

A TARTALOMBÓL:

- Hidrogéntöltő állomások
Tatabányán és Kaliforniában
- Atomerőművek működése
– egyszerűen
- Krio-elektronmikroszkópos
kutatások
- A fogyasztószer, amely
nem növeli a tömeget



MAGYAR KÉMIKUSOK LAPJA

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

Irinyi-verseny – 2023



nka

Nemzeti Kulturális Alap

A lap megjelenését
a Nemzeti Kulturális Alap
támogatja

A kiadvány
a Magyar Tudományos Akadémia
támogatásával készült

communications chemistry

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s42004-023-00836-2>

OPEN

Systematic screening of gas diffusion layers for high performance CO₂ electrolysis

Angelika Anita Samu^{1,2}, Imre Szenti³, Ákos Kukovecz³, Balázs Endrődi¹✉ & Csaba Janáky^{1,2}✉

¹Department of Physical Chemistry and Materials Science, University of Szeged, Rerrich Square 1, Szeged H-6720, Hungary. ²eChemides Zrt, Alsó Kikötő sor 11, Szeged H-6726, Hungary. ³Department of Applied and Environmental Chemistry, University of Szeged, Rerrich Square 1, Szeged H-6720, Hungary. ✉email: endrodib@chem.u-szeged.hu; janaky@chem.u-szeged.hu

COMMUNICATIONS CHEMISTRY | (2023)6:41 | <https://doi.org/10.1038/s42004-023-00836-2> | www.nature.com/commschem

Certain industrially relevant performance metrics of CO₂ electrolyzers have already been approached in recent years. The energy efficiency of CO₂ electrolyzers, however, is yet to be improved, and the reasons behind performance fading must be uncovered. The performance of the electrolyzer cells is strongly affected by their components, among which the gas diffusion electrode is one of the most critical elements. To understand which parameters of the gas diffusion layers (GDLs) affect the cell performance the most, we compared commercially available GDLs in the electrochemical reduction of CO₂ to CO, under identical, fully controlled experimental conditions. By systematically screening the most frequently used GDLs and their counterparts differing in only one parameter, we tested the influence of the microporous layer, the polytetrafluoroethylene content, the thickness, and the orientation of

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



Journal of Alloys and Compounds

Journal of Alloys and Compounds 945 (2023) 169293

Ammonia borane assisted mechanochemical boost of electrochemical performance of basal planes of MoS₂-type materials

Nikola Biliškov^{a,b,*}, Igor Milanović^{a,c}, Miloš Milović^d, Viktor Takáts^e, Zoltán Erdélyi^f

^aRuder Bošković Institute, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb, Croatia

^bMcGill University, Department of Chemistry, 801 Sherbrooke St W, Montreal, Canada

^cVinča Institute of Nuclear Sciences, National Institute of Republic of Serbia, Centre of Excellence for Renewable and Hydrogen Energy, The University of Belgrade, POB 522, 11000 Belgrade, Republic of Serbia

^dInstitute of Technical Sciences of SASA, Belgrade, Republic of Serbia

^eInstitute for Nuclear Research, Debrecen, Hungary

^fDepartment of Solid-State Physics, Faculty of Sciences and Technology, University of Debrecen, P.O. Box 400, H-4002 Debrecen, Hungary

ARTICLE INFO

ABSTRACT

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





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

Szerkesztőség:

Felelős szerkesztő: KISS TAMÁS
[SZEKERES GÁBOR] örökös főszerkesztő
Olvasószerkesztő: SILBERER VERA
Tervezőszerkesztő: HORVÁTH IMRE

Szerkesztők:

ANDROSITS BEÁTA, BANAI ENDRE,
DOBÓ DORINA, KEGLEVICH KRISTÓF,
LENTE GÁBOR, NAGY GÁBOR,
PAP JÓZSEF SÁNDOR, ZÉKÁNY ANDRÁS
Szerkesztőségi titkár: SÜLI ERIKA

Szerkesztőbizottság:

SZÉPVÖLGYI JÁNOS,
a szerkesztőbizottság elnöke,
BIACS PÉTER, BUZÁS ILONA,
HANCSÓK JENŐ, JANÁKY CSABA,
KALÁSZ HUBA, KEGLEVICH GYÖRGY,
KOVÁCS ATTILA, MIZSEY PÉTER,
NEMES ANDRÁS, ifj. SZÁNTAY CSABA,
SZABÓ ILONA, TÖMPE PÉTER,
ZÉKÁNY ANDRÁS

Kapják az Egyesület tagjai és a megrendelők
A szerkesztésért felel: KISS TAMÁS

Szerkesztőség: 1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-225-8777, 36-1-201-6883
Fax: 36-1-201-8056
E-mail: mkl@mke.org.hu

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

Terjeszti a Magyar Kémikusok Egyesülete
Az előfizetési díjak befizethetők a CIB Bank
10700024-24764207-51100005 sz.
számlájára „MKL” megjelöléssel
Előfizetési díj egy évre 10200 Ft
Egy szám ára: 850 Ft. Külföldön terjeszti
a Batthyany Kultur-Press Kft.,
H-1014 Budapest, Szentháromság tér 6.
1251 Budapest, Postafiók 30.
Tel./fax: 36-1-201-8891, tel.: 36-1-212-5303

Hirdetések-Anzeigen-Advertisements:
SÜLI ERIKA

Magyar Kémikusok Egyesülete,
1015 Budapest, Hattyú u. 16.
Tel.: 36-1-201-6883, fax: 36-1-201-8056,
e-mail: mkl@mke.org.hu

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

Index: 25 541
HU ISSN 0025-0163 (nyomtatott)
HU ISSN 1588-1199 (online)
DOI: 10.24364/MKL.2023.06

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



Végre elérkezett a sokunk által várt nyár első hónapja. A Gergely-naptár szerint a június az év hatodik hónapja. Nevét Junóról, Jupiter feleségéről kapta, aki a szülés és a házasság istennője a mitológia szerint. A 18. századi nyelvújítók termenesnek mondták, a népi kalendárium Szent Iván havának nevezi. A június 23-áról 24-ére virradó este Szent Iván éjszakája, más néven nyárközép-éjszakai elnevezése ismert. Az egyik legpogányabb ünnepnek tartják a történészek, de ma Keresztelő János napjához kötődik. Napjainkban a nyári napforduló június 21-ére esik, ami a csillagászati nyár kezdete, de korábban 24-ére esett. Az eltérések a tropikus időszámítási mód és a korábbi naptárreformok miatt alakultak ki. A napfordulóhoz világszerte különböző ünnepek kapcsolódnak, ugyanis ez az év legrövidebb éjszakája, amely a fény és a sötétség váltakozása miatt mágiikus eredettel bír. Régen az emberek nagy tüzeket raktak, hogy elűzzék a sötétséget, mely az elmúlást jelenti, a fény pedig a megújulást hozta. Különböző népszokások kapcsolódnak ehhez a naphoz, illetve a tűzhez. A hagyomány szerint hatalmas örömtüzeket gyújtottak és körbetáncolták azokat, a bő termés reményében pedig égő faágakkal kerülték meg a szántóföldeket vagy lángoló kerekeket gurítottak le a dombokon. Az éjszakához kapcsolódó leghíresebb alkotás William Shakespeare nevéhez fűződik: a Szentivánéji álom 1595-ben született. A művet 1863-ban Arany János fordította magyarra, és nemrégiben jelent meg Nádasy Ádám modern fordítása.

A Magyar Kémikusok Lapja is emlékezetes cikkekkal köszönti ezt a hónapot. A júniusi számban többek között olvashatunk Braun Tibor jóvoltából a paradigmátikus kémiai elnevezésekről, illetve arról a fogyasztószerről is, „amely nem növeli a tömeget és nem választ szét”. Ez utóbbi érdekes írást Csupor Dezsőnek köszönhetjük. Kutasi Csaba a ballisztikus védelemre alkalmas öltözékekről és kiegészítőkről, Lente Gábor a hidrogéntöltő állomások létesítéséről oszt meg értékes információkat a lap olvasóival. Az első jelentős magyarországi krio-elektronmikroszkópos szerkezetmeghatározásról és a módszertől várható fontos eredményekről Perczel András beszél egy interjúban. Radnóti Katalin és Király Márton kétrészes cikkében most az atomenergia előállításának hagyományos módszereiről, a következő számban a fejlett reaktorok alap típusairól ír majd. Júniusban Silberer Verával sétálhatunk a tudomány körül, Huygens nyomában.

Fogadják szeretettel a lap júniusi számát, mely sok értékes percet fog adni az Olvasóknak.

2023. június

Dobó Dorina Gabriella
egyetemi adjunktus

Szegedi Tudományegyetem Gyógyszertechnológiai és Gyógyszerfelügyeleti Intézet

TARTALOM

HONNAN LESZ ENERGIÁNK?	
Lente Gábor: Hidrogéntöltő állomások Tatabányán és Kaliforniában	166
Király Márton, Radnóti Katalin: Az atomerőművek működéséről egyszerűen, típusaik és jövőjük. Első rész	168
VEGYIPAR ÉS KÉMIATUDOMÁNY	
Az első magyar krio-elektronmikroszkópos címlapsztori. Beszélgetés Perczel András professzorral	174
KITEKINTÉS	
Csupor Dezső: Ködpiszkáló. A fogyasztószér, amely nem növeli a tömeget és nem választ szét	176
Kutasi Csaba: Ballisztikus védelemre alkalmas védőöltözékek és kiegészítők	177
SÉTÁK A TUDOMÁNY KÖRÜL	
Silberer Vera: Huygens a Parnasszuson	183
VEGYIPAR- ÉS KÉMIATÖRTÉNET	
Braun Tibor: Paradigmatikus névadás és elnevezések a kémiában	187
VEGYÉSZLELETEK	
Lente Gábor rovata	188
A HÓNAP KÉMIAI PUBLIKÁCIÓJA	190
A HÓNAP HÍREI	191



Címlapunkos:
Irinyi János
Országos Közép-
iskolai Kémiaaverseny
– 2023
(fotó: Bódi Sándor)

Lente Gábor

Hidrogéntöltő állomások Tatabányán és Kaliforniában

Tavaly novemberben jelent meg a 1544/2022. (XI. 16.) Kormányhatározat Magyarország projektjavaslatainak az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz 2021. évi CEF2 Alternatív Üzemanyag-töltő infrastruktúra fejlesztése harmadik körös pályázati kiírására történő benyújtásáról.[1] Ennek első három tétele autók elektromos töltését szolgáló eszközök fejlesztése, a legnagyobb beruházás leírásában viszont ez olvasható:

„A projekt célja a Tatabánya Óváros M1 autópálya-lehajtó parkoló helyszínén egy 17 állásos, a jelenleg elérhető maximum teljesítményű, 350 kW-os villám-töltő rendszer telepítése és hálózati csatlakozás kiépítése, valamint hazánk hidrogénstratégiájának megvalósításához a kamionok és haszonjárművek töltésére alkalmas első nyilvános hidrogéntöltő állomás kiépítése.”

A kormányrendelet szerint a célhoz rendelt teljes költségvetés 3 757 695 000 Ft, ebből 1 981 670 000 Ft-ot biztosítana a beadott európai pályázat, ha elnyerik. Ez az írás a terv hidrogéntöltő állomást tartalmazó részéhez nyújt háttérinformációt. Az állomás létesítése különösen érdekesnek ígérkezik annak a fényében, hogy habár ez eredeti tervekhez képest kicsit késve és vitáktól övezve, de az Európai Unió Tanácsa jóváhagyta azt a tervet, amely szerint 2035-től tilos lesz szén-dioxidot kibocsátó járműveket árusítani. Ez számos sajtótermékben úgy jelent meg, hogy a mai Magyarországon egyetlen valós alternatívaként ismert elektromos autók korszaka jön majd el a rendelkezés életbe lépésével, de valójában a hidrogénhajtás legalább ugyanilyen komoly lehetőségnek számít.

Magyarország első hidrogéntöltő állomását a Linde cég 2021. április 29-én avatta fel budapesti telephelyén, a IX. kerületi Illa-

A Linde budapesti telephelyén lévő, nem nyilvános hidrogéntöltő állomás



tos úton.[2] A bemutatót mind a sajtó, mind a politika élénk figyelemmel kísérte, de néhány fontos részlet mégis elsikkadt a beszámolókból. Az egyik ilyen az, hogy a Linde telephelye nincs nyitva a vásárlók előtt, tehát a már idézett kormányhatározat szövegében egyáltalán nem tévedés a tervre *első nyilvános hidrogéntöltő állomásként* hivatkozni. A bemutató során megtankolt autót a beszámoló szerint egy Toyota Mirai volt. Az eseményen jelen lévő beszámolója szerint azonban a teljes feltöltés valójában órákig tartott egy műszaki probléma miatt: az autót hidrogéntankját 70 MPa nyomású töltésre tervezték, de a Linde ennél kisebb, 35 MPa-os állomást épített meg. Így a jármű elektronikája tankolás közben a számára túl kicsi nyomás miatt biztonsági okokból rendszeresen leállította a folyamatot. A Magyarországhoz legközelebbi közüzemű hidrogéntöltő állomás jelenleg Bécsben van, ezért a Toyota Mirainak Magyarországon listaára sincsen. Az amerikai kereskedőknél a legszerűbb kiépítettség ára kb. 50 000 USA dollár, vagyis 2023. májusi árfolyamon számolva mintegy 17 millió forint.

A tömegközlekedésben egy szűk évvel később történt meg az első törpelépés: 2022. február 11-től március 6-ig Kőbánya-Kispest és Vecsés között a Volánbusz Solaris Urbino 12 Electric H2



A Kőbánya-Kispest és Vecsés között 2022 elején egy hónapig közlekedő, hidrogénalapú tüzelőanyag-elemmel és elektromotorral működő autóbusz

típusú autóbuszokkal szállított utasokat, a híradások szerint ez volt Magyarországon a legelső hidrogén-üzemanyagcellás busz a közösségi közlekedésben.[3] A lengyel Solaris cég egyébként gyárt elektromos és hibrid hajtású buszokat is, a minél kisebb károsanyag-kibocsátás az egyik legfőbb stratégiája.[4]

A kormányrendeletben megadott információ szerint a pályázatot a Ral Elektro Kft. cég adta be.[5] A Magyar Kémikusok



Lapja megkereste a vállalkozást és további információt kért a tervezett hidrogéntöltő állomás műszaki részleteiről, de válaszában a cég elzárkózott ezek megosztásától. A Ral Elektro Kft. weboldala szerint bő 15 éve létezik, fő profilja az elektromos kivitelezői tevékenység, szolgáltatásai között épületvillamossági kivitelezés, ipari világítástechnika, épületfelügyeleti rendszerek, gyengeáramú rendszerek és karbantartás szerepelnek. Furcsa módon korábbi tevékenységei között nem szerepel ipari gázok forgalmazása, noha hidrogéntöltő állomásokat tipikusan a terület cégóriásai tartanak fenn: a Magyarországon is aktív Lindén kívül az Air Liquide és az Air Products is nevezetesek ilyen fejlesztéseikről.

A kormányhatározatban megjelent pályázati összegek nem teljesen felelnek meg azoknak az (amerikai) piaci áraknak, amelyek az interneten fellelhetők. Egy 350 kW-os villám-töltő egyedi telepítésének költsége legfeljebb 150 000 USA dollár,[6] míg egy nagy teljesítményű hidrogéntöltő állomást Kalifornia állam darabonként jóval 2 millió dolláros költség alatt épít.[7] Ha a villám-töltő egyedi költségét 17-tel szorozzuk (noha a sorozattelepítés bizonyosan csökkenti a fajlagos költségeket) és a kaliforniai átlagnál drágább, 2 millió dolláros hidrogénkúttal számolunk, az összesített költség 4,55 millió dollár, vagyis 2023. áprilisi árfolyamon 1,55 milliárd forint. Tehát már a kormányhatározatban szereplő igényelt támogatás önmagában is kb. 30%-kal meghaladja az így – minden bizonnyal eleve nagy túlzással – számolt összköltséget, a teljes költségvetésként leírt szám pedig mintegy két és félszerese ennek.



Nyilvános hidrogéntöltő állomás Santa Monicában (Kalifornia, USA)



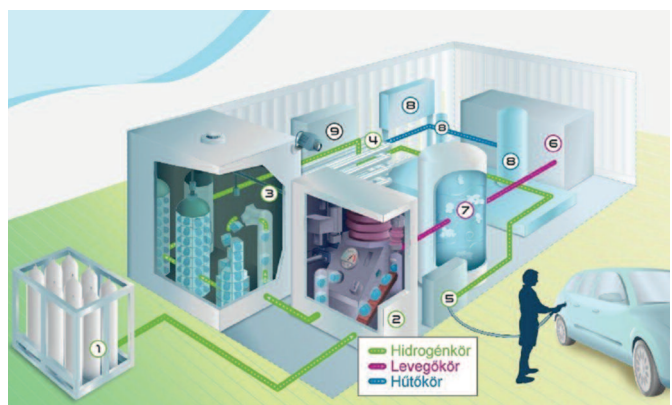
Nyilvános hidrogéntöltő állomás Santa Monicában (Kalifornia, USA)



Nyilvános hidrogéntöltő állomások Los Angeles nagyvárosi körzetében (USA Energiaügyi Minisztérium)

Az USA Kalifornia államának példáját érdemes tanulmányozni, mert ott már 2022 szeptemberében is 53 nyilvános hidrogéntöltő állomás működött, így észszerű lehetőség a hidrogénüzemű autó vásárlása. Példaként az egyik mellékelt ábra az amerikai Energiaügyi Minisztérium adatbázisa alapján bemutatja, hogy Los Angeles területén hol lehet hidrogént tankolni.[8] Két másik fényképen egy Santa Monicában lévő hidrogéntöltő állomás szerepel. A közeli fotón látható, hogy eredetileg két töltőpisztoly volt az állomáson, de ezek közül csak a H70 jelű üzemel. A jelölésben a H természetesen a hidrogén elemet jelenti, míg a 70-es szám a töltőnyomás MPa egységben. A már leszerelt pisztoly fölött a korábbi képek szerint a H35 felirat volt, vagyis ott 35 MPa nyomással lehetett üzemanyagot tölteni. A fotókról az is jól látszik, hogy az állomás nemcsak a töltőhelyet jelenti, hanem mögötte egy igen terjedelmes, zárt rész van, amelyet a jelzések robbanásveszélyesnek minősítenek.

A zárt részen belüli szerkezetek egyszerű elvi sémáját külön ábra mutatja be az Air Liquide cég adatai alapján.[9] Látható, hogy ugyan az autóban a tank 70 MPa nyomást tart fenn, már az állomáson is ennél enyhébb körülmények között tárolják a nagy mennyiségű hidrogént. Ezért a szerkezetben jelentős nyomásnövelésre van szükség, amelyhez hidrogénkompresszor mellett egyidejűleg nagy nyomású levegőt is használnak, és a kettős kompresszió miatt hatékony hűtésre is folyamatosan szükség van.



Egy hidrogéntöltő állomás működési vázlatja (Air Liquide). Jelmagyarázat: 1) Külső hidrogéntartály. 2) Hidrogénnyomásnövelő. 3) Pufferrendszer a hidrogénoldalon. 4) Hőcserélő. 5) Hidrogénadagoló. 6) Levegőkompresszor. 7) Pufferrendszer a levegőoldalon. 8) Hűtőegység. 9) Vezérlőszekrény

70 MPa nyomáson és szobahőmérsékleten a hidrogén sűrűsége 39 kg/m³,[10] ami már elég jelentősen eltér az ideális gáztörvény alapján várható 57 kg/m³-es értéktől. Egy második gene-



rációs Toyota Mirai három hidrogéntankjának összesített térfogata 141 liter, vagyis teljesen feltöltve kb. 5,5 kg H₂ van benne. Ez elég csekély hányada a 100 kilogrammot is megközelítő teljes tanktömegnek, de még mindig jóval kevesebb holt súlyt jelent, mint egy tipikus elektromos autó akkumulátora. Normál használatban ennyi hidrogénnel mintegy 600 kilométert lehet vezetni, de optimális körülmények között jelentősen csökkenthető a fogyasztás: a rekordot 2021 augusztusában állították fel, amikor egy ilyen autó 1360 kilométert tett meg újratöltés nélkül.

Habár csúcspdöntési kísérletet Magyarországon még sokáig nem lehet majd tervezni, jó lenne, ha hazánkban is megkezdődne a fejlettebb országokban már terjedőben lévő technológiák átvétele és a nyilvános hidrogéninfrastruktúra kiépítése. Afelől nincs semmilyen kétség, hogy kezdetben ehhez jelentős állami szerepvállalásra lesz szükség. ●●●

HIVATKOZÁSOK

[1] <https://jogkodex.hu/doc/5579123>

[2] <https://www.lindegas.hu/hu/news/linde-hidrogen.html>

[3] <https://villanyautosok.hu/2022/02/09/forgalomba-all-az-also-hidrogenbusz-magyarorszagon/>

[4] <https://www.solarisbus.com/>

[5] <https://ralelektro.hu/>

[6] <https://evsafecharge.com/what-you-need-to-know-about-ev-dc-fast-charger-costs/>

[7] <https://www.energy.ca.gov/news/2020-12/energy-commission-approves-plan-invest-115-million-hydrogen-fueling>

[8] https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_locations.html#/find/nearest?fuel=HY

[9] <https://h2me.eu/about/how-an-hrs-works/>

[10] <https://webbook.nist.gov/>

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

Király Márton – Radnóti Katalin

■ Energiatudományi Kutatóközpont

■ ELTE TTK Fizikai Intézet

Az atomerőművek működéséről egyszerűen, típusaik és jövőjük

Első rész

Az 1960-as évektől az atomerőművek jelentős szerephez jutottak a villamosenergia-termelésben. Az atomerőművek által termelt villamos energia – amely a világban termelt villamos energia 12%-át adja – jelenleg egymilliárd emberhez jut el. A világ több mint harminc országában található atomerőművek, főleg a fejlett gazdaságú (OECD) országokban. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) 2022-es jelentése szerint világszerte 438 atomerőmű működött, 351 327 megawattos teljesítménnyel, 2447,5 terrawattóra elektromos energiát állítva elő.

Az atommaghasadás 1938-as felfedezése után a kor nagyhatalmai (Franciaország, Egyesült Királyság, Németország, Egyesült Államok, Szovjetunió) felismerték, hogy ez a fizikai folyamat lehetőséget adhat a katonai célú alkalmazásra. Ezzel párhuzamosan a tudósok azon dolgoztak, hogy a maghasadás során felszabaduló energiát békés célokra is fel lehessen használni. Ezeket a törekvéseket siker koronázta, és az 1960-as évektől több olyan atomerőmű-típust fejlesztettek ki, amely kereskedelmi forgalomba kerülhetett.

Az 1970-es években épített erőművek élettartamának közelgő vége, az energiaellátás biztonságának növekvő fontossága, valamint a globális klímaváltozás kockázata megújították a közgondolkodást, és újabb nukleáris beruházások indultak be. Ugyanakkor az atomenergia megítélése gyorsan változik. A Fukusimában történt baleset hírére a közvélemény és néhány ország ismét elfordult az atomenergia felhasználásának lehetőségétől [1]. A hazánkban előállított villamos energia mintegy 50%-a származik atomenergiából, melyről országunk az elkövetkező évtizedekben sem szándékozik

lemondani. A Pakson épített erőművek üzemideje a végéhez közeledik, meghosszabbításuk folyamatban van, kiváltásukhoz a meglévő kapacitások bővítésére van szükség [2] [3].

Jelenleg a legnagyobb kihívást a jövő lehetséges atomerőműveinek – az úgynevezett negyedik generációs elképzelések – megvalósítása, tenyésztő- és gyorsreaktorok tervezése és megépítése jelenti, melyek alapvetően átalakíthatják az atomenergiához fűződő viszonyunkat.

Kétrészes írásunk első részében az atomenergia előállításának fizikai alapjairól és felfedezésük főbb lépéseiről adunk áttekintést. A második részben a jelenleg működő és a tervezés alatt álló atomerőmű-típusokról adunk rövid ismertetést.

A jelenleg energetikai céllal működő atomerőművek esetében a maghasadás és a szabályozott láncreakció azok az alapvető magfizikai folyamatok, amelyek energiatermelés (valójában energiaátalakítás) céljára felhasználhatók.

A maghasadás

Otto Hahn felfedezése nyomán Lise Meitner és unokaöccse, Otto Robert Firsch a cseppmodell, az úgynevezett félempirikus atommagmodell felhasználásával megmutatták, hogy a maghasadás folyamata ténylegesen végbemehet, sőt körülbelül 200 MeV energia szabadulhat fel. Ők vezették be a maghasadás fogalmát is [4]. A hasadványok minden esetben *radioaktív*ak voltak. Ennek oka az, hogy a hasadás során keletkező magokban a proton-neutron



arány nem nagyon változik meg. A periódusos rendszer elején található elemek atommagjaiban, az úgynevezett könnyű magok esetében, közel azonos a protonok és a neutronok száma, míg az egyre nagyobb rendszámú, az atommagjukban több protont tartalmazó atommagok esetében egyre nő a neutronok aránya. Az oxigén legstabilisabb izotópjában 8 proton és 8 neutron található, a 26-os rendszámú vas leggyakoribb izotópjának tömegszáma 56, a magban 30 neutron van, arányuk 53,5%, míg a 92-es rendszámú urán legstabilisabb 238-as tömegszámú izotópjában 146 neutron van, ami a nukleonok 61%-a. A könnyebb elemekben a neutronok aránya kevesebb, mint az uránban, ezért amikor az uránból könnyebb elemek keletkeznek maghasadással, a neutronok feleslegben lesznek. Ez a felesleg egyrészt kibocsátódik, másrészt radioaktív bomlások révén közeledik az egyensúlyi állapot felé. Ugyan a hasadás során szabadulnak fel neutronok, az urán esetében átlagosan 2,4 darab, de a hasadványokban még akkor is marad bőven neutronfelesleg. Ezért ezek a magok mind β -bomlással állítják helyre a megfelelő proton-neutron arányt, melyet γ -sugárzás követ.

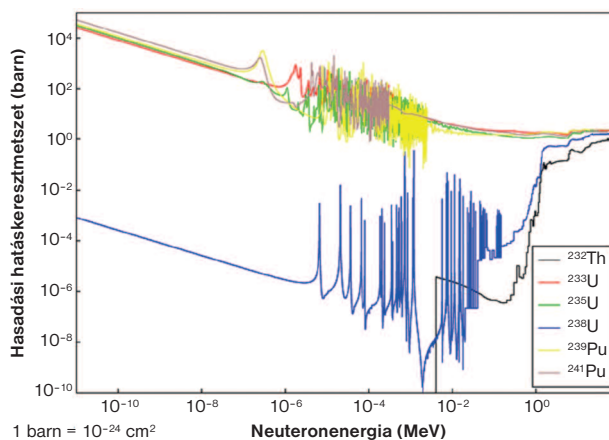
A nukleáris láncreakció

A neutronokkal működő láncreakció ötlete Szilárd Leótól (1898–1964) származik. Ő vetette fel elsőként 1933-ban, hogy ha találnának egy olyan izotópot, amelynek atommagjából egy neutron befogásának hatására egynél több neutron keletkezne, akkor ez a folyamat felhasználható lenne nukleáris láncreakció előidézésére. A láncreakció kifejezést Szilárd egyes kémiai folyamatokra alkalmazott szakkifejezésből kölcsönözte. 1934. március 12-én szabadalmat jelentett be a neutronokkal kiváltott láncreakcióra. A szabadalmi leírásban a neutronokat megduplázni képes elem lehetőségként Szilárd a berilliumot, a brómot és az uránt javasolta. A Brit Admirális a szabadalmat 440023 szám alatt megadta, és Szilárd kérésére titkosította. Ezután Szilárd több kiegészítést, illetve pontosítást nyújtott be a szabadalmához. Megemlítette, hogy az önfenntartó láncreakció csak egy kritikus tömeg felett lehetséges, ugyanis az adott térfogatban keletkező neutronok számának felül kell múlnia a felületen át kiszökő neutronok számát, ami csak egy minimális méret felett lehetséges. 1938 szeptemberében Szilárd az Egyesült Államokba költözött.

A dán Niels Bohr (1885–1962) Otto Frisch révén (aki nála dolgozott Koppenhágában) folyamatosan értesült Hahn és Meitner maghasadással kapcsolatos kísérleteiről és eredményeiről. Bohr 1939. január 16-án érkezett New Yorkba. Utazásának célja az volt, hogy részt vegyen egy elméleti fizikai konferencián Washingtonban, amelynek témája az alacsony hőmérsékletű fizikája volt. A konferenciát George Gamow (1904–1968) és Teller Ede (1908–2003) szervezte január 26. és 28. között. A washingtoni konferencia előzetes programját az elnöklő Gamow megváltoztatta, és Bohrnak adta meg a szót, ezzel a maghasadás került az érdeklődés középpontjába.

A konferencia befejezésének napján több laboratórium hozzálátott a maghasadás megerősítéséhez, és sikerült azt is kimutatniuk, hogy közben neutronok szabadulnak fel, melyeket Szilárd Leó korábban megjósolt. Egy hasadásban a keletkező neutronok száma 0 és 5 között változhat, átlagosan 2,4 szabadul föl.

Bohr és Wheeler megállapították, hogy a természetes uránban a kis mennyiségben (0,71%-ban) előforduló 235 tömegszámú izotóp sokkal nagyobb valószínűséggel hasad, mint a 238 tömegszámú (99,28%-ot kitevő) izotóp. A 238-as tömegszámú izotóp leginkább nagy energiájú neutronok hatására hasad, viszont a

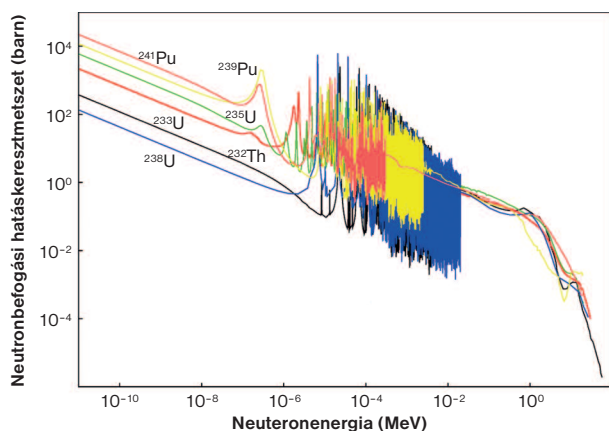


1. ábra. Egyes izotópok hasadási hatáskeresztmetszetének változása a neutron energiájának függvényében (<https://universe-review.ca/I14-03-crosssection.png>)

235-ös tömegszámú kis energiájúak hatására is, ezért jó nukleáris üzemanyag (1. ábra).

A reaktorfizikában a *hatáskeresztmetszet* (σ) segítségével fejezik ki annak a valószínűségét, hogy az egyes atommagok különböző magreakciókban (neutron vagy proton befogása, hasadás, rugalmas vagy rugalmatlan szóródás stb.) vegyenek részt. Ha az atommagot a klasszikus mechanika fogalmai szerint képzelnénk el, akkor a hatáskeresztmetszetet tekinthetnénk az atommag keresztmetszetének, az atommagot körülvevő magerőternek. A valóságban azonban az atommag valós méretének semmi köze ehhez az értékhez (!), mivel bonyolult kvantummechanikai effektusok is fellépnek, amelyek eldöntik, hogy valóban bekövetkezik-e az adott reakció. Mindezeket figyelembe véve adódik ki a σ hatáskeresztmetszet, melyet ténylegesen számítással és empirikusan határoznak meg. Ez felület dimenziójú mennyiség, mely például a neutronfluxus (egy adott felületen időegységenként áthaladó neutronok száma) leárnyékolásának feleltethető meg. Mivel az atommagok sugara 10^{-12} cm (10^{-14} m) nagyságrendű, a hatáskeresztmetszet egysége, a barn, 10^{-24} cm². A szokásos felületegységek helyett az SI rendszer a magfizikában és a reaktorfizikában – kivételesen – megengedi ezt a már régóta használatos egységet. A hatáskeresztmetszetek additívak, a különböző típusú magreakciók együttes hatáskeresztmetszete a rész-hatáskeresztmetszetek összege. Például, a neutronabszorpció hatáskereszt-

2. ábra. Egyes izotópok neutronbefogási hatáskeresztmetszetének változása a neutron energiájának függvényében. A középső tartományban látszanak a rezonanciák (http://www.nuclear-power.net/wp-content/uploads/2014/11/capture_cross_section.jpg)





metszetet a befogási és a hasadási hatáskeresztmetszet összege. Az egyes hatáskeresztmetszetek függnek továbbá a résztvevő partnerek (például mozgási) energiájától is.

A hatáskeresztmetszet-energia függvények esetében megfigyelhető keskeny csúcsokat rezonanciáknak nevezünk, amelyeken belül a hatáskeresztmetszet nagyon szűk energiatarományon belül nagyon nagy értékre ugrik fel. Ennek az az oka, hogy az ilyen energiájú neutronok az összetett mag valamelyik energiaállapotát gerjesztik, ezért könnyen elnyelődnek [5]. Az atommag esetében mind a protonok, mind pedig a neutronok csak meghatározott energiaszinteken lehetnek, hasonlóan az elektronburok elektronjaihoz. Az elektronok estén ennek eredménye az atomok vonalas színképe, jelen esetben pedig a neutronbefogási rezonanciák. Nézzünk meg néhány ilyen függvényt (**2. ábra**)!

Földünkön egyetlen olyan természetesen előforduló izotóp található, amely lassú neutron hatására könnyen képes elhasadni és új neutronokat termelni, ez a *235-ös tömegszámú uránizotóp*. Emellett három olyan izotóp állítható elő neutronbefogással az atomreaktorokban, melyek hasonló céllal felhasználhatók, a *plutónium 239-es és 241-es izotópja az urán 238-as (túlsúlyban lévő) izotópjából, valamint az urán 233-as tömegszámú izotópja, amely a tórium 232-es izotópjából keletkezik. Ezekről a későbbiekben lesz szó.*

Az első önfenntartó nukleáris láncreakciót megvalósító reaktort 1942 végére építették meg Chicagóban, természetes uránt ($0,71\% \text{ }^{235}\text{U}$) és grafitot (mint neutronlassító közeget, melyről később lesz szó) használva. Az atomreaktorokban a láncreakció szabályozott formában megy végbe, ezért használható fel energia-termelésre.

Az atomreaktorokban a láncreakciót állandó szinten kell fenntartani, és szabályozni kell a stabil működéshez, valamint azt is meg kell oldani, hogy szükség esetén a láncreakció azonnal leállítható legyen. Egy hasadás során több neutron keletkezik, a láncreakció fenntartásához viszont csak 1-re van szükség, így a felesleget valahogy le kell kötni. Mivel a maghasadáshoz neutron szükséges, a felesleges neutronok elnyelésével lehet csökkenteni a hasadások számát, és így szabályozni a láncreakciót. A fogyó és keletkező neutronok arányát jellemző számot sokszorozási tényezőnek nevezzük. Minden reaktorban vannak neutronelnyelő anyagok, ezeket részben úgynevezett szabályozórudak formájában juttatják be az aktív zónába, a szabályozás pedig úgy történik, hogy a rudak helyzetének módosításával változtatják a zónában a neutronelnyelő anyagok mennyiségét. Amikor egy szabályozórudat a reaktorba betolnak, akkor a sokszorozási tényezőt csökkentik, amikor pedig a reaktorból kihúzzák, akkor a sokszorozási tényezőt növelik. Ilyen módon lehet szabályozni a reaktor teljesítményét, illetve beindítani vagy leállítani a reaktort. A maghasadás rendkívül gyors folyamat, 10^{-8} s alatt végbemegy, a láncreakció pontos szabályozását a késő neutronok teszik lehetővé, melyek nem közvetlenül a maghasadásból, hanem később, egyes hasadási termékek (hasadványok) bomlása során keletkeznek.

Ha a reaktorban a *szabályozott láncreakció* állandó teljesítményen megy végbe, akkor a reaktor *kritikus* állapotban van. Itt emelnénk ki a szaknyelv és a köznyelv közötti jelentős különbséget. A köznyelvben a „kritikus” szó valami veszélyes helyzetet jelöl: „a beteg állapota kritikusra fordult”, vagy „a földrengés után kritikus helyzet alakult ki”. Ugyanakkor a szakmai nyelv által használt „kritikus állapotnak” semmi köze a veszélyhez: amikor a reaktor „kritikus” állapotban van, akkor az szép nyugodtan, egyenletes teljesítménnyel üzemel. A reaktor folyamatos ener-

giatermelés közben végig kritikus állapotban van. Normál üzemi állapotban is lehet időlegesen a sokszorozási tényező nagyobb, mint 1. Arra kell azonban ügyelni, hogy **a késő neutronok nélkül** (csak az azonnali, prompt neutronokkal) sose legyen 1-nél nagyobb a sokszorozási tényező, azaz a reaktor sose legyen „prompt-kritikus”. Ha a sokszorozási tényező 1 alá kerül, akkor csökken a teljesítmény, végül leáll a láncreakció, ha pedig a késő neutronok nélkül is 1 fölé emelkedik, a reaktor teljesítménye ug-rásszerűen megnő, ezt nevezik megszaladásnak.

A Hirosimára 1945-ben ledobott atombomba szinte tiszta 235-ös tömegszámú uránizotópot tartalmazott, míg a Nagaszakira ledobott bomba elkészítésénél a plutónium 239-es izotópját használták. Az atombombában a *láncreakciót a hasadás során keletkező prompt gyors neutronok tartják fenn*. A láncreakciónak ez a formája nem szabályozható, vagyis robbanáshoz vezet!

A reaktorokban a teljesítmény szabályozása a szabályozórudak mellett úgy is történhet, hogy a hűtővízbe kevernek olyan anyagot, amely neutronelnyelésre képes. Például a bór 10-es tömegszámú izotópja kiváló neutronelnyelő, de vannak mások is, mint például a kadmium, vagy a legújabban alkalmazott gadolínium, diszprózium és erbium. Vízhűtéses reaktorokban (Pakson is) gyakran bizonyos mennyiségű bórt oldott állapotban, bórsav formájában is bevisznek a hűtővízbe. Ennek a koncentrációját változtatva ellensúlyozni lehet a sokszorozási tényező változásait, és így lehetséges a reaktort folyamatosan kritikus állapotban tartani a hasadóanyag fogyása mellett is. Stacioner kritikus állapotban az egy hasadásból származó neutronok átlagosan/pontosan egy új hasadást hoznak létre, a sokszorozási tényező értéke 1, az időegység alatti hasadások száma és ezzel a termelt energia mennyisége is állandó.

A láncreakció fenntartása azt jelenti, hogy minden hasadásra jusson még egy hasadás. Egy hasadás során keletkező neutronok közül egynek újabb hasadást kell kiváltania, vagyis nem nyelődhet el a szerkezeti anyagokban, a szabályozórudakban, a hűtőközegben, a neutronlassító közegekben, vagy magában az üzemanyagban. Az urán 235-ös tömegszámú, neutronok hatására hasadó izotópja csak 0,71%-a a természetes uránnak, a többit a 238-as tömegszámú uránizotóp teszi ki, mely gyakorlatilag nem hasad neutronok hatására. A természetes uránércben azért nem jön létre láncreakció, mert a kis mennyiségű ^{235}U -izotóp néhány spontán hasadása során keletkező gyors neutronok a nagy tömegben lévő ^{238}U -ban kis hasadási hatáskeresztmetszete miatt kevés hasadást okoznak, az ^{238}U hasadás nélkül befogja a neutronokat, ami megállítja a folyamatot. Ezek miatt nem könnyű hasadási láncreakciót létrehozni, keményen meg kell küzdeni, hogy a sokszorozási tényező elérje az egyet.

A hasadási láncreakció elérésére és fenntartására két lehetőség kínálkozik a reaktorokban:

1. A hasadás során keletkező gyors neutronokat lelassítják, ezáltal több százszorosára nő a hasadási reakció esélye (hatáskeresztmetszete). Ehhez neutronlassító anyagokat, úgynevezett moderátorokat alkalmaznak. Ezek atommagjaival ütközve a neutron lelassul, a környezet hőmérsékletére jellemző energiája lesz ($0,025 \text{ eV} = 4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$), más néven termalizálódik. Az ilyen elven működő reaktorokat **termikus reaktornak** nevezik. A moderátor azonban nemcsak lassítja a neutronokat, de sajnos el is nyel belőlük valamennyit, így a neutronelnyeléstől függően a kezdeti 0,71%-ról 2–5%-ra kell dúsítani a 235-ös izotópot az uránban, hogy a láncreakció fenntartható legyen. Az ^{238}U -izotóp **2. ábrán** látható neutronelnyelési rezonanciáinak kiküszöbölésére inhomogén



reaktort kell építeni, vagyis a moderátort és az üzemanyagot nem összekeverve, hanem váltakozva kell elhelyezni, hogy az üzemanyagból kilépő neutron a moderátorban megfelelően lelassuljon, majd mire újra üzemanyaggal találkozik, termalizálódjon, és nagy valószínűséggel elkerüljük a rezonancia-befogást. Ezekről cikkünk második részében lesz szó.

2. A másik lehetőség az, hogy nem lassítják le a neutronokat, hanem az előbbihez képest sokkal nagyobb mértékben dúsítják az uránt a ^{235}U izotópban és nagyobb mennyiséget halmoznak föl a reaktorban, hogy kompenzálják a kis hatáskeresztmetszetet. A ^{238}U neutronelnyelése ebben az esetben kifejezetten kívánatos is, mivel abból plutónium keletkezik, vagyis a reaktor működése közben új hasadóanyagot termel. Ezt a folyamatot nevezik tenyésztésnek, és a moderálatlan neutronokkal működő reaktorokat **gyorsreaktor-nak** hívják. Ezekről cikkünk második részében lesz szó.

A cikk következő részében a termikus reaktorok főbb típusait ismertetjük.

Az atomerőművekben is – több erőműhöz hasonlóan – úgy állítják elő az elektromos energiát, hogy a felszabaduló termikus energiát gőzfejlesztésre fordítják, a gőz megforgatja a turbinákat, majd ezt a mechanikai energiát egy generátor segítségével, az elektromágneses indukciót alkalmazva, elektromos energiává alakítják. *Az elektromos energiatermelés alapelve sok erőmű esetében azonos, az erőművek közötti különbség csupán annyi, hogy a folyamathoz szükséges hőt hogyan állítjuk elő.* (A fotovoltaikus erőmű, a vízerőmű és a szél erőmű esetében „kimarad” a hővé alakulás, a villamos energiát közvetlenül állítjuk elő mechanikai energiából (víz- és szél erőmű), illetve fényenergiából (fotovoltaikus).)

Egy atomerőmű esetén az *atomreaktorban lejátszódó maghasadás az elsődleges energiaátalakulás, a termikus energia a magenergiából származik.* Az atomenergia helyett célszerűbb a nukleáris energia kifejezés használata, hiszen a folyamatban nem az atom elektronszerkezetének átrendezéséről van szó, mint a kémiai reakciók esetében, hanem az atommagban történnek a változások. Ez milliószor nagyobb energiaváltozást jelent egy szokványos kémiai reakcióban felszabaduló energiához képest.

Különböző szempontok, elsősorban koruk, biztonságosságuk és gazdaságosságos üzemeltetési lehetőségeik alapján az atomerőműveket a kétezres évektől kezdődően úgynevezett *generációkba* sorolják. Ezek között nincsenek egyértelmű határvonalak, csak átmeneteket jelentenek az atomerőművek építésének egyes korszakai között [1].

Az *első generációs* atomerőművek közé tartoznak az első erőművek, amelyeket az ötvenes és hatvanas években, illetve a hetvenes évek elején helyeztek üzembe. Ezek még a jelenleginél kevésbé szigorú biztonsági előírások figyelembevételével épültek, részben kutatási céllal, és ma már jórészt nem üzemelnek.

A *második generációs* atomerőművek alkotják a ma üzemelő atomerőművek döntő többségét. Ezek a hetvenes és a kétezres évek között épültek, és már a tervezésük során is szigorúbb biztonsági elveket alkalmaztak, például szinte mindegyiket ellátták olyan nyomásálló burkolattal, amely baleseti helyzetekben megakadályozza a radioaktív anyagok környezetbe jutását (konténment). A jelenleg üzemelő második generációs erőművek az egyre szigorodó előírások folytán több biztonságnövelő átalakításon estek át. A második generációhoz tartoznak a paksi atomerőmű blokkjai is.

A *harmadik generációs* atomerőművek jelentik a jelenleg és az elkövetkező évtizedekben épülő erőműveket. Ezek tökéletesebbek a második generáció erőműveinél, mind a gazdaságosság (üzem-

anyag-hasznosítás és átalakítási hatásfok), mind a biztonság (fejlesztett biztonságtechnika, passzív biztonsági rendszerek) tekintetében. Azonban lényegileg (működési elv, felépítés, üzemanyagciklus) nem különböznek elődeiktől, ugyanazokat a tervezési és üzemeltetési alapelveket követik. Ezeket hosszabb üzemidőre (60 év) tervezik, jobb üzemanyag-hasznosítást céloznak meg, szabványosítottak a tervek és hosszabbak az üzemanyagok átrakása közötti idők (18–24 hónapos ciklusidő). Bár ezekből még nem sok üzemel, de már több országban (Franciaország, Finnország, Oroszország, Kína, India) épülnek ilyen új típusú atomerőművek. A Paksra tervezett új blokkok is ebbe a kategóriába fognak tartozni.

A 2000-ben *negyedik generációs* atomerőművek közé sorolt elképzelések a nukleáris technológiák újrarendelését jelentik a hatékonyabb és biztonságosabb üzemeltetés jegyében, bár jelenleg még csak papíron vagy kísérleti erőművek formájában léteznek. Ezek között az elképzelések között nemcsak termikus, hanem gyorsreaktorok is találhatóak. Az alkalmazandó magas hőmérsékletű hűtőközegek nagyobb termodinamikai hatásfok elérésére és *kapcsolt energiatermelésre is alkalmasá teszik ezeket a reaktorokat.* Kapcsolt műveletek alatt általában hidrogéntermelést és szén-dioxid-mentes (a levegőből kivont CO_2 -ot használó) üzemanyagok (metanol, dimetil-éter, metán) gyártását értjük. Ez azért is fontos, mert a megtermelt nagy mennyiségű villamos energia nem tárolható gazdaságosan, azonban az üzemanyagokat el tudjuk raktározni, és más módon (motor, üzemanyagcella) is fel tudjuk ezeket használni, és így ezek az erőművek a közlekedés energiagényeit is ki tudnák szolgálni [2].

A neutronok lassítása

Amint azt előbb leírtuk, az atomreaktorban egy maghasadás során 2–3 neutron keletkezik, a hasadás több neutront kelt, mint amennyit elhasznál, láncreakció mehet végbe, vagyis az egész folyamat önfenn tartó lehet. Mivel a keletkező neutronok gyorsak (néhány MeV energiájúak), a hasadás fenntartásához viszont (természetes vagy kis dúsítású urán esetén) lassú (termikus) neutronokra van szükség, ezért a maghasadás során keletkező neutronokat le kell lassítani moderátorok segítségével. A termikus atomreaktorokban *a láncreakciót termikus neutronok tartják fenn.* Moderátorként (lassítóként) kis tömegszámú izotópokat tartalmazó anyagok jöhetnek szóba. Egy ütközésben ugyanis annál több energiát veszíthet a neutron, minél kisebb tömegű atommaggal ütközik. A gyakorlatban háromféle moderátoranyagot használnak: könnyűvíz (H_2O), nehézvíz (D_2O) és grafit (C).

A tömeget tekintve a leghatékonyabb moderátor a könnyűvíz, de hátránya, hogy a hidrogén kis mértékben elnyeli a termikus neutronokat. Ez éppen elégséges ahhoz, hogy könnyűvíz moderátorral és természetes uránnal ne jöjjön létre önfenn tartó láncreakció. Ezért a könnyűvízzel moderált reaktorokban kissé (néhány %-ban) az urán hasadó, ^{235}U tömegszámú izotópjában dúsított uránt kell alkalmazni. A többi moderátor esetében a láncreakció természetes uránnal is megvalósul. A maghasadás során nagy mennyiségű hő keletkezik, amelyet el kell vezetni az aktív zónából. A termikus reaktorok hűtőközege többféle lehet. Szilárd moderátor (grafit) esetében lehet gáz (szén-dioxid vagy hélium) vagy víz, folyékony moderátor (H_2O , D_2O) esetében a hűtőközeg lehet vagy maga a moderátor, vagy egy külön hűtővízrendszer.

A termikus reaktorok üzemanyaga ma a reaktorok többségében enyhén (2–5%-ban) dúsított vagy természetes izotóp-összetételű ($0,71\% \text{ } ^{235}\text{U}$) urán-dioxid (UO_2), amelyet általában valamilyen cirkónium-ötvözetből készült burkolatcsövekben helyeznek el



HOGYAN LESZ ENERGIÁNK?

a reaktorban. Ezeket a rudakat fűtőelem-pálcáknak nevezik, és úgynevezett kazettákba rendezik. Indítás előtt a minimális kritikus tömegnél (az önfenntartó láncreakcióhoz minimálisan szükséges uránmennyiségnél) lényegesen több hasadóanyagot tesznek a reaktorba. Pakson 42 tonna, átlagosan 4,2%-ban dúsított urándioxid van egyszerre jelen egy reaktorban, ennek harmadát cserélik új üzemanyagra 15 hónaponként.

A maghasadások útján történő energiatermelés miatt egyrészt fogy a hasadóanyag, másrészt halmozódnak a hasadási és neutronaktivációs termékek. Mindkét folyamat csökkenti a sokszorozási tényezőt. (Van egy ellenkező irányú hatás is, a plutónium mint hasadóanyag termelődése, de ez általában nem képes az előbbi két hatást ellensúlyozni.) Ezeket a folyamatokat együtt *kiégésnek* nevezzük. (Természetesen ennek a kémiai égési folyamathoz semmi köze sincs.) A paksi atomerőműben a kiegészi szint 56 MWnap/kg U, vagyis 4,84 EJ energia szabadul fel 1 kg uránból a reaktorban töltött ideje alatt. Ennek ellensúlyozására az *abszorbens (neutronelnyelő) anyagok mennyiségét folyamatosan csökkentik*, éppen olyan mértékben, ahogyan a kritikus állapot fenntartása megköveteli. Az üzemidő első szakaszában az oldott bórsav koncentrációját csökkentik, majd amikor az már szinte nullára csökkent, elkezdik a szabályozórudakat kifelé húzni. Amikor már így sem tudják kritikusan tartani a reaktort, akkor le kell állítani, és új üzemanyagra kell cserélni a legrégebbi, kiégett kazettákat. A hasadási termékek azonban leállítás után is tovább bomlanak, hőt termelnek (remanens hő) és ezért továbbra is hűteni kell az aktív zónát, keringetni kell a primer köri hűtőközeget. A reaktor üzemét úgy tervezik, hogy két átrakás között meghatározott idő (ez most 15 hónap) teljen el. Átrakáskor a töltet körülbelül 1/3-át cserélik ki friss üzemanyagra, a többit pedig úgy rendezik át, hogy az új töltetből az elkövetkező időszak alatt maximális energiát lehessen kivenni. Egy-egy fűtőelemrúd tehát átlagosan 3 átrakásnyi időt tölt a reaktorban.

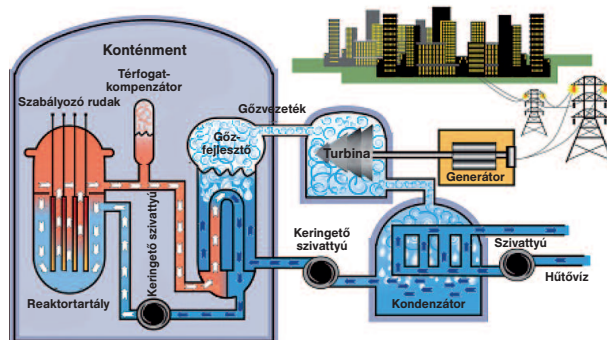
A termikus reaktorok típusai

A termikus atomreaktorok között megkülönböztetjük a nyomottvizes (PWR), a forralóvizes (BWR), a nehézvizes (CANDU), valamint a grafitmoderátoros vízhűtésű (RBMK) és gázűtésű (AGR) reaktortípusokat. Ezek az atomerőmű-konstrukciók a legelterjedtebbek, és ezek adják a ma működő atomreaktorok nagy részét is.

Folyadékmoderátorú reaktorok

A legtöbb atomreaktorban a *könnyűvizet* használják moderátorként, ezeket gyűjtőnéven könnyűvizes reaktornak (LWR = Light Water Reactor) nevezik. A vízzel moderált reaktoroknak igen nagy előnyük, hogy túlhevülés esetén a víz – ami hűtőközeg és egyben moderátor is – forrni kezd, buborékok képződnek benne. Ezáltal a reaktor moderátort veszít, a neutronok pedig nem lassulnak le eléggé, hanem a 238-as uránizotópban maghasadás nélkül befogódnak, ezért ilyenkor a láncreakció magától leáll. Ez a folyamat lehetetlenné teszi a reaktor megszaladását, ezt inherens biztonságnak nevezik.

A *nyomottvizes* (PWR = Pressurized Water Reactor) atomreaktorok moderátora és hűtőközege könnyűvíz, üzemanyaguk alacsony (4–5%) dúsítású urán. Kétkörösek (primer és szekunder kör), azaz a reaktorban felszabadított hőt a primer köri hűtőközeg egy hőcserélőben adja át a térben elválasztott szekunder köri víznek, ahol az elforr és a turbinák meghajtásához használható gőz keletkezik. Ez a világon a legelterjedtebb reaktortípus, amelyet az Egyesült Államokban és a volt Szovjetunióban, ké-



3. ábra. Egy nyomottvizes atomerőmű szerkezete

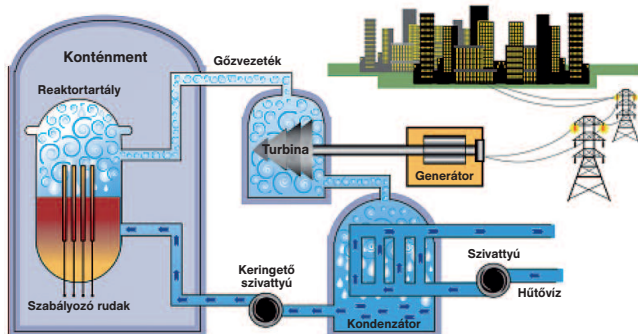
(<http://www.nap.edu/openbook/18294/xhtml/images/p-54.jpg>)

sőbb pedig Franciaországban és Németországban is kifejlesztettek. Több ország, köztük Japán, az amerikai típusok alapján gyárt (ill. gyártott) atomerőműveket. A Szovjetunióban kifejlesztett típusok egyike a Pakson működő négy reaktor, típusjele VVER-440/213 (Vodo-Vodjanoj Energeticseszkiy Reaktor, vízzel moderált, vízhűtésű energetikai reaktor). Működési alapelveit tekintve ebbe a típusba tartoznak a tervezés alatt álló új paksi blokkok is [3] [4] [5].

Példaként nézzük végig, milyen energiaátalakulások történnek egy nyomottvizes atomerőműben, amilyen Pakson is található (3. ábra)! Az üzemanyag ebben az esetben a ^{235}U , mely elhasad két kisebb rendszámú atommagra, miközben 2–3 neutron keletkezik. Egy hasadás során 32 pJ energia szabadul fel, mely milliószorosa a kémiai reakciók során felszabaduló energiáknak. De mit kell ezen az energia-felszabaduláson érteni? Hogyan jelenik ez meg? Legfőképp a hasadványok mozgási energiájaként. A fűtőanyag kicsiny (rendszerint urán-dioxid) üzemanyag-tablettákban van jelen; részecskéi ütközni fognak a nagy mozgási energiával rendelkező hasadványokkal és neutronokkal. Sok-sok ütközés zajlik le, míg ezek lelassulnak, viszont sok részecske gyorsabban fog mozogni, tehát növekszik a tabletták hőmérséklete. A felmelegedett tabletták cirkóniummal (burkolattal) és a pálcák kívülről vízzel van körülvéve (primer kör), melynek szintén növekszik a hőmérséklete.

A primer körben a vizet nagyon nagy nyomáson tartják (12,3 MPa), emiatt az még a magas üzemi hőmérsékleten (300–330 °C) sem forr fel. A primer kör nagy nyomásáról kapta ez a típus a nevét. A primer köri víz a gőzfejlesztő csöveiben futva átadja hőjét a szekunder kör vízének, visszahűl, majd egy szivattyú által keringetve visszajut a reaktorba. A szekunder körben levő víz nyomása (4,3 MPa) sokkal alacsonyabb, mint a primer körben lévőé, emiatt a gőzfejlesztőben a felmelegedett víz el tud forrni. Innen kerül (cseppelválasztás után) a gőz a nagynyomású, majd onnan a kisnyomású turbinára. A turbina összeköttetésben van a generátorral, és villamos áramot termel. A turbinából kilépő gőz a kondenzátorban (a Duna vizét melegítve) lecsapódik, majd egy szivattyú az előmelegítőbe, aztán újra a gőzfejlesztőbe nyomja. Mind a primer, mind a szekunder köri víz zárt rendszerben mozog, nem keveredik egymással és nem érintkezik a környezettel. Így elérhető, hogy a hűtőközegbe került radioaktív anyagok a primer körben maradjanak, és ne kerülhessenek a turbinába és a kondenzátorba, vagy adott esetben a környezetbe.

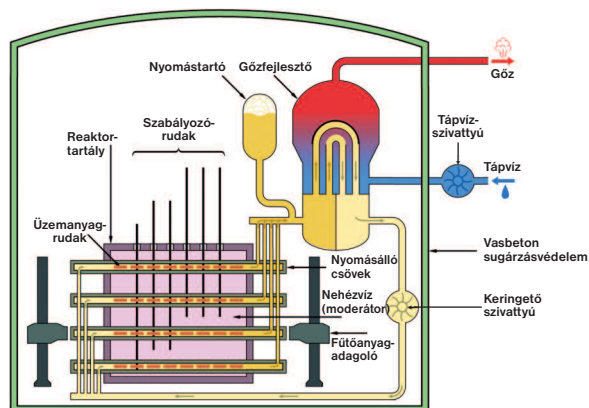
A *forralóvizes* (BWR = Boiling Water Reactor) atomreaktorok egykörösek, az aktív zónában való áthaladás közben a hűtőközeg (könnyűvíz) 10–20%-a elforr, azt leválasztják, majd a telített gőzt közvetlenül a turbinába vezetik. Hátrányuk, hogy a turbinára is enyhén radioaktív hűtőközeg kerül, és a szennyezések miatt az is enyhén radioaktívvá válik. Érdekes a szabályozórudak mozgá-



4. ábra. Egy forralóvízes atomerőmű szerkezete (http://www.nap.edu/openbook/18294/xhtml/images/p-54.jpg)

sa. Míg a többi reaktortípus esetében ezek a zónában lefelé esve állítják meg a láncreakciót, addig ennél a típusnál a rudakat lentről kell felfelé benyomni a reaktor leállításához (4. ábra). Ilyen reaktorok működnek/működtek – többek között – az Egyesült Államokban, Japánban, Németországban és Svédországban.

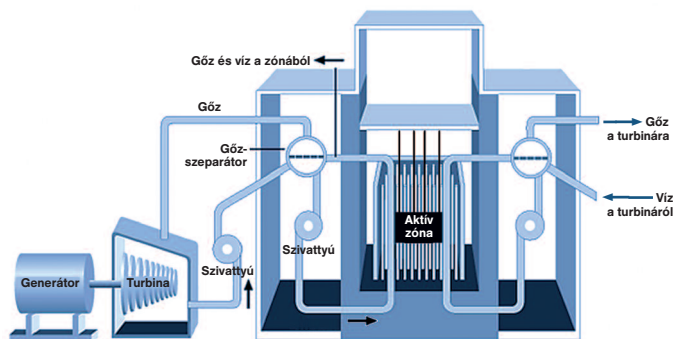
A nehézvízzel moderált atomreaktorok típusát Kanada fejlesztette ki. Ezeknek a reaktoroknak a hűtőközege könnyűvíz, moderátora pedig nehézvíz. Az erőmű üzemenyaga lehet természetes vagy enyhén dúsított (2%) urán, mivel a nehézvíz nagyon kis mértékben nyeli csak el a neutronokat. Ezeket a reaktorokat folyamatosan lehet működtetni, mivel a reaktort leállítás nélkül lehet friss üzemanyaggal feltölteni [6]. Ezt azért lehet megtenni, mert az üzemanyag nem egy tartályban, hanem nyomásálló csövekben helyezkedik el, melyek egyesével felnyithatók. Ezek a csövek egy nagy tartályon, úgynevezett kalandrián haladnak keresztül, mely tele van nehézvízzel. Ezzel szemben a könnyűvízes reaktorokat átrakáskor le kell állítani, hogy megszüntethessék a túlnyomást és leemelhessék a reaktor fedelét, ezáltal évente 3–4 hét üzemidő mindenképpen kiesik. A típus eddig egyetlen megvalósítását a kanadai CANDU- (CANadian Deuterium Uranium) reaktorok jelentik. Ilyen reaktortípusok működnek Kanadában, Romániában, Indiában és Pakisztánban (5. ábra).



5. ábra. A nehézvízes CANDU-típusú reaktor vázlat (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/CANDU_Reactor_Schematic.svg)

Szilárd moderátorú reaktorok

Grafitmoderátort használó atomreaktorokat az Egyesült Államok, Franciaország, Nagy-Britannia és a Szovjetunió is kifejlesztett, elsősorban az atomfegyverekhez szükséges plutónium termelésére, majd villamos energia előállítására. A hűtőközege szén-dioxid (CO₂), hélium vagy könnyűvíz lehet, bár kezdetben léghűtést is alkalmaztak. A gázhűtés alkalmazása egyre jobban visszaszorul,



6. ábra. Az RBMK-típusú reaktor felépítése (http://www.globalsecurity.org/wmd/world/russia/images/rbmk-design.gif)

az Egyesült Királyságban még üzemelnek ilyen erőművek (AGR = Advanced Gas-cooled Reactor), de új reaktorok építését nem tervezik. A grafitos reaktorok előnye, hogy természetes uránnal is működtethető, a gazdaságos üzemvitelhez szükséges műszaki paraméterek azonban csak enyhén (1,5–2%) dúsított uránnal biztosíthatók.

A grafitos reaktorok szovjet változata az RBMK- (Reaktor Bolsoj Mozsoszty Kipjascsiy, nagy teljesítményű vízforraló csatornarendszerű reaktor) típus (6. ábra). Ezek a reaktorok „másfél” körök, működésüket tekintve a forralóvízes típushoz hasonlítanak, a hűtőközege könnyűvíz. Az RBMK-1000-es egy hatalmas szerkezet, amely 1700 darab függőleges grafitoszlopból lett összerakva, ezek összesen 2500 tonna grafitot tartalmaznak. A grafitoszlopokban fűtőelem-csatornák vannak, ezekben helyezkednek el a hengeres üzemanyag-kazetták.

A reaktorban összesen 180 tonna urán-dioxid van, amelynek ²³⁵U-tartalma 1,8%. A hűtővíz számára csatorna vezet végig minden grafitoszlopon. A víz 6,5 MPa nyomás alatt van, ennek hatására forráspontja 280 °C-ra emelkedik. Mintegy harmada a reaktorban elforr, a gőz egy gőzdobban elválik a folyadéktól és két hatalmas gőzturbinát hajt meg, amelyek 1000 MW elektromos teljesítményt generálnak.

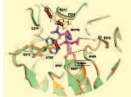
Az RBMK-típusú reaktorokat 1986 óta csernobili típusnak is nevezik, mivel egy ilyen típusú blokk szenvedett súlyos balesetet. RBMK-reaktorok csak Oroszországban, Ukrajnában és Litvániában működtek. Hátrányuk, hogy túlhevülés esetén a neutronelnyelő hűtővíz elforhat, a grafitmoderátor viszont visszamarad, így a láncreakció tovább folyhat, ami a reaktor megszaladásához vezethet. Mivel ennek a típusnak a láncreakció megszaladása esetén nincs meg az önleállító képessége, ezért ez a típus nem inherensen biztonságos.

Jelen írásunkban a termikus reaktorok működését és legfontosabb típusait ismertettük. A következő részben néhány negyedik generációs elképzelést és a tenyésztőreaktorok működését és legfontosabb típusait mutatjuk be.

IRODALOM

Az internetes hivatkozások letöltésének dátuma: 2023. 03. 26.

- [1]: Aszodi Attila, Boros Ildikó: Az atomenergia jövője Fukushima után. Nukleon. (2012) 105. http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_5_2_105_Aszodi.pdf
- [2]: Hózer Zoltán, Pázmándi Tamás: Új blokkok a paksi atomerőműben. Nukleon. (2014) 152. http://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_7_1_152_Hozer.pdf
- [3]: Hózer Zoltán: Az új paksi reaktorok üzemanyaga. Fizikai Szemle (2015) 417–420. <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1512/HozerZ.pdf>
- [4]: Meitner, L., Frisch, O. R.: Disintegration of Uranium by Neutrons: A New Type of Nuclear Reaction. Nature (1939) 143, 239–240. http://www.atomicarchive.com/Docs/Begin/Nature_Meitner.shtml
- [5]: Csom Gyula: Atomerőművek üzemtana, II/1–2. Műegyetemi Kiadó, 2005.
- [6]: Papp Sándor: Milyen erőművet építsünk? Atomerőmű-létesítési ajánlatok. Fizikai Szemle (1992) 144. <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz9204/papp9204.html>



Az első magyar krio-elektronmikroszkópos címlapsztori

Beszélgetés Perczel András professzorral

MTA.HU/SZIGETI TAMÁS



A világ egyik vezető kémiai folyóirata az ELKH–ELTE Fehérjemodellező Kutatócsoport és a Szerkezeti Kémiai és Biológiai Laboratórium munkatársainak felfedezését tette a tavaly év végén megjelent szám címlapjára. Ebben a kutatásban egy univerzális jelentőségű, de eddig ismeretlen alakú fehérje térszerkezetét határozták meg. Perczel András akadémikus, az ELKH–ELTE Fehérjemodellező Kutatócsoport és a Szerkezeti Kémiai és Biológiai Laboratórium vezetője szerint az eredmény egyúttal a molekulászerkezet-meghatározás új, de máris egyik uralkodó módszerében, a krio-elektronmikroszkópiában rejlő lehetőségeket is jól mutatja. Az interjút az MTA honlapja nyomán közöljük.¹

Miért éppen ennek a fehérjének a térszerkezetét vizsgálták?

Az acilaminoacil-peptidáz (AAP) enzim minden élőlényben megtalálható, a legegyszerűbb baktériumoktól az emberig. Ennek ellenére eddig senkinek sem sikerült meghatároznia az enzim emlősökben fellelhető variánsainak térszerkezetét. Korábban csak a bakteriális AAP-változat térszerkezete volt ismert. Nem most kezdünk ezzel foglalkozni, hiszen térszerkezet-kutatásaink immár 25 éves múltra tekintenek vissza: az egyik első, ebbe az enzimcsaládba tartozó fehérje szerkezetmeghatározását is a mi laborunk initiálta. Ez az enzimcsalád egyszerre fontos és izgalmas. Szerkezeti szempontból is, mert a funkcionális formát általában nagy fehérje-oligomerek alkotják, és gyakorlati szempontból is, hiszen ezek az enzimek részt vesznek például szervezetünk cukorháztartásának szabályozásában, hormonok, neuropeptidek lebontásában. Az AAP a fehérje-minőségbiztosítás folyamatainak fontos szereplője, részt vesz a sérült fehérjék lebontásában. Ezenkívül az AAP felelős azért, hogy egy pszichés zavarok és epilepszia ellen szedett gyógyszer (valproát) hatékonyságát bizonyos antibiotikumok (pl. meropenem) befolyásolhatják, és együttes alkalmazásuk veszélyforrásokat rejt magában. Mostani eredményeinkkel már meg tudjuk magyarázni, hogy az enzim hogyan vesz részt e keresztreakcióban. A gyógyszerhatások molekuláris szintű megértéséhez mindenképpen ismernünk kell a részt vevő fehérjék térszerkezetét, de a korábban elterjedt módszerekkel sajnos nem mindet tudjuk vizsgálni.

Miért nem tudta eddig senki meghatározni az emlős-AAP szerkezetét?

Ennek oka, hogy nem lehet elég jól kristályosítani, márpedig a klasszikus röntgendiffrakciós mérésekhez kristályos fehérjékre

¹ https://mta.hu/tudomany_hirei/az-első-magyar-krio-elektronmikroszkopos-címlapsztori-112687



van szükség. Ezért meg kellett várnunk annak a technológiának a megjelenését, amelynek segítségével nem csupán a kristályosítható, hanem gyakorlatilag szinte minden nagyobb fehérje térszerkezete vizsgálható: ez pedig a krio-elektronmikroszkópia. A vizsgálati módszer kifejlesztői jogosan kaptak 2017-ben Nobel-díjat, hiszen az utóbbi évtizedben az eljárás felnőtt arra a szintre, hogy ma már ugyanolyan részletgazdag 3D képet kapunk vele a molekuláról, mint a röntgendiffrakciós módszerrel. Az AAP fontossága mellett részben a krio-elektronmikroszkópia újszerű-



sége és forradalmi jelentősége indokolja, hogy a legújabb tanulmányunkat a címlapján mutatta be a Royal Society of Chemistry kiadásában megjelenő *Chemical Science*.²

Milyen eszközökkel lehet ma molekula-térszerkezetet meghatározni?

Ahhoz, hogy releváns információkat gyűjtsünk egy molekula működéséről, atomi felbontású képet kell róla készítenünk. Ez egy-két angströmös felbontást jelent. Az ilyen felvételeken már atomi részletességgel látható a fehérjemolekula térbeli alakja, és például a fehérjékhez kötődő gyógyszerek helyzete is egyértelműen azonosíthatóvá válik, ami a megértés és tervezés alapját képezi. Jelenleg három vizsgálati módszer létezik, amely ilyen nagy felbontásra képes: a mágneses magrezonancia-spektroszkópia (NMR), a röntgendiffrakció (XRD) és legújabban a krio-elektronmikroszkópia (krio-EM). Az ELTE-n három NMR-készülékkel dolgozunk; ennek köszönhetően az ELTE Fehérjemodellező Kutatócsoport és a Szerkezeti Kémiai és Biológiai Laboratórium az egyik legnagyobb NMR-kapacitással rendelkező csoport Magyarországon. Emellett van egy igen korszerű röntgen-diffraktométerünk is, hozzá pedig robotikai apparátus, ami igen hatékonyá teszi a kristálynövesztést.

Miben áll a krio-elektronmikroszkóp előnye a többi eljáráshoz képest?

A röntgendiffrakciós mérések sikerének szűk keresztmetszete a kristályosítás: az egykristályokban az elemi cellák legókockák módjára egymás mellé rendeződnek, és „erősítőként” teszik lehetővé a sikeres felvételek készítését. Ha nem tudunk elég jó egykristályt előállítani egy kis vagy nagy molekuláról, akkor nem érhetünk el nagy felbontást. Viszont vannak anyagok, amelyekből egyszerűen nem lehet jó egykristályt növesztetni. Ilyen az emlős-AAP is, hiszen mi minden elképzelhető trükköt megpróbáltunk az elmúlt évek során, de 5–6 angströmnél jobb felbontást nem tudtunk elérni. Ez nem alkalmas például a gyógyszerhatóanyag-AAP komplexek vizsgálatához, az NMR-módszerek pedig a fe-

héрге nagy mérete miatt nem alkalmazhatók. Itt jön a krio-elektronmikroszkópia hatalmas előnye: nem igényel egykristályt. A fehérjemolekulák vizes oldatának egyetlen cseppjét – nagy sebességgel – cseppfolyós etánban lefagyasztjuk, úgymond, „belőjük” a fagyasztó vagy kriogén közegbe, majd cseppfolyós nitrogénben tároljuk az 1 µm vékony, üvegszerű tisztaságúvá fagyott, ablakszerűen átlátszó mintát.

És az így előkészített mintát helyezik az elektronmikroszkóp alá?

Igen, ez a fagyasztott minta úgy működik, mintha a fénymikroszkóp üveg tárgylemeze lenne, csak természetesen itt nem fotonok, hanem vákuumkamrában nagy sebességre, akár a fénysebesség 70%-



Krio-EM-minta fagyasztása (NIH, USA)

ára gyorsított, fókuszált elektronok hatolnak át rajta. Tehát transzmissziós elektronmikroszkópiáról van szó. Az üveghez ha-

sonló fagyasztás azért fontos, mert így a vizes közeg nem fogja kristályként szórni az elektronokat, és az az effektus, ami a mérési eredményekben megjelenik, kizárólag a mintához köthető. Ugyanakkor a fagyasztás abban is különbözik a kristálynövesztéstől, hogy itt nincs meghatározva, milyen orientációban álljanak a molekulák. Így a felvételen a legkülönbözőbb orientációkról kapunk képet: a háromdimenziós térszerkezet kétdimenziós vetületeit láthatjuk. Nagyon sok egyedi fehérjéről nagyon sok orientációban gyűjtünk összeségében sok terabájt mérési adatsort: hiszen a fehérjékről minden szemszögből képet kell készítenünk a sikeres 3D rekonstrukcióhoz. Ezeket a „felvételeket” egy ugyan-csak Nobel-díjjal jutalmazott matematikai eljárás segítségével egymásra illesztjük, és egy bonyolult, szűrési és képtisztítási eljárássort követően határozzuk meg a krio-EM térképet, majd ennek alapján a fehérje térszerkezetét.

Mostani sikeres kutatásait nem a saját krio-elektronmikroszkópjukkal végezték, mivel az ELTE-n még nincs ilyen.

Így van, külföldi partnereknek kellett kiküldenünk a mintát, majd ők visszaküldték nekünk a mérés nyers eredményeit tartalmazó hatalmas adatsort. Ez óriási adatmennyiség: hat-nyolc terabájt, ami csak a nagyobb winchesterekre fér rá, és még másolni is sok-sok óráig tart, nemhogy feldolgozni. Gondolhatjuk, hogy ekkora adatmennyiségnek a feldolgozása sem egyszerű, de ezt már megoldottuk önerőből az ELTE-n, hiszen mindazokkal a szoftverekkel és számítógépekkel rendelkezünk, amelyek az elemzés hazai elvégzéséhez szükségesek. Ezután következik az eredmények értelmezése, a modellépítés, amiben sokat segít a csoportunk több évtizedes krisztallográfiai tudása, Harmat Veronika, Karancsiné Menyhárd Dóra és újabban Kiss-Szemán Anna komoly jártassága, a kristályosított molekulák vizsgálatával kapcsolatos tapasztalataink. Ha idevesszük még Jáklai Imre több évtizedes informatikai szakértelmét, akkor a csoportunkban minden adott a még ennél is szenzációsabb, fagyasztott mintán végzett elektronmikroszkópos felfedezésekhez, kivéve, hogy nincs (még) krio-elektronmikroszkópunk. Így jelenleg a külföldi kutatók szíveségére kell támaszkodnunk. Ez alkalommal a kutatásban a krio-EM készülékeket áruló japán és amerikai gyártócégeket kértük fel, hogy mintegy a berendezéseik képességeit demonstrálják, mérjék le nekünk a mintáinkat. Hatalmas ugrás lesz tehát az egész Kárpát-medence számára, ha a napokban támogatást nyert Pécsi Tudományegyetemen felépülő krio-EM Kompetencia Központ megkezdte működését, ezzel lehetővé téve már itthon is a hatékony adatgyűjtést, a krio-EM technika bevonását a hazai szerkezetkutatás művelésébe és oktatásába.

Milyen karriert futhat be a krio-elektronmikroszkópia a jövőben?

Ez az eszköz át fogja írni (vagy inkább már napjainkban is átírja) a biokémiát, az immunológiát, a genetikát, szinte minden biomolekuláris tudományágat. Egyszerűen megszűnnek azok a korlátok, amelyek a korábbi módszereknél meghatározták, hogy mely molekulák térszerkezetét lehet, és melyeket nem lehet vizsgálni. A krio-elektronmikroszkóppal mindenről lehet felvételt készíteni, csak nagy és tiszta legyen a fehérje. Ezért lenne szükség egy ilyen készülékre az ELTE-n! Hiszen a krio-EM néhány éven belül úgy elterjed majd szerte a világon, mint annak idején a személyi számítógépek: kezdetben úri huncutságnak tűntek az asztali komputerok, ma pedig már minden róluk szól a tudomány berkeiben. Egy krio-elektronmikroszkóp új pályára állítaná az ELTE oktatását, kutatását és rajta keresztül az egész ország tudományos fejlődését.

² <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/sc/d2sc05520a>

A fogyasztószer, amely nem növeli a tömeget és nem választ szét

A sokféle marketingstratégia közül az egyik legkevésbé szimpatikus a vásárlók félelmeire, szorongásaira alapozva próbál eladni egy terméket. Ilyen például, amikor feltrancsrozott szarvasok és ripityára törött autók fotójával reklámozzák az autóra szerelhető vadriasztó sípot, vagy amikor különféle betegségekkel ijesztgetve, azokkal szemben 100%-os védelmet ígérve ajánlanak különböző csodaszereket.

Kutyamentes szalonnától a tömegnövelőig

Az ismeretlenről való félelem úgy is kiaknázható, ha egy terméket valamitől mentesnek hirdetnek – olyan anyag hiányát feltüntetve, amely normál körülmények között nem is része a terméknek. A vásárlók egy része ennek ellenére rezonál az ilyen manipulációra, és azért veszik meg a *mentes* terméket, mert feltételezik: amelyen nincs feltüntetve a mentesség, az a készítmény biztosan tartalmazza a nemkívánatos összetevőt. Ilyen ideológia alapján kerülhet piacra a GMO-mentes himalájai só, a gluténmentes szárazkolbász, vagy éppenséggel a kutyamentes szalonna.

Ha még egy kicsit tovább csavarunk mindezen, előállíthatók azok a termékek is, amelyekből olyan összetevőt hagynak ki, amelyeknek akár helye is lenne a készítményben, ráadásul még hasznos komponensek is lehetnek. Ez a gyakorlat akkor sikeres igazán, amikor a kihagyott komponensnek félelmetes neve van. Az étrend-kiegészítőknél két ilyen anyagra figyeltem fel: az elválasztószerekre és a tömegnövelőkre.

Mert ugye ki az a perverz, aki olyan terméket szeretne venni, amely tömeget növel vagy elválaszt? Előbbi hatás különösen fogyasztószerek esetén lehet félelmetes, utóbbi gyakorlatilag mindenki számára nemkívánatosnak tűnik, bármit jelentsen.

De miről van szó valójában? A kapszulák, tabletták gyártása során a hatóanyagokon kívül segédanyagokat is felhasználnak – például azért, hogy a termék könnyebben gyártható legyen vagy jobban felszívódjon. Az egyes termékek reklámjában feltüntetett, ijesztőnek tűnő összetevők valóban léteznek – mindössze nem így hívják ezeket, ráadásul közel sem olyan károsak, mint ahogy elferdített nevük sejtetni engedi.

Mit választ el az elválasztószer?

Az „elválasztószerek” szakmailag elfogadott neve glidáns (magyarul: gördülékenységet javító). Az ilyen anyagokat kapszulagyártás során alkalmazzák segédanyagként. Javítják a porkeverékek folyási sajátságait, csökkentik a részecskék közötti súrlódást és tapadást. Alkalmazásuk célja, hogy a porkeverékek kapszulába töltése során a por ne tapadjon az eszközökhöz, a betöltés gyorsabb és egyenletesebb legyen. Ilyen anyag például a magnézium-sztearát, amely egyébként teljesen biztonságos abban a dózisban, amelyben étrend-kiegészítőben (vagy gyógyszerekben) segédanyagként megtalálható.

Egyes weboldalak azzal riogatnak, hogy a magnézium-sztearát károsítja az immunrendszert, allergizál, emeli a koleszterinszintet és biofilmképződéshez vezet a bélrendszerben. Nos, ezek az állítások (jelen tudásunk szerint) alaptalanok.

Az allergizáló hatásról szólnak esetleírások, ennek gyakorisága azonban meglehetősen ritka. A magnézium-sztearát semmiképpen nem sorolható az allergének közé.

Az immunrendszert károsító hatást egy több mint 30 éves vizsgálatra alapozzák. A kutatást laboratóriumi körülmények között, immunrendszeri sejtekkel nagy koncentrációban kölcsönhatásba hozott magnézium-sztearáttal végezték. Ilyen körülmények az emberi szervezetben soha nem alakulnak ki, így ennek a nemkívánatos hatásnak nincsen realitása.

A koleszterinszintet növelő hatás teljesen elméleti. Arra alapozzák a feltételezést, hogy a magnézium-sztearátot alkotó sztearinsav telített zsírsav, ezért növeli a koleszterinszintet. Ezzel ijesztgetni szinte mulatságos, hiszen egy átlagos étrend 6–9 g sztearinsavat tartalmaz, ami mellett eltörpül a kapszulánkénti (nagyságrendekkel kisebb) mennyiség. Ráadásul a sztearinsav koleszterinnövelő hatását tudományosan már cáfolták.

A biofilmek baktériumok által kialakított filmszerű bevonatok; megszüntetésük, kiirtásuk antibiotikumokkal sem könnyű feladat. A magnézium-sztearát biofilmképző képességet fokozó hatásáról azonban semmilyen szakirodalmi adat nincs, sőt, épp ellentétes aktivitásról szólnak egyes kutatások.

Talán nem véletlen, de a magnézium-sztearáttal kapcsolatos híreket olyan oldalak terjesztik, amelyek marketingstratégiájának egyik alapja, hogy magnézium-sztearáttól mentes termékeket forgalmazzanak...

Nem híznak el a tömegnövelőtől

És mi a helyzet a tömegnöveléssel? Ez már csak komoly veszély, nem? Hát nem... A tömegnövelők szakszerű neve töltőanyag. Ezek olyan, biológiai aktivitással nem bíró összetevők, amelyeket azért adnak hozzá a kapszulákba töltendő porkeverékekhez, hogy azok tömege (térfogata) nőjön. Egy B₁₂-vitamin-kapszulába például mikrogrammos mennyiségű vitamint kell tölteni – ilyen kis mennyiségeket nem lehet kimérni, egyenletesen szétosztani segédanyag nélkül. Technikailag úgy oldható meg a dozírozás, hogy ezt a vitamint „felhígítják” valamilyen szilárd, élettani hatás nélküli töltőanyaggal. A hatóanyag és a töltőanyag keveréke sokkal pontosabban, megbízhatóbban osztható szét a kapszulákba – tehát a fogyasztó érdekében kerül a keverékbe a segédanyag, szó sincs arról, hogy a fogyasztó tömegét növelné.

Mivel az alapkoncepció (azaz félelemre alapozni a marketinget) üzleti szempontból hibátlan, kíváncsian várjuk, hogy az egyéb segédanyagok (köttőanyagok, lubrikánsok, dezintegránsok, antisztatikumok, antiadhéziós hatású segédanyagok, hidrofiziláló segédanyagok, oldódást késleltető segédanyagok, nedvességmegtartó segédanyagok) közül mikor bukkan elő egy-két újabb elengedhetetlen anyag...

Csupor Dezső





Kutasi Csaba

Ballisztikus védelemre alkalmas védőöltözések és kiegészítők

A lőfegyverek elterjedésével a kilőtt lövedékek, a robbanás során keletkező repeszek egyre nagyobb veszélyt jelentettek az emberre. A ballisztikus védelem nemcsak a katonaságnál, hanem a rendvédelmi, bűnüldöző, határrendészeti szerveknél és a tűzszerveknél szolgálók számára vált fontossá, de egyes civil védőöltözéseknél is. A veszélyes zónákban jelen levő munkakutyák védelme is megoldott. A különböző golyó- és robbanásálló álló védőöltözések, kiegészítők (pl. sisakok) mellett a szűrásálló eszközök fejlesztése is egyre jobban fejlődött, és valamennyi egyfolytában fejlesztés alatt áll. A korszerű szálak felhasználásával előállított textilanyagok és a testpáncélok védelmi szintjét fokozó egyéb anyagok és innovatív technológiák alkalmazása hatékonyan növeli a biztonságot.

A különböző lövedékek és a robbanásból származó repeszek az emberi testbe kerülve köztudottan súlyos, eseteként életveszélyes sérüléseket okoznak. Életfontosságú szervekbe behatolva, az artériákat roncsolva az élet kioltására is képesek.

A fokozottan veszélyeztetett foglalkozást ellátó személyek számára viszont hatékony ballisztikai védelmet nyújtanak a speciális anyagú, szerkezetű és kialakítású védőöltözések és ruházatkiegészítők.

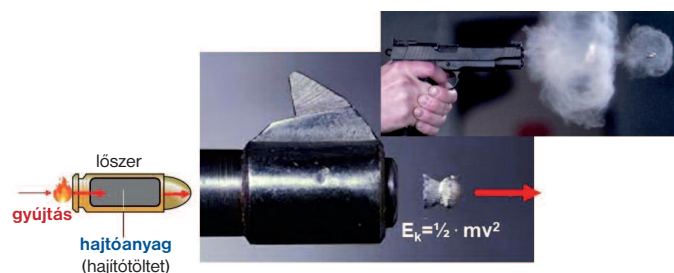
Kis lőfegyvertörténet

A lőfegyverek kialakulásához nélkülözhetetlen *puskapor* az időszámítás előtti évszázadokban felfedezték, de hosszú ideig főleg csak *tűzijátékokat* készítettek belőle. Európában a 14. században jelent meg a lőfegyver, első képviselőik kisméretű mozsarak voltak, melyekből *kőgolyókat* lőttek ki. A kezdetleges ágyúkat is tovább akarták fejleszteni, de a *kézi lőfegyverek* kifejlesztése is előtérbe került. A nagy újítást a *lőpor* és az *ólomlövedék* előzetes kimérésével érték el, 1626-ban a svéd király katonái a háborúban már kis *papírcsökökkel* jelentek meg (ezek alján volt a lőpor, fellelte elkötötték a papírt, legfelül volt a lövedék; a lőport beszórták a csőbe, utána a lövedéket kis papírral helyezték be a fojtás érdekében). 1845-ben a világhírű belga fegyverműves, *Flobert* elkészítette első kis űrméretű puskáját, ami rövid idő alatt meghódította a világot. A kifejlesztett *maroklőfegyverek* is sorra fejlődtek, a csappantyús, majd az ún. gyútús pisztolyok után az amerikai *Colt* 1835-ben feltalálta a *forgópisztolyt*. A 19. század végén, a 20. század elején megjelentek és elterjedtek az *automata revolverek*.

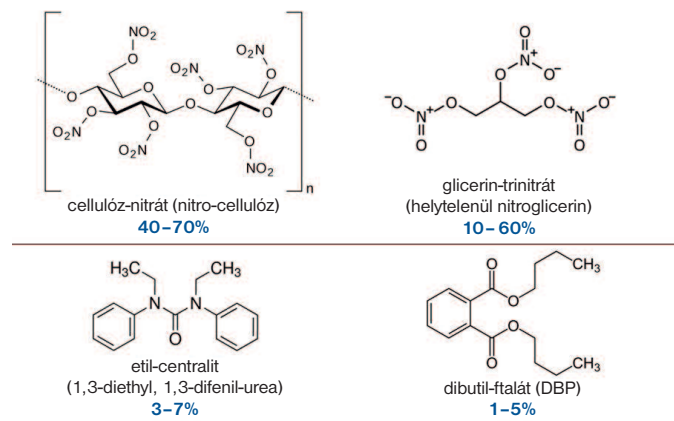
A lövedékek energiája

A lőfegyver elsütésekor – a csappantyúelegy által keltett szikra hatására – az *aktivált hajtóanyag* heves égése során hirtelen nagy

menyiségű gáz keletkezik. A *térfogat kiterjeszkedése* a zárt térben rendkívül nagy nyomást fejt ki a csövet elzáró lövedékre, így az sebesen kilökődik a torkolatból. A távozó lövedék (golyó) esetében a torkolati *kinetikus* energia érvényesül. Ezért a torkolati energiát az adott lőfegyver, illetve a töltény/lövedék *pusztító potenciáljának* jellemzésére is használják. Minél nehezebb a golyó, és minél gyorsabban mozog (sebességét a lövedék hosszúsága befolyásolja), annál nagyobb a torkolati energiája, és annál durvább sérülést okoz. A torkolati energia csak annak a felső határa, hogy mennyi energia kerül át a célpontra, azonban a *ballisztikus trauma* hatásai több egyéb tényezőtől is függenek. Például az elterjedt .357-es magnum kézfegyverből (öntöltő pisztoly) kilőtt 12 g tömegű golyó 790 J torkolati energiát képes elérni. Egyes 0,45-ös (kb. 11,48 milliméter átmérőjű) Colt lőfegyverek 1600 J torkolati energiát állítanak elő. A fokozott pusztítóerővel rendelkező kézi lőfegyverek 3700 J leadására is képesek, a lövedék akár 100 m/s sebességet is elérhet (1–2. ábra).



1. ábra. A lövedék kinetikus energiájának alakulása



továbbá 1–5% poliészter-adipát, 1–5% gyanta, 1% difenil-amin, 1% etil-acetát, 1% kálium-nitrát, 1% kálium-szulfát stb.

2. ábra. Példák a lövedék hajtóanyagának főbb összetevőire



A testvédelmi eszközök története

Kezdetben az *állatok bőréből* készítettek védőfelületet. A kínaiak öt–hét rétegben orrszarvúbőrt viseltek, az észak-amerikai sorsón indiánok több réteg bőrből készített kabátot fejlesztettek ki (az egyes önálló felületeket ragasztással vagy varrással egyesítették).

Az ún. *levélpáncél* összekapcsolt gyűrűkből vagy huzalokból állt, vasból, acélból vagy sárgarézből, és a mai Kijiv közelében megjelent.

A *pikkelypáncélt* – egymást átfedő fém-, csont-, bőrrétegeket – vagy egy megfelelően méretezett állat *kitinpáncélokból* (például a pikkelyes hangyabogár) nyert anyagot az egész keleti féltekén használták i. e. 1600-tól kezdve.

Az i. e. 16. század mükénéi kultúráiban tizennégy réteg *vászonzóból*, a Gilbert- és Ellice-szigetek mikronéziai lakói hosszú ideig *kókuszpálma-rostból* készült szöveteket viseltek.

A *brigandin* testpáncél – ujjatlan kabátként – a középkorban terjedt el. Általában nehézszővetből, vagy vászonzóból, bőrből készült, amelyet belül kisméretű hosszúkás acéllemezekkel béleltek (a textilanyaghoz szegecselve), jellemzően másik szövetréteggel fedték. Sokak szerint a brigandin a mai golyóálló mellények elődje (3. ábra).



3. ábra. Középkori brigandin testpáncél

A lőfegyverek bevezetésekor (Európában a lőpor használatával a 14. században) először a védőburkolat megerősítésével, vastagabb *acéllemezekkel* és a mellvéd felett egy második nehéz lemezzel kísérleteztek.

1538-ban Francesco Maria della Rovere megbízta Filippo Negrolit egy *golyóálló mellény* elkészítésével.

Az angol polgárháború alatt Oliver Cromwell Ironside („vasbordájú”) lovasságát többek között muskétabiztos *mellvértékkel* látták el, amelyek két réteg páncéllemezből álltak.

A puha páncél használatának egyik első rögzített leírását a középkori Japánban találták, ezt *selyemből* gyártották.

A vásárolható golyóálló páncélok egyik *első* példányát egy szabó készítette az írországi Dublinban az 1840-es években.

Kim Gi-Doo és Gang Yoon megállapította, hogy a *pamutanyag* védhet a golyók ellen, ha 10 réteg szövetet használnak.

Az 1880-as években Ned Kelly vezetésével az egyik ausztrál banda *ekepengékből* készített allappáncélt.

Jim Miller amerikai fegyveres harcos *acél mellvértet* viselt a kabátja felett, ami nagyon ellenállónak bizonyult a pisztolygolyókkal és a puskalövedékekkel szemben.

A Jan Szczepanik által tervezett 1901-es mellény tesztje során – miután a lőpados kísérlet még ismeretlen volt – 7 mm-es revolverrel lőttek a mellényt viselő személyre.

1881-ben George E. Goodfellow tapasztalta, hogy a megtámadott személy mellzsebében levő *selyem zsebkendő* állította meg a



4. ábra. Homárpáncél az első világháborús német katonákon

lővedéket, megakadályozta a golyó behatolását. Végül 18–30 réteg selyemszövetből készített védőmellényt.

Az 1910-es években a Kísérleti Lőszer Testület *gyantával merevített* selyem és pamut szövetréteggű mellényeket fejlesztett ki.

A németek nikkel- és szilícium páncéllemezekből készítették a testpáncélt, amelyet 1916 végétől kezdve *homárpáncélnak* neveztek (4. ábra).

Az Egyesült Államok többféle testpáncélt fejlesztett ki, köztük a *króm-nikkel acélból* készült Brewster Body Shieldet, amely mellvértből és fejrészből állt.

1941-ben *mangánacél lemezekből* készítettek testpáncélokat.

A brit Wilkinson Sword vállalat 1943-ban elkezdett védőkabátokat gyártani a bombázók legénységének. Ezek *nejlonszövetből* készültek, aránylag ellenállóak voltak, de nem a golyók megállítására készültek.

1944 közepe táján újraindult a gyalogos testpáncélok fejlesztése az Egyesült Államokban, a Dorn Plate *üvegszál* alapú laminátum felhasználásával. A szovjet fegyveres erők többféle testpáncélt használtak, ezek golyók és szuronypenge ellen védtek a városi csatákban.

A koreai háború alatt számos új mellényt készítettek az Egyesült Államok hadseregének, pl. nejlonmellénybe rögzített *szál-erősítésű műanyag* vagy alumíniumszegmenseket használva, védelmi képességük nem volt egyértelmű.

A Natick Laboratories által kifejlesztett és 1967-ben bevezetett típusok az első kemény *kerámialemezek* (bór-karbidból, szilícium-karbidból vagy alumínium-oxidből) befogadására alkalmas mellények voltak.

1969-ben megalapították az American Body Armort, amely több acéllemezzel borított *steppelt nejlonanyag* szabadalmaztatott kombinációjának gyártását kezdte meg.

1971-ben Stephanie Kwolek kutatóvegyész felfedezett egy folyékony kristályos polimeroldatot. A kivételes szilárdságú és merevségű para-fenilén-diamin (para-aramid) szerkezetű *kevlárszálból* készült szövetek többréteges alkalmazása kiváló eredményeket hozott (a szálasanyag pl. Twaron, Teijin márkanéven szintén ismert).

1976-ban Richard Davis, a Second Chance Body Armor alapítója elindította könnyű, modern *rendőri védőmellények* gyártását.

1989-ben a kifejlesztették a *szupererős polietilén* szálasanyagot. A szövött rétegeket aramidcérnával varrták össze.

2003-ban kezdtek a *dilatáns folyadékokkal* kapcsolatos testpáncél-kutatásokat a Massachusettsi Műszaki Intézetben és a Delaware-i Egyetemen. A védőmellény kevlár szövetrétegekből épül fel, amit nyíró-sűrítő, vagy magnetoreológiai folyadékkal telítlenek (mágneses térben a részecskéik láncokba, oszlopokba szerveződnek, ezzel nagyságrendekkel növekszik a fluidum visz-



kozítása). Mindkettő nem-newtoni folyadék viselkedését mutatja: kis és normál nyomás alatt folyadékként viselkedik, nagyobb nyomás és mágneses mezők hatására szilárd anyagként.

A ballisztikus védőeszközök lényege

A védelem a becsapódó lövedék megállításával, a kinetikai energia teljes felemésztésével valósítható meg. A mellény kialakítása során azonban lényeges az alakváltoztató hatás vizsgálata és minimálisra szabályozása, egyébként a kialakuló lökéshullám az emberi testben súlyos és esetleg végzetes elváltozásokat okoz. Ez a nyomólökés durvább bőr- és izomsérüléshez, bordatöréshez, tüdőkárosodáshoz vezet, és elkerülése azért is lényeges, hogy hatására ne következzen be az idegrendszer olyan mechanikus ingerlése, amely szélsőséges esetben a szív megállással jár.

Ezért az ideális lágy védőmellény a lövedéket megállítja és sokkelyelő rétegével kizárja a lökéshullámok emberi testre gyakorolt káros hatásait. Ennek megfelelően a kizárólag textilanyagú védőmellények pl. többrétegű aramid szövetrészből és test felőli sokkelyelő rétegből (pl. tűzött nemez, habbevonat, akár toll/pehelytöltet) épülnek fel. Előbbi a lövedék felfogására, utóbbi a lökőhatás minimalizálására szolgál. A kemény mellénytípus páncélzattal is ellátott (pl. az erre a célra kialakított zsebrészekbe helyezhető speciális idomokkal), ezeknél az acél-, kompozit- (pl. textilszál-erősítésű kemény műanyag), kerámialapok a becsapódó lövedéket annyira deformálják és kinetikai energiáját annyira felemésztik, hogy a mögöttes textilrétegek kisebb beavatkozással hatástalanítani tudják. Tehát a lövedék kinetikai energiájának alakváltoztató munkára történő átalakítása a védelmi funkció alapja. Így a mellénytöltet szilárdsági jellemzőinek és a lövedék áthatolóképeségének változása határozza meg a védőképességet. Mindehhez párosulni kell a viselhetőséget jól biztosító aránylag vékonyabb változattal, kisebb tömeggel és a szükséges komfortérzetet garantáló kialakítással és tartós, jól tisztítható képességgel.

A testpáncélmellény adott fajtája a lőtt lövedékek és a robbanások repeszzei (szilánkjai) ellen nyújt védelmet. Segíti az ütés elnyelését, és megállításával akadályozza a törzsbe való behatolást. A nehéz golyók még behatolás nélkül is képesek elég erőt kifejteni ahhoz, hogy a tompa erő traumát okozzon az ütközési pont alatt. A lágy mellényt főleg a biztonsági őrök és egyes védendő, civil öltözkéző személyek viselik. A rendőrök, börtönőrök rendelkezésére állnak olyan speciális fémes vagy aromás poliamid alkatrészek felhasználásával készült puha testvédők, amelyek a szűrő támadások ellen védenek. Az ún. szűrőbiztos mellény (miután semmilyen kapcsolatos anyag sem teljesen áthatolhatatlan, így jobb kifejezés a „szűrőálló”), olyan testpáncél, amely meg-

5. ábra. Ballisztikus védőmellények



lágy

kombinált

kemény

védi viselőjét a késes és egyéb szűrőeszközzel történő támadásoktól. A csak szúrás ellen védő, vékonyabb és rugalmasabb puha páncélzat viszont alig vagy egyáltalán nem nyújt védelmet a ballisztikus fenyegetésekkel szemben. Egyes bevetési egységek állományának tagjai kemény páncélt viselnek (lágy páncélzattal kombináltan, akár önállóan) (5. ábra).

A teljes emberi test védelmét az ún. nehéz páncél biztosítja, amely a ballisztikus védelmet garantáló öltözéken (mellkas- és nyakvédőruházat, lábbeli, védőkesztyű) kívül lövedék- és repeszálló védősakkal (extra szemvédővel) egészül ki.

A különböző hatóságoknál, védelmi szervezeteknél szolgálatot teljesítő kutyák védelmét testreszabott ballisztikai mellényekkel oldják meg (6. ábra).



6. ábra. Hatóságoknál szolgáló kutyák ballisztikus védelme speciális mellénnyel

A golyóálló és egyéb védőmellényekről általában

A kézi tűzfegyverek (revolver, pisztoly, géppisztoly, puska) lövedékei ellen védőruházati funkciót betöltő mellények döntően műszaki textilárból készített speciális konfekcionált termékek. Az emberi felsőttestet (fokozottan az elülső részét) a lövésektől, a robbanótestek repeszzeitől védi meg a különleges, összetett textilszerkezet, amely speciális laminált szintetikusszál- és kelmerendszerekből épül fel. Eleinte alifás poliamidokból készültek a golyóálló védőöltözetek, ezek csak kisebb kaliberű lövedékektől, repeszek hatásai ellen nyújtottak védelmet. A korszerűbb típusú védőmellények többrétegű, főként szövött, általában aromás poliamid vagy szupererős polietilén textilanyagokból épülnek fel (az aramidanyagú lánrendszerű, vetülékbefektetési kötöttkelmék kevésbé elterjedtek). Ezenkívül akár páncéllemezzel, kerámia- vagy kompozitbetétekkel ellátva, a test felőli oldalon deformálódó sokkelyelő réteggel kiegészítve készülnek. A rétegek egyesítése fokozza a találó lövedék leállítását, a szövet fonalainak tapadását növelő bevonatok pedig csökkentik a fonalirányú energia-terjedést. Általános követelmény a ballisztikus ellenállóképesség tartóssága (pl. 10 évig), beleértve a használattal járó koptató és egyéb hordási (mechanikai és vegyi jellegű) igénybevételeket, a napsugárzással összefüggő behatásokat, a szakszerű tisztítóműveletekkel járó megmunkálásokat is.

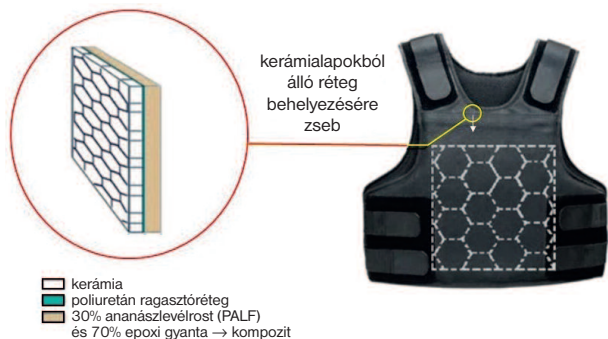
A kerámia szerepe

A nagyobb lövedékekkel szemben ellenálló kemény páncélzat készülhet – a textil vázerősítésű műgyantás szilárdítású kompozitok mellett – kerámialemez-alapú rendszerből, töredezettség elleni védőbevonattal ellátott acéllemezekből és ún. keményszálal alapú laminált szerkezetekből. Előfordul a kemény kerámia alkatrészek és összetett textilanyagok kombinált alkalmazása is. A



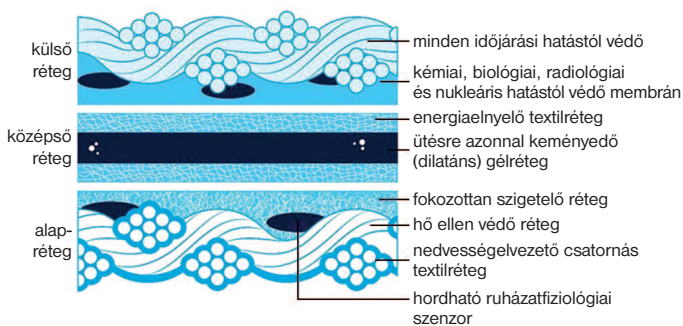
KITEKINTÉS

kerámia keménysége megakadályozza a lövedék behatolását, a hátlap teljesen leállítja. A kerámiaanyagok általában alumínium-oxid, bór-karbid és szilícium-karbid összetételűek. A kerámialap hátsó felülete kompozit-, pl. laminált szálból és műgyantából kialakított. A kiváló képességű szálanyagot a nagy molekulatömegű polietilén (spectra, dyneema) biztosítja. A nemszőtt *spectra* kelméből és *kraton* (elasztomer jellegű polimer) műgyantából képzett kompozitot két polietilén fólia közé zárva alkalmazzák. Az ilyen páncélok tömege és merevsége jelentős technikai kihívással jár. A sűrűség, a keménység és az ütéssel szembeni ellenállás kiegyensúlyozott megválasztása fontos tervezési szempont. A kerámiaanyagok ballisztikai védelme kiemelkedő, azonban *törésállóságuk* rossz. A kerámialemez repedés általi meghibásodását is fontos vizsgálni, mert a kerámialemez a lövedék ütközésének közelében *megreped*, ami csökkenti a védelmet a környezetben. Ennek ellensúlyozására egyes lemezeknél *rozsdamentes acél* repedésgátlót használnak, ami jelentősen javítja a több ütéssel szembeni ellenálló képességet. A behatolás esetében azt is figyelembe kell venni, hogy a lövedékmag keménysége kevésbé lényeges, mint annak keresztmetszeti sűrűsége (7. ábra).



7. ábra. Kemény testpáncéltatú ballisztikus védőmellény

A komfortos *komplex katonai* védőmellény széles körű védelmet nyújt. A ballisztikus és hőhatások mellett vegyi-biológiai-radiológiai-nukleáris (CBRN = Chemical, Biological, Radiological, Nuclear) igénybevételek ellen védő speciális membrán, az időjárási hatásokat kompenzáló borítókélme is részt vesz az öltözköztető felépítésében (8. ábra).



8. ábra. Komfortos komplex katonai védőmellény réteg-felépítése

A védelmi szint megállapítása

Kb. a 20. század első harmadáig a kialakított ballisztikus védőmellényt – *éles körülmények* között – önkéntesen próbálták ki (9. ábra).



9. ábra. Amikor még nem löpádon tesztelték a golyóálló mellényt

A korszerű tesztelőrendszer fő eszköze a vizsgálo *lő*, ill. *mérő* *rőpad*, ez a lövést leadó rögzített fegyverből vagy mérőcsőből, továbbá a mellénnyel ellátott gyurmabevonatú *próbatestből* épül fel. A különböző szögből indított próbálövéseket távirányítással adják le, a többszöri kilövést megfelelő célosztásközpont állítás után hajtják végre (pl. kerülve, hogy a korábbi becsapódásnál sérült fonalakat ismét találat érje). A vizsgálatokat *szárazon* és *nedvesen* végzik, a roncsolásos igénybevétel *varratokra* is kiterjesztik. A meghatározások során mérik a lövedék sebességét, vizsgálják a *benyomódások* mélységét (a gyurmabevonat és a zselé jellegű bevonat az emberi testszövethez hasonlóan reagál, így a lökéshullámok hatása elemezhető) és környezetét. A próbák sorába tartoznak a laboratóriumi megfelelőség-vizsgálat során kiváló védőmellények *éles tesztjei* és a fiziológiai meghatározásokra is kiterjedő *állatkísérletek* (pl. a már említett idegi reflexekre ható elektromos és mechanikai nyomólökés-elemzések).

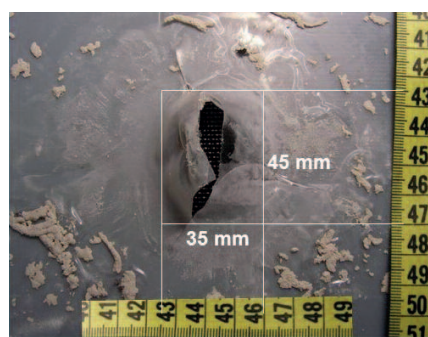
A ballisztikus hatásokat gátló testpáncélok védelmi szintjének tesztelésekor a szabványokban meghatározottak szerint mérik a vizsgált védőeszköz test felőli oldalán a lövedék becsapódásának hatására a *háttéranyagban* (plasztilin) létrejött maradandó alakváltozás legnagyobb mélységét, az eredeti felszíntől kiindulva.

A vizsgálat során:

- *több védőeszközön* a szabályos találatok által létrehozott lenyomatmélységeket elemzik,
- az összes szabályos találat által létrejött lenyomatmélységnek *maximum 44 mm-nek*, vagy ennél kisebb értékűnek kell lennie,
- amennyiben a vizsgálat során adott számú lenyomatmélység (traumahasítás) nagyobb 44 mm-nél, akkor 95%-os valószínűséggel az összes lenyomatmélység *80%-ánál 44 mm-es* vagy ennél kisebb értéket kell elérni, a mért *lenyomatmélység* pedig sehol nem haladhatja meg az 50 mm-t.

A háttéranyagban létrejövő lenyomatmélységek, test felőli ki-domborodási magasságok alapján lehet megítélni, hogy a testpáncél milyen mértékben képes védelmet biztosítani a tompított sérüléssel (ún. blunt trauma) szemben (10. ábra).

A tesztelésére különböző vizsgálatokat fejlesztettek ki világszerte. Például az 1980-as évek közepén Kalifornia állam büntetés-végrehajtási minisztériuma előírást adott ki egy olyan pán-

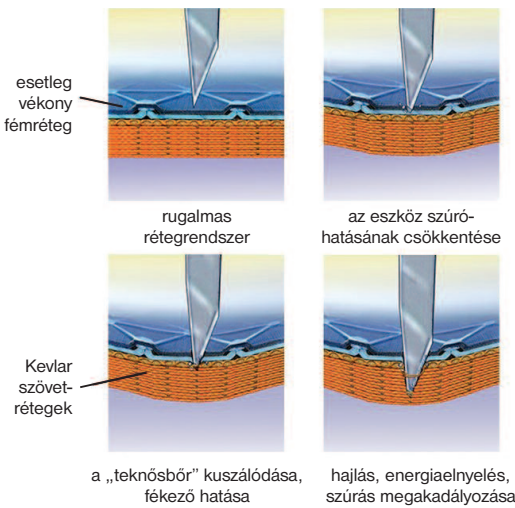


domborodás magassága 20 mm

10. ábra. Az 5 m vizsgálati távolságból leadott 44 Magnum SWC vizsgálo lövedék hatása



célzatra, amelynél a próbabehatoló egy jégcsákány (a teszteléshez 109 joule energiára van szükség). Ma többnyire az Egyesült Királyság szabványain alapuló vizsgálati módszert alkalmazzák (több ejtéssel és az ún. PI/B pengével). Az injekciós tű elleni védelemre a kemény páncélzat alkalmas, amely megakadályozza a késes, tuskés és tűs támadásokat, valamint a fegyverek lövedékeitől is véd (11. ábra).

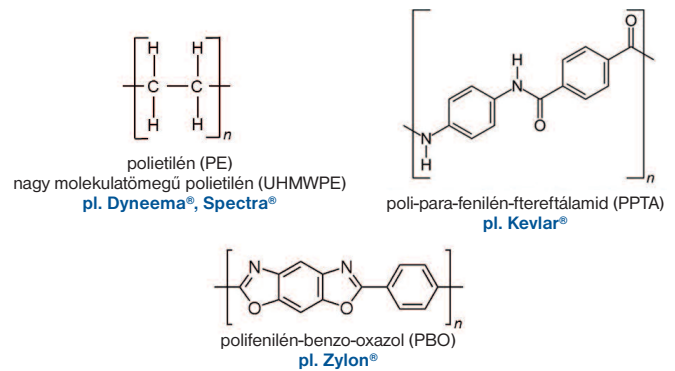


11. ábra. Szúrás, vágás ellen védő mellény rétegfelépítése

A védőöltözékek, -mellények textilanyagai

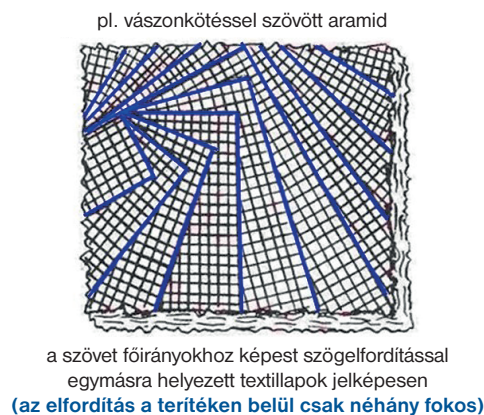
Az 1980-as évektől elterjedő *harmadik generációs* szálanyagok döntő része azért alkalmas erre a célra, mert nagy *dinamikus energiafelvétellel* (energiaabszorpcióval) rendelkeznek, amely fokozott fajlagos húzószilárdsággal és nagy moduluszokkal magyarázható. Ez azért lényeges, mert a golyóálló védőruházatok ballisztikus ellenállása elsősorban a *textilfelület* anyagi minőségétől függ. Például a speciális aromás poliamidok (aramidok) szilárdsága 5-ször nagyobb az azonos tömegű acélénál, a szupererős – nagy molekulatömegű – polietilén szálanyagok szintén extra energiaabszorpcióra képesek. A 220 és 440 dtex (10 000 m szál ennyi gramm tömegű) finomságú multifilamentből készült szövetek védelmi képessége nagyobb, de az ilyen szálanyagok magasabb ára miatt elterjedtek az 1100 dtex-es, esetleg sodrattal ellátott filamentfonalak (utóbbiakból valamivel nagyobb mennyiség szükséges, a tömegnövekmény ellensúlyozza a finomabb fonalú rendszereknél kisebb ballisztikus ellenálló képességet). Az *1/1-es vászonkötés* bizonyult optimálisnak (miután más kötéstípusoknál a kevesebb kötéspont kedvezőtlenül hat a védelemre) 124/10 cm-es lánc-, ill. vetülékfonal-sűrűséggel és kb. 280 g/m²-es területi sűrűséggel. A fonalcusztató erők csökkentésére javasolt a szövet fonalainak bevonásos *fixálása* (a lamináló, ragasztó hatású nagy molekulájú készítmény a szilárdulást követően fokozza a lánc- és vetülékfonalak közötti tapadást, megakadályozza a fonalhúzóást). Célszerű tartós – például fluorkarbon hatóanyagú – *víztaasztító* végkikészítéssel ellátni a védőmellény alapanyagául szolgáló szövetet, elkerülve a nedves szövetnél megfigyelhető védelmi képesség-romlást (a víz nincs számottevő hatással az aramidszálra, azonban mint sűrűlőcsökkentő anyag hátrányosan befolyásolja a lövedék-szálfelület kapcsolatát).

A polifenilén-benzo-oxazol (PBO) szálanyagból (pl. zilon) készült, lángálló képességű védőmellények ballisztikai teljesítménye különböző terepviszonyok közötti használatnál csökkent, a környezeti hatások káros következményeként (12. ábra).



12. ábra. Harmadik generációs szálanyagok ballisztikus védőmellényhez

Az optimálisan kialakított szerkezetű és igényeknek megfelelően speciálisan kikészített vászonkötésű, például kevlár szálanyagú aramidszövetből 10–50 réteg képezi a ballisztikus védőzónát. Az egyes rétegeknél az egymás után elhelyezkedő *szövetlapokat* néhány fokok *elfordítással* javasolt elhelyezni, ennek hiányában az újabb, közel azonos környezetben becsapódó lövedék ugyanazon lánc- és vetülékfonalak sérülését okozza (a szögelfordítással elérhető, hogy az első lövésnél sérült fonalak ne engedjenek szabad átjutást vagy akár teljes áthatolást a lövedék számára). A több szabászati hulladékot ellensúlyozza a szabályozottan elforgatott rétegekialakítással járó nagyobb ballisztikai védelem (13. ábra).



13. ábra. Optimális, többrétegű ballisztikus védőzóna kialakítása

A szövetrétegek *varrásos* összekapcsolása laposabbá és merevebbé teszi a mellényt (az optimális hajlékonyságot kissé csökkentve), a keményebb védőanyag fokozza a becsapódó lövedék deformációját. Az *aramidcérnákból* kialakított varratok önmagukban is részt vállalnak az energiafelvételen, és az egyes szövetrétegek közötti súrlódásos kapcsolat növekedése is fokozza az energiaemésztést. Lényeges az öltésűrség, tűtípus, cérnafinomság és a varratképzési körülmények gondos és jól összehangolt megválasztása, hogy a varrottú-beszúrásos sérülésekkel járó szilárdságvesztés minimálisra leszorítható legyen.

A golyóálló védőmellényt alkotó *szendvicsszerkezet* külső rétegegyüttesén kívül fontos a test felőli, ún. *sokkelyelő*, deformálódó réteg kellő vastagsága. Ennek a kb. 10 mm vastagságú rétegnek a feladata a lövedék becsapódással járó lökőhullám tompítása, hatástalanítása is.

A közvetlen találatot kapott fonalaknál a becsapódási ponttól hangsebességgel terjedő *nyúlási hullám* fut végig, a keresztvezető fonalrendszereknél kötéspontként részben visszaverődés kö-



vetkezik be. A visszaverődő hullámmozgás interferálódik, a szakadási nyúlást meghaladó összegződés a fonalak *szakadását* okozza. Amennyiben kisebb a visszaverődés, úgy a keresztelési ponttól távolabbra jut el a hullámmozgás, így az energiaemelés a fonál kisebb sérülésével jár. A bevonatfelvitellel növelt *fonaltapadás* nagyobb visszaverődéssel párosul és a nyúlási hullám terjedését korlátozza, így a lövedék által ért fonál kisebb energiafelvételre lesz képes (a bevonat nélküli fonalcúsúzás hajlam akár 10–15-szörösére növekedhet, így az eltalált fonál kihúzódhat a lövés által kialakuló hézagoknál). Az energiaelnyelő képesség összetett folyamat, a jelentősebb sűrűlási veszteség (lövedék által eltalált és a keresztződő fonalak sérülése) és a nyúlási hullámok terjedési lehetősége egyaránt meghatározó tényezők.

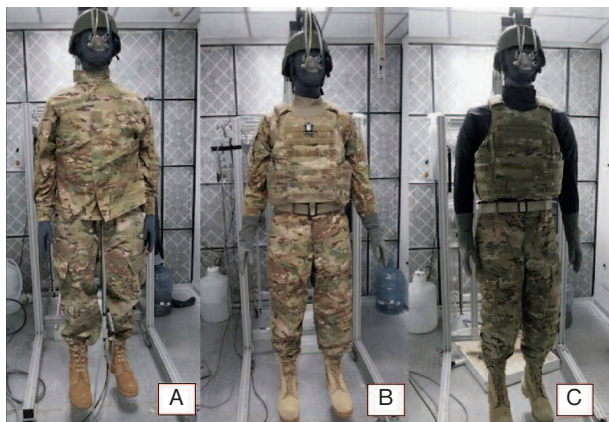
Az aramidból és szupererős polietilénből készült védőmellények kellően bírják az *időjárással* járó behatásokat, az ellenálló képesség széles hőmérsékletsávban fennáll (–32 fokos *hőmérséklettől* a +70 fokos száraz, ill. nedves kezeléseig, beleértve továbbá az ívfüves besugárzást, amelyet például a műkaucukos bevonás gátol). A fehérítőszerek használata érthetően jelentős *szilárdságcsökkenéssel* jár, a perklór-etilén tisztítószert kivételével az egyéb szerves oldószerek szintén veszteségeket okozhatnak. A hagyományos háztartási mosási körülmények 50-szeres igénybevételig hatástalanok a védelmi képességre, a *kopásállóság-romlás* a víztaszító kikészítéssel ellátott kelmékből készített védőmellényeknél elenyésző. Az emberi *izzadság* akkor okoz mintegy 10%-os húzószilárdság-csökkenést a test felőli rétegekben, ha nincs víztaszító kikészítés és elmarad a nedvesség ellen védő hegesztőszalagok alkalmazása az összeállító varratoknál. A kopásállóság a víztaszító kikészítéssel ellátott termékekkel kiváló a hidrofobizáló bevonat sűrűláscsökkentő hatása következtében.

A ballisztikus védelmet ellátó öltözékek esetében is lényeges az optimális *ruházatfiziológiai* képességek elérése, különös tekintettel a számos esetben fennálló tartós idejű viselésre. A cél olyan ruházat tervezése, amely az ember mindenkor tevékenységének legmegfelelőbb mikroklímát teremti meg, így az egyes tevékenységekhez optimális viselési körülményeket biztosít. A komfortos a ruházat az emberi test hő- és nedvességháztartását nem befolyásolja kedvezőtlenül, a bőrre gyakorolt mechanikai hatása nem okoz hátrányt. Fontos tényező, hogy

- a *hőszigetelést* 50%-ban a ruházat körüli levegő, 30%-ban a ruházatra tapadó levegő és 20%-ban a szálanyag biztosítja,
- az emberi test *hőleadása* 60%-ban sugárzással, 25%-ban párolgással, 15%-os mértékben vezetéssel valósul meg.

A pontos ruházatfiziológiai *manikinvizsgálatokat* klímakam-

14. ábra. Különböző testpáncéllal ellátott védőöltözékek ruházatfiziológiai vizsgálata szenzoros bábun



rában elhelyezett, temperálható próbababun végzik. A bábu *fűtése* az igényeknek megfelelően testrészenként szabályozható, valamint a klímakamrában is a szükséges körülményeknek megfelelő hőmérséklet, légnedvesség és légáramlás biztosítható. A bábu beépített villamosmotorokkal *mozgatható* is (a járást, karmozgást stb. imitálva), a test mozgásával járó változások megfigyelése érdekében. A bábun és a rajta levő öltözéken elhelyezett szenzorok szolgáltatott adatokat számítógép értékeli. A vizsgálatokhoz rendelkezésre áll külön bőrmódel is, a hő- és nedvességátadási folyamattal kapcsolatos mérések elvégzésére. Az így kialakított összetett szerkezetet a *klímakamrában* tesztelik, amelyben a vizsgálati körülményeknek megfelelő hőmérséklet, légnedvesség és légmozgás biztosított. Így mérni tudják a textilanyag hőszigetelését, *vízgőzzel szembeni ellenállását*, *vízgőzáteresztő képességét*, *lelegzőképességét*, vagy akár a száradási időt stb. is (**14. ábra**).

A komfortos komplex katonai védőmellényben (**8. ábra**) hordható *ruházatfiziológiai szenzorokat* is beépítenek.

Páncél a fej védelmére

Az 1970-es évektől kezdve új anyagok, többek között a *harmadik generációs* mesterséges szálanyagok [pl. az aromás poliamid kevlár és twaron, a nagy molekulatömegű polietilén (UHMWPE) dyneema és spectra] kezdték felváltani az acélt, a ballisztikus védősíkok addig elsődleges anyagát. Nemcsak a *tömegcsökkenéshez* és a ballisztikai *védelem* növeléséhez járult hozzá az új konstrukció, hanem a *traumás agysérülések* elleni hatékony védekezéshez is. Ezek az innovatív fejlesztések folytatódnak, a felhasznált szálanyagok, a síkok kialakítása, a modularitás további finomítása révén.

Albert Penning már 1963-ban feltalálta a ballisztikus síkokat, amely azonban csak 1990-ben került kereskedelmi forgalomba.

A modern harci síkok elsősorban a *repeszek* és *szilánkok*, a kézi lőfegyverek *lövedékei* ellen nyújtanak védelmet. A rögzítési pontok lehetőséget adnak az éjjellátó szemüvegek és a kommunikációs eszközök csatlakoztatására.

Civil személyi védelem

A civil használatú, személyi védelmet garantáló öltözékeknek meg kell felelniük a *stílus* és a *kényelem* mindenkor követelményeinek, diszkrét alternatíva létre hozásával. A hagyományos golyóálló *mellények* megvédik viselőiket a *lövedékek* vagy a *kések* fenyegetéseitől, a robbanások *repeszeitől*. A mindennapi viselethez tartozó ballisztikus védelmet megvalósító ruházatok a mellényen kívül a könnyű golyóálló *kabátok*, *öltönyök* és akár az elrejthető lövedékálló lemezekkel is kiegészíthető ruházati cikkek. A golyóálló és szúrás ellen védő ruházatok elkészítéséhez a gyártók aránylag alacsony területi sűrűségű (g/m^2), így nagy mobilitást biztosító *aromás poliamid* (pl. kevlár) és *nagy molekulatömegű polietilén* (pl. dyneema) szálanyagból gyártott szöveteket használnak, több rétegben elhelyezett *panelek* formájában. Természetesen a ruházat anyagát, vastagságát és tömegét a kívánt *védelem szintje* határozza meg.

IRODALOM

- <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/the-history-of-body-armor-from-medieval-times-to-today>
https://en.wikipedia.org/wiki/Body_armor
<https://en.wikipedia.org/wiki/Firearm>
<https://doksi.net/hu/get.php?id=20848>
<http://www.madehow.com/Volume-1/Bulletproof-Vest.html>
 Ballisztikai védőöltözékeket gyártó cégek gyártmányismertetői



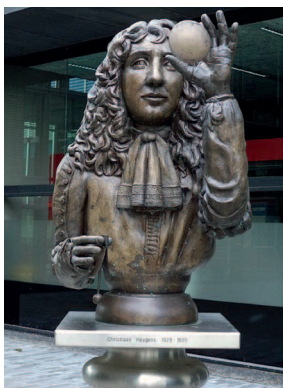
Huygens a Parnasszuson

Pillanatképek Párizsból és holland városokból

Egy Párizshoz közeli dombot körülbelül négyszáz évvel ezelőtt neveztek el „Parnasszus-hegynék”, Montparnasse-nak. Jóval később, amikor a környéket belakták és új utcákat nyitottak, az egyik Huygensről kapta a nevét – ő volt a Francia Természettudományos Akadémia első elnöke.



Nem tűnik túlzásnak, hogy Christiaan Huygens (1629–1695) „a géniuszok századának ... legfegyvelmezettebb, legkritikusabb szellemű és legtöbb konkrét eredményt felmutató fizikusa – az egyetlen Newtont kivéve”. [1] Ez a század nagyjából egybeesett Hollandia aranykorával – Huygens Rembrandt és Vermeer kortársa is volt. Művelt családba született; édesapja diplomataként, titkárként szolgált két orániai herceget, zenészként és irodalmárként is számoltartották, jártas volt a természettudományokban, levelezett Descartes-tal és a tudós világ központjának, igazi intézményének számító Mersenne szerzetessel. Mersenne a fiatal Christiaan-nak is tanácsokat adott, Descartes pedig többször megfordult Huygenséknél Hágában; felismerte a kisebbik fiú matematikai tehetségét, és életre szóló hatást gyakorolt rá a munkáival. De Huygens a matematikát inkább eszköznek tekintette, és hamar rákapott a csillagászatra: lencséket csiszolt (a testvérével), tökéletesítette a távcsövet – és felfedezte a Szaturnusz első holdját, a Titánt. Még érdekesebb, hogy értelmezte (mert nem láthatta jól) azt, amit a Szaturnusz füleként, fogójaként is emlegettek: a gyűrűjét; „ehhez olyan szemre [volt] szükség, amely egy elméleti ember koponyájával van közvetlen összeköttetésben”. [2] Jóval később, élete vége felé ő készített először részletes rajtot az Orion-köd belső részéről.¹



Huygens embermagasságú talapzaton álló szobra (Delft, Mekelweg 4.; fotó: PieterJanR)

Martin Abspoel Huygens-szobrát a delfti műegyetem előtt állították fel 2010 környékén. A szobor egyik kezében lencse, a másikban inga van, mert Huygens meghatározta a matematikai inga lengési idejét, és kiszámította, hogy a fizikai inga lengési ideje akkor lesz állandó nagy amplitúdó esetében is, ha a fonál végére kötött súly cikloispályán mozog, ezt pedig úgy lehet kikényszeríteni, hogy az inga fonalának útját két, cikloidális lap korlátozza – a szobor ingája erre a felfedezésre utal. Huygens órákkal is kísérletezett, mert az időmérésnek nagy jelentősége volt a csillagászatban és a hajózásban. A szobron a hullámok, redők talán Huygens későbbi munkáját, a fényt hullámként kezelő, a fénytörést, sőt a kettős törést leíró elméletét sejtetik.



Huygens órákkal és ingával egy 20. század eleji csempeképen, Pieter Lameris órásmester „cégéréen” (Amsterdam, Leidsestraat 86–88.; fotó: Wouter Bregman)



Huygenika, részlet (Amsterdam, Tweede Constantijn Huygensstraat 4.)

Két amszterdami ábrázolás szintén néhány felfedezésére emlékeztet. Az egyik a belvárosban, a másik, a „Huygenika” valamivel távolabb, a Huygens édesapjáról elnevezett utcában látható. Ez a street art-festmény (a kép és a név Picasso Guernicájára is utal) 2018-ban készült Uri Martinez koncepciója alapján. A tabló Orániai Móriccál kezdődik, őt követik a szülők, végül Christiaan portréja. Az itteni részleten feltűnik, többek között, a csillagos ég (egy távolabbin a Szaturnusz) és egy hattyú, amelyhez a közeli csatornában úszkáló madarak adhatták az inspirációt, de uralkodói engedéllyel tenyésztett hattyúk vették körül a Huygens család „weekend-házát” is Hága mellett (utolsó képek).

¹ Néhány név és évszám a különböző bekezdésekhez: Isaac Newton (1642–1727), Rembrandt van Rijn (1606–1669), Johannes Vermeer (1632–1695), René Descartes (1596–1650), Marin Mersenne (1588–1648), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716).



SÉTÁK A TUDOMÁNY KÖRÜL

Huygens 1661-ben Londonba utazott, mert találkozni akart az ottani tudósokkal, látni akarta a kísérleteiket. Bár Párizs, ahol már korábban járt, jobban tetszett neki, az angol természettudósok kevésbé filozofikus megközelítését a franciáké elé helyezte. Az „angol” attitűdben feltehetően Francis Bacon (1561–1626) empirikus felfogásának is nagy szerepe volt. Hágába hazatérve megismételte a már személyes ismerős Robert Boyle (1627–1691) néhány kísérletét: megfigyelte például, hogyan forr a víz csökkenett nyomás mellett, hogyan szűnik meg a hangterjedés vákuumban. Később kapta csak kézhez *A kétkedő kémikust*, Boyle legfontosabb munkáját. „Végtelen sok hasznos és figyelemre méltó dolgot tartalmaz – írta róla –, és véleményem szerint húsz olyan könyvvel felér, amely nap mint nap megjelenik a filozófia [természettudomány] és a kémia kérdéseiről. Ez a Karneadász [a könyv főszerzője] nagyon igazat beszél, okosan érvel, és kétségtelenül megmutatja a helyes utat a dolgok valódi voltának felfedezéséhez.” [3]

Amikor Huygens már az európai tudomány „doyenje” volt, Colbert,² a Napkirály befolyásos minisztere meghívta Párizsba: az 1666 végén megalakuló természettudományos akadémia vezetésével bízták meg. [4]

A montparnasse-i utca, a rue Huyghens a Dôme kávéháztól nem messze fut ki a boulevard Raspailra, ahol óhatatlanul eszünkbe jut a környék nagyjából száz évvel ezelőtti, pezsgő művészeti élete. Tamkó-Sirató Károly így írt erről az utcarészletről: „A boulevard Montparnasse és a boulevard Raspail sarkán álló Dôme-kávéház volt ebben az időben a »világművészet fedélzete«... A Párizsban élő művészek három fő kategóriát alkottak. Akik már beérkeztek, ezek a jobb oldali Dôme-terazon üldögéltek, ahol minden drágább volt. Akik beérkezés felé startoltak s bizonyos



A Dôme kávéház a 20. század első évtizedeiben (boulevard du Montparnasse 108.)

anyagi eredményeket már elértek, ezek a Raspailig érő sarokteraszon ültek, ahol a legolcsóbb rendelés, egy »café crème«, 2 frank volt. És azok, akiknek még két frankjuk sem volt, a két Dôme-terasz előtti járdán sétálgattak fel és alá...” [5]

A Dôme-kávéház oldalához simuló kis utca, a rue Delambre szállodáiban, bárjaiban szintén rengeteg művész fordult meg. Az utca névadója, Jean-Baptiste Joseph Delambre (1749–1822) azonban nem művész, hanem matematikus és csillagász, egy időben a közeli obszervatórium igazgatója volt. 1791-ben egy akadémiai

² Jean-Baptiste Colbert (1619–1683) államférfi, XIV. Lajos egyik főminisztere.

³ Pierre Méchain (1744–1804) számos égitest felfedezője. Az obszervatórium környékén neveztek el róla utcát.

bizottság azt javasolta, hogy a hosszúság általánosan elfogadott egysége a délkör negyedének tízmilliomod része legyen. A korábbi meghatározásokra épülő, de pontosabb délkörméréshez a Dunkerque és Barcelona közötti szakaszt jelölték ki, a kivitelezés Delambre és egy másik csillagász, Pierre Méchain³ feladata lett. Háromszögeléssel dolgoztak; kb. hét év alatt végeztek – akkoriban ért véget a forradalom, időközben az ideiglenes métert is bevezették. A bonyolult geometriai számítások újabb évekig elhúzódtak. (Már Huygens állandó lengési idejű ingája nyomán is komoly mértékrendszer-egységesítési terv merült fel: például az egy másodperc lengési idejű inga hosszát javasolták hosszegységnek. Később azonban kiderült, hogy az ilyen ingák hossza nem ugyanakkora a Föld különböző pontjain. Ekkor még felvetődött, hogy országoként használjanak saját standard ingákat.)



Párizs utcáin 16 márványba vésett „métert” helyeztek el (még a pontos számítások előtt), hogy elterjesszék a használatát, és mindenki ahhoz mérhesse a sajátját. Már csak egy van az eredeti helyén, a Luxembourg-palota közelében (rue Vaugirard 36.; fotó: Airair, CC BY-SA 3.0)



A „Zöld meridián”, Paul Chemetov építész projektje a 2000. évet ünnepelte: Franciaország-szerte fákkal és fémlapokkal jelölték meg a Dunkerque–Barcelona vonalon fekvő délkört.

A kép Párizsban, a rue Rivolin, a Louvre közelében készült (fotó: Hugues Mitton, CC BY-SA 2.5)

A rue Delambre túlsó végén a Montparnasse-torony uralja a teret. (Európa egyik legmagasabb – és talán egyik legrondább – épülete az 1970-es években készült el. 56 vasbeton oszlop tartja, némelyik átmérője eléri a 3,5 métert. A vasok tömbök 70 méter mélyre nyúlnak az utcaszint alá – az 59. emeleti teraszról viszont az Eiffel-toronyra is le lehet nézni.) A toronnyal ellenkező irányban fut a Georges Besse-ről elnevezett sétány. Besse sokáig vezető szerepet töltött be a nukleáris iparban, dúsítóüzem is viseli a nevét. 1986-ban, amikor közeli lakásában meggyilkolta egy szélsőbaloldali terroristacsoport, a Renault vezérigazgatója volt. A sétány végén Ossip Zadkine (Vityebszk, 1890 – Párizs, 1967) alko-



Ossip Zadkine: A formák születése. Háttérben a Montparnasse-torony (allée Georges Besse, boulevard Edgar Quine 2.)

tása, *A formák születése* áll. A durva felületű, súlyos geometrikus elemeket szabálytalan, levegős nyílásokkal párosító szobor eredeti változata a második világháború után született.

A sétány közelében van a híres Montparnasse-temető, amelyet körbenőtt a város, kicsit távolabb pedig egy nevezetes tér, a Denfert-Rocherau. Régebben a pokol (enfer) nevét viselte; nem véletlenül írta róla Radnóti, hogy „úgy hangzol mint egy átok”. Középen a *Belfort-i oroszlán* trónol; a tér mai neve is a francia-póros háborúban Belfort-t védő parancsnokra emlékeztet.

A környék (és a kémia) történetéhez tartozik, hogy a Párizsba érkező árukra régóta királyi adót vetettek ki. A legmagasabbat a borra, amitől egyenes út vezetett a csempészethez; előfordult, hogy földbe ásott csöveken gurították át a hordókat a vámrompó alatt. Ezért az adóbérlők, akik az adószedés jogát bérbe vették a királytól, a 18. század vége felé masszív falat építettek Párizs egy része köré – a gazdák, kereskedők nagy felháborodására. [6] Lavoisier is adóbérlő volt – és ez már ürügyet szolgálta-

tott a kivégzésére. Egy különböző variációkban idézett anekdota szerint az ítélethirdetés után egeret kért a kísérleteihez, de azt válaszolták neki, hogy a köztársaságnak se tudósokra, se kémikusokra nincs szüksége... Az adóbérlők fala áthaladt a téren, ahol máig megmaradt a „Pokol sorompója” melletti két vámház. Az egyikből a katakombákba lehet lejutni, abba a csontházba, amelyet Párizs alatt, a régi kőbányákban alakítottak ki az 1780-as évek végétől – a temetőkből közegészségügyi okokból ideszállított maradványoknak. Lavoisier, de Danton és Robespierre is itt „nyugszik”. A katakombákat már több mint kétszáz éve megnyitották az érdeklődőknek; a bejárat előtt általában ma is sorok kígyóznak.

Kicsit távolabb áll Párizs legrégebbi, még működő pályaudvara, bár most már csak az RER (a városi metróvonalakon is közlekedő „HÉV”) áll meg itt. A 19. század közepén épült – és mivel akkor végállomás volt – úgy, hogy az alkalmasan tervezett vonatok U alakú pályán *kanyarodhassanak vissza*. [6]

Huygens-t persze nem a Parnasszuson, hanem a Királyi Könyvtárban szállásolták el, a Louvre-hoz közeli rue Vivienne-en. Itt alakult meg a természettudományos akadémia is. [7] A könyvtárat frissen telepített oda Colbert, aki a szomszédos elegáns házban lakott... Az akadémia vezető tudósaként, részben a Royal Societyban szerzett tapasztalatai alapján, Huygens sokat tett a kísérleti munka előmozdításáért, mert csak „kísérlet és megfigyelés útján tudhatjuk meg mindannak az okát, amit a természetben látunk”. A párizsi években fejezte be mechanikai és optikai kutatásait összegző könyveit.⁴ Erőteljesen bírálta Newton korpuszkuláris és gravitációs felfogását, de színelméletével sem értett egyet. Ettől függetlenül nagyra értékelte Newtont. A „Huygens-fan” asztrofizikus professzor, Vincent Icke érdekes megvilágításba helyezi, és Einstein relativitáselméletének ismeretében tekint vissza a newtoni gravitációs erővel szembeni idegenkedésre.⁵

Ma Huygens egykori párizsi szállásával szemben nyílik a francia „Széchényi-könyvtár” (Bibliothèque nationale de France, BNF) régi, Richelieu-részlegének látogatói bejárata. A Királyi Könyvtárat ide, pontosabban a háztömb túloldalára (a rue Richelieu-re) költöztették át a 18. század elején – és a forradalom idején „alla-



A Denfert Rochereau-pályaudvar központi épületének alakját a visszakanyarodó sínek diktálták (Mbzt, CC BY-SA 3.0)

⁴ A *Horologium Oscillatorium* a 17. század egyik legfontosabb mechanikai munkája; a *Traité de la Lumière* a tervekkel ellentétben nem latinul, hanem „csak” franciául jelent meg.

⁵ „Huygens azt írta: *Motus inter corpora relativus tantum est*. [A tárgyak egymáshoz viszonyított mozgása minden tekintetben relatív.] A huszadik századig kellett várni, hogy felismerjék a *tantum* alapvető fontosságát. Testek egymáshoz viszonyított mozgása »tantum«, *minden tekintetben* relatív. Ebben az általánosabb formában a sebességek irányja és nagysága tetszés szerint változhat. Más szóval, Huygens a *gyorsulásokat* is bekalkulálta ebbe a relativitáselvébe.

Ehhez kellett csak nagy merészség! Huygens korában a gyorsulásokat valahogy kívülről kellett begyömöszölni az elméletbe. Newton ezt egy hipotetikus erő, az »egyetemes tömegvonzás« bevezetésével vélte megoldhatónak. Azonban egy ... 1916-ban publikált szenzációs cikkében Einstein bemutatta: erre semmi szükség. Ha feltételezzük, hogy a tárgyak egymáshoz viszonyított mozgása minden tekintetben relatív, és még a semmihez sem fogható fénysebességet is beépítjük, olyan elméletet kapunk, amelyben a részecskék görbe vonalú pályákon mozoghatnak, nem mintha valamilyen erő hatna rájuk, hanem mert maga a tér görbült.” [1]



mosították'. A 2022-re felújított Richelieu-könyvtár patinás ovális olvasótermébe bárki beülhet. A látogatók az újonnan tervezett Vivienne-kerten át juthatnak be – ahol a 17. században még Mazarin bíboros palotájának kertje volt.⁶ A palota részben a könyvtárba olvadt, az eredeti kert elpusztult. Újraélesztésekor több olyan növényt telepítettek ide, amelynek „köze van” az íráshoz, nyomtatáshoz: papíreperfát, bambuszt, papiruszt. (Mazarin híres könyvtárát a Szajna túloldalára vitték át, egy Louvre-ral szemközi pompás épületbe, még a 17. században.)



A Francia Nemzeti Könyvtár (BNF) korhatár nélkül látogatható ovális olvasóterme 160 férőhelyes; a 20 000 kötetből 9000 képregény (rue Vivienne 5.; fotó: Graziella L., www.sortiraparis.com/)



A BNF új múzeuma a Mazarin-galériában kapott helyet. A galériát François Mansart, a „manzárd” névadója tervezte Mazarin bíboros antik gyűjteménye számára (rue Vivienne 5.; fotó: Graziella L., www.sortiraparis.com/)

Huygens nagyjából 15 évig lakott a Királyi Könyvtárban. Amikor harmadszorra ment Hágába a betegségeit kúrálni, gyógyulása után sem térhetett vissza a protestánsok könyörtelen üldözése miatt, amihez némi idegengyűlölet keveredett; időközben támogatója, Colbert is meghalt. (Leibniz, aki Newtonnal egy időben „találta ki” a differenciál- és integrálszámítást, és korábban Huygens tanítványa volt, szintén jónak látta, ha otthagyja Párizst.

⁶ Jules Mazarin (1602–1661) olasz származású államférfi, először a pápa, majd XIII. és XIV. Lajos szolgálatában állt. Richelieu bíborost (1585–1642) követte a „miniszterelnök” székben, később ő vezette be az udvarba Colbert-t.



A Huygens-múzeummá alakított Hofwijck falának díszítése „trompe l'oeil”: a festés dombormű hatását kelti (Voorburg, Westeinde 2a.; denhaag.com/en/huygens-hofwijck)



Huygens-émlékmű a múzeum udvarában. Hans Bayens szobrán a fiatal Huygens Szaturnusszal a kezében néz apjára (1995)

Franciák is menekültek, sokan Hollandiába. Mintha az üldözés-menekülés a történelem egyfajta rekurzív sorozata lenne.) Huygens Hollandiában sem hagyott fel a kutatással, sőt Angliába is elment, hogy Newtonnal találkozzon, de párbeszédüknek nem maradt sok nyoma. Idős korában átköltözött Hága közeli, voorburgi nyaralójukba, a Hofwijck-be, amelyet a kerttel együtt édesapja tervezett. A kert az ókori építész, Vitruvius ihletésére az emberi test stilizált alakját és arányait követi. A „fej”, a 10×10 méter alapterületű kis ház egy tó közepére került. (A tervről eszünkbe juthat Leonardo da Vinci is, akit Vitruvius nem csak az emberi test méretarányainak jól ismert elemzésére inspirált: az ókori mester nyomán ő is gondolkozott olyan „emberi arányokat” követő épületeken, amelyek kapcsolódnak a környezetükhöz.) A Hofwijck kertjében állt egy házikó a télen begyűjtött jégnek – hiszen akkor még nem globális felmelegedésben, hanem kis jégkorszakban éltek. A két Huygens (apa és kisebbik fia) múzeumává átalakított épület tetőterében, ahol Christiaan Huygens a távcsöveit tartotta, 17. századi órákat és távcsöveket állítottak ki. Huygens lencséi és az elgondolása alapján készült órák is szerepelnek a leideni Boerhaave Múzeum gyűjteményében. **sv**

IRODALOM

- [1] Simonyi K., A fizika kultúrtörténete. Gondolat, Budapest, 1986.
- [2] V. Icke, Christiaan Huygens. Jövő a múltban. Typotex, Budapest, 2007.
- [3] A. E. Bell, Christian Huygens... Edward Arnold & Co., London, 1950.
- [4] Langevin, L., The introduction of the metric system... Impact of Science on Society (1961) 2, 84.
- [5] Tamkó-Sirató K., A Dimenzionista manifesztum története. Artpool–Magyar Műhely, Budapest, 2010.
- [6] Béranger, J., Les chemins de fer et les gares parisiennes sous Napoléon III. Chronica (2017) 14, 100.
- [7] Silberer, V., Királyi kutatók. Tudományos akadémiák születése. MKL (2019) 9, 286.
- [8] Marin, S., Mur des Fermiers Généreaux (www.universalis.fr/encyclopedie/mur-des-fermiers-generaux/, 2022. 11. 16.)



Braun Tibor

Paradigmatikus elnevezések a kémiában

Előszó

A kémia nem fukarkodik az eponímiákkal. A törvények, elméletek, hipotézisek, elvek nevei (*Avogadro, Dalton, Raoult törvénye*) mellett is nagyszámú eponímiával találkozhatunk. Nem kell távolabbi menni, mint a periódusos rendszer elemeinek neveihez.[1] Ezek az elemek felfedezéséről és elnevezésének történetéről tanúskodnak, amelyek nem minden esetben voltak nyugodtak, polémiától mentesek. Ezúttal néhány elem elnevezését járjuk körbe.

A 23-as rendszámú *vanádiumot* 1801-ben fedezte fel *Andres Manuel del Rio* madridi kutató. Mexikói munkája során elválasztott egy elemet, amit eredetileg, változatos színű sói alapján, *panchromium*nak nevezett el. Rövidre rá *erythronium*ra változtatta az elnevezést, mivel az elem melegítésre vagy savkezelésre rózsaszínessé vált. A későbbiekben del Rio rájött, hogy az *erythronium* tulajdonságai nagyon hasonlóak egy olyan eleméhez, amelyet *Vauquelin* francia vegyész nagyjából akkor fedezett fel, és *chromium*nak elnevezett. Ezért visszavonta felfedezési igényét. Kiderült, hogy a króm (*chromium*) a vanádiumtól különböző elem, és *del Rio* tévedésben volt.[2]

Kissé később *Niels Gabriel Sefström* svéd vegyész felfedezett egy új elemet, amit *Vanadis*, a szépség skandináv istennője után *vanádium*nak nevezett el, sokszínűségének tulajdoníthatóan. Későbbi kutatások igazolták, hogy a *vanádium* ugyanaz az elem, mint amit évekkel azelőtt del Rio felfedezett. Ezek után elkerülhetetlen kérdés, hogy kit illet az elismerés a felfedezésért. Del Rio? A svéd vegyész? Vagy azokat, akik végül a kérdést tisztázták?

Másik említésre érdemes példa a *nióbium* elnevezéséről kialakult vita. *Charles Hatchett* (1765–1847) az első, aki ezt az elemet elválasztotta, a *columbium* nevet javasolta. Ezzel egy időben *Anders Gustaf Ekberg* (1767–1813) svéd kutató állította, hogy új elemet azonosított, a *tantal*t, és *Zeusz* fiára, *Tantalosz*ra hivatkozva adott neki nevet.[3] Ekberg a felfedezéseit 1802-ben tette közzé a francia *Annales de Chimie* folyóiratban. Akkor úgy vélték, hogy a *columbium* és a *tantal* ugyanazok az elemek.

Ez a feltételezés 1844-ig állt fenn, amikor *Heinrich Rose* (1795–1864) megvizsgálta egy *columbium*mintát, és felfedezte, hogy két különböző elemből áll. Ekberg *tantal*jából és egy másik elemből, amit *nióbium*nak nevezett el *Niobé*, *Tantalosz* lányának neve alapján. *Hatchett* prioritása ellenére és annak ellenére, hogy ő *columbium*nak nevezte az elemet, az IUPAC a *nióbium* nevet fogadta el 1950-ben, több mint 100 éves vita után. A 41-es rendszámú elemre még mindig használják a *columbium* nevet az Egyesült Államok egyes iparágáiban.

Henry Moseley fedezte fel, hogy az elemek karakterisztikus röntgensugárzásának frekvenciája a rendszám (Z) függvénye. [4] Át kellett rendezni az „atomsúlyokat” követő periódusos rendszert, és négy hiányzó elemet találtak: a 43, 61, 72 és 75-ös rendszámút. A 43-as elemet keresve számos kutató úgy vélte, hogy el-

jutott felfedezése küszöbéig, de később kiderült, hogy a feltételezést elsiette. Egyes vélemények védeni igyekeztek a *moseleium* nevet annak a megtiszteltetésnek alapján, ami szerintük az összefüggés felfedezőjének járt. De mások annyi elnevezést javasoltak, hogy *Friedrich Paneth*, a neves kutató azt javasolta, annak a személynek a nevét kapja meg az elem, aki elsőnek mutatja ki. Mindezek után a 43-as rendszámú elem a *technécium* nevet kapta... [5]

A *kúrium* azonban kutató tiszteletére kapta a nevét. *Glenn Seaborg* javasolta 1946-ban, hogy a 95-ös és 96-os rendszámú elemeket ameríciumnak és kúriumnak nevezzék el az eurórium és a gadolínium analógiájára. A kúrium elnevezés arra épült, hogy a gadolíniumot a 19. századi finn vegyész, *Gadolín* tiszteletére nevezték el, és ezzel példát teremtettek arra, hogy más elem is megkaphatja kutató, ez esetben *Marie és Pierre Curie* nevét.

A 100-as rendszámú fermiumot követő nehéz elemek elnevezéséről „*transzfermium-háborúk*” (*Transfermium Wars*) folytak az egyesült államokbeliek és a szovjetek között. Amíg az IUPAC nem határozott meg végleges neveket a legutóbb felfedezett elemekre, mindkét csoport saját elnevezést használt. Például a 105-ös elemre az amerikai csoport *Otto Hahn*, a maghasadás felfedezőjének tiszteletére *hahnium*ot, a dubnai csoport a híres dán fizikus, *Niels Bohr* tiszteletére *nielsbohrium*ot. 1997-ben az IUPAC az utóbbi javára döntött, bár a név *dubnium* lett.[6]

1974-ben pedig a *Lawrence Radiation Laboratory* (Berkeley) *Albert Ghiorso* által vezetett kutatócsoportja létrehozta a 106-os elemet. A *seaborgium* nevet hirdették meg az American Chemical Association nevében *Glenn T. Seaborg* tiszteletére, de ez a névjavaslat nagy vitát kavart, mert *Seaborg* még élt. Másrészt úgy tűnt, hogy két csoport egyidejűleg tette a felfedezést, a másik a dubnai Egyesített Atomkutató Intézetben dolgozott. Tekintve, hogy csak az IUPAC nevezheti el az új elemeket, 1986-ban létrehozták a *Transfermium Working Group*ot, hogy tisztázzák, melyik csoport illeti az elsőség. Úgy döntöttek, hogy mindkettő megérdemli az elismerést. A 106-os elem *sziborgium* (*seaborgium*) lett.

Az IUPAC tanácsa véglegesen elfogadta, hogy akkortól a felfedezett elemek megkaphatják élő személyek neveit is, bizonyos kikötésekkel. Az IUPAC azt is ajánlotta, hogy az angolon kívüli nyelvek lehetőleg ne távolodjanak el túlságosan az angol névtől a zavarok elkerülése céljából.[7]

IRODALOM

1. W. S. Haubrich, *Science Ed.* (2002) 25, 31.
2. M. N. Greenwood, *Catalysis Today* (2003) 78, 5.
3. P. Grimal, *Dictionary of Greek and Roman Mythology*. Barcelona, 2008.
4. R. A. Serway, *Física Moderna*. Mexico, Thomson, 2005.
5. G. Ryner-Canhan, G. Zheng, *Foundations of Chemistry* (2008) 10, 13.
6. IUPAC (1997), *GSI-Nachrichten*, 2–3.
7. A későbbi viták megelőzése érdekében az IUPAC tanácsa egyetértésben az IUPAC-pal (Tiszta és Alkalmazott Fizika Nemzetközi Uniója) 2010-ben részletesen szabályozta a kémiai elemek elnevezését. (<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/pac-2018-0918/html?lang=en>)



TÚL A KÉMIÁN

Eszközhazsnálat a korai emberelődöknél



A paleoantropológusok körében eddig gyakori volt a nézet, hogy ez emberelődök között az eszközhazsnálat a *Homo* nemzetség kizárólagos sajátága lehetett. Bár időnként meg-megesett, hogy olduvai kőszerszámokat találtak más, korábbi emberelődök maradványai közelében, egyiknél sem volt meggyőző a kettő közötti kapcsolat.

Nemrégiben azonban Kenyában, a Nyayanga ásatási helyen fejlett, 2,8 millió éves kőeszközök között találtak meg egy, a *Paranthropus* nemzetséghez tartozó faj félreismerhetetlen, hatalmas szemfogát. 2011-ben Etiópiában már találtak olyan, 3,3 millió éves eszközöket, amelyeket valószínűleg egy *Australopithecus afarensis* használt, de ezek az olduvaiaknál sokkal primitívebbek voltak. Az új leletek révén a paleoantropológia tudományában izgalmas, új fejezet kezdődhet.

Science 379, 561. (2023)

Paleodrogok

Menorca szigetén, egy ismert bronzkori régészeti lelőhelyen nagyon érdekes új leletre bukkantak: egy temetési hely közelében analízisre alkalmas állapotú emberi szőrszálakat találtak. Ezeket tömegspektrometriával kombinált folyadékkromatográfiás módszerrel megvizsgálva növényi eredetű, jelentős élettani hatású szereket, például efedrint, atropint és szkopolamint is azonosítottak. Az eredmények egyrészt ismét kiemelték, hogy az ilyen jellegű anyagokat az emberiség már a régmúltban is elég hatékonyan találta meg a környezetben, másrészt a jelek szerint már a bronzkori társadalmakban is tudatosan használták őket.

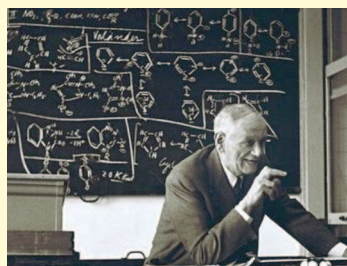
Sci. Rep. 13, 4782. (2023)



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

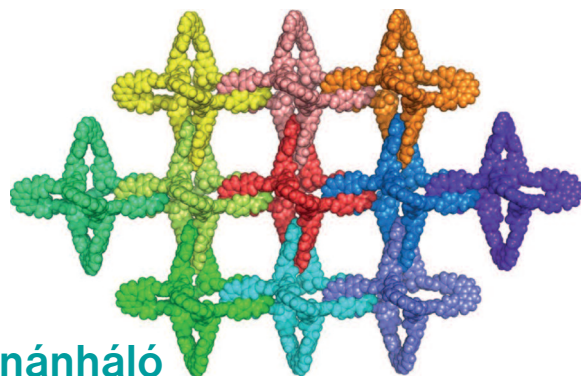
A rovatszerkesztő korábbi írásait is tartalmazó blog elérhető a következő internet-oldalon: http://lenteg.ttk.pte.hu/ScienceBits/index_magyar.html

CENTENÁRIUM



F. Arndt: Thio-flavanone, Thio-chromanone und -chromonole
Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft
Vol. 56, pp. 1269–1279.
(1923. június 6.)

Fritz Georg Arndt (1885–1969) német kémikus volt. Elsősorban preparatív jellegű kutatásokat folytatott, nevét őrzi az Arndt-Eistert-szintézis. Hamburgban született, tanulmányait Genfben és Bernben végezte. Pályafutása során összesen közel 25 évet töltött Törökországban az Isztambuli Egyetem professzoraként, s a teljes török kémiai fejlődésre nagy hatással volt.



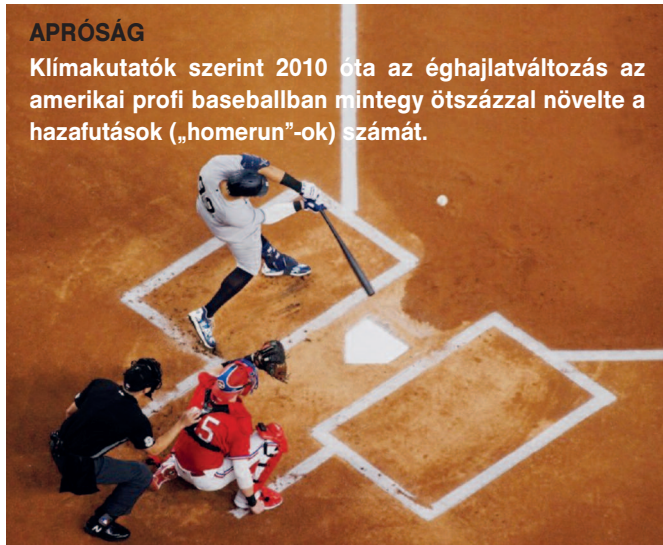
Katenánháló

A fémet nem tartalmazó kovalens, szerves vázszerkezetek (covalent organic framework, COF) használatára a gáztárolásban, víztisztításban vagy katalízisben eddig sem volt ismeretlen. Az azonban jelentős újdonság, hogy ilyen típusú hálózatokat úgy is létre lehet hozni, hogy a gyűrűket kémiai kötések helyett fizikailag zárják össze. Ez a bravúr sikerült amerikai kémikusoknak: a szintézis során az utolsó kémiai kötések aminok és aldehidek közötti kondenzációval hozták létre, amelyekhez koordinálódó réz(II)-ionok merevítették ki az elképzelt szerkezetet. A réztartalmat kálium-cianid hozzáadásával, vizes közegben el lehetett távolítani, az így visszamaradó anyagban az egymásba csatoló gyűrűket kovalens kötés már nem tartja össze.

Nat. Synth. 2, 286. (2023)

APRÓSÁG

Klímatudatók szerint 2010 óta az éghajlatváltozás az amerikai profi baseballban mintegy ötszázalakkal növelte a hazafutások („homerun”-ok) számát.

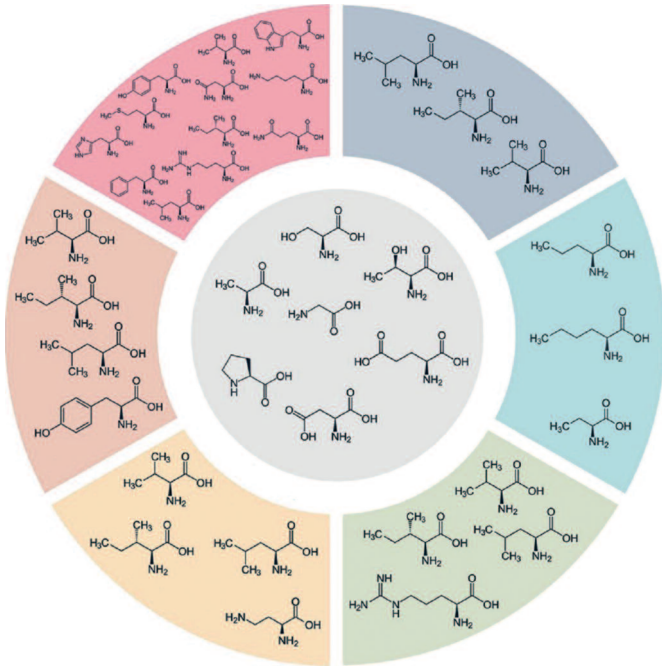
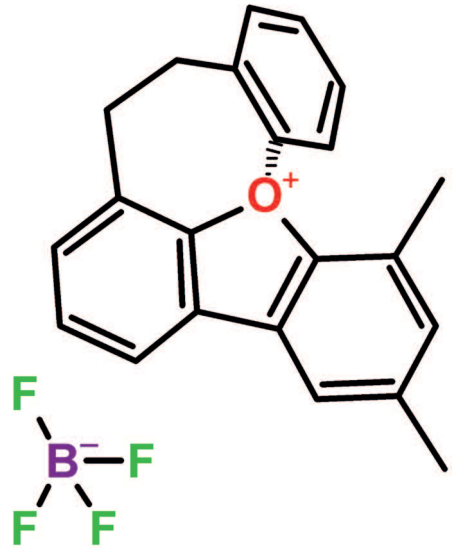




A HÓNAP MOLEKULÁJA

Az ábrán látható, szerves oxóniumiont tartalmazó vegyület (C₂₂H₁₉BF₄O) az első példa olyan molekulára, amelynek a kiralitását egy oxigénatom körüli aszimmetria okozza. Az már régóta ismeretes volt, hogy ilyen jellegű kationok esetében a kiralitás elméleti lehetőség, de a nemkötő elektronpár amininverzióhoz hasonló viselkedése és a pozitív töltésű oxigénközpontok nagy általános reaktivitása miatt ilyen sajátságot mutató, stabil anyagot korábban még nem sikerült előállítani. A sajátos, azulénszerű gyűrűszerkezetet kvantumkémiai számításokkal tervezték, és a vegyület tényleges szintézise után derült ki, hogy valóban mutatja az elméletileg várt kiralitást, enantiomerjei elválaszthatóak.

Nature 615, 430. (2023)



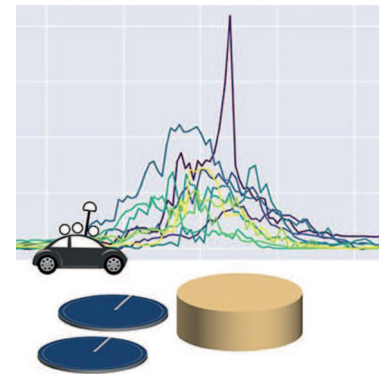
Aminosav-történelem

Régóta érdekes kérdésnek számít már, hogy az ötszáznál is több, a természetben és az élőlényekben is előforduló aminosav közül miért éppen a közismert hús szerepel a genetikai kódban. Egy kísérletsorozatban úgy próbáltak közelebb jutni az okokhoz, hogy kódolt és nem kódolt aminosavak különféle csoportjait hozták létre, ezekből véletlenszerű polipeptideket generáltak, majd megvizsgálták ezek tulajdonságait. Minden csoportban szerepelt az a hét aminosav, amely a jelenlegi tudásunk szerint a legkorábbi időktől kezdve fehérjék alkotórésze. Ezt az alapkészletet különféle módokon bővítve azt tapasztalták, hogy a csak kódolt aminosavakat tartalmazó csoportban a képződő peptidek átlagos vízdoldhatósága a legkisebb, a másodlagos szerkezet (alfa-hélix, vagy béta-redő) kialakításának hajlama pedig a legnagyobb volt. Az is kiderült, hogy az alapvegyületekhez az újabbak hozzáadása jelentősen javította ezeket a tulajdonságokat, amelyek így minden bizonnyal fontos evolúciós szűrők voltak.

J. Am. Chem. Soc. 145, 5320. (2023)

Metán a szennyvízkezelésből

Az Egyesült Államokban végzett kiterjedt, helyszíni mérésekből arra a következtetésre jutottak, hogy a háztartási szennyvizet kezelő telepek légköri metán-kibocsátása az eddigi becslések mintegy kétszerese lehet a valóságban. A metán üvegházhatású gáz, így a korábbi és az új adatok közötti eltérés nagyjából annak felel meg, mintha a jelenleginél egymillióval több autó járna Amerikában. Az új tanulmányban sokkal több helyszínen mértek, mint amire a korábbi hatósági adatokat alapozták, illetve fejlettebb módszertant használtak: pontforráson alapuló értékek összeadása helyett lézerek felhasználásával kiterjedtebb területeken becsülték meg a metánkoncentrációkat. A sok különböző helyen végzett mérések a klímabarát szennyvízkezelés módszertanát is jelentősen előremozdíthatják.

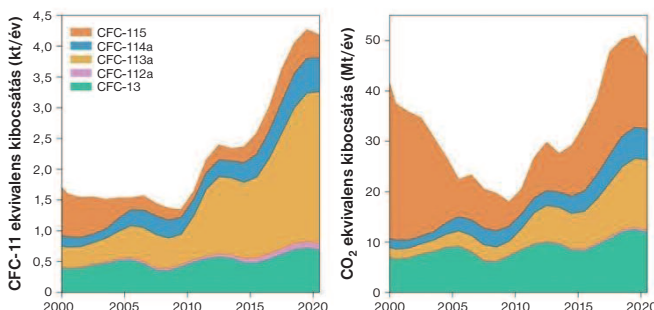


Environ. Sci. Technol. 57, 4082. (2023)

Romló ózönhírek

Az ózombomlást okozó anyagok kibocsátását korlátozó, 1987-ben aláírt Montréali Jegyzőkönyv az intézményes környezetvédelmi erőfeszítések egyik legnagyobb sikere, a benne rögzített korlátozások pozitív hatása az elmúlt időszakban már egyértelműen kimutatható volt. Egy közelmúltban publikált, nagy időtávú tanulmány szerint azonban a halogénezett szénhidrogének légköri kibocsátásának mértéke 2010-ben fordulatot vett. Az elmúlt tíz évben öt, fontosnak számító ilyen anyag esetében átlagosan mintegy két és félszeresére növekedett az évente légkörbe kerülő mennyiség. Ennek az azonnali hatása ugyan igen csekély, de – ahogy a tiltás is csak több évtized után hozott eredményt – a hosszú távú kilátásokat jelentősen rontja. Még aggasztóbb a helyzet olyan téren, hogy egyelőre semmit sem tudni arról, mi lehet a forrása ennek a jelentős kibocsátás-növekedésnek.

Nat. Geosci. 16, 309. (2023)



Válogatás

Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya által kiválasztott aktuális kiemelt publikációk a gyógyszeripari folyamatok „game changer” innovatív tervezésével és a vizekben előforduló műanyagok egészségügyi hatásaival, törvényi szabályozásaival és a szennyeződésmentes nyersvizek előállítási technikáival foglalkoznak.

Perczel András

osztályelnök, az MTA rendes tagja

Szintetikus gépi tanulási keretrendszer komplex kristályosítási folyamatokhoz: az enantiomerek másodrendű aszimmetrikus átalakulásának esettanulmánya

Chemical Engineering Journal, 2023

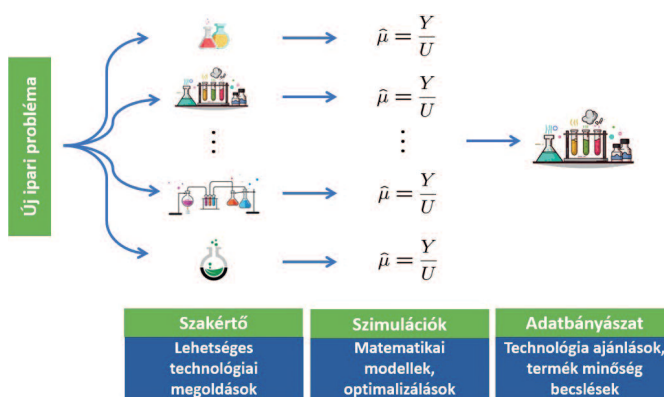
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894723015310>

Edith Alice Kovács¹, Botond Szilágyi²

¹Department of Differential Equations, Institute of Mathematics, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

²Department of Chemical and Environmental Process Engineering, Faculty of Chemical Technology and Biotechnology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

Gépi tanulási eljárásokat alkalmaztunk olyan gyógyszeripari folyamatokra, ahol nem állnak rendelkezésre valós adatok. Ehhez ún. szintetikus adatokat generáltunk részletes, fizikai alapú szimulációkkal. Az így nyert adatbázis elemzése nemcsak jól reprodukálta az általunk ismert közlemények következtetéseit, de azon túl is mutatott, új lehetőségeket teremtve (nem csak) a gyógyszergyártás számára.



Mit is iszunk? Mikroműanyag-problémák, jelenlegi helyzet

Digitális könyv, 2022, Akadémiai Kiadó, ISBN: 978 963 454 850

https://mersz.hu/dokumentum/m1011miim__1

Renáta Berta, Orsolya Adamcsik, Ildikó Galambos, Nikoletta Kovács, Gábor Maász, Zita Zrínyi, Etelka Tombác, Soós Ernő Research and Development Center, University of Pannonia, Nagykanizsa



A műanyagok mesterségesen előállított, szintetizált termékek, a múlt században elindított ipari gyártásuk volumene és sokfélesége rohamosan – az ezredfordulón megkétszerezett globális évi termékkel – növekszik. A műanyagtermékek mára már nélkülözhetetlenek a mindennapi életünkben, azonban természetidegen anyagok, a sokféle műanyagtermék több mint száz éve, nagyrészt hulladékként halmozódik a Földön. A környezetben szétszóródott műanyagdarabok főleg a mechanikai erő és az UV-sugárzás hatására aprózódnak, idővel mikro- (5 mm alatti) és még kisebb, nanoműanyag- (1 µm alatti) szemcsékké alakulnak. A levegőben, a vizekben és a talajon szétszóródnak, beleévezve, lenyelve bekerülnek a táplálékláncba, és a szervezetben mindenhol behatolnak. A könyv hat fő fejezetében bemutatjuk a mikroműanyagok fontosabb tulajdonságait, tárgyaljuk előfordulásukat különböző típusú vizekben (felszíni víz, ivóvíz – palackozott, illetve csapvíz, és nem ivóvíz – ipari vizek és szennyvíz), ismertetjük a mikro-/nanoműanyagok egészségügyi hatásait, a törvényi szabályozásukat (EU és magyar), a kimutatói lehetőségeket, az analitikai módszereket és végül a mikroszennyező- és mikroműanyag-mentes vízelőállítási technikákat különböző nyersvizek esetén.



A két Irinyi-díjas:
Erdélyi Kata
és Muraközi Péter
Ősz Katalinnal
és Mika László
Tamással





E. Kövér Katalin: 1956–2023



Fájdalommal és megdöbbenéssel értesültünk a hírről, hogy a mindannyiunk által nagyra becsült és szeretett E. Kövér Katalin akadémikus a húsvéti ünnepekkel követően, 2023 április 15-én, súlyos betegsége következtében eltávozott közülünk.

Mindössze 66 év adatott számára, aminek szakmailag aktív részét az NMR-s spektroszkópiának szentelte. Hihetetlen munkabírással és szorgalommal ötvözte tehetségét, ami a magyar NMR-közösség fejlődéséhez és nemzetközi elismertségéhez nagymértékben járult hozzá.

A fizikai elveken alapuló módszertani fejlesztései révén az NMR érzékenységét és felbontóképességét tudta javítani, ami kiterjesztette az alkalmazási lehetőségeket a kémiai és a biológiai szerkezet-kölcsönhatás kutatások területén. Biológiaiul fontos fehérjék, oligopeptidek, szénhidrátok és antibiotikumok szerkezet-felderítése is érdekelte.

1956-ban született Debrecenben, 1979-ben nyert vegyész diplomát az egykori KLTE-n, majd 1981-ben csatlakozott a Szilágyi László professzor által vezetett NMR szerkezetkutató laboratóriumhoz, ahol hazánkban először állítottak üzembe szupravetítő mágnesű NMR-spektrométert. Egy ideig a Biogal Gyógyszergyár támogatta a munkáját a KLTE Szerves Kémiai Tanszékén, majd 1999-től a Debreceni Egyetem Szeretlen és Analitikai Kémiai Tanszékére került tudományos munkatársként, ahol 2008-ban nevezték ki egyetemi tanárrá. 1988-ban kandidált, 2002-

ben az MTA doktora, 2013-ban az MTA levelező, majd 2019-ben rendes tagja és 2017-től az MTA Kémiai Osztály elnökhelyettese lett.

Számos elismerésben részesült pályája során, amelyek közt a legjelentősebbek: Bruckner Győző-díj, 2010; Premio Hispano-Húngaro Gamboa-Winkler-díj, 2010; „Az év női kutatója”, 2013; Hajdú-Bihar megyei „Prima díj”, 2014; a Kajtár–Hollósi Alapítvány emléklapoktette, 2017, a Magyar Érdemrend tisztikeresztje, 2022.

A tudományos élet szervezésében számos feladatot vállalt: A DE Kémiai tudományok doktori iskoláját vezette 2016-tól. A Bolyai János Kutatási Ösztöndíj Szakértői Kollégium tagja 2010-től, külföldi folyóiratok szerkesztője és közlemények bírálója. OTKA, OMF, TÉT, MKM-FKFP, ETT, NKFI, GINOP-pályázatok témavezetője/részvevője volt. Külföldön (USA, Svédország, Spanyolország) vendégkutatóként dolgozott, kiterjedt nemzetközi szakmai kapcsolatai voltak, konferenciák szervezőjeként és nem ritkán meghívott előadójaként vállalt szakmai feladatokat.

Az MTA támogatott kutatói hálózatában 2019-ben megalapította és vezette a „Molekuláris Felismerés és Kölcsönhatás” Kutatócsoportot. Pályája során mintegy 200 tudományos közleményre több mint 4500 hivatkozást kapott.

Hobbiként a sport szeretetét emlékezünk: egy ideig versenyzett a Debreceni Szenior Úszó Klubban, sokszor átúszta a Balatont, gyakran kerékpározott. A sok közös beszélgetés, kirándulás azt a derűt és emberi helytállást idézi, ami Katira jellemző volt. Szerény, de az értékek mellett mindig kiálló és az elveket szilárdan képviselő tagja volt az egyetem professzori karának.

Családjá és a barátok fájdalmában részvétellel osztozunk.

Emlékedet megőrizzük.

Isten Veled, Kati!

Batta Gyula

A HÓNAP HÍREI

Az 55. Irinyi János Középiskolai Kémiaverseny döntője

Debrecen, 2023. április 14–16.

2023-ban szervezőként immár ötödik éve, jelenléti helyszínként pedig harmadik alkalommal (2019, 2022 és 2023) a Debreceni Egyetemen gyűltünk össze az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny döntőjén. Habár a város a „rég” volt, mégis részben egy új helyszínt ismerhettünk meg, ugyanis a „főhadiszállás” – a kollégium, a nyitórendezvény, valamint a szóbeli forduló és a záróesemény is a Kassai úti campuson volt. Azért a már korábban megismert helyszínt, az Egyetem téri Kémia-épületet és Élettudományi Épületet sem kellett nélkülöznünk, mert a laborok és az írásbeli fordulók idén is ezen a már megszokott helyszínen kerültek megrendezésre.

A megnyitót április 14-én este tartottuk a Kassai úti Lovardában. Először *Várnagy Katalin*, az Irinyi-szervezőbizottság elnöke, a DE Kémiai Intézetének igazgatója köszöntötte a verseny diákrészvevőit, a felkészítő tanárokat és a verseny szervezésében nagy szerepet játszó versenybizottság és a Magyar Kémikusok Egyesülete, valamint a helyi szervezőbizottság tagjait. Elmondta, hogy az Irinyi-verseny révén megmozgatott diákok nagy száma és a döntőbe jutott 220 diák talán biztosítékot jelent arra, hogy bár a kémia a nehezebb természettudományos tárgyak közé tartozik, továbbra is vannak és lesznek olyanok, akik lelkesen foglalkoznak a kémiával a kötelező órákon túl is – közülük kerül-

hetnek ki a jövő vegyészei, vegyészmérnökei, kémia tanárai, akikre a jövőben is nagy szükség lesz. Külön köszöntötte a felkészítő tanárokat is: ahhoz, hogy a diákok ilyen eredményeket érjenek el, a kémia tanárok nagyon sok – tanórán kívüli – felkészítő munkájára van szükség, amely során megmutatják tanítványaiknak a kémia, a vegyészet szépségeit és felkeltik az érdeklődést ez iránt a tudományág iránt. A legnagyobb elismerését fejezte ki ezért a felkészítő munkáért, amit a kémia tanárok akkor is csinálnak, ha helyzetük nem könnyű, hiszen ismert, hogy sokkal nagyobb társadalmi elismerés (akár erkölcsi, akár anyagi értelemben) járna nekik. Kifejezte azt a reményét, hogy a tanárok helyzetének jobbítására tett ígérek nem csak ígérek maradnak.

Ezt követően *Kéki Sándor*, a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának vegyész tanszékvezetője, tudományos és pályázati dékánhelyettese tartotta meg nyitóbeszédét. Elmondta, hogy az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny fontos szerepet tölt be a tehetséggondozásban, a tudományos utánpótlás nevelésében és az ipar minőségi szakember-utánpótlásának biztosításában. A diákok a versenyen magas szintű elméleti és gyakorlati tudásukról adnak számot, ami jó alapot biztosít az Országos Tanulmányi Versenyeken (OKTV) való további sikeres szerepléshez, illetve a későbbi, kémiával kapcsolatos tanulmányaikhoz is.

Az idei versenyen *Simonné Sarkadi Livia* nem tudott személyesen részt venni, így az MKE-t a nyitóünnepségen *Mika László Tamás* főtktár képviselte, aki beszédében a Magyar Kémikusok Egyesülete nevében köszöntötte a diákokat. Méltatta azt a munkát, amit a Magyar Kémikusok Egyesülete munkatársai a ver-



senybizottsággal karöltve több évtizede végeznek, és megszervezik a legnagyobb létszámmal, személyes részvétellel zajló országos kémiaversenyt. A kémia iránti érdeklődés felkeltésében és fenntartásában óriási szerepe van a tanároknak. Ez jelentheti az utánpótlást a műszaki és a tudományegyetemek kémia, vegyészmérnök szakjain.

Végül *Ósz Katalin*, a versenybizottság elnöke köszöntötte a jelenlévőket és nyitotta meg a versenyt sok sikert és még több közös élményt kívánva diákoknak, tanároknak egyaránt.

Az idei kulturális program keretében *Vágvölgyi Fanni* és *Juhász Máté* kápráztatta el a közönséget latintánc-bemutatójával.

Az estét a diákok és a tanárok is ünnepélyes vacsorával zárták. Az országos verseny döntőjére készült el a magyar Kémikusok Lapja egészen kivételes különszáma (<https://www.mkl.mke.org.hu/2023-teremtsuenk-termeszettudomanyos-tehetsegeket.html>), amely az elmúlt két évben meghirdetett, TERemtsünk Természettudományos Tehetségeket (TETT) mesepályázat pedagógiai tapasztalatait foglalja össze. A pályázat ötletgazdája és megvalósításának fő letéteményese, *Szántay Csaba* (Richter) a különszám mellé a tanárok számára személyes üzenetet is küldött, míg a különszám szerkesztője, *Lente Gábor* étvágygerjesztőként mondott néhány szót a lap tartalmáról.

Másnap, április 15-én az Egyetem téri campuson folytatódott a verseny az írásbeli és gyakorlati fordulókkal. Az előző évben már kipróbált és „bevált” menetrend szerint idén a 9. és 10. osztályos tanulók nem egyszerre írták meg az írásbeli fordulót, majd végezték el a laborkísérleteket, hanem a 9. osztályosok az írásbelivel, a 10. osztályosok pedig a laborral kezdtek, majd a két csapat cserélt.

A javításban részt vevő kísérőtanárok és versenybizottsági tagok munkájának eredményeképpen estére részleges eredményhirdetésre kerülhetett sor. Hálásak vagyunk minden kollégának, aki részt vett a javításban.

Az esti részleges eredményhirdetésre a versenybizottság összeállította azoknak a diákoknak a névsorát, akik a másnapi szóbeli fordulón részt vehettek, valamint estére a részletes írásbeli és laborpontszámok is felkerültek a Debreceni Egyetem Kémiai Intézetének Irinyi-oldalára. A hagyományok szerint azonban ezt az eredményhirdetést mindig megelőzi egy izgalmas előadás –

ezt idén *Juhász László*, a Debreceni Egyetem Szerves Kémiai Tanszékének egyetemi docense tartotta *Ami az asztalra kerül* címmel. A 40 perces bemutatóban az élelmiszer-tudományok világába kalauzolta el a Debreceni Egyetem egyik legnagyobb előadóttermét is teljesen megtöltő hallgatóságot: volt szó a tartósítás fizikai és kémia módszereiről, a mikotoxinok által jelentett, de kevésbé közismert kockázatokról, illetve arról is, hogy az E-számokkal jelölt élelmiszer-adalékok közül vannak olyanok, amelyek csak esztétikai célokat szolgálnak, de jelentős hányaduk eleve természetes anyag.

A másnap (április 16.) délelőtti szóbeli forduló a Kassai úti helyszínen, az Állam- és Jogtudományi Kar nagy előadóttermében zajlott. A diákok előadásait pontozó zsűri tagjai *Bárány Zsolt Béla* kémia tanár, *Mika László Tamás* egyetemi tanár, *Musza Katalin* kémia tanár, egyetemi docens, *Ósz Katalin* egyetemi docens, valamint *Várnagy Katalin* egyetemi tanár voltak. A szóbeli fordulón ismét rendkívül tartalmas, érdekes és remekül összeállított, 5–5 perces előadásokat hallgathattunk meg különböző stílusokban.

A szóbeli forduló – és így az egész rendezvény – ünnepélyes eredményhirdetéssel és zárófogadással fejeződött be. Az előbbin részt vett *Kozma Gábor*, a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karának oktatási dékánhelyettese is. Ő is köszöntötte a Debrecenbe érkező diákokat és tanáraikat, gratulált az eredményekhez, illetve a Kémiai Intézet munkatársainak a szervezéshez, mely egy ekkora volumenű verseny szervezésénél igen komoly – ugyanakkor örömteli – feladat.

A 2022-ben alapított és 2023-ban második alkalommal odaítélt, legjobb szóbeli fordulós előadásért járó *Pálinkó István-díjat* a zsűri döntése alapján idén **Péter Ádám Nimród** (Szent István Gimnázium, Budapest, felkészítő tanára: *Borbás Réka*) vehette át.

A verseny két *Irinyi-díjasa* (a részt vevő kilencedikes, illetve tizedik osztályos tanulók legjobb eredményt elérő egy-egy versenyzője) **Muraközi Péter** (Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium, Győr, felkészítő tanára: *Molnár Zsolt*), valamint a már 2022-ben, 9. osztályosként is Irinyi-díjat nyert **Erdélyi Kata** (Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, felkészítő tanára: *Albert Attila*) voltak.



FOTÓK: BÓDI SÁNDOR





Az egyes kategóriák helyezettei és a különdíjasok az alábbiak lettek:

I.a kategória

1. **Muraközi Péter**, Czuczor Gergely Bencés Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Molnár Zsolt*)
2. **Biró Artúr**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
3. **Simon János Dániel**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
4. **Zólmay Csanád**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Keglevich Kristóf*)
5. **Kocsó Virág Mária**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
6. **Bauer Balázs**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Árki Csilla*)
7. **Soczó Panni**, Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Versits Livia*)
8. **Keczkó Tímea Anna**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Árki Csilla*)
9. **Nagy Luca**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Árki Csilla*)
10. **Csicsirkó Máté**, Pannonhalmi Bencés Gimnázium és Szakkollégium (felkészítő tanár: *Drozdík Attila*)
10. **Hasulyó Dorián**, Nyíregyházi Kölcsey Ferenc Gimnázium (felkészítő tanár: *Bedő Éva*)
11. **Takách Máté**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)

I.b kategória

1. **Péter Ádám Nimród**, Szent István Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Borbás Réka*)
2. **Husznai Marcell Rafael**, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma, Pécs (felkészítő tanár: *Petz Andrea*)
3. **Solymosi Bence**, Dabasi Táncsics Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Baranyi Ilona*)
4. **Monok Péter**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Villányi Attila*)

5. **Szabó András Sámuel**, Kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Kertész Róbert*)
6. **Zámbó Luca**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Villányi Attila*)
7. **Mohácsi Panna**, Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Homoki Árpád*)
8. **Gyúri Emma**, Szent István Gimnázium, Budapest (felkészítő tanár: *Borbás Réka*)

I.c kategória

1. **Bodó Ákos**, Debreceni Szakképzési Centrum Vegyipari Technikum (felkészítő tanár: *Feketéné Kiss Judit*)
2. **Füzy András Dávid**, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)
3. **Géczi Tamás**, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)

Az I. kategóriában a *legeredményesebb elméleti feladatmegoldók* (pontosabban: akik hibátlanul oldották meg az elméleti feladatokat) a következők voltak: **Biró Artúr**, **Monok Péter**, **Muraközi Péter**, **Nagy Luca**. A *legeredményesebb* (hibátlan) *számítási feladatmegoldó* **Muraközi Péter** volt. A *gyakorlati (laboratóriumi) fordulón* négy versenyző is *hibátlan eredményt, maximális pontszámot* ért el.

II.a kategória

1. **Erdélyi Kata**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
2. **Csitári Dávid**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
3. **Gáspár Réka**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanárok: *Mocsári Nóra*, *Berek László*)
4. **Darázs Anna**, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Csatóné Zsámbéky Ildikó*)
5. **Tusnády Sámuel**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
5. **Ujpál Bálint**, Miskolci Herman Ottó Gimnázium (felkészítő tanár: *Molnár Krisztina*)





6. **Tran Huyen Ly Teri**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)

II.b/1 kategória

1. **Liu Jiazong**, Szent István Gimnázium, Budapest (felkészítő tanárok: *Miklós Zoltán, Borbás Réka, Formanné Kiss Andrea*)
2. **Nagy-Szentesi Máté**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
3. **Bíró Bence Fülöp**, Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium (felkészítő tanár: *Albert Attila*)
4. **Arató Attila Gergő**, Pécsi Janus Pannonius Gimnázium (felkészítő tanár: *Hegyiné Király Krisztina*)
5. **Csomai Zsófia Rozi**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Varga Bence*)
6. **Németh Samu**, Péterfy Sándor Evangélikus Gimnázium, Általános Iskola, Óvoda, Alapfokú Művészeti Iskola és Kollégium, Győr (felkészítő tanár: *Győryné Timár Henriette*)
7. **Marofka Ferenc**, Ceglédi Kossuth Lajos Gimnázium (felkészítő tanárok: *Dudás Erna, Kemenczei Gábor*)
8. **Németh Marcell**, Pécsi Janus Pannonius Gimnázium (felkészítő tanár: *Hegyiné Király Krisztina*)

II.b/2 kategória

1. **Viczko Csaba**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)
2. **Barta Péter**, Debreceni Fazekas Mihály Gimnázium (felkészítő tanár: *Lakatosné Tóth Ildikó*)
3. **Böszörményi Bánk**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)
4. **Kaleta Viktória**, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest (felkészítő tanár: *Sebő Péter*)
5. **Orliczki Bettina**, Tóth Árpád Gimnázium, Debrecen (felkészítő tanár: *Várallyainé Balázs Judit*)
6. **Nagy Dávid**, Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc (felkészítő tanár: *Fóris Tímea*)

II.c kategória

1. **Boskó Bendegúz**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Mocsári Nóra*)
2. **Horváth Vitéz Adorján**, Váci Szakképzési Centrum Boronkay György Műszaki Technikum és Gimnázium (felkészítő tanár: *Mocsári Nóra*)

3. **Halasi Bálint**, BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikum, Budapest (felkészítő tanár: *Barabás Gergő*)

A II. kategóriában a *legeredményesebb elméleti feladatmegoldó Erdélyi Kata* és *Liu Jiazong*, a *legeredményesebb* (azaz hibátlan) *számítási feladatmegoldó Erdélyi Kata* volt. A *gyakorlati (laboratóriumi) fordulón hibátlan eredményt, maximális pontszámot ért el* 19 versenyző.

Kiemelkedő tehetséggondozó munkájukért az alábbi felkészítő tanárok kaptak elismerést:

Baranyi Ilona (Dabasi Tánácsics Mihály Gimnázium)

Varga Bence (ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest)

Kiemelkedő tehetséggondozó munkájukért az alábbi iskolák kaptak különdíjat:

Szent István Gimnázium, Budapest Reanal-vegyszer-csomag
ELTE Apáczai Csere János Gyakorló-gimnázium és Kollégium, Budapest EUROAPI-gyárlátogatás

A 2023-as év Debrecen számára már az ötödik alkalom volt, hogy a döntő szervezését vállalták, azonban – mivel két évben a COVID-19 járvány miatt a személyes döntő elmaradt – további két évig, 2025-ig még Debrecen ad helyet az Irinyi-döntőknek. Találkozzunk tehát jövőre ugyanitt!

A versenyről további információkat talál az alábbi oldalakon:

- <https://www.irinyiverseny.mke.org.hu/>: az MKE Irinyi-oldala (innen letölthetők a verseny története és a versenykiírás mellett az egyes fordulók feladatsorai és megoldókulcsaik, valamint fényképek)
- <https://kemia.unideb.hu/hu/irinyi-janos-orszagos-kozepiskolai-kemiaaverseny-2023>: a Debreceni Egyetem Irinyi-oldala (ahol elérhetők a gyakorlati forduló feladatsora és megoldókulcsa, a verseny elméleti és gyakorlati fordulójának az összesített eredménye mellett fényképek, valamint információk a versenyhelyszínekről)

A program részben a Kulturális és Innovációs Minisztérium megbízásából a Nemzeti Tehetség Program által meghirdetett NTP-TMV-M-22-B-0039 azonosító számú pályázati támogatásból valósul meg.

Kiemelt támogatók még a Richter Gedeon Nyrt., Egis Gyógyszergyár Zrt. és az EUROAPI Hungary Kft. További támogatók: Aktiv Instrument Kft., C. H. Erbslöh Hungaria, LaborExport, Merck, Messer, Reanal Laborvegyszer Kft., Unicam Magyarország Kft.

Ósz Katalin, Várnagy Katalin

TÁMOGATÓK



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM



Nemzeti
Tehetség Program



RICHTER GEDEON



EUROAPI
Active Solutions for Health





Vegyipari mozaik

Megérkezett Bükkábrányba hazánk első zöldhidrogén-termelő berendezése.



A Bükkábrányi Energiaparkba megérkezett a napelempark túlermelésekor szabályozottan, tisztán zöldáramból hidrogént előállító komplex rendszer. A kísérleti fejlesztés várhatóan augusztustól üzemelhet és a Bükkábrányi Fotovoltaikus Erőmű Projekt Kft. és a Szegedi Tudományegyetem részben uniós innovációs pályázati támogatással valósul meg. A projekt azért is egyedülálló, mivel Magyarországon először állít elő zöldhidrogént. A magyar Ganzair Kompresszortechnika Kft. szállította a rendszer működéséhez elengedhetetlen Plug Power elektrolizáló és a palackozáshoz szükséges nyomásfokozót.

Mivel a napelemparkok termelése időjárásfüggő, ezért csúcsideőszakban túlkínálat léphet fel a Nappal termelt áramból. Az egyik megoldás a problémára, hogy a „felesleges” árammal hidrogént állítsanak elő. Ennek a „power2gas”-nak nevezett technológiának ipari léptékű tesztelésére, valamint a megfelelő működtetés tanulmányozására a Bükkábrányi Energiaparkot működtető Bükkábrányi Fotovoltaikus Erőmű Projekt Kft. és a Szegedi Tudományegyetem vállalkozott.

A projekt további előnyei közé tartozik, hogy a termelési technológia miatt zöldhidrogénnek nevezett végtermék magas minőségű, úgy nevezett „labortiszta”. Ez azért is különösen pozitív, mivel az így előállított termék akár gyógyászati vagy egyéb tudományos célú felhasználásra is alkalmas. A pilot projekt további újdonságai közé tartozik, hogy a Szegedi Tudományegyetem által fejlesztett dinamikus és intelligens irányítástechnikai rendszer vezérli majd a technológiát.

Bakos Imre, a Bükkábrányi Fotovoltaikus Erőmű Projekt Kft. projektvezetője a közleményben kifejtette, „a jelenlegi fejlesztés azért is jelentős, mert a 2021-ben meghirdetett nemzeti hidrogénstratégiával összhangban első bizonyítéka annak, hogy a hidrogénnek valódi szerep juthat az energiatartalom erősítésében, a tömegközlekedésben, és számos egyéb ipari felhasználás zöldítésében. A projekt megfelel az EU azon törekvésének is, hogy 2030-ig 10 millió tonna hidrogént állítsanak elő a kontinensen.” (<https://greendex.hu/megerkezett-bukkabranyba-hazank-elso-zoldhidrogen-termelo-berendezese/>)



AZ ELISMERÉS TÁPLÁLJA
A TUDOMÁNYT

Idén tavasszal a szakorvosok vehették át a Richter Érdemérem Díjat. A Richter Gedeon Nyrt. több mint 120 éve nagy figyelmet fordít a hazai gyógyító-kutató munka színvonalának emelésére, fenntartására, illetve az egészségügyi ellátás minőségének, hatékonyságának erősítésére. A vállalat a Magyar Orvosi Kamarával együttműködve tavaly egy új szakmai díj, a Richter Érdemérem létrehozásával kívánt tisztelni Richter Gedeon szellemisége előtt a vállalat alapító születésének 150. évfordulója alkalmából.

Ebben az évben három kategóriában osztotta ki a zsűri a díjakat a szakorvosok számára, illetve minden kategóriában különdíjasokat is hirdettek.

Az év leghatékonyabb betegkommunikációját folytató szakor-

FELLER GÁBOR



vosa dr. Feller Gábor pszichiáter, addiktológus, farmakológus, a Petz Aladár Egyetemi Oktató Kórház osztályvezető főorvosa lett, aki széles körben alkalmazható kommunikációs gyakorlati során aktív párbeszédet folytat a fekvőbeteg-ellátást igénybe vevő betegek hozzátartozóival.

WATTI JEZDANCHER



A betegkommunikáció kategóriában a zsűri dr. Péterfi Istvánt, a Somogy Vármegyei Kaposi Mór Oktató Kórház Szülészeti-Nőgyógyászati Osztály osztályvezető főorvosát tüntette ki különdíjjal, aki a modern számítástechnika egészségügyi dokumentációba történő bevonása által az orvos-beteg közti kommunikáció javítását szolgálja.

Az év legjobb prevenciók gyakorlatát folytató szakorvosa címet dr. Watti Jezdancher belgyógyász, endokrinológus adjunktus, a gyöngyösi Bugát Pál Kórház orvosigazgató-helyettese kapta, akinek hosszú távú célkitűzése, hogy a fiatal generáció tagjai képessé váljanak a jó egészségügyi szokások, hagyományok átörökítésére.

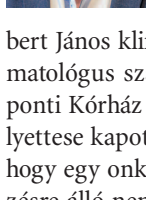
ROZSOS ISTVÁN



A kategória különdíjasa dr. Mező Róbert ortopéd és rehabilitációs szakorvos, a Jahn Ferenc Dél-pesti Kórház Központi Rehabilitációs Osztályának főorvosa lett, aki a diabéteszes lábak megmentéséért dolgozik.

Az év legkiemelkedőbb tudományos vagy innovációs munkáját végző szakorvosa dr. Rozsos István sebész és érsebész szakorvos, aki végtagmentő applikációjával és a műtéti technika fejlesztésére való ötletével érdemelte ki a rangos elismerést.

BÁNHÉGYI RÓBERT JÁNOS



Küldön díjat dr. Bánhegyi Róbert János klinikai onkológus, belgyógyász, haematológus szakorvos, a Békés Vármegyei Központi Kórház onkológiai centrumának vezetőhelyettese kapott a pályamunkájáért, akinek célja, hogy egy onkodiabetológiai témájú, a rendelkezésre álló nemzetközi és hazai ismeretanyagot, valamint a saját eredményeiket is összefoglaló szakkönyv kerülhessen kiadásra.

A díjazottak bruttó kétfélmillió forint, a különdíjasok pedig bruttó ötszáz ezer forint értékű díjazásban részesültek. (<https://www.gedeonrichter.com/hu-hu/>)



Az Egis adott otthont a Petrik Lajos technikum komplex tanulmányi versenyének. A 11. osztályos diákoknak meghirdetett megmérettetésen a budapesti intézmény tanulói mellett az ESZC Bottyán János Technikum növendékei vettek részt.

Idén a hetven indulóból tizenketten jutottak a döntőbe, végül tízen mérték össze tudásukat az Egis Tudományos és Technológiai Központban. A félnapos rendezvényen a budapesti és az esztergomi diákoknak előzetesen bőr- és felületfertőtlenítővel kapcsolatos vizsgálatokat kellett végezniük, és az eredményeket a helyszínen prezentálták. Az első helyen Paulovszki Gergő, a másodikikon Doktor Tamás (mindketten a Petrik diákjai) végzett, a harmadik helyezett Sturm Melani (ESZC Bottyán János Technikum) lett. (<https://hu.egis.health/a/az-egis-adott-otthont-a-petrik-lajos-technikum-komplex-tanulmanyi-versenyenek>)



MOL éves közgyűlés: 280 milliárd forint osztalék fizetéséről döntöttek a részvényesek. A MOL-csoport éves rendes közgyűlése közel 280 milliárd forint osztalék kifizetéséről döntött, valamint újráválasztotta Hernádi Zsolt igazgatósági, Láncki András és Áldott Zoltán felügyelőbizottsági tagokat.

A MOL 4,7 milliárd dollár tisztított, újrabeszerezési árakkal becsült EBITDA-t ért el, ami 43%-kal növekedett az előző évhez képest, vagyis 2022 sikeres év volt a MOL-csoport számára... A Downstream szegmens 2,2 milliárd dollárt ért el, ami 50%-kal haladja meg, valamint az Upstream EBITDA-ja is 2,2 milliárd dollár volt, ami 69%-kal magasabb a korábbi év teljesítményéhez képest.



A Fogyasztói szolgáltatások szegmens 320 millió dolláros EBITDA-t ért el, ami 47%-os csökkenést, a Gáz Midstream 163 millió dolláros EBITDA-ja 20%-kal magasabb értéket jelent 2021-hez képest.

„Az elmúlt évben alkalmazkodnunk kellett a háború következményeihez, a rendkívül változékony energiaárakhoz, a szankciós csomagokhoz, valamint a régió több országában bevezetett ár-szabályozásokhoz és különadókhoz. Úgy kellett biztosítanunk a régió energiaellátását, hogy közben megfeleljünk a nemzetközi közösség elvárásainak is. A példátlan kihívások ellenére teljesítettük legfontosabb küldetésünket: biztosítottuk a régió üzemanyag-ellátását, miközben megőriztük energetikai szuverenitásunkat és versenyképességünket. Százhalombattai finomítóinkban sikeresen folytattuk, a Slovnaftban pedig megkezdttük a kőolajfeldolgozás diverzifikációját. Éppen a mai napon érkezett meg Pozsonyba az Azeri light típusú kőolajszállítmány a részben saját tulajdonú azerbajdzsáni ACG mezőről. Nem álltunk meg stra-

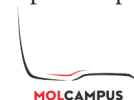
tégiai céljaink megvalósításában sem. Megnyertük a hazai hulladék-koncessziót, mellyel évente mintegy 5 millió tonna lakossági hulladék fenntarthatóbb kezeléséért leszünk felelősek. Minden viszontagság ellenére erősebbek lettünk a válságban, mint előtte voltunk. Túlteljesítettük célkitűzéseinket és minden idők legjobb pénzügyi eredményével zártuk az évet” – mondta nyitóbeszédében Hernádi Zsolt elnök-vezérigazgató. (www.mol.hu)



A MOL-csoport 74 tehetséges friss diplomásnak kínál állást, hogy fenntartható megoldásokat biztosítson a régió számára. A MOL-csoport ismét elindítja a regionális diplomás programját, a Growww-t, mely szerint 7 országban 74 growwwert vesz fel, akik lehetőséget kapnak arra, hogy a régió mobilitásának, energiaellátásának és fenntarthatóságának előmozdítását célzó megoldásokon dolgozzanak.

A program résztvevőit tapasztalt MOL-os szakemberek mentorálják, melynek során 44-en a MOL budapesti, 9-en az INA zágrábi, 12-en pedig a Slovnaft pozsonyi központjában fognak dolgozni.

A MOL-csoport nyitott pozícióira a potenciális growwwerek a <https://molgroupcareers.info/en/growww-graduate-programme> weboldalon jelentkezhetnek. Kapcsolat: pressoffice@mol.hu



Megnyitja kapuit a nagyközönség előtt a MOL Campus. Megnyílt a nyilvánosság számára is a MOL-csoport új, budapesti székházának látogatóközpontja, valamint a legfelső szinten található panorámaterasz. Az interaktív látogatóközpontba látogatók exkluzív részleteket ismerhetnek meg a fenntarthatóság jegyében





épült, nemrég átadott MOL Campusról, illetve egy panorámás lifttel érhetik el a 29. emeleten található, 120 méter magasan lévő kilátóteret. A vállalatcsoport számára fontos a jövő tehetségeinek felkutatása és támogatása is, ezért a nulladik napon 100 Budapesten tanuló egyetemista látogatott el az új létesítménybe. A MOL Magyarország ügyvezető igazgatója, Bacsa György fogadta az első vendégeket, majd előadást tartott nekik az energiaszektor jelenlegi kihívásairól és jövőjéről, amelynek végén az egyetemisták kérdéseiket is feltehették.

„Az energiaipar sikeres transzformációja elképzelhetetlen ellátásbiztonság nélkül, ezért a zöld átmenetben a fosszilis energiának is kiemelt szerep jut: az áramtermelés mellett az alacsony karbonlábnyomú üzemanyagok és a fejlett vegyipari termékek gyártásához is szükség van rá. Emellett fontos az is, hogy minden iparág felismerje a saját szerepét, és fenntarthatóvá váljon a szállítmányozás, a repülés, az autógyártás, vagy éppen az építőipar is” – mondta a MOL Magyarország ügyvezető igazgatója. (www.molcampus.hu)

Dobó Dorina összeállítása

Olvasnivalót ajánlanék. Volt miniszterek, államtitkárok, tudósok tiltakoztak a pedagógus-státusz törvény ellen. A tiltakozás a következő linken érhető el:

<https://www.valaszonline.hu/2023/04/18/oktatas-pinter-sandor-statusztorveny-nyilatkozat/>

Érdeemes olvasni. A törvényt még nem hirdették ki, talán lesz hatása a tiltakozásnak, hadd legyek már optimista. (KT)

*

Milyen könnygázt használnak a tüntetők ellen? A mai könnygáz spray-k gyakori hatóanyagát, a CS-t (orto-klórbenzilidénmalonitril) alapvetően háborús helyzetekben vetették be az 1960-as évekig. Arra, hogy a könnygáznak mi az alapvető hatása az emberi szervezetre, azért voltunk kíváncsiak – írta május 5-én Balázs Zsuzsanna, a Qubit munkatársa –, mert a tanáraiért, a státusz törvény ellen és a saját jövőjükért tüntető, jórészt 18 éven aluli diákokból álló tömeg addigra már kétszer is kapott a spray-ből.

Bár a fegyveres erők világszerte rendszeresen hivatkoznak arra, hogy a szer, még ha kellemetlen tüneteket okoz is, alapvetően ártalmatlan, a valóság ennél sokkal bonyolultabb – teszi hozzá a szerző.

Mint máshonnan kiderül: a csípőspaprika-kivonatból készülő paprika-spray (hatóanyaga: „oleoresin capsicum”, OC) hatását szintén enyhének ítélik, de orvosi beszámolók szerint okozhat égési sérüléseket, és használatának súlyos következményei is lehetnek. Egy korábbi amerikai ajánlás értelmében a rendőröknek a lehető leghamarabb „dekontaminálniuk” kell azt, akit lefújnak (itt feltehetően egy-egy emberről van szó), és folyamatosan figyelniük kell, hogy nem alakulnak-e ki később súlyos tünetek.

Egy diák például annyi spray-t kapott közvetlenül az arcába a múltkorai tüntetésen, hogy óráig nem tudta kinyitni a szemét, az arca kisebesedett, másnap is égett.

A Qubitnek válaszolva az ORFK rövid kimutatást küldött. Eből kiderül, hogy a CS hatóanyagú készítmény „csapatszolgálati könnyfakasztó permetszóró” és „egyéni könnyfakasztó spray” kiszerezésben áll a rendelkezésükre. Az OC-tartalmú anyag permetszóró és „paprikahab” formában vehető be. A hajtógáz mindkét esetben nitrogén. (sv) (qubit.hu/2023/05/05/elarulta-a-rendorseg-hogy-pontosan-milyen-hatoanyagu-konnygazt-vet-be-a-tuntetok-ellen;peppersprayinjury.com/wp-content/uploads/2022/08/Health-Hazards-of-Pepper-Spray.pdf)

2022 legkedveltebb szerzői a Magyar Kémikusok Lapjában

Az idei online szavazáson kicsit többen vettek részt, mint az utóbbi két évben (mióta főként digitálisan olvasható a lap). Újdonság volt, hogy ezúttal nem cikkekre, hanem szerzőkre lehetett szavazni. Húsznál több szavazatot kapott: Lente Gábor (88), Csopor Dezső (49), Braun Tibor (44), Inzelt György (37), Kiss Tamás (30), Keglevich Kristóf (25), Szalay Péter (22).

Gratulálunk a remek írásokhoz! A hagyomány szerint az 1–3. helyezett egyesületi Nívódíjat kapott.

Rendezvénynaptár (2023)

Június 1–3.	Young Researchers' International Conference on Chemistry and Chemical Engineering (YRICCCE IV)	Debrecen
Június 22–24.	iNEXT 2023	Budapest
Június 30.	BME Szerves és Gyógyszerkémiai Nap	Budapest
Október	Őszi Radiokémiai Napok	
November	Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai és Analitikai Kémia Konferencia	Balaton-szárszó
November 23.	Kozmetikai Szimpózium	Budapest

MKE Vegyészkonferencia – 2023

2023. július 10–12.

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem (Eger, Eszterházy tér 1.)

A rendezvény honlapja és online jelentkezés:

<https://mkenk2023.mke.org.hu/>

Kiállítók jelentkezését szeretettel várjuk.

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK: Schenker Beatrix, mkenk2023

HUNGARIAN CHEMICAL JOURNAL

LXXVIII. No. 6. June

CONTENTS

<i>Hydrogen filling stations in Tatabánya (Hungary) and California</i>	166
GÁBOR LENTE	
<i>Operation, types and future of nuclear plants. Part I</i>	168
MÁRTON KIRÁLY and KATALIN RADNÓTI	
<i>The first Hungarian cryo-electron microscopy cover story. An interview with Professor András Perczel</i>	174
Cloud poking. A weight-loss drug without mass gaining and separation effects	176
DEZSŐ CSOPOR	
<i>Ballistic protection garment</i>	177
CSABA KUTASI	
<i>Huygens on Parnassus</i>	183
VERA SILBERER	
<i>Paradigmatic naming in chemistry</i>	187
TIBOR BRAUN	
<i>Chembits</i>	188
GÁBOR LENTE	
<i>Publication of the month</i>	190
<i>News of the Month</i>	191



Lépje át a határokat

eddig elérhetetlen LC/MS teljesítménnyel

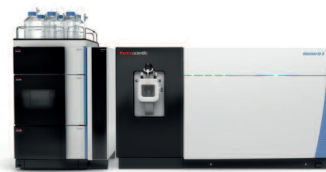
Teljesen új lehetőségek nyíltak meg a komplex analitikai kihívások megoldásában, a kis- és nagymolekulák világában egyaránt. A Thermo Scientific™ Orbitrap™ Tribrid™ nagyfelbontású, nagy tömegpontosságú tömegspektrométerek ötvözik a kiemelkedő szelektivitást, érzékenységet, sebességet és kombinálhatóságot,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



Thermo Scientific™ Orbitrap
Eclipse™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap
Fusion™ Lumos™ Tribrid™ MS



Thermo Scientific™ Orbitrap
ID-X™ Tribrid™ MS

További információk: thermofisher.com/tribrid

Kizárólagos képviselő:

UNICAM Magyarország Kft.
1144 Budapest, Kőszeg utca 25.
Telefon: +36 1 221 5536
E-mail: unicam@unicam.hu
Web: www.unicam.hu

UNICAM