a számok közismert állandók értékei, és a folyóirat szinte minden olvasója azonnal felismeri – legalábbis az első hármat: a nehézségi gyorsulás, a hangsebesség és a fénysebesség természeti értékeit.¹ A negyedik, szokatlanul hosszú számon kicsit elgondolkodik, mert aligha valószínű, hogy látta már ebben a formában, de aztán majd mindenki számol és „kapcsol”: ezt a számot $6,02 \cdot 10^{23}$ alakban Avogadro-állandóként tanultuk: ez az 1 mól anyagmennyiségben lévő atomok vagy molekulák számát adja meg [URL1].

Alighanem Amedeo Avogadro (1776–1856) itáliai kémikus-fizikus is rácsodálkozott volna a szám nagyságára, ha ki tudta volna számolni a maga idejében. Értékét először Johann Josef Loschmidt osztrák fizikai kémikus határozta meg 1865-ben. A nagy szám nem tűnhetett földi halandó számára könnyen felfogható értéknek, s ma sem tűnik annak.



Amedeo Avogadro
(C. Sentier
1856-os rajza nyomán)

Amedeo Avogadro

¹ A szabadesés (gravitációs gyorsulás) mértéke helytől és magasságtól függően kissé változik, a 9,81 m/s² közismert „közéérték”, Párizsban ennyit mérnek. 343 m/s a hangterjedés sebessége a levegőben 20 °C-on (de minden közegben és hőmérsékleten más), a harmadik adat a fénysebesség kerekített értéke, ami egészen pontosan és rögzítetten 299 792 458 m/s – vákuumban.

A 9,81 m/s² a hétköznapijainkban rendszeresen érzékelt egyik jelenség, a szabadesés (gravitációs gyorsulás) számszerű értéke. A 343 m/s a hang terjedésének sebessége levegőben, ami például a távoli villámlás és az azt követő mennydörgés közötti, gyakran tapasztalt néhány másodperces időkülönbség révén könnyen belátható. A fénysebesség 300 000 000 m/s nagyságát már nem tudjuk érzékelni a hétköznapiokban (laboratóriumban mérni is tudjuk), de ha olvassuk, hogy a Napból a Földre 8,3 perc alatt ér a fény, akkor van sejtésünk a nagyságáról. Egy-két nagyságrenddel nagyobb számmal még „elbaldogulunk”: a Föld lakossága napjainkban 8 milliárd (8000 millió, azaz $8 \cdot 10^9$) fő, ami szemléletileg érzékelhető, felfogható adat. De a $6,02 \cdot 10^{23}$, azaz 602 zetta [URL2] (a magyarban 602 trillió, az angolban 602 sextillion) nagyságának érzékelése már nagy fantáziát igényel, s lehet, hogy még az sem segít igazán. Talán mutatja e szám hétköznapi felfoghatatlanságát egy bizarr számolás: próbáljuk meg elképzelni, hogy a 8 milliárd földi lakos mindegyikének 8 milliárd gyermeke van ($8 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^9 = 64 \cdot 10^{18}$, azaz 64 trillió), és ez utóbbiak mindegyikének még további tíz-tízezer leszármazottja, azaz összesen $64 \cdot 10^{18} \cdot 10^4 = 6,4 \cdot 10^{23}$ fő. Ez éppen olyan nagyságú érték, mint az Avogadro-szám. Ki tudja elképzelni, mekkora embertömeg lenne ez és mekkora földgömbön férnének el ennyien? Ez már egyfajta számkáosz. Látványosan mutatja a mól nagyságát, ha például azal szemléltetjük, hogy 1 mól mennyiségű, fél centiméter átmérőjű meggy 60 méter magasan beborítaná az egész Föld felszínét! Pedig érdemes lenne ezt a számértéket a köznapokban is jól érzékelni, mert tudjuk, hogy megszámlálhatatlanul sok trillió atom vagy molekula van a testünkben,² és még több vesz körül bennünket a Földön, nem szólva a világűréről. Érthető hát, hogy szükségünk van egy jól működő hídra, egy jól kezelhető kapcsolatra a valós méreteiben nem érzékelhető atomi világ és a természet (tudomány) napi valóság méretei között. Ezt a kapcsolatot teremtette/teremti meg az Avogadro-állandó (N_A). Ezért lett a ma is érvényes SI nemzetközi mértékegységrendszer [URL3] alapegysége az *anyagmennyiség* (jele n). Mértékegységének neve *mól*, ennek jele: mol.³ [Összehasonlításul: *idő* (t), *másodperc* (s); illetve *távolság* (l), *méter* (m).]

Az *anyag mennyiségét* egy adott rendszer esetén a *mól* számértékével adjuk meg, a rendszer *tömegét* viszont *grammban* mér-

² Egy ember tömege kb. 70 kg, így „1 mólnyi ember” tömege $420 \cdot 10^{23}$ kg lenne. A Föld tömege kerekén $60 \cdot 10^{23}$ kg. Egy mólnyi ember tömege tehát kb. 7-szerese a Föld tömegének.

³ Angolul: amount of substance (N), az egység neve mole, ennek szimbóluma mol.



Az olasz posta Avogadro halálának centenáriuma kiadott emlékbélyege és első napi boríték. A bélyegen levő szöveg az Avogadro-törvény

jük. Például 1 mól mennyiségű arany kereken 197 g tömegű aranyat jelent,⁴ 1 mól víz pedig 18 gramm vizet. Kémikusok, fizikusok (és mások) a koncentráció kifejezésére rendszeresen használják a *mólos* oldat kifejezést: 0,5 mólos NaCl-oldat azt jelenti, hogy 1 liter (1 dm³) oldatban a konyhasó 0,5 mólja, azaz 29,22 g só van feloldva (egyébként ennyi a tengervíz átlagos sókoncentrációja). A laboratóriumban a vegyszerpolcon „3,3 mol/dm³ ecetsav” olvasható a lombikon (3,3 mólos ecetsav – mondjuk röviden). Az üzletekben ugyanezt az oldatot 20%-os ételleceteként vesszük meg, ott nem használjuk a mólkoncentrációt. Kisebb koncentrációkat – pl. az orvosi laboreredményeket – millimol/dm³, mikromol/dm³, nanomol/dm³ stb. értékekkel adhatunk meg. A „másik végen” a nagy koncentrációjú oldatok körébe tartozik például a tömény kénsav: $\approx 18 \text{ mol/dm}^3$, a tömény sósav: $\approx 12 \text{ mol/dm}^3$, a jégecet: $\approx 17 \text{ mol/dm}^3$, a tömény NaOH-oldat: $\approx 19 \text{ mol/dm}^3$.

S hogy az anyagmennyiség (mol) kérdése továbbra is aktuális tudományos és nemcsak tudománytörténeti téma, azt jól mutatja, hogy az SI rendszer bevezetése után tizenegy évvel, 1971-ben vezették be hetedik alapegységként a hossz (egysége m), a tömeg (kg), az idő (s), az áramerősség (A), az abszolút hőmérséklet (K), a fényerősség (cd) mellé. Végleges számértékét ($6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) a közelmúltban, 2019-ben fogadta el az illetékes nemzetközi szervezet [Seshavatharam et al., 2025].

Avogadro életútja

Amedeo Avogadro (teljes nevén Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro, Quaregna és Cerreto grófja) 1776. augusztus 9-én született arisztokrata családba, Torinóban (németül és régebben a magyarban: Turin, lásd „turini remete”), a Szárd-Piemonti Királyság akkori fővárosában [Ciardi, 2020; URL4, URL5]. Apja Filippo Avogadro gróf, anyja Anna Maria Vercellone volt. A család férfi tagjai generációkon át jogászként tevékenykedtek. Apja elismert ügyvéd és köztisztviselő, Piemont szenátora, majd a szenátus főtanácsosa, később a szenátus elnöke is volt. Ilyen erős

jogi háttérrel Amedeo Avogadro természetes módon választotta a családi hivatást, miután már tizenhat évesen jogtudományi alapidiplomát, majd négy évvel később egyházjogi doktorátust szerzett. 1801-ben kinevezték Eridano megye prefektúrájának titkárává. Közben magántanulmányokat folytatott matematikából és fizikából. 1806-ban demonstrátor (tanársegéd) lett a Torinói Akadémián (Collegio delle Province), majd 1809-ben gimnáziumi fizikatanár Vercelliben.

1820-ban meghívták a Torinói Egyetem matematika–fizika tanszékére. Tudományos tevékenysége mellett aktívan részt vett az 1821-es politikai forradalmi mozgalmakban, aminek következtében 1822-ben elmozdították tanszékéről. Ezután számvevőszéki tanácsosként működött. 1833-ban a király helyreállította az egyetemi tanszéket. Visszahívták a tanszékre, s ott dolgozott nyugdíjazásáig, 1850-ig. Tudományos tevékenysége eredményeként számos fizikai és kémiai tartalmú értekezést írt, amelyek nagyobb részben a torinói akadémia kiadványaiban jelentek meg. Személyes kapcsolatokat csak szűkebb környezetével tartott, európai tudósokkal nem volt együttműködése, így korában nem vált ismert tudóssá. 1837 és 1841 között négy kötetben összesítette és adta ki tudományos munkásságát *Fisica dei corpi ponderabili, ossia Trattato della costituzione materiale de' corpi* címmel (A mérhető testek fizikája, avagy értekezés a testek anyagi felépítéséről).

1815-ben vette feleségül Felicita Mazzét (1795–1870). Hat fiúgyermekük született. 1856. július 9-én, 80 éves korában hunyt el Torinóban. Sírhelye Torinótól mintegy 70 km-re ÉK-re, a kis Quaregna Cerreto faluban van, ahol a családnak birtokai voltak [URL6].

Megbecsülésének számos formáját ismerjük. Nevét egyetem viseli Kelet-Piemontban, Vercelli székhellyel: *Università degli Studi del Piemonte Orientale „Amedeo Avogadro”*, oktatási intézmény Torinóban: az *Istituto Amedeo Avogadro (Istituto tecnico industriale statale Amedeo Avogadro è una scuola superiore)* [URL7], köztér több olasz városban. Az olasz posta Avogadro-bélyegét [URL8], az olasz Nemzeti Centenáriumi Bizottság pedig Avogadro-érmet adott ki 1956-ban [URL9]. Mellszobra áll Vercelli parkjában [URL10]. Az Olasz Tudományos Akadémia háromévenként *Avogadro Colloquia* tudományos rendezvényt tart, rendszerint ekkor ítélik oda a *Medaglia Amedeo Avogadro* kitüntetést [URL11]. Holdkrátert és aszteroidát is neveztek el róla [URL12, URL13].



Avogadro siremléke (Quaregna Cerreto)



A torinói Istituto Amedeo Avogadro bejárata

(Lente Gábor felvételét az ő szíves hozzájárulásával közöljük)

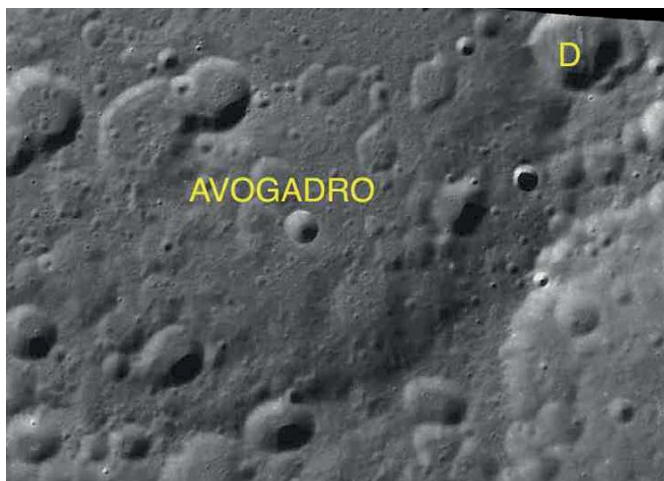
⁴ Az arany pontos atomtömege 196,966 569 (4) g/mol.



Itthon az iskolai tananyagban [URL14] és szakmai folyóiratokban is találkozunk Avogadro nevével [Inzelt, 2011, 2012; Lente, 2019].



Avogadro szobra Vercelliben (Emilio Musso, 1956)



Az Avogadro-kráter a Holdon

Az Avogadro-törvény és az Avogadro-szám története

Az a közlemény, amely Avogadro nevét később ismertté és elismertté tette és a kémia fejlődése szempontjából is nagy jelentőségű volt, a *Journal de Physique*-ben jelent meg 1811-ben. Címe magyarul: *Kísérlet egy olyan módszerre, amellyel meghatározhatók a testek elemi molekuláinak relatív tömegei és ezek kombinációkban megjelenő arányai*. (Piemont ekkor francia uralom alatt állt, ezért írta francia és nem itáliai folyóiratban a cikket.)

Ebben szerepel az a kijelentés, hogy a különböző minőségű, de azonos térfogatú gázok, azonos hőmérsékleten és nyomáson, azonos számú molekulát tartalmaznak – függetlenül a gáz ké-

miai természetétől. Ez a megállapítása Avogadro-törvényként vált később ismertté és elfogadottá, gyakran tananyaggá.

Avogadro ezt az elképzelést azután fejtette ki, hogy Joseph Louis Gay-Lussac 1808-ban publikálta a gázok térfogatának hőmérséklet- és nyomásfüggésére és a reagáló gázok elegyének térfogatarányaira vonatkozó törvényeit. A legnagyobb nehézséget, amelyet Avogadrónak fel kellett oldania, az atom- és molekulafogalom értelmezése körüli bizonytalanság jelentette. Avogadro munkásságának egyik legfontosabb eredménye, hogy egyértelműen megkülönböztette ezeket egymástól, felismerve, hogy az egyszerű részecskék is lehetnek molekulák, és hogy ezek atomokból állnak. Avogadro adta meg elsőként a vízmolekula helyes képletét: H_2O . Nála valójában nem jelenik meg az „atom” szó, mivel a mai atom- és molekulafogalmakat szinte különbség nélkül használta. Úgy vélte, hogy háromféle „molekula” létezik: *molécule intégrante*, *molécule constituante* és *molécule élémentaire*. Ez utóbbi „elemi molekula” a mai atomunk. Nagy figyelmet fordított a tömeg meghatározására, megkülönböztetve azt a súlytól.

Avogadro nem élte meg a németországi Karlsruheban 1860-ban tartott első nemzetközi kémiai kongresszust, ahol Stanislaw Cannizzaro [URL15] olasz kémikus bemutatta Avogadro 1811-es cikkének jelentőségét. Cannizzaro világosan megkülönböztette az atom és a molekula fogalmát, megmutatta, hogy Avogadro elképzelése összhangban van a kémiai reakciók során megfigyelhető tömegarányokkal és a reakcióban részt vevő gázok térfogatával. Ez végül meggyőzte a tudományos közösséget Avogadro elméletének helyességéről, és lefektette a modern atomelmélet alapjait.

Bár Avogadro fogalmazta meg az alapelvet, ő maga nem határozta meg azt az állandót, amely ma a nevét viseli. A kezdeti becslések csak nagyságrendet adtak meg, konkrét számértékének meghatározása folyamatosan, egyre pontosabb mérési módszerekkel történt. Mint említettük, elsőként Johann Josef Loschmidt 1865-ben adott meg értéket az egységnyi térfogatban lévő gázmolekulák számára. Ennek elismeréseként az ő nevét viseli a Loschmidt-szám, ami az ideális gáz egységnyi térfogatában lévő részecskék (molekulák vagy atomok) számát adja meg anyagi minőségtől függetlenül. Értéke $- 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten és 1 atm nyomáson $- 2,686780111 \cdot 10^{25}$ molekula/ m^3 .



Johann Josef Loschmidt

A 20. század elején Jean Perrin független módszerrel is meghatározta a mólszámot: $68,2 \cdot 10^{22}$; $68,8 \cdot 10^{22}$; $65 \cdot 10^{22}$ mol^{-1} értéket kapott, ahogy ez Perrin fizikai Nobel-díjának átadási ünnepségén 1926-ban Carl Wilhelm Oseen, a Nobel-díj bizottság tagja köszöntőjében elhangzott [URL16]. Perrin már 1909-ben javasolta, hogy ezt a számot Avogadro tiszteletére Avogadro-állandónak nevezzék el.

Az *International Bureau of Weights and Measures* (francia néven: *Bureau International des Poids et Mesures*, BIPM) (Nemzetközi Súly- és Mértékegység Hivatal) 1971-ben úgy határozott, hogy az Avogadro-állandót az anyagmennyiség önálló mértékegységének tekinti, hasznos és fontos értéknek, ami ezért az *International System of Units* (SI) – a nemzetközi mértékegységrendszer alapegysége lett [URL17]. A múlt akkor olyan anyagmennyiségként határozták meg, amely annyi elemi egységet tar-



talmaz, ahány atom van 12 gramm szén-12 (^{12}C) izotópban. Ebben a felfogásban N_A értéke a kísérleti pontosság függvénye, s így kicsit változtatható volt.

A *General Conference on Weights and Measures (Conférence générale des poids et mesures, CGPM)* 2018-ban – a BIPM-mel egyetértve – módosított ezen, és úgy döntött, hogy az Avogadro-állandó (N_A) értéke 2019. május 20-tól $6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ lesz. Így a mólt olyan anyagmennyiségként definiálta, amely anyagi minőséghez (így pl. a ^{12}C -hez) nem kötve, attól függetlenül pontosan ennyi alkotórészecskét (pl. atomot, molekulát, iont, elektront) tartalmaz. A számot mint a további kísérletek eredményeihez már nem igazított értéket végelegesként rögzítették [URL18].

Úgy is tekinthetjük ezt, mint egyszersmind Amedeo Avogadro tudománytörténeti jelentőségének rögzítését.



IRODALOM

Avogadro, A.: Essai d'une manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps, et les proportions selon lesquelles elles entrent dans ces combinaisons. *Journal de Physique* (1811) 73, 58–76.

Ciardi, Marco: Iclilio guareschi, Avogadro e la storia della chimica, *Atti e Memorie* (2020) 69–76.

http://assets.unifarco.it/museo/it/Assets/riviste/documenti/RivFarm_Apr_2020_Ciardi.pdf
Inzelt György: Avogadro cikkének 200 éves évfordulójára. *Természet Világa* (2011) 142, 363–365.

Inzelt György: Mély kútforrása a bölcsestégnek, L'Harmattan, Budapest, 2012.

Lente Gábor: Az atomtömegek rövid története. *Magyar Kémikusok Lapja* (2019) 236–238.

Seshavatharam, U. V. S., Naidu T. G., Lakshminarayana, S.: Avogadro's Number: History, Scientific Role, State-of-the-Art, and Frontier Computational Perspectives. *Current Trends in Mass Communications* (2025) 4(3), 1–10.

<https://www.opastpublishers.com/open-access-articles/avogadros-number-history-scientific-role-state-of-the-art-and-frontier-computational-perspectives.pdf>

URL1: <https://goldbook.iupac.org/terms/view/A00543>

URL2: <https://goldbook.iupac.org/terms/view/Z06746>

URL3: <https://www.bipm.org/en/committees/cg/cgpm/26-2018/resolution-1>

URL4: <https://www.britannica.com/biography/Amedeo-Avogadro>

URL5: Pallas nagy lexikona:

<https://mek.oszk.hu/00000/00060/html/008/pc000892.html#7> (itt Amadeo olvasható)

URL6: https://www.biellaclub.it/_cultura/personaggi/avogadro/

URL7: <https://www.itisavogadro.edu.it/>

URL8: [https://www.ibolli.it/php/em-italia-1008-](https://www.ibolli.it/php/em-italia-1008-Ritratto%20di%20Amedeo%20Avogadro.php)

[Ritratto%20di%20Amedeo%20Avogadro.php](https://www.ibolli.it/php/em-italia-1008-Ritratto%20di%20Amedeo%20Avogadro.php)

URL9: <https://exhibits.museogalileo.it/medals/medal/CelebrazioniAmedeoAvogadro1956.html>

URL10: <http://himetop.wikidot.com/amedeo-avogadro-s-bust>

URL11: <https://www.cnr.it/it/news/13546/medaglia-amedeo-avogadro-aperto-il-bando>

URL12: <https://www.der-mond.de/mondkarte/formation/mondkrater/avogadro/>

URL13: <https://www.spacereference.org/asteroid/I2294-avogadro-1991-pq2>

URL14: https://www.nkp.hu/tankonyv/kemia_9_nat2020/lecke_01_004

URL15: <https://vegyjelek.hu/stanislaio-cannizzaro-ki-volt-o-es-hogyan-formalta-a-kemiati/>

URL16: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1926/ceremony-speech/>

URL17: <https://www.bipm.org/en/measurement-units>

URL18: <https://www.bipm.org/documents/20126/41483022/SI-Brochure-9-EN.pdf>

Avogadro az „elemi molekulák” relatív tömegének meghatározásáról

Gay-Lussac úr egy érdekes tanulmányában megmutatta, hogy a gázok mindig egyszerű térfogatarányokban egyesülnek, és amikor az egyesülés terméke gáz, annak térfogata igen egyszerűen függ alkotói térfogatától. Úgy tűnik mármost, hogy a vegyületekben szereplő anyagok kvantitatív aránya csak a kombinálódó molekulák számarányától, valamint a keletkező összetett molekulák számától függ. A gáz alakú anyagok térfogatai, beláthatóan, igen egyszerű kapcsolatban állanak az őket alkotó egyszerű vagy összetett molekulák számával. Az első, ezzel kapcsolatban felvetődő és szemmel láthatóan az egyetlen elfogadható hipotézis, miszerint a molekulák [*molécule intégrante*] száma bármely gázban azonos térfogatban mindig azonos és mindig arányos a térfogattal. Ha ugyanis azt tételeznénk fel, hogy a molekulák száma

tív tömegének meghatározására, valamint ezen molekulák kombinációkban relatív számának megállapítására, mivel a molekulák tömegének aránya azonos hőmérsékleten és nyomáson megegyezik a különböző gázok sűrűségének arányával, és valamely vegyület molekuláinak relatív száma egyből adódik az alkotó gázok térfogatarányából. Az 1,1359 és a 0,07321 számok például az oxigén- és a hidrogéngáz sűrűségét fejezik ki, levegőre mint egy-egyegre vonatkoztatva, a két szám aránya következésképpen megadja a két gáz tömegének arányát azonos térfogatban. Elméletünk szerint ez az arány egyben a molekulák tömegének arányát is kifejezi. Így az oxigénmolekulák tömege mintegy 15-szöröse a hidrogénmolekulák tömegének, vagy pontosabban az arány 15,074:1. Hasonlóan a nitrogénmolekula tömege 0,96913:0,07321, azaz 13:1 arányban áll a hidrogénéhez, így 13-szorosa, pontosabban 13,238-szerese. Másrésről, miután tudjuk, hogy a hidrogén és oxigén térfogatainak aránya a víz képződéskor 2:1, következik, hogy a víz minden molekulája 1 molekula oxigén és 2 molekula hidrogén egyesülésével keletkezik. Hasonlóan okoskodva: azokból a térfogatarányokból kiindulva, amelyeket Gay-Lussac úr állapított meg az ammónia, a nitrogén-oxid, a nitrózus oxid és a salétromsav elemeiből való képződésekor,⁵ az ammónia egy molekula nitrogén és három molekula hidrogén egyesüléséből származik, a nitrogén-oxid egy molekula oxigén és két molekula nitrogén, a nitrózus oxid egy molekula nitrogén és egy molekula oxigén, a salétromsav egy molekula nitrogén és két molekula oxigén egyesülésekor keletkezik.



Amedeo Avogadro és Joseph Louis Gay-Lussac

egy adott térfogatban különböző gázok esetén különböző, aligha állíthatnánk, hogy a molekulák távolságát szabályozó törvény minden esetben olyan egyszerű arányokat ad, mint amilyeneket az imént vázolt tények a térfogat és a molekulák számának összefüggéséről élénk tárnak. ...

Ebből a hipotézisből kiindulva látható, hogy igen kényelmes meghatározási mód adódik gázállapotú anyagok molekulái rela-

Az Irodalomban megadott eredeti tanulmány és W. C. Dampier-Whetham–M. Dampier-Whetham (szerk.): Cambridge Readings in the Literature of Science alapján Szepesváry Pálné fordítása
(<https://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/olvaso/histchem/avogadro.html>)

⁵ A megadott összetételből kiderül, hogy a mai szóhasználat szerint a nitrogén-oxid a dinitrogén-oxidnak, a nitrózus oxid a nitrogén-monoxidnak, a salétromsav a nitrogéndioxidnak felel meg.



A hatalom újratölthető elemei

Nicolas Niarchos: *The Elements of Power: A Story of War, Technology, and the Dirtiest Supply Chain on Earth*. Penguin Press, 2026

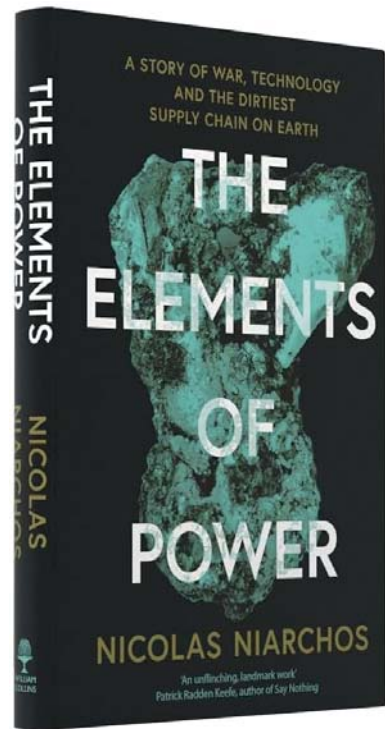
Miért érdekelne bárkit is, hogy jelenleg a világ teljes kobalt-kitermelésének háromnegyede (2024-ben mintegy 200 000 tonna) a Kongói Demokratikus Köztársaságból származik? A ki zárólagos forrás ott az ország délkeleti csücske, Katanga tartomány. A régió réztermelése (bő 3 millió tonna évente) gazdaságilag még jelentősebb, de ez a világon újonnan bányászott össz-mennyiségnek „csak” 17%-a. Ráadásul Kongó a világ tantá ltermelésének is jó 40%-át adja, bár az előzőektől eltérően ez nem Katangába összpontosul.

Nicholas Niarchos amerikai újságíró szerint az ilyen kérdéseknek mindenkit érdekelniük kell(ene), aki mobiltelefont használ, s még inkább azokat, akik elektromos autót vesznek és vezetnek. Az elektronikus eszközök a bennük használt fémeket stratégiai erőforrásokká tették; a „zöld” vagy éppen „fentartható” címkét büszkén hirdető technológiák, mint az elektromos járművek, pedig felgyorsították az ezekért folyó versengést. A fémekben gazdag országok a kormányok, a multinacionális vállalatok és a fegyveres csoportok közötti küzdelem színtereivé váltak Chilétől Indonéziáig.

Niarchos könyvéből nyomasztó valóságot ismerhetünk meg a kritikus fontosságú ásványi anyagok ellátási láncairól. A szerző számos, első pillantásra egymástól távolinak tűnő szálát fűz össze: a Kongói Demokratikus Köztársaság gyarmati múltjától kezdve az ásványkitermelő ipar több országban tapasztalható növekedésén át egészen a világ vezető laboratóriumai bázisok zajló akkumulátorfejlesztésig. Érzékletesen mutatja be az erőforrás-nacionalizmus kialakulását, a nagyhatalmak versenyét a megbízható ellátás biztosításáért és azt a sok helyen ismert folyamatot, ahogy néhány magas rangú politikai vagy üzleti szereplő kapzsisága emberek millióinak szenvedését okozza.

A szövegről időnként azért derűsebb gondolatok is eszébe juthatnak az olvasónak, például az a gyakran Mark Twainnek tulajdonított, bár eredetiségében meg nem erősített elmésség, amely szerint a bánya olyan lyuk a földben, amelynek tulajdonosa egy hazudozó. Vagy ha valaki történetesen látta a *Fekete párduc* című, nagy sikerű, 2018-ban bemutatott amerikai akciófilmet, akkor elmerenghet azon, hogy a filmben központi szerepet játszó, speciális fémekben gazdag, fiktív afrikai birodalom neve Wakanda: vajon szándékosan hasonlít ennyire Katangához? Reménytelenebb napokon akár Dag Hammarskjöld (1905–1961) szomorú története is eszünkbe idéződhet, amely nem szerepel a könyvben. A svéd politikus 1953-tól volt az ENSZ főtitkára, és 1961-ben egy repülőgép-szerencsétlenség áldozata lett, amikor az ENSZ-csapatok és Moise Csombe katangai erői közötti fegyverszüneti tárgyalásra tartva a zambiai Ndola közelében lezuhant DC-6-os repülőgépe. 1998-tól új információk láttak napvilágot a balesetről, amelyek kevés kétséget hagytak afelől, hogy Hammarskjöld gépét valójában lelőtték: hogy pontosak kik, arról sajnos nincs megbízható információ, de leginkább a belga bányai part sejtik az eset mögött, és a jelek szerint az amerikai és a brit hírszerzés is előre tudott a merénylet terveiről. Milyen üzleti érdekekre jelenthet egy csekély döntési hatalommal felruházott ENSZ-főtitkár is ilyen alapvető veszélyt?

A szerző saját személyes tapasztalatainak hitelességével meg erősítve meséli el történetét. Nemcsak a tények fontosak, hanem



az általa megismert emberek sorsa, életkörülményei, a tőlük hal lott történetek. De személyes benyomásból bőven akad saját is: az egyik legemlékezetesebb az, amikor egy teherautó belerohant Niarchos bérelt autójába a kongói „kobalt autópályán”, amelyen a világ kobalttermelésének háromnegyede halad át a piacok felé. A baleset után a sofőr imbolyogva kiszállt a fülkéből és ezt kérdezte:

– Akarsz elszívni egy jointot?

A szövegben leírtak részletesek és roppant alaposak. A szerző a legjobb újságírás hagyományait követi azzal, hogy mindent megpróbál visszakereshetően dokumentálni. Ennek az eredménye az, hogy a könyv terjedelmének több mint fele a hozzá fűzött jegyzetek és irodalmi források felsorolása.

A könyvben felvázolt üzenet egyszerre világos és sötét. Az elektromos járművek ugyan tisztább, fentarthatóbb, zöldebb alternatívának tűnhetnek a belső égésű motorokkal szemben, a biztonságos, hatékony és hosszú élettartamú akkumulátorok fejlesztése pedig komoly mérnöki bravúr. Ám mindezeknek súlyos ára van, s ezt nem a felhasználók, pláne nem a cégtulajdonosok fizetik meg. Hanem sokkal inkább tízenéves gyermekek Katanga tartományban 50 vagy éppen 150 méterrel a felszín alatt.

Lente Gábor

Nicolas Niarchos: A hatalom elemei

Részlet a könyv előszavából

Fél évtizeden át testközelből figyelhettem az akkumulátorok térnyerését, a világ néhány olyan pontján, ahol ennek a legnagyobb hatásai jelentkeztek. Kongóban, Indonéziában és Nyugat-Szaharában láttam, hol bányásszák az akkumulátorokhoz szükséges ásványokat, és beszéltem olyan emberekkel, akiknek az életét megváltoztatta az új energiatérkép. Jártam Franciaországban és Németországban, hogy megnézzem, miként gyártanak autót lítium-ion-akkumulátorokkal, és Belgiumban is, ahol Kongó gyarmati múltját lehet megérteni. Japánban láttam, hol született meg először a lítiumra alapozott akkumulátoripar. Később ez összeom-



lott, és Kínában kezdett új kiépülni. Londonban és Svájcban azokkal a kereskedőkkel beszéltem, akik az akkumulátorokhoz szükséges ásványokkal üzelnek. Az Egyesült Államokban pedig azt tudtam meg, miként próbálja az ország újjáéleszteni bányászati és akkumulátoriparát.

Első utamat Kongóba 2019 májusában tettem. Ott saját szemmel láttam, hogyan dolgoznak az ország legszegényebbjai a réz- és kobaltbányákban, olyan módszereket alkalmazva, amelyeket sok más országban már a 18. században modernibbekkel váltottak fel. Amikor hazatértem, arról szóltak a hírek, hogy Elon Musk 2,7 milliárd dollárnyi finanszírozást szerzett a Tesla számára. Még abban az évben ismét ellátogattam Kongóba. Megmutattam a telefonomat Zikinek, egy tizenöt éves volt gyermekbányásznak, és elmondtam neki, hogy a legújabb okostelefonmodellek – amelyek tartalmazznak néhányat azokból a fémekből, amelyek érceit ő ásta ki – akár 1000 dollárnál is többre kerülnek. „Szomorúság van a szívemben, amikor azokra gondolok, akik megvásárolják ezeket az ásványokat – mondta Ziki. – Olyan sok pénzt keresnek, mi pedig kénytelenek vagyunk így élni.”

Ezen az utakon és további négy kongói látogatásom során bányaterületeket láttam, beszéltem gyermekmunkásokkal, akik az ásványokat termelték ki, és találkoztam vezetőikkel, akik biztosították, hogy ezek a jövedelmező nyersanyagok eljussanak a gyárakba, végső soron pedig a fogyasztók kezébe. Beszélgettem politikusokkal és hírszerzőkkel is, akik ennek az új erőnek a geopolitikáját alakítják. Szakértő tanúként az Egyesült Államok Kongresszusa előtt is vallomást tettem arról, mennyire veszélyes lehet ez az ellátási lánc geopolitikai és környezeti szempontból.

lyes lehet ez az ellátási lánc geopolitikai és környezeti szempontból.

Szerencsés voltam. Néhány barátomat és kollégámat, akik megpróbálták kimondani az igazságot – különösen Kongóban –, bebörtönözték és megkínózták.

Engem is őrizetbe vettek kétszer, miközben az akkumulátor-ellátási lánc egyes aspektusait próbáltam feltárni. Egy 2017-es tudósítói megbízás során a marokkói hatóságok kiutasítottak Nyugat-Szaharából. Aggódtak a foszfátkészletek feletti ellenőrzésük miatt, amelyeket ekkorra már egyes lítiumion-akkumulátorokban is felhasználtak. 2022-ben, amikor a kongói újságíróval, Jeftour „Jeef” Kazadi Kamwangával dolgoztam együtt Lubumbashi városában, a kongói titkosszolgálat koholt vádak alapján őrizetbe vett. Számukra Kongó réz-, kobalt- és lítiumkészletei voltak az elsődlegesek. Hat nap után szabadon engedtek, és kitiltottak az országból. Kazadit közel három hétig tartották fogva.

Újra és újra – kevésbé drámai módokon – akadályokba ütköztem, kizártak, és azt mondták, ne foglalkozzam ezzel a történettel. E-mailekre nem érkezett válasz, telefonhívásokat rövidre zártak. Az emberek gyakran csak félreeső helyeken, névtelenségük megőrzésének feltételével voltak hajlandók találkozni velem. Kormányok még a beutazást is megtagadták tőlem. 2018-ban, amikor a könyv gondolata először megfogalmazódott bennem, egy átfogó tájékoztató út keretében Kínába utaztam, ahol találkoztam az ország nemzetközi üzleti életének néhány szereplőjével. Amikor 2023-ban vissza akartam térni, a New York-i konzulátus nem adott ki számomra vízumot.

Lente Gábor fordítása

Kutasi Csaba

Azbeszt szálasanyagokból készült textiltermékek?

Az „azbesztügy”-ről a 229. oldalon olvashattak véleményüket. Miután a textilipar alapanyagai között régóta ismertek az égheetlen, hő- és saválló ásványi eredetű azbesztszálak/rostok, joggal vetődik fel a címben megfogalmazott kérdés.

A természetes eredetű szálasanyagok egyetlen ásványi eredetű képviselője az azbeszt. A magnézium-szilikát-alapú szál/rost fonható. Keletkezésére jellemző, hogy a föld mélyén előforduló kőzetek megrepedeznek, majd a repedésekben cirkuláló forró szén-savas talajvíz nagy mennyiségű ásványi anyagot old fel. Amikor ez a víz lehűl, akkor az oldóképesség csökkenésével a repedésekben lerakódó anyagok szálak kristályokat képeznek, így jönnek létre az azbesztszálak.

Az azbeszt bányászatára a lelőhelyek szerinti körülmények jellemzők: föld alatti vagy külszíni fejtésre van lehetőség. A bányászott azbesztet megtisztítják a meddőközetektől, majd feldolgozzák. Ennek a folyamatnak a végrehajtása őrlő- vagy golyósmalmokban, kollerjáratokban (hengeres aprító-, őrlőberendezés) történik, ahol a porrá őrlött kőzettől különválasztják a rugalmas szálakat. A megtisztított azbeszt szálasanyagot a rázószítákon hosszúságuk alapján osztályozzák (csak a 10–20 mm-nél hosszabb szálak alkalmasak fonásra).

Textilipari szempontból kedvező a Dél-Afrikában és Ausztrá-



Azbesztbányászat külszíni fejtéssel

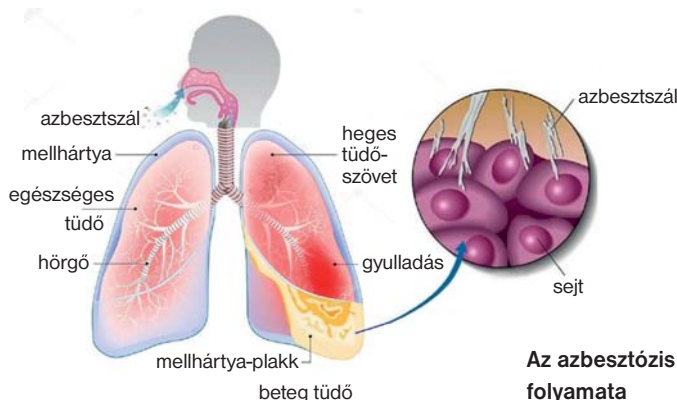
liában bányászott *amfibol azbeszt* (amozit, krocidolit), valamint az Oroszországban, Kanadában és Arizonában fellelhető *szerpentin azbeszt* (krizotil), mert mindkettő hosszú szálú, jól fonható alapanyag.

Az *égheetlen* azbesztszálak *hő- és savállósága* kiemelkedő. Korábban hőszigetelő védőeszközök (ruhák, kötények és kesztyűk), lángálló függönyök készültek, sőt a porlekötő képesség folytán poros helyiségek (megtisztítás, szőrmék tisztító kezelése stb.) falait is azbeszttel borították. A vegyiparban az azbeszt szűrők, tömítések, szigetelők nyersanyagát képezi/képezte.



Egészségi kockázat

Az *azbesztózis* súlyos krónikus *tüdőbetegség*, amelyet az azbesztrostok belélegzése okoz. A betegség különösen az olyan területeken (bányászat, építőipar, hajógyártás, éghetetlen és saválló anyagokat előállítók stb.) bekövetkező jelentős foglalkozási *expozíciókra* vezethető vissza, amelyek széles körben használnak (használtak) azbesztet. Az ilyen helyek közelében a *lakosság kitettsége*vel is számolni kell. Másodlagos terhelést jelenthet, ha a munkavállalók azbesztport visznek haza a ruhájukon. Az azbesztanyagok kopása során felszabaduló *tűszerű kristályok* tüdőbe kerülése rendkívül veszélyes.



Az azbesztrostok belélegzése okozta azbesztózis hosszú távú *gyulladással és hegesedéssel* jár. Kialakulásához viszonylag *hosszú idejű* expozíció szükséges, a betegség jelei és tünetei a kitettség után gyakran több évtized múlva jelentkeznek (légszomj lassú kialakulása fizikai aktivitás során, előrehaladott állapotban légzési elégtelenség). A légzési zavar a *tüdőtérfogat* – főként a vitálkapacitás és a teljes *tüdőkapacitás* – csökkenésében nyilvánul meg, az apró légchólyagocskák falának megvastagodása miatt, amely a rugalmasság mellett a gázdifúziót is csökkenti (gyengíti az oxigén bejutását, a szén-dioxid eltávolítását), így az artériás vérben alacsony lesz az oxigénszint. Az azbesztózisban szenvedők esetében nagyobb a *daganatnövekedési* hajlam, miután az azbeszt csökkenti a természetes ölüsejtek citotoxicitását.

Az azbeszt korlátozása, tilalma

A lapban már szerepelt, hogy az Európai Unió átfogó tilalmat tart fenn a „szándékosan hozzáadott formában tartalmazó árucikkek és keverékek” gyártására, felhasználására. Eszerint az azbeszt tartalmú textíliák szigorúan tiltottak. A 2016/1005/EK rendelet (XVII. melléklete) az elektrolitikus berendezések krizolit-szálakat tartalmazó diafragmáinak forgalomba hozatalával és felhasználásával kapcsolatos szigorító módosítás. Azok a textíliák és cikkek, amelyek már tartalmaztak azbesztet, és a tilalom előtt használatban voltak, általában a helyükön maradhattak élettartamuk végéig, ekkor *veszélyes hulladékként* kell ártalmatlanítani őket. Időközben pedig megjelentek olyan helyettesítő anyagok vagy alternatívák, amelyek kevésbé veszélyesek, nem rákkeltők.

Azbeszthelyettesítő szálanyagok

Az 1980-as évektől gyártják a *hőstabil, lángálló* szerves és szervetlen *mesterséges szálakat*. Kifejlesztésüket nemcsak az emberek növekvő *biztonsági* igénye indokolta, hanem az egészségre ártalmas azbesztszálak megfelelő helyettesítése is.

Az 1938-tól ipari méretekben előállított *üvegszál* ugyan nem újszerű szálanyag, de csak a 20. század végén vált fontos azbeszthelyettesítővé. Az amorf szálát *szilícium-dioxidból* és *fém-oxidokból* állítják elő. Nagy hőállóságú (650–850 °C között lágyul), vegyszerállósága jó. Az újszerű *szilícium-dioxid-szál* alapanyaga *nátrium-vízüvegből* készül, amelyet homok és szóda összeolvasztásából nyernek. Többek között *hővédő* szövet, kábel- és kemenceajtó-*szigetelés*, forró gázok szűrésére használható *szűrő* céljára alkalmas.

A mesterséges szervetlen eredetű szálanyagok közül az alumínium-szilikát- és alumínium-oxid-alapú *kerámiaszálak* kitűnő *hő- és lángállósággal* rendelkeznek (1000 °C-ot meghaladó mértékben), kémiai stabilitásuk és *vegyszerállóságuk* előnyös azbeszthelyettesítőt jelent. Ezeket a szálakat nagy tisztaságú *tím-föld-szilikátból* gyártják, olvasztásos szálképzéssel.

A *bazaltszál* vulkanikus bazaltkőzetből (magma kőzet), magas hőmérsékletű (1500 °C) olvasztással képzett, szálak vázerősítő (a gyorsan lehűlő olvadékból apró kristályok képződnek). Kiváló mechanikai tulajdonságai és magas korrózióállósága következtében több területen alkalmazzák (pl. az építőiparban, a járműgyártásban és a szigetelésteknikában). A Balaton-felvidéken található *Hegyestű* kőzete is kiváló alapanyag, a szál előállítása olcsóbb a többi azbeszthelyettesítőnél.

A bazaltszálak szálátmérője 10 és 20 µm közötti, jóval *meghaladja az 5 µm-es belélegzési határt*, így kiváló azbeszthelyettesítők. Nagy rugalmassági moduluszal rendelkeznek, fajlagos szilárdságuk háromszorosa az acélénak. A vékony szálakat általában a textiliparban használják, *műszaki szövetek* gyártásához. A vastagabb szálakat a száltekercseléssel (pl. sűrített földgáz-palackok vagy csövek) hasznosítják. A legvastagabb rostokat pultrúzió során *uni- és multidirekcionális* szövetként alkalmazzák, az aprított szálakat *betonacél*-erősítéshez is. Ily módon kiváltható a hagyományos szénacél betonacél, és könnyebben megelőzhető a légköri szén-dioxid által okozott *betontakaró-karbonizáció*.

Az 1960-as évektől kifejlesztett *aromás poliamidok* nagy teljesítményű harmadik generációs szálak (pl. Nomex, Kevlar). Ezek a „high performance” szálak többek között *hőstabil* tulajdonságúak, így azbeszthelyettesítőként jól alkalmazhatók.

Az 1960-as évek közepén elterjedő *szénszálgyártás* új időszak kezdetét jelentette. Az eljárásban nagy szilárdságú és modulusú, döntően szénatomokból felépülő, kétdimenziós, rétegstruktúrájú anyagok keletkeznek. A 90%-nál nagyobb széntartalmú (grafitizált) szálanyagok kiváló mechanikai tulajdonságúak és égszátoltta tehetők.

A *poliamid-imid* (PAI – Kermel) szálak magas hőstabilitással, jó vegyszerállósággal rendelkeznek. Főként hőterhelésnek kitett felhasználásoknál, ipari hőszigetelőknél, védőruházatoknál jelentősek.

További nagy hőállóságú szálak – például a *polibenz-imidazol* (PBI), a *polifenilén-oxazol* (PBO – Zylon), a *polifenilén-szulfid* (PPS – Sulfar), az *aromás poliészter* (LCP – liquid-crystal polymers) szálak – is előtérbe kerülnek az *azbeszthelyettesítő* szálanyagok között.

IRODALOM

- Dr. Jederán Miklós, Tárnoky Ferenc (főszerk.), Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
<https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/asbestosis>
 Az EPT 1999/77/EK irányelve
 Az EPT 2016/1005/EK rendelet (XVII. melléklete)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209379118300933>
 Fenyvesi Éva: Újszerű textilipari és műszaki szálanyagok, *Magyar Textiltechnika* különszáma, 1994/6.



TÚL A KÉMIAÁN

Galilei megjegyzései

Egy januári napon Ivan Almara milánói történész Firenzében lapozgatta Klaudiosz Ptolemaiosz alexandriai görög tudós *Almagest* című csillagászati művének 16. századi kiadását. Az egyik, eredetileg üres lapon meglepetéssel olvasta a 145. zsoltár szövegét – Galileo Galilei (1564–1642) kézírásával. Ezután alaposabb



vizsgálattal a könyv számos helyén találta meg a híres itáliai természettudós jegyzeteit. A kiegészítések a becslések szerint 1590 körül keletkeztek, mintegy két évtizeddel azelőtt, hogy Galilei távcsővel felfedezte a Jupiter holdjait. A kézírásos szöveg ar-

ról tanúskodik, hogy a szerzője mélyen tisztelte Klaudiosz Ptolemaioszt, de nem volt híján a kritikai észrevételeknek sem. A jegyzetek arra utalnak, hogy a geocentrikus világgéppel való szakításhoz az vezetett, hogy a heliocentrikus elmélet jobban értelmezte az *Almagest*-ben is leírt kísérleti megfigyeléseket. Mindez ellentmond annak a ma elterjedt tudománytörténeti véleménynek, hogy Galilei nem matematikai számításokra alapozva, hanem elsősorban filozófiai és politikai okokból utasította el a korábbi nézeteket.

J. Hist. Astr. 57, 149. (2026)



Szerves molekulák a Marson

A Marsról ugyan – néhány aszteroidától eltérően – még nem sikerült a földre mintát visszajuttatni, viszont a Curiosity marsjárón lévő műszerek lehetővé teszik az alapos kémiai elemzést. Ezek eredményeiről számoltak be a közelmúltban. A Gale-kráterben lévő, agyagtartalmú homokkőbe zárva – tömegspektrometriával kapcsolt gázkromatográfiával – húsznál több szerves molekulát mutattak ki, köztük benzotiofént, metil-benzoátot, illetve további, egy és két gyűrűt tartalmazó aromás rendszereket. A bizonyítékok szerint ezek az anyagok mintegy három és fél milliárd éve kötődhetnek meg a Mars kőzeteiben.

Nat. Commun. 17, 2748. (2026)

CENTENÁRIUM



W. Heisenberg: Über die Spektra von Atomsystemen mit zwei Elektronen
Zeitschrift für Physik Vol. 39, pp. 499–518.

Werner Karl Heisenberg (1901–1976) német fizikus volt, a kvantummechanika egyik megalapítójaként tisztelik. Róla nevezték el a Heisenberg-féle határozatlansági relációt. 1932-ben egymaga kapott fizikai Nobel-díjat „a kvantummechanika létrehozásáért, amelynek alkalmazása többek között a hidrogén allotrop formáinak felfedezéséhez vezetett”. Teller Ede doktori témavezetője is volt.

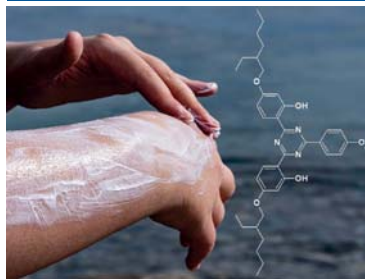


Hőtárolásos napelemek

A napenergiával az a legnagyobb baj, hogy a hozzáférhetőségét a napsütés szabja meg, s nem az emberi igény. Erre a problémára találtak a közelmúltban érdekes megoldást, ahol a tárolt energiát hőként lehet szabályozottan hasznosítani. Az eljárás kulcsa egy olyan, vízzoldható pirimidonszármazék, amely fotoreakcióban izomerizálódik. A fordított folyamat spontán és erősen exoterm, de csak savkatalízissal játszódik le, így a fény hatására képződő Dewar-izomer akár évekig is eltárolható, az energialeadás pedig könnyen bekapcsolható. A rendszer kilogrammonként 1,65 MJ tárolására képes, ami legalább 50%-kal meghaladja a lítiumakkumulátorok teljesítőképességét.

Science 392, 383. (2026)

APRÓSÁG



Az Európában és Ázsiában fényvédő krémek hatóanyagaként évtizedek óta használatos bemotrizinolt az Amerikai Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal (FDA) 2026. június 9-én hagyta jóvá amerikai forgalmazásra.

Ha észrevétele vagy ötlete van ehhez a rovathoz, írjon e-mailt Lente Gábor rovatszerkesztőnek: lenteg1206@gmail.com.

A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html



A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az 1,7-kvadriciklén (C_7H_6) nem elég stabil ahhoz, hogy izolálni lehessen, de egy szilil-prekurzorból *in situ* előállítható, és így reakciói is tanulmányozhatóak. Elméleti számítások szerint a molekulában a kettős kötés kötésrendje az erősen torzult kötésszögek miatt csak 1,55. A vázból kiindulva cikloadíciós reakciókkal további érdekes gyűrűrendszerek hozhatók létre.

Nat. Chem. 18, 913. (2026)

Gumikesztyű mint hamis pozitív

Egy új tanulmány a mikroműanyagok környezeti előfordulását célzó vizsgálatok jelentős hibaforrását azonosította: a gumikesztyű-viselést. A védőeszközök gyakran tartalmaznak gombaellenes bevonatként sztearátokat, amelyek az infravörös és a Raman-spektrumokban csak nagyon nehezen különíthetők el a polietilén mikrorészecskéktől. Erre a hatásra akkor figyeltek fel, amikor egy olyan mintát vizsgáltak, amelyhez valaki a laborban véletlenül gumikesztyűben ért hozzá. A felismerés hatására visszatértek a környezeti mintavételek helyszínére, és kesztyűviselés nélkül vettek mintákat: így az analízismódszer jóval kisebb mennyiségű mikroműanyagot mutatott ki.

Anal. Meth. 18, 2914. (2026)



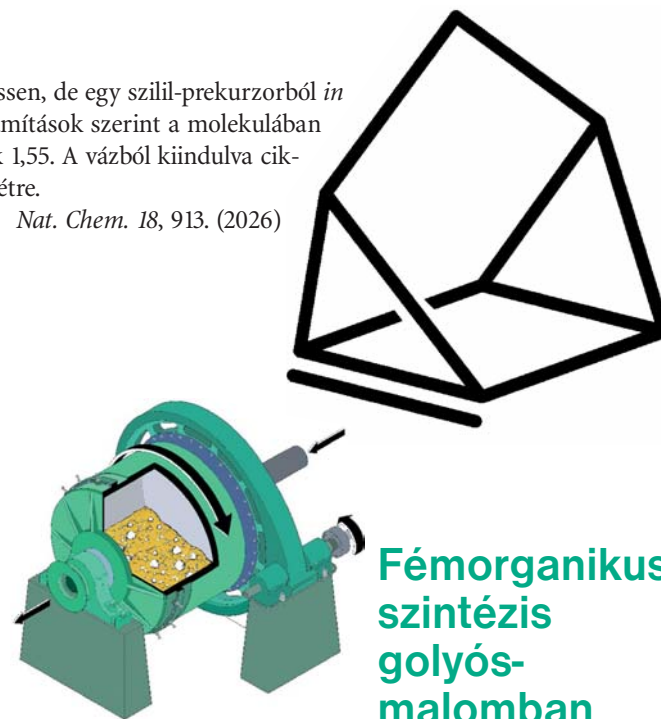
Medúzamásoló műanyag szűrő

A mikroműanyagoknál is nehezebb kimutatni és eltávolítani az 1 μm -nél kisebb méretű részecskéket alkotó nanoműanyagokat. Egy újonnan kifejlesztett gél érdekes tulajdonságának bizonyult, hogy képes az ilyen részecskék megkötésére, majd a hőmérséklet megváltoztatása után a kibocsátásukra is. Az anyag kifejlesztését a medúzákban képződő nyálka inspirálta: ennek komponenseiben, a mucin fehérjékben a hidrofób és hidrofílsz részek úgy helyezkednek el, hogy a közöttük kialakuló kölcsönhatások háromdimenziós hálózatot hozhatnak létre. A kutatók ezt úgy másolták le, hogy oligo-etilén-glikol-



akrilát monomereket kapcsoltak össze más akrilátszármazékokkal. Így egy hidrofób mag körül hidrofílsz sajátságú héjszerkezet jött létre.

Cell Rep. Phys. Sci. 7, 103257. (2026)



Fémorganikus szintézis golyósmalomban

A szerves fémvegyületek a szintetikus kémia fontos reagensei, többnyire a szénatomon kialakuló nukleofil centrum a hasznos bennük. A manapság leginkább elterjedt lítium-alkilek a hármas rendszámú fém akkumulátoripari felhasználása miatt egyre drágábbá és nehezebben hozzáférhetővé válnak. Ezért is nagy előrelépés az a munka, amelyben szerves nátriumvegyületek oldószermentes, mechanokémiai előállításáról számoltak be. A módszer szerint alkil-halogenideket kevernek össze elemi nátriummal csekély mennyiségű hexán jelenlétében. A termék golyósmalomban öt percen belül keletkezik úgy, hogy közben inert atmosféra használatára sincs szükség. A szerves nátriumvegyületek stabilitása nem annyira kedvező, mint a lítiumanalógoké, de ezt a problémát akár úgy is meg lehet kerülni, hogy az elektrofil reagenst egy következő lépésben, a golyósmalomban adják hozzá.

Nat. Synth. 5, 669. (2026)

Az élet építőkövei az aszteroidákon

A Hajabusza 2 űrszonda által a 162173 Ryugu kisbolygóról vizszozott minták földi analízise újabb érdekes eredményekre jutott. A szerves komponensek között mind az öt, földi életben elterjedt nukleobázis (adenin, guanin, citozin, timin, uracil) jelenlétét kimutatták. Hasonló eredményekre jutottak korábban a Bennu és az Orgueil kisbolygók anyagának elemzésével. A megfigyelések alapot adnak azoknak az elméleteknek, amelyek szerint az élet építőkövei űrbeli forrásokból juthattak a földre.

Nat. Astron. 10, 655.

(2026)





Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott két publikáció közül az elsőben a szerzők innovatív, nem empirikus DFT- (Density Functional Theory) megoldást dolgoztak ki a töltött rendszerek számítására. A második közlemény szerzői hagyományos amidvegyületek kénatomot tartalmazó változatait állították elő, amelyek igazoltan képesek szelektíven és stabilan kapcsolódni meghatározott fehérjékhez.

Perczel András

az MTA Kémiai Tudományok Osztályának elnöke

Nagy pontosságú sűrűségfunkcionál-elmélet töltött rendszerek közti nemkovalens kölcsönhatások vizsgálatára

Science Advances, 2026

<https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.adz8521>

Heng Zhao¹, Balázs D. Lőrincz^{2,3,4}, Tobias Henkes⁵, Dénes Berta^{2,3,4}, Péter R. Nagy^{2,3,4}, Alexandre Tkatchenko⁵, Stefan Vuckovic¹

¹Department of Chemistry, University of Fribourg, Fribourg, Switzerland.

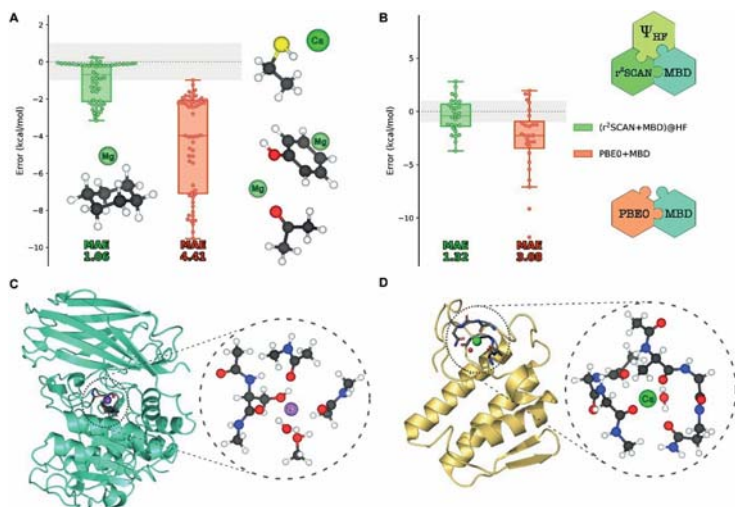
²Department of Physical Chemistry and Materials Science, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.

³HUN-REN-BME Quantum Chemistry Research Group, Budapest, Hungary.

⁴MTA-BME Lendület Quantum Chemistry Research Group, Budapest, Hungary.

⁵Department of Physics and Materials Science, University of Luxembourg, Luxembourg City, Luxembourg

A töltött rendszerek számítása komoly kihívást jelent a csatolt elektrosztatika-, polarizáció- és diszperziómodell hibái miatt. A szerzők megoldása innovatív, nem empirikus DFT-modell. Emellett egyedien pontos referenciákból kidolgozták az első, realisztikus ion–fehérje kötődés adatbázist, és ezen validálták az új DFT pontosságát. Az új megközelítés kiváló töltött rendszerekre, amelyek például a gyógyszerkutatás, az elektrolitok, az elektro-, redox- vagy koordinációs kémiai modellezéskor szükségesek.



α -Halotioamid kötőelemek fokozott ciszteinreaktivitással és -szelektivitással kovalens fehérjeljelölés céljából

Nature Communications, 2026

<https://www.nature.com/articles/s41467-026-72993-6>

László Petri^{1,2,3}, Ronen Gabizon⁴, Nikolett Péczka^{1,2}, Péter Ábrányi-Balogh^{1,2,5}, József Simon^{1,6}, Tímea Imre^{1,6}, György G. Ferenczy^{1,2}, Nir London⁴, György M. Keserű^{1,2,5}

¹Medicinal Chemistry Research Group, Research Centre for Natural Sciences, Budapest, Hungary

²National Laboratory of Pharmaceutical Research and Development, Research Centre for Natural Sciences, Budapest, Hungary

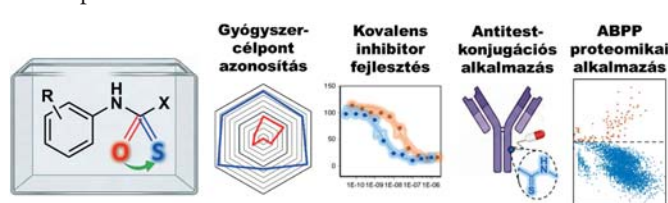
³Institute of Chemistry, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

⁴Department of Chemical and Structural Biology, The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel,

⁵Department of Organic Chemistry and Technology, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

⁶MS Metabolomics Research Laboratory, Research Centre for Natural Sciences, Budapest, Hungary

A jövőben új kémiai stratégia segítheti a célzott gyógyszerfejlesztési kutatásokat. A tanulmány során a HUN-REN TTK munkatársai hagyományos amidvegyületek kénatomot tartalmazó változatait állították elő és számos alkalmazásban igazolták, hogy ezek képesek szelektíven és stabilan kapcsolódni meghatározott fehérjékhez. Az így létrehozott molekulák ígéretesek lehetnek daganatellenes gyógyszerek és modern biológikumok, például antitest–gyógyszer konjugátumok fejlesztésében, de akár új gyógyszer-célpontok felfedezésében is.



Az azbesztkrizisről az Akadémián

Az MTA podcastjában Weiszbürg Tamással, az ELTE ásványtani tanszékének korábbi vezetőjével és Pósfai Mihállyal, az MTA elnökével, a környezeti ásványtan professzorával hallhatnak beszélgetést:

<https://mta.hu/podcast/a-nyugat-magyarorszag-i-azbesztkrizisrol-posfai-mihallyal-es-weiszburg-tamassal-115449>

Lapzárta után:

Ankét az azbesztválságról: https://mta.hu/mta_hirei/temanap-az-akademian-azbesztvalsag-tenyek-kockazatok-megoldasok-115482

Vegyipari mozaik

Orbán Gábort választották a MAGYOSZ új elnökévé. A Magyarországi Gyógyszergyártók Országos Szövetsége (MAGYOSZ) éves rendes közgyűlésén megtartott tisztújítás során a Richter Gedeon Nyrt. vezérigazgatóját választották meg a szövetség elnökévé.



A több mint 120 éves hagyományokkal rendelkező magyar gyógyszergyártás meghatározó vállalatait tömörítő MAGYOSZ kiemelt feladata, hogy a hazai gyógyszeripar érdekeit egységesen képviselje, hozzájárulva az ellátásbiztonság fenntartásához, az iparág versenyképességének erősítéséhez és az innováció támogatásához, mind hazai, mind nemzetközi szinten.

A tisztújítás előzménye, hogy Dr. Greskovits Dávid lemondott elnöki tisztségéről a MAGYOSZ képviseleti struktúrájának továbbfejlesztése érdekében. A szervezeti megújulás célja a szövetség egységes és hatékony szakmai képviseletének további erősítése.

Dr. Greskovits Dávid 2017 óta vezette a szövetséget, amely időszak alatt a MAGYOSZ szakmai érdekképviseleti szerepe jelentősen megerősödött, bővültek hazai és nemzetközi szakmai kapcsolatai, valamint fejlődtek oktatási és együttműködési programjai.

A MAGYOSZ új elnöke, Orbán Gábor 2017 óta a Richter Gedeon Nyrt. vezérigazgatója. Széles körű pénzügyi és iparági tapasztalattal rendelkezik, vezetése alatt a Richter tovább erősítette nemzetközi jelenlétét és innovációs tevékenységét.

Megválasztása kapcsán Orbán Gábor a következőket mondta: „A gyógyszeripar szerepe valóban felértékelődött Európában, de ma még elsősorban szavak szintjén. Az ellátásbiztonság, a stratégiai autonómia és a helyi gyártóbázisok megerősítése ma központi téma, de ezek mögött még nem minden esetben állnak következetes intézkedések. A mi feladatunk az, hogy ez megváltozzon. Olyan keretek kialakításán kell dolgoznunk a döntéshozókkal együtt, amelyek mellett a hazai gyártás nemcsak megmarad, hanem erősödik is. Elnökként ezen szeretnék dolgozni.”

A tisztújítás részeként a közgyűlés megerősítette, hogy Dr. Greskovits Dávid a jövőben alelnökként támogatja a szövetség munkáját és az új elnök tevékenységét, biztosítva a folytonosságot és az elmúlt években kialakított szakmai irányok továbbvitelét.

A közgyűlés döntése alapján Göncz Gábor, az Opella Healthcare Commercial Kft. ügyvezetője is csatlakozik a MAGYOSZ elnökségéhez, így a testület egy új taggal bővül. A több mint 20 éves gyógyszeripari és nemzetközi vezetői tapasztalattal rendelkező szakember belépése tovább erősíti a szövetség szakmai sokszínűségét és a különböző piaci szereplők közötti együttműködés lehetőségét.

A MAGYOSZ a jövőben is elkötelezetten dolgozik a hazai gyógyszergyártás versenyképességének erősítésén, az ellátásbiztonság fenntartásán, valamint azon, hogy a magyar gyógyszeripar egységes, szakmailag megalapozott és nemzetközileg is látható képviselettel rendelkezzen.

A MAGYOSZ megválasztott elnöksége:

Orbán Gábor, a Richter Gedeon Nyrt. vezérigazgatója (a MAGYOSZ elnöke)

Ásványi Tibor, a Naturland Kft. ügyvezető igazgatója (a MAGYOSZ alelnöke)

Dr. Greskovits Dávid, a MEDITOP Gyógyszeripari Kft. ügyvezető igazgatója (a MAGYOSZ alelnöke)

Poroszlai Csaba, az Egis Gyógyszergyár Zrt. vezérigazgatója (a MAGYOSZ alelnöke)

Sipos Balázs, a Béres Gyógyszergyár Zrt. vezérigazgatója (a MAGYOSZ alelnöke)

Lónyai Pál, a Bioextra Zrt. vezérigazgatója

Göncz Gábor, az Opella Healthcare Commercial Kft. ügyvezetője
Pallos József Péter, a PannonPharma Gyógyszergyártó Kft. ügyvezető igazgatója

Diderick Turpijn, a TEVA gyógyszergyár Zrt. kereskedelmi vezérigazgatója



RICHTER GEDEON



A Richter és az Acrux licencmegállapodást kötött a Lenetto® ausztráliai forgalmazására. A megállapodás kizárólagos forgalmazási jogokat biztosít a Richter számára az ausztrál piacon. Az Acrux összesen 5,4 millió AUD (ausztrál dollár) kifizetésben részesül az elkövetkező időszakban, amely magában foglalja az aláíráskori, valamint a hatósági és kereskedelmi mérőldkövekhez kapcsolódó kifizetéseket.



A Lenetto®-t az Acrux fejlesztette ki, és licencmegállapodás alapján a Richter már több mint 40 országban forgalmazza világszerte. A készítmény teljes árbevétele 2025-ben megközelítette az 50 MEUR-t. A Lenetto® transzdermális ösztadiol spray, amely hormonpótló terápiaként (HRT) szolgál az ösztrogénhiánnyal összefüggő, a menopauzát követően a nőknél jelentkező tünetek – például hőhullámok – kezelésére. Az ösztadiol adagolása az egyedülálló Patchless Patch™ technológián keresztül történik, amelyet a Monash Egyetem fejlesztett ki és amely világszerte nők millióinak életét segített megváltoztatni. (<https://www.gedeonrichter.com>)



A MOL-csoport és partnerei megkezdtek a gáztermelést az azerbajdzsáni ACG-mezőn. A MOL-csoport és vegyesvállalati partnerei megkezdtek a földgáztermelést az ACG- (Azeri–Csirag–Günesli) mezőn Azerbajdzsánban, ahol korábban a jelenlegi olajkészletekhez nem kapcsolódó gázkészleteket azonosítottak a kőolajtermelő rétegek alatt és felett. A partnerek most fejezték be az első termelő kút fúrását, és megkezdtek a tesztelést. Ez az első kereskedelmi célú gáztermelés az ACG-mezőn, amely a világ egyik legnagyobb olajtermelő mezője.

Az első kút, amelyet a „West Chirag” (Nyugat-Csirag) platformról fúrtak le, kulcsfontosságú lépést jelent a mező jelentős, olajkészlethez nem kapcsolódó gázpotenciáljának felmérésében. A kút nemcsak a kezdeti termelést teszi lehetővé, hanem értékes rezervoár- és áramlási adatokat is biztosít, amelyek megalapozzák a készletek értékelését és a teljes mező jövőbeli gázfejlesztését. Az ACG-mező gázkészleteit jelentősnek tartják, mennyiségük elérheti a kb. 112 milliárd köbmétert, amelynek potenciális határa másfélszer több is lehet. A kútból kitermelt gázt és kondenzátumot a meglévő ACG-infrastruktúrán keresztül a szangacsalai terminálba juttatják el. Az Azerbajdzsáni Állami Olajtársaság (SOCAR) és a vegyesvállalat operátora, a BP után a MOL a harmadik legnagyobb részvényes az ACG-mezőben.



A MOL-csoport 2020-ban lépett be Azerbajdzsánba, ahol 9,57%-os részesedést szerzett a világ egyik legnagyobb olajmezőjében, az Azeri–Csirag–Günesli mezőben, valamint 8,9%-os részesedést a nyersolajat a földközi-tengeri Ceyhan kikötőjébe szállító Baku–Tbiliszi–Ceyhan (BTC) vezetékben. Azerbajdzsán fontos szerepet tölt be Kelet-Közép-Európa energiaellátásban: eddig közel 18 millió hordó MOL-nyersolajat szállítottak az ACG-mezőről a BTC-vezetéken és teherhajókon keresztül a MOL-csoport finomítóiba, köztük a Slovnafit pozsonyi és az INA rijekai létesítményeibe. Az azerbajdzsáni termelés 2025-ben a MOL szénhidrogén-termelésének 14%-át, készleteinek 26%-át adta.

2025 decemberében a MOL-csoport és a SOCAR átfogó kutatási, fejlesztési és termelésmegosztási megállapodást írt alá egy szárazföldi területre is az azerbajdzsáni Samahi–Gobusztán régióban. A közös kutatási projektben a MOL-csoport operátorként 65%-os részesedéssel, míg a SOCAR 35%-kal rendelkezik. A következő lépések részeként 2026-ban szeizmikus felmérés és kutatófúrás is indul.

A MOL-csoport nemzetközi portfóliójának részeként a vállalat tíz országban rendelkezik olaj- és gázkutatási, illetve kitermelési eszközökkel, amelyből nyolc országban termel: Horvátországban, Azerbajdzsánban, Irakban, Kazahsztánban, Oroszországban, Pakisztánban, Egyiptomban és Magyarországon. (<https://mol.hu/>)



Digitális rendszerváltás az iparban. Döntő időszak előtt áll Magyarország: hazánk iparára rendkívüli nyomást helyez a nemzetközi versenykörnyezet, mégis történelmi lehetőség előtt áll az ország gazdasága. A KSH adatai szerint az ipari termelés súlya a GDP 22%-át tette ki 2023-ban Magyarországon. Ez az EU-összevetésben átlag feletti arány is jól jelzi, hogy a magyar ipar versenyképessége az ország jövője szempontjából kulcskérdés. A statisztikák szerint termelékenységben Magyarország a V4-országok átlaga alatt marad, ugyanakkor a hatékonyság javítása ma már nem képzelhető el a vállalatok és az ipari folyamatok digitalizációja nélkül.

A magyarországi ipari digitalizációs ökoszisztéma meghatározó szakmai szervezete, az Ipar 4.0 Technológiai Platform szakmai elemzéseiből figyelmeztető kép rajzolódik ki. Miközben a globális ipari versenyben egyre gyorsabban terjed az automatizáció, a robotika, a mesterséges intelligencia és az adatvezérelt gyártás, a hazai vállalatok – különösen a kis- és középvállalkozások, amelyek kiemelkedően fontosak az ország versenyképességének erősítésében – jelentős lemaradásban vannak.

Az Ipar 4.0 Technológiai Platform szerint a következő évek tétje világos: Magyarország vagy felgyorsítja az ipari digitalizációt és



erősíti helyét a magas hozzáadott értékű technológiai láncokban, vagy fokozatosan lemarad azon országok mögött, amelyek a digitalizációt, az AI-t és az adatvezérelt működést már most a gazdasági versenyképesség alapjaként kezelik. Azonban a magyar innovációs ökoszisztéma szereplőinek együttműködésével és gyorsított ipari digitalizációval Magyarország akár soha nem látott technológiai és termelékenységi ugrást hajthat végre, amivel nem egyszerűen követője, hanem alakítója lehet az európai ipari innovációnak. (<https://www.muszaki-magazin.hu>)

xylem

Energiatakarékos szennyvíztisztítás. A természetes vizekbe visszaengedett szennyvíz minősége szigorúan szabályozott, és a tisztítási technológiák az elmúlt évtizedek alatt sokat fejlődtek. De maga a tisztítás folyamata is jelentős energiafelhasználással és komoly szén-dioxid-kibocsátással jár. A jó hír: a modern technológia ma már nemcsak a kibocsátott víz minőségét képes javítani, hanem a folyamat energiaigényét is drasztikusan csökkenti. Többek között erre hoz példát a világ egyik vezető víztechnikai vállalatának frissen megjelent fenntarthatósági jelentése. A *Time* magazin által nemrég a világ 100 legfenntarthatóbb vállalata közé választott Xylem technológiai startupokkal is együtt dolgozik, hogy zöldítse és energiakímélőbbé tegye a szennyvíztisztítás folyamatát.



A szennyvíztisztítás során a biológiai lebontást végző baktériumok oxigénigényét levegőztetéssel kell kielégíteni. Ez a folyamat egy átlagos szennyvíztisztító teljes energiafelhasználásának 40–60 százalékát teszi ki. Minél nagyobb a telep, annál komolyabb ez a tétel: nem ritka, hogy egy nagyobb városi szennyvíztisztító évi energiaszámlájának több mint fele egyedül a levegőztetésre megy el. Ha ebben a folyamatban tudunk újítani és hatékonyságot javítani, jelentős energiamegtakarításra nyílik mód.

A Xylem az elmúlt évtizedben számos magyar szennyvíztisztítón végzett összehasonlító vizsgálatokat. Példaként említhető, hogy a szegedi szennyvíztisztító levegőztetőrendszerének korszerűsítésével 10 és 20 százalék közötti energiamegtakarítást sikerült elérni. Ezt annak fényében kell értékelnünk, hogy ez 1,1 millió kWh-t jelent évente, ami egy néhány tízezer lakosú város villamosenergia-fogyasztásával egyenlő. Újabb példa az egri szennyvíztisztítón végzett részleges korszerűsítés, ahol szintén közel 20%-os villamosenergia-megtakarítást sikerült elérni a levegőztetőrendszer korszerűsítésével. Az itt elért megtakarítás 0,4 millió kWh volt.

Az energiahatékonyság kérdése mára szabályozási szintre is emelkedett, ami tovább erősíti az új megoldások iránti igényt. Az Európai Unió 2024-ben elfogadott szennyvíztisztítási rendelete (UWWTP 3019/2024) stratégiai célként fogalmazza meg a telepek



életcikluson átívelő energiasemlegességét – vagyis a szennyvíztisztítók többé nem pusztán energiafogyasztókként kezelendők, hanem olyan rendszerekként, amelyek fogyasztásukat minimalizálják. A rendelet különös hangsúlyt fektet a levegőztetés hatékonyságának javítására, az adaptív vezérlőrendszerek alkalmazására és a digitális modellezés bevezetésére.

A Xylem 2025-ös fenntarthatósági jelentéséből kiderül, hogy

2019 és 2025 között az ügyfelek megoldásai révén több mint 22 milliárd köbméter vizet sikerült újrahasznosítani globálisan. (https://www.muszaki-magazin.hu/2026/05/29/szennyvizisztitas-energiatakaros-xylem/?utm_campaign=&utm_medium=email&utm_source=weboldal+h%C3%ADrek)

Dobó Dorina összeállítása

MKE-HÍREK

Beszámoló a Szerves és Gyógyszervegyész Konferenciáról

Az elmúlt évtizedekben mindig kiemelt esemény volt az MKE Szerves és Gyógyszerkémiai Szakosztálya által két évente szervezett „Szerves Vegyészkonferencia”, amely június 8–10. között új nevén, „Szerves és Gyógyszervegyész Konferencia”-ként került megrendezésre a Dunakanyarban fekvő Esztergomban, a Szent Adalbert Konferenciaközpontban. A résztvevőket e sorok írója, a társelnök Kurtán Tibor és Szalay Péter, az MKE előke köszöntötte. Elnök úr röviden beszámolt az MKE utóbbi években elért fejlődéséről. A 130 résztvevő hazai egyetemokről, kutatóintézetekből és gyógyszergyárakból érkezett. 20 fiatal kapott támogatást a részvételi díj elengedésével.



A megemlékezések résztvevői



A konferencia résztvevői



Greiner István

Az öt plenáris előadó, Greiner István (Richter Nyrt.), Keserű György Miklós (HUN-REN), Borbás Anikó (DE), Wolfgang Weigand (Friedrich-Schiller-Universität Jena) és Konstantin Karaghiosoff (Ludwig-Maximilians-Universität, München) volt. Emellett 29 szóbeli előadást hallgatott a közönség két szekcióban és 25 posztert állítottak ki. Az ifjabb posztergazdák 3 perces flash-prezentációban foglalták össze eredményeiket. A poszterbizottság két előadást javasolt kiemelésre, a közönségsvotumok révén két másik előadó is jutalomban részesült. Az elismeréseket a bankett során kapták meg a díjazottak.

Egy speciális szekcióban az elmúlt két évben elhunyt nagy tudósainkra emlékeztünk. A három akadémikusra, Tőke Lászlóra, Sohár Pálra, Görög Sándorra és Fogassy Elemér egyetemi tanárra

sorrendben Nyerges Miklós, Csámpai Antal, Szántay Csaba és Hell Zoltán emlékezett a hozzátartozók (többnyire gyermekek) jelenlétében, de néhány hozzászóló is méltathatta a laudáltakat. Az esemény után egy alkalmi duó, Szántay Csaba és Szabó János ügyvezető igazgató szájharmonika-gitár muzsikával szórakoztatta a közönséget.

A konferencia harmadik napján az elnökség értékelte a konferenciát. Megállapította, hogy kialakult a törzsközönség, persze új tagokkal bővülve, akik nagyon jól érezték magukat a csodálatos helyszínen.

A konferencia megvalósítását támogatta az MTA a Tudományos Társaságok 2026. évi támogatási pályázata keretében. Köszönet a 12 szponzornak, a MKE menedzsmentjének (Szabó Jánosnak és Schenker Beatrixnek), valamint a szervezőbizottságnak.

Keglevich György
szakosztályelnök



FŐ TÁMOGATÓK





Lezárult a fiatal kémikusok szakmai rendezvényeken való részvételének támogatására kiírt MKE-pályázat



FIATAL
KÉMIKUSOK
FÓRUMA

A pályázat célja a fiatal kémikusok bel- és külföldi szakmai rendezvényeken való részvételének támogatása. A Magyar Kémikusok Egyesülete Műszaki-Tudományos Bizottsága 2026-ban és 2025-ben az alábbi MKE-tagokat támogatta.

2026. 2. félévi rendezvények

Csontos Dániel	HUN-REN Wigner FK	European Symposium on Analytical Spectrometry (ESAS), 2026. augusztus 30. – szeptember 3. Budapest Magyarország	150 000 Ft
Stoffán György Nimród	BME	23rd International Symposium on Industrial Crystallization, 2026. szeptember 6–9. Budapest, Magyarország	150 000 Ft
Cseri Levente	Brain Vision Center	Tools and Concepts to Illuminate and Integrate Brain Development, Circuit Function, and Neurologic Disease, 2026. július 19–24. Lucca, Olaszország	150 000 Ft
Hajdú Dorottya Katalin	BME	14th EuroMabNet Meeting, 2026. szeptember 9–11. Vilnius, Litvánia	150 000 Ft
Tóth Ugyonka Helga	Eszterházy Károly Katolikus Egyetem	EMLG/JMLG Annual Meeting, 2026. augusztus 31. – szeptember 4. Glasgow, UK	150 000 Ft
Csomos Attila	ELTE	BOS – Balticum Organicum Syntheticum, 2026. június 28. – július 1. Tallin, Észtország	150 000 Ft

2026. 1. félévi rendezvények

Orosz János Máté	BME	Flow Chemistry Europe, 2026. április 16–17. Málaga, Spanyolország	150 000 Ft
Keresztes Barbara	ELTE	Chemistry and Physics at Low Temperatures (CPLT2026), 2026. augusztus 2–6. Bochum, Németország	150 000 Ft
Kovács Hilda	Szegedi Tudományegyetem	European Biological Inorganic Chemistry Conference (EuroBIC), 2026. július 12–16. Groningen, Hollandia	150 000 Ft
Bogyor Andrea	Babes-Bolyai Tudományegyetem	10th EuChemS Chemistry Congress, 2026. július 12–16. Antwerpen, Hollandia	425 EUR
Tormási Judit	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem	9th International Conference on Food Digestion, 2026. május 19–21. Gdansk, Lengyelország	150 000 Ft



Kristályosítási és Gyógyszerformulálási Kerekasztal, 2026

Nagy sikerrel rendezték meg a 2026. évi MKE Kristályosítási és Gyógyszerformulálási Kerekasztalt Balatonszemesen, a Richter Gedeon üdülőjében május 5–6-án. A mintegy 60 fős Kerekasztal idén is magas szakmai színvonalon és baráti hangulatban telt. A plenáris előadásokat

Gyógyszerhatóanyagok szemcseméret-mérésének és a szemcse-



méret-követelmény felállításának nehézségei címmel Farkas Ferenc és Solymos Tamás (Egis Gyógyszergyár Zrt.), valamint

A Kariprazin szájjában diszpergálódó tabletta fejlesztése és engedélyeztetése életciklus-menedzsment termékként címmel Konta Melinda (Richter Gedeon Nyrt.) tartották.

2026. május 22-én volt az ELTE TTK Kémiai Intézetének Pályaorientációs napja

A napon részt vett a Magyar Kémikusok Egyesülete is a Kémia mindenkinek program standjával. A rendezvény vendége volt Greiner István, a Richter Gedeon kutatási és fejlesztési igazgatója és Farkas Bertalan nyugalmazott dandártábornok, hazánk első





úrhajósa is. Az előadások közötti szünetekben alkalmi felállással fellépett az MKE tagjaiból álló Trícium zenekar, melynek tagjai ezúttal Szántay Csaba, Szidarovszky Tamás és Szabó János Zoltán voltak.

A látogatók örömmel jöttek a Kémia mindenkinek program standjához



A MAVESZ–Sz2A projektverseny döntője a Pannon Egyetemen

2025. május 16–17-én került sor a már második alkalommal megrendezett, *Zöldvegyérték* versenyként is ismert projektversenyre. A döntőbe 14 csapat jutott be, ahol az első nap 5 perces prezentációban mutatták be a projektet és a megállapításait. Ezután a standoknál a csapatok részletesebben beszéltek eredményeikről az érdeklődőknek és a zsűri tagjainak.

A 2025–26. évi MAVESZ–Sz2A projektverseny fődíjasai:

A Gesztenye-klub (Szinyei Merse Pál Gimnázium, Budapest); a projekt címe: Vadgesztenye-mosópor; felkészítő tanár: dr. Varga



Márta, Juhász Zsuzsanna; csapattagok: Bánkuti Jázmin, Visegrádi Gergely, Kurucsai Gergő, Szabó Zsombor és a Mi₃Da (Alternatív Közgazdasági Gimnázium, Budapest); a projekt címe: Bioműanyagok kémiai és fizikai tulajdonságai; felkészítő tanár: Várhegyi Barbara; csapattagok: Erhart Mihály, Gerendai Dorka, Juhász-Mezővári Milán, Labuschagne Dániel, Medveczky Mihály.



Különdíjban részesültek:

Vizes négyes (Győri SZC Baksa Kálmán Két Tanítási Nyelvű Gimnázium, Győr); a projekt címe: Győri és Győr környéki vizek analitikus vizsgálata; felkészítő tanár: Kalydi György, Kurcsics Rafaella; csapattagok: Géringér Dóra, Takács Johanna, Farkas Adél, Dömötör Boglárka, Varga Zétény

Veszélyes hulladékok (Batthyány Lajos Gimnázium, Nagykanizsa); a projekt címe: Vegyszerek megjelenése a tápnövényekben és a hatóanyagok jelenlétének vizsgálata kémiai módszerekkel; felkészítő tanár: Martonné Pálfalvi Katalin; csapattagok: Bencsik Károly István, Csinger Levente, Hortobágyi András, Jeszek Anna Eszter, Sztojók Dorka

Laborharcosok (BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest); a projekt címe: Zöld kémia a mezőgazdaságban; felkészítő tanár: Petri Judit, Siska Dávid; csapattagok: Frank Erik András, Gábrriel Zsófia, Mándoki Luca, Nádudvari Marcell, Panajotidisz Andreasz, Szuchovszky Bence

GombÁszok (Csongrádi Batsányi János Gimnázium, Csongrád); a projekt címe: A gombák ereje – fenntartható csomagolás a szebb jövőért; felkészítő tanár: Tábori Leventéné, Tábori Levente; csapattagok: Bárány Borbála, Deák Nóra, Kovács Karina, Bánfi Hanna

Az idei verseny közönségdíjasa:

Flavonoidok (Baktay Ervin Gimnázium, Dunaharaszti); a projekt címe: Gyulladás- és fájdalomcsillapító gyógyszerek és gyógynövények; felkészítő tanár: Márta-Lakatos Anita; csapattagok: Bodrogi Botond, Papp Dalma, Kurdi Izabella, Répás Valentina Gabriella, Pásztor Zita, Bakos Flóra.

Elérhetők a 2025/26-os kémiatanári workshopok felvételei

Bodó Jánosné Kati kémia-fizika szakos középiskolai tanár, mestertanár 2026. március 23-án az „Online workshop nem csak kémiatanároknak” sorozat keretében tartott *Chemo ludens* – a játékos kémikus címmel előadást. (<https://www.youtube.com/watch?v=KyqJ-LCL9EE>)





TÁMOGATÁS – fiatal kémikusok részvételére az ECIRM 2026 konferencián

<https://fkf.mke.org.hu/.../tamogatas-fiatal-kemikusok.../>

59. Komplexkémiai Kollokvium, Balatonszárszó, 2026. május 27–29.

A szokásos jó hangulatban telt a 59. Komplexkémiai Kollokvium, melyre az ország számos kutatóintézetéből és egyeteméről érkeztek a résztvevők.

Az érdeklődés minden bizonnyal annak is szólt, hogy a résztvevők 70. születésnapja alkalmából köszöntötték Fábíán István professzort az első napon (a képen középen).



Biztonságtechnika továbbképző szeminárium, Mátraszentimre, 2026. május 28–29.

Kiemelkedő érdeklődés mellett, mindegy 64 résztvevővel valósult meg a 2026. évi Biztonságtechnika továbbképző szeminárium. Az

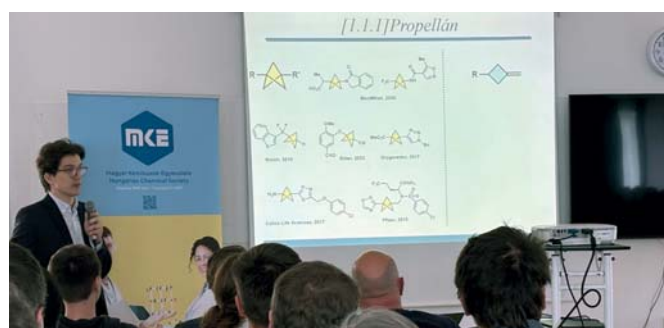


A második nap szünetében (fotó: Szabó János Zoltán)

értékelő kérdőív szakmai és szervezési szempontjaira a résztvevők átlagosan 4,9-es pontszámot adtak az 1–5-ös skálán, így hamar eldőlt, hogy 2027. június 3–4. között ugyanitt lesz a következő szeminárium. Idén végre a csapatépítő túrát is meg lehetett valósítani a kedvező időjárásnak köszönhetően! A továbbképzés előadásainak anyaga letölthető a honlapról: <https://biztonsagtechnika.mke.org.hu/>

Heterociklusos és Elemorganikus Kémiai Munkabizottság ülés

Június 1–3. között Balatonszemesen tartotta 2026. évi ülését az MKE és az MTA Heterociklusos és Elemorganikus Kémiai Munkabizottság. A több mint 120 résztvevővel megrendezett ülésen idén is sok fiatal mutatta be kutatásait.



HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL LXXXI. No. 7–8. July–August

CONTENTS

MKE's General Meeting 2026	198
<i>Comparison of lithium-ion and vanadium redox flow batteries: power and utilization scenarios</i>	215
MÁTÉ SCHMIDT and RÓBERT KUN	
<i>Let's apply for a patent... But where and how?</i>	221
JÁNOS ÓRI	
<i>Brief overview of the Radiological Monitoring and Data Acquisition Network's activities</i>	223
SZABOLCS OSVÁTH et al.	
<i>Michelin's premium tires are produced in Hungary</i>	226
ATTILA NEMES and ELEONÓRA SZIRBIK	
<i>Marking pipelines. From color bands to ISO 20560 global industry standard</i>	227
TAMÁS AGÁRDI	
<i>The asbestos issue. Are we living in the middle ages?</i>	229
CSABA ÁGOSTON	
<i>Amedeo Avogadro, after whom Avogadro's number is named, was born 250 years ago</i>	233
GYÖRGY BAZSA	
<i>Book review. The Elements of Power by Nicolas Niarchos</i>	237
GÁBOR LENTE	
<i>Asbestos textiles?</i>	238
CSABA KUTASI	
<i>Chembits</i>	240
GÁBOR LENTE	
<i>Publication of the month</i>	242
<i>News of the month</i>	243

Chemistry Europe Travel Grant

A Chemistry Europe Program supporting Early-Career
Researchers on their Scientific Journey

Empowering the Next Generation of Chemists



15

Member countries
selecting awardees
annually



€2,000

Travel Support
per recipient



1-2

Months Abroad

Who can apply?



Be at least two years post-PhD



Be a member of a participating Chemistry
Europe society



Be planning a formative stay in a research
institution outside your country of residence

Why should you apply?



Increase your visibility and connect, present
and lead on the world stage



Connect with the Chemistry Europe
Community by visiting laboratories at the
forefront of scientific research



Enhance your career and start networking
with scientists all over the world

Grant details



Compatible with other funding

The grant can be combined with any other
financing obtained to support your stay



12 months to use the award

The grant can be used for a period of 12
months after the date of the award

*"The Grant is a wonderfully straight-forward funding
opportunity to create lasting connections within and beyond
one's research community worldwide."*

- Katharina Ehrmann, GÖCH, March 2026



How to apply

1. Prepare your **CV**, a **motivation letter**, and a list of
your **five key publications**.
2. Apply through your **National Chemistry Europe
society**. (Please check with your society for submission
instructions.)

APPLICATIONS ARE OPEN UNTIL

October 15, 2026

*This award recognizes the collaboration between young, talented researchers and
leading principal investigators in the European scientific community*

Ready to take your research further?



Scan the QR code

to check your eligibility or visit our
site to learn more [chemistryviews.org/
chemistry-europe-travel-grant](https://chemistryviews.org/chemistry-europe-travel-grant)



Megbízható Mennyiségi Meghatározás

Minden komponens, mátrix és felhasználó esetében

A tudományos és üzleti célok elérése csak megbízható eredmények birtokában lehetséges.

A felhasználási területtől függetlenül a Thermo Scientific™ TSQ hármaskvadrupól tömegspektrometriás rendszerei kiemelkedő precizitást biztosítanak a mennyiségi meghatározási feladatokra. Nagy felbontású SRM üzemmód, robusztusság, megbízhatóság és érzékenység egy készülékben, mely segítségével minden felhasználó a mérendő komponenstől vagy a mátrixtól függetlenül megbízható mérési eredményekhez juthat.



Thermo Scientific™ TSQ Altis™ hármaskvadrupól tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Quantis™ hármaskvadrupól tömegspektrométer



Thermo Scientific™ TSQ Fortis™ hármaskvadrupól tömegspektrométer

További információk:

thermofisher.com/confidentquantitation

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.
1144 Budapest, Kőszeg utca 29.
Telefon: +36 1 221 5536
E-mail: unicam@unicam.hu
Web: www.unicam.hu

UNICAM
Magyarország Kft.