

# Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

146. évf. 7. sz.

2015. JÚLIUS

ÁRA: 690 Ft

Előfizetőknek: 600 Ft



- FÉNYEGÉSZSÉG – FÉNYBETEGSÉG
- CÉLZOTT DAGANATTERÁPIA
- A SÖTÉT TROMBITAGOMBA

- A PANNON-TÓ
- ÜSTÖKÖSJÁRÁS
- HOUSTONTÓL AUSTINIG

- HOGYAN KERÜLT ELŐTÉRBE A KLÍMAÜGY? –  
BESZÉLGETÉS CZELNAI RUDOLF AKDÉMIKUSSAL



# Sötét trombitagomba és a hozzá hasonló fajok



Sötét trombitagomba

Tölcséres róka



Fodros trombitagomba



Szürke róka



Szagos róka





# Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ  
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben  
SZILY KÁLMÁN  
KIRÁLYI MAGYAR  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY  
146. ÉVFOLYAMA



2015. 7. sz. JÚLIUS  
Magyar Örökség-díjas és  
Millenniumi-díjas folyóirat



Új SZÉCHENYI TERV

OIKA



Szellemi Tulajdon  
Nemzeti Hivatala

Nemzeti  
Tehetség Program

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,  
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,  
az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok  
(OTKA, PUB I-114505) támogatásával.  
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai  
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



A kiadvány a Magyar Tudományos  
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:  
STAAR GYULA

Szerkesztőség:  
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.  
Telefon: 327-8962, fax: 327-8969  
Levélcím: 1444 Budapest 8., Pf. 256  
E-mail-cím: termvil@mail.datanet.hu  
Internet: www.termeszetvilaga.hu

Felelős kiadó:  
PIRÓTH ESZTER  
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja  
a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.  
Telefon: 327-8900

Nyomtatás:  
iPress Center Hungary Zrt.

Felelős vezető:  
Lakatos Imre  
vezérigazgató

INDEX25 807  
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:  
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.  
Telefon: 327-8995  
e-mail: eltud@eletestudomany.hu  
Előfizethető:  
Magyar Posta Zrt. Hírlap üzletág  
06-80-444-444  
hirlapelofizetes@posta.hu

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.  
Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt. árusítóhelyein

Előfizetési díj:  
fél évre 3600 Ft, egy évre 7200 Ft

## TARTALOM

<b>Csaba György:</b> Fényegészség – fénybetegség .....	290
Hogyan került előtérbe a klímaügy?	
<b>Czelnai Rudolf</b> akadémikussal beszélget <b>Jankó Ferenc</b> .....	294
<b>Estók Péter–Boldogh Sándor András:</b> Denevérek átalakuló szálláshelyei .....	298
<b>Tompa Kálmán:</b> Molekuláris mozgások fehérjékben. Első rész .....	302
<i>E számunk szerzői:</i> .....	306
<b>Mező Gábor–Enyedi Kata Nóra:</b> Egy anyag – két célpont. Lehetőségek a célzott daganatterápiában .....	307
<b>Sárneeczy Krisztián:</b> Üstökösjárás. Második rész .....	311
<b>Vojnits András:</b> Houstontól Austinig. Houston, a légkondicionált város. Első rész .....	315
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK</i> .....	319
Hirtelen szívhalál. <b>Farkas Csaba</b> interjúja <b>Varró András</b> professzorral .....	321
<b>Szili István:</b> Két új könyv a Börzsönyről .....	323
<b>Babinszki Edit:</b> Ha a balatoni magaspartok mesélni tudnának... A Pannon-tó. Második rész .....	324
<b>Nebojszki László:</b> A bácskai Kígyós-vízfolyás .....	326
<b>Vasas Gizella–Locsmándi Csaba:</b> Bőségszaru, avagy a sötét trombitagomba .....	330
<b>Hollósy Ferenc:</b> Életre kel az ősi recept .....	332
<b>Wiegandt Richárd:</b> Matematika- és fizikatörténeti érdekességek könyve ( <i>OLVASÓNAPLÓ</i> ) .....	333
<b>Szemes Botond:</b> Könnyed humor után tartalmaz összefoglaló ( <i>OLVASÓNAPLÓ</i> ) .....	334
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i> .....	335

*Címképünk:* Közönséges denevér (*Estók Péter* felvétele)

*Borítólapunk második oldalán:* Sötét trombitagomba és a hozzá hasonló fajok (*Locsmándi Csaba* felvételei)

*Borítólapunk harmadik oldalán:* Néhány hazai denevérfajunk (*Boldogh Sándor és Estók Péter* felvételei)

*Mellékletünk:* A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei: *Ferencz Petra:* A születésnap paradoxonról; *Vincze János:* Kántor Sándor mesterségének rejtelmek; *Kálmán Imre:* 2013 – Időjárás előrejelzések és szélsőségek éve lakóhelyemen, Kunmadarason. A XXV. jubileumi Természet–Tudomány Diákpályázat pályázati kiírása

### SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,  
BAUER GYÖZŐ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CZELNAI RUDOLF,  
CSABA GYÖRGY, CSÁSZÁR ÁKOS, DÜRR JÁNOS, GÁBOS ZOLTÁN,  
HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ,  
LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ,  
PATKÓS ANDRÁS, PINTÉR TEODOR PÉTER, RESZLER ÁKOS,  
SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SZATHMÁRY EÖRS,  
SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@mail.datanet.hu, 327-8960)  
NÉMETH GÉZA (n.geza@mail.datanet.hu, 327-8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető:  
HORVÁTH KRISZTINA



# Fényegészség – fénybetegség



2015  
A FÉNY  
NEMZETKÖZI  
ÉVE

**T**öbb fényt (mehr Licht)! – mondta Goethe, a természettudományokat is művelő költősen a halálos ágyán, mielőtt az örök sötétségbe merült volna. Az ember számára a fény az életet jelenti, a sötétség a halál szimbóluma. De vajon mi a biológiai alapja a fény és az élet összefüggésének, melyek azok a tényezők, amelyek az emberi életet a fényhez kötik, és csökkentik, vagy lehetetlenné teszik annak esélyét fény hiányában. Érdemes tehát megvizsgálni a fény biológiai jelentőségét az orvos szemével.

## Fény és humán evolúció

A napfény jelentős mértékben járult hozzá a humán evolúcióhoz. Az ember az Egyenlítő tájékán lévő trópusi körülmények között alakult ki, amikor – miközben elvesztette testszőrzetét – védekeznie kellett a napfényben lévő rákkeltő ultraibolya (UV-) sugárzás ellen. Ezt a védekezést a bőr melanintartalmú pigmentsejtjei teszik lehetővé, amelyek felhalmozódása elsötétítette a bőrt, elnyelve az UV-sugárzást. Ezen túl, csökkentette a folsav lebomlását,

és mindkét folyamattal biztosította a DNS védelmét [1]. Az ember tehát sötét bőré volt a trópusokon – mint ahogy az ma is –, majd észak felé vándorolva, a bőrt ért fény mennyiségének csökkenésével párhuzamosan létrejött a mutáns, amelynek csökkent a pigmentációja, és a szelekciós előny miatt elszaporodott, legvilágosabb formája pedig a skandináv populációban mutatkozott meg. Ezzel együtt növekedett a világos (szőke) hajú és (kék) szemszínű emberek aránya a populációkon belül.

Az életfontos D-vitamin termelődése a bőr sejtjeiben az UVB-sugárzás beérkezésétől függ. A trópusokon olyan mennyiségű fény volt jelen, hogy ez a sötét pigmentáció mellett is biztosította a szükséges D-vitamin képződését, de mennél északabbra vándorolt az ember, annál kevesebb UV-sugárzást kapott, és azt is szezonálisan különböző mértékben. A fehér bőrre szelektálódás tehát, mivel ez inkább engedi meg az UV hatását, a D-vitamin-szükséglet nyomása alatt történt meg [2].

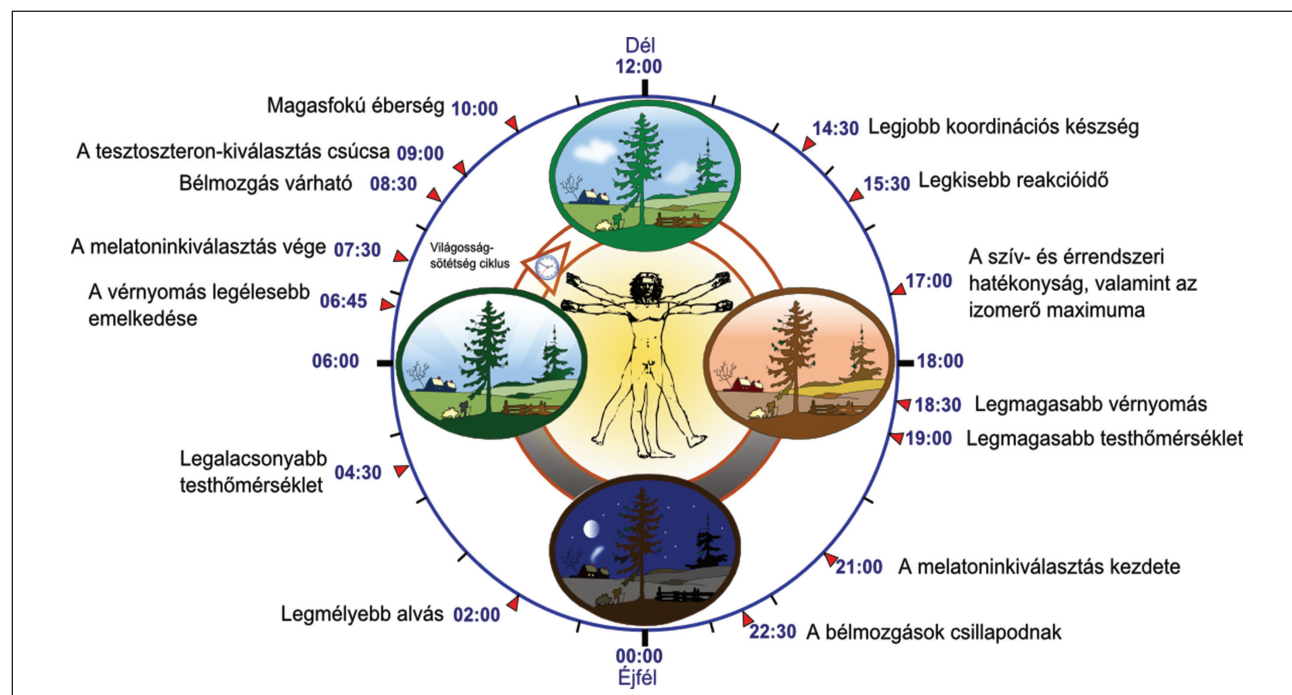
Miközben a természetes szelekció révén egyre nőtt a világos bőrszín előfordulása, aközben megmaradt a pigmentsejt-mecha-

nizmus, amely az UV-fény hatására növeli a melanin időszakos termelődését. Ezért a világos bőrűek is képesek leburnulni, ha nem is válnak olyan sötét bőrévé, mint a trópusiak. Ez a mechanizmus védi a világos bőrévé vált embereket a szezonálisan extrém mértékben megnövekvő UV-sugárzástól, ugyanakkor az UV-szegény időszakokban is lehetővé teszi a D-vitamin előállítását (fehér bőrben napfény hatására 6-szor gyorsabb a D-vitamin szintézise, mint teljesen sötétben).

Újabb ismeretek szerint a napfény nemcsak a D-vitamin szintézisét serkenti a bőrben, hanem a nitrogén-oxidét is, amelynek így a vérhez képest 25-szörös mennyisége van jelen. Hogy ennek mi lehetett a humán evolúciós jelentősége, még nem pontosan ismert [3]. Mivel azonban a nitrogén-oxidnak értágító, ezáltal vérnyomáscsökkentő hatása van, feltételezhető, hogy trópusi körülmények között életmentő is lehetett, így szelekciós előnyt is biztosíthatott. Míg a D-vitamin szintéziséért az UVB felelős, addig a nitrogén-oxid termelésért az UVA.

Feltételezik, hogy a napfény az agy fejlődését (növekedését) is befolyásolta. A napfény ugyanis hőt kelt, ami az élő szer-

1. ábra. A cirkadiális ritmus. Az élettani funkciók változása a ritmus és a fényhatások függvényében





vezeteket – így az embert is – felmelegíti. Az embert tehát hűteni kellett (a trópusokon különösképpen), és ez provokálta részben a szörzet elvesztését, részben az izzadás kialakulását. Az embernek igen sok verejtékmirigye van, amelyek sok vizet párologtatnak el, és ez hűti a szervezetet, ami kedvez az élettani folyamatoknak, ezen belül is elsősorban az agy növekedésének és aktivitásának.

### Fényszegénység-betegségek

Anglia fényszegény északi ország, és már a XVII. században számos görbe lábú, gyenge csontozatú embert figyeltek meg. Akik járatosak voltak a betegségek történetében, azok tudhatták, hogy ilyen elváltozások már Szóranosz epheszoszi származású görög és Galénosz görög származású római orvos I., illetve II. századbeli leírásában is megjelentek mint szórványos esetek. A kórkép tüneteit azonban részletesen *Francis Glisson* írta le 1651-ben, és ekkor nevezték el a betegséget angolkórnak. A XVIII. században, az ipari forradalom időszakában London és más „iparral megáldott” városok fölött elsötétült az ég. A szmog olyan mértékűvé vált, hogy a napfény alig tudott áthatolni rajta. A korábban leírtaknak megfelelően fellépett a D3-vitamin hiánya. Mindenekelőtt az tűnt fel, hogy a gyermekek közel 80%-ának elgörbült a lába, tehát tömegmérétekben jelentkezett a Glisson által leírt kórkép, amelyet csak a XIX. század végén hoztak kapcsolatba a napfényszegénységgel, de ekkor sem tudták, hogy mi a közvetlen kórokozó tényező. Valamivel hamarabb kezdték tapasztalati alapon szórványosan, majd a XX. században rendszeresen megelőzni a kórt, illetve kezelni csukamájolaj fogyasztásával, végül 1922-ben felismerték a benne lévő D-vitamint, amelynek adagolása már abszolút gyógymódnak bizonyult.

Nyilvánvaló, hogy a XVIII. század Angliájában a fényszegénység mellett diétás hiányfaktorok is közrejátszhattak a szegény népesség körében az angolkór tömeges megjelenésében, ugyanis D2-vitaminban dús ételekkel a D-vitamin-hiány kompenzálható, mint ezt a csukamájolaj is jelzi.

Hosszú időn keresztül a D-vitamint a kalcium felszívódását és csontokba épülését segítő hormonszerű anyagként tartották számon. Időközben azonban egyéb fontos funkcióit is felismerték, és napjainkra a D-vitamint széles körben alkalmazzák kezelésre, illetve prevencióra. Autoimmun betegségekben képes a túlműködő immunrendszer elnyomására, és jelentősen csökkenti a szklerózis multiplex és bizonyos rákok (vastagbélrák, emlőrák) fellépésének kockázatát. A szklerózis multiplex előfordulása valóban sokkal

gyakoribb a fényszegény északi államokban. Egyes feltételezések szerint, ha az USA északi államaiban is ugyanolyan volna az UVB, ezáltal a D3-vitamin-ellátás, mint a déliekben, a szklerózis multiplex előfordulása is hasonló mértékű lenne, holott jelenleg északon a délénél a duplája. A D-vitamin ugyanis csak csökkenteni látszik az oszteoporózis (csonttritkulás) és oszteomalácia (csontlágyulás) előfordulását. Egyes vizsgálatok szerint a kóros elhízás is kapcsolatban lehet az alacsony D-vitamin-ellátottsággal, éppúgy, mint a diabétesz.

Az utóbbi időben előtérbe került a D-vitamin szív-érrendszeri hatása, elsősorban a magas vérnyomás betegséggel kapcsolatban. Megfigyelték, hogy az egyenlítő felől észak felé tartva nő az átlagos vérnyomás értéke és a hipertóniás



2. ábra. Vigyázat, a bőr nem felejt!

betegek száma [4]. Ez megfelel annak az észlelésnek is, hogy az Európában vagy az USA-ban élő sötét bőrű populációban lényegesen több a hipertóniás, mint az európai származású fehér bőrűekben. Ugyanígy, az afroamerikai populáción belül minél sötétebb a bőrszín, annál magasabb a vérnyomás, ugyanis utóbbiak kevesebb UVB-t abszorbeálnak.

Mivel a D-vitamin szervezetbeli mennyisége alapvetően az UVB-sugárzástól függ, világos, hogy az említett betegségekben a napfényszegénységnek elsőrendű szerepe van.

Már régen megfigyelték, hogy az északi államok lakossága hajlamosabb depresszióra, mint a délieké. Ez a napfény hiányával (is) magyarázható. Ehhez hasonló oka lehet a szezonális depresszióknak (SAD = seasonal affective disorder), amelyet téli depresszióknak is neveznek, de általában ősssel indul és tavasszal szűnik meg. Ko-

rábban feltételezték, hogy ebben is a D-vitamin hiánya játszik szerepet, azonban ez nem igazolódott be. Valószínűnek látszik, hogy egyéb, ugyancsak fényhatással befolyásolt molekulák, mint a melatonin, szerotonin, bradikinin szintváltozásai váltják ki a hipotalamuszra hatva. A depresszió ezen típusa azonban nem vezet öngyilkossághoz. Kimutatták, hogy a legtöbb öngyilkosságot az északi féltekén éppen júniusban, míg a déli féltekén decemberben követik el, tehát akkor, amikor a legtöbb a napfényes órák száma, így ez a SAD-dal éppen ellentétes tendenciát mutat [5]. Természetesen ez azt is jelenti, hogy a fény az öngyilkossági hajlamot is befolyásolja, csak nem egészen úgy, ahogy gondolnánk.

Míg a sötétség deprimál, a napfény hajlamosít eufóriára, emelkedett hangulati állapotra. Ez az endorfinnak köszönhető, amely szintén termelődik a bőrben napfény hatására, és a vérkeringésen keresztül az agyhoz kerülve hat. Ezzel a depresszióval ellentétes, de nem kóros állapot jön létre.

### Fény és biológiai ritmus

Az élő szervezetek – így az ember is – belső és külső körülmények által meghatározott ritmus szerint működnek. A biórítmus működését biológiai órák vezérik, amelyek beállítódásában és járásában alapvető szerepe van a napfénynek. Az ember esetében a biológiai óra az agyban, a szuprakiazmatikus magban (SCN) helyezkedik el, ami fényinformációit a retinán keresztül szerzi be [6]. A biológiai ritmus lehet cirkadiális, diurnális, ultradiális és infradiális. Ezek közül az első kettő az, amelyhez szoros köze van a napfénynek.

A cirkadiális ritmus (1. ábra) mintegy 24 órás periódusban működő szabályozás, ami a diurnális ritmusra épül rá. A nappali/éjszakai diurnális ritmus az, amit közvetlenül a fény szabályoz. A cirkadiális ritmus keretében meghatározott periodicitással működik az álm/ébrenlét, a testhőmérséklet, az endokrin tevékenység, a vérnyomás, az emésztés, az éberség és a reakcióidő. A cirkadiális ritmus 24 órás periódusa nem változik a fény mennyiség változásától függően, mert az óra be van állítva, de ezen belül a fázisok eltolódhatnak, mert a megvilágítástól függően az SCN reszinkronizálódik [7]. Természeti körülmények között télen, amikor a táplálékellátottság romlott, a hosszú alvási időszak volt előnyös, míg nyáron a több táplálék szerzési lehetőség miatt a tevékenységi periódusnak hosszabbnak kellett lennie. Ez megfelelt a nappali/éjszakai diurnális ritmusnak, és amikor a táplálék szerzéstől már függetlenedett, fennmaradt.



A retinán keresztül észlelt fény a tobozmirigy működésére van hatással. Ez melatoninint állít elő, és ez a hormon a szabályozás végrehajtója. A fény végső soron a melatonin fokozott termelését gátolja, ami a sötétség beálltával indul meg, és világosodásig tart. A melatonin éppen ezért elsősorban mint álomhormont, az álom/ébredlét meghatározóját tartjuk számon, azonban emellett nem kevésbé fontos szerepe van az immunitás és a szexuális érés szabályozásában, a daganatképződés gátlásában, miközben jelentős antioxidáns hatása is van [7]. Mivel termelését erendően a fény szabályozza, ezek a hatások is jelentős mértékben függenek a fénytől (napfénytől).

### Fénybőség-betegségek

Nemcsak a fény hiánya, hanem bősége is okozhat betegséget. A napfénynek ugyanis vannak olyan komponensei, mint a már említett ultraibolya (UV-) sugárzás, amelynek bősége esetén súlyos bőrbetegségek jöhetnek létre.

Az UV-sugárzás szabad szemmel nem látható, hullámhossza 200–400 nm, ezen belül az UVA 315–400 nm, az UVB 280–315 nm. Az UVC 100–280 nm, a legaggresszívabb UV-sugárzás, de nem tekintjük kórokozóknak, mert a légkör ózonrétege teljesen kiszűri. Az UVA-sugárzás veszélyeire korábban kevés figyelmet fordítottak, mindenért az UVB-t tették felelőssé, újabban azonban kiderült az UVA figyelemre méltó káros hatásai is. Az UVB nem tud a bőrben mélyre hatolni, így elsősorban a felszíni rétegek sejtjeit károsítja, ezekben hoz létre rákos elfajulást. Háromféle rák keletkezik hatására, ezek a bazaliómák (bazaltesztis karcinómák), laphámrákok és az ezeknél sokkal súlyosabb, de ritkább melanómák. Mindezek a „klasszikus” időkben elsősorban a túlzott napozás (napégés) következtében léptek fel, mai modern korunkban azonban előretört a mesterséges fény alkalmazása, így a kozmetikai jellegű kezelések (például a szoláriumozás) hatására is megjelennek. Ez hozta előtérbe az UVA hatásainak jelentőségét is, mert a szolárium fénye 12-szer annyi, a bőr mélyebb rétegeibe hatoló UVA-t tartalmaz, mint a napfény. Ezáltal az azt használó fiatalok körében másfélzszeresére nőtt a bazaliómák, két és félzszeresére a laphámrákok előfordulása, de a melanóma rizikója is 75%-kal fokozódott. Súlyosbíttja a helyzetet, hogy az UV-hatás kumulálódik, és az esetek többségében a fiatal korban történt (többszörös) napégés károsító hatása mutatkozik meg évtizedekkel később. Ugyanez történik az öregedés kapcsán is, mert a bőr nem felejt, és az élet folyamán ellene elkövetett UV-bűnök hatása aránytalanul nagymértékben nyilvánul meg, például korai öregedésében, ráncosodásában (2. ábra) és a már

említett daganatokban. A látást sem hagyja érintetlenül az erős UV-hatás, ami az esetek többségében szürkehályogként jelenik meg.

A múlt század hetvenes éveiben észlelték először, hogy nitrogén-oxidok és klorofluorokarbonok (CFC) roncsolják a Földet körülvevő ózonréteget, amely véd minket az UV-sugárzás károsító hatásától [8]. Ennek következtében ez a réteg helyről függően 3–23%-kal csökkent. Legerősebb volt a csökkenés az Antarktisz fölött, ahol ózonlyuk alakult ki. A CFC-k látszólag legveszedelmesebbnek, mert széles körben használták hűtőszerekben, különböző spray-kben, ipari tisztítószerekben stb. Ezért használatukat világszerte betiltották, és az ózonréteg elkezdett regenerálódni. A beavatkozás elkerülhetetlen és sürgős volt: kiszámították, hogy ha az akkori növekedési sebességet (7–10%/év) tartja a CFC-felhasználás, akkor 2060-ra a sztratoszféra klórtartalma 16-szorosára nő, és nyár közepén a bőr napégésének ideje harmadára csökken.

A bőséges UV-fény daganatképző hatásának elensúlyozására van a szervezetben egy enzimrendszer, amely a DNS károsodását hivatott kivédeni. Ez a repair mechanizmus, amely a DNS-ben történő hibákat kijavítja (kivágja az egyik DNS-szál hibáit és a másik DNS-szál információja alapján pótolja). Ennek a mechanizmusnak a genetikai gyengesége, illetve hiánya vezet a xeroderma pigmentosum (XP) nevű betegséghez, amikor a beteget a legkisebb dózisu UV-sugárzástól is védeni kell, mert rákos folyamatok lépnek fel hatására [9]. A betegséget magyar orvos, *Kaposi Mór* írta le még 1874-ben, és 100 évvel később ismerték fel DNS repairfüggőségét. A bőr rák megjelenése 20 éves kor alatt az XP-s betegekben az átlag populációban jelentkezőnek 5000-szerese. Szerencsére a betegség ritkán fordul elő (Európa és USA 1:1 000 000; Japán és Közel-Kelet 1:40 000).

A fénybőség azonban nemcsak az UV-hatásokban észlelhető, hanem a cirkadiális bioritmus megváltozásában is [10]. Ilyen az éjszakai műszakban történő munka, vagy egyáltalán a fényben töltött alvás. A rendszeres – fényben töltött – éjszakai műszak melatoninhiányt okoz, ami a daganatok fellépése elleni védekezést károsítja. Ez megnöveli nőkben az emlőrák kockázatát. De nemcsak az éjszakai műszak károsíthat, hanem a nem teljes sötétségben való alvás is, amit okozhat

az éjszakai lámpa éppúgy, mint az utcáról beszűrülő fény. További problémát jelent, hogy az éjszakai fényexpozíció miatt fellépő tumor rezisztenssé válik bizonyos rákgyógyszerek (pl. tamoxifen) ellen, aminek magyarázatát nem ismerjük [11].

### Fényterápia

Bár vannak adatok már i. e. 1400-ból arról, hogy Indiában próbálták a bőr pigmentmentes területeit (vitiligo) napfény és növényi anyagok (valószínűleg psolarenek) kombinációjával pigmentesíteni, a fény gyógyító hatásának felismerője és első megvalósítója *Niels Ryberg Finsen* izlandi származású dán orvos volt. A napfényt, illetve ívlámpa fényét koncentráltan egy súlyos bőrbetegség, a lupus vulgaris (börgümőkór, bőrfarkas) egyes területeire és többszörös kezelés után teljes gyógyulást sikerült elérnie. Első sikeres kezelését 1895-ben végezte (ekkorajt az a betegség igen gyakori volt), eredményeiért 1903-ban Nobel-díjjal tüntették ki (3. ábra).



3. ábra. Niels Ryberg Finsen (1860–1904), a fényterápia megalapítója

A következő nagy lépést *John Parrish* tette meg, aki (1974-ben) psolaren vegyületekkel kombinált UVA-kezelést végzett, és ezzel gyógyította a pikkelysömört (psoriasis). A fényforrások tökéletesedésével a gyógyhatás még kifejezettebbé vált.

*Mester Endre*, a Semmelweis Egyetem sebészprofesszora 1967-ben ismerte fel, hogy a lágy lézersugárzás gyorsítja a sebgyógyulást. Ezen elindulva, *Fenyő Márta* biofizikussal kifejlesztették a polarizált fényrel működő lámpát, ami kezdetben az Evolite, később (ma is) a Biopton nevet kapta, és UV-fényt nem tartalmaz. A polarizált fény biostimulatív hatású. Ez megmutatkozik a sebgyógyulás és általában a regeneratív folyamatok, az immunrendszer és a sejtaktivitás fokozódásában éppúgy, mint a gyulladás és a fájdalom csökkenésében.

A mesterséges UV-fényt a XX. század első felében használták a D-vitamin-képzés serkentésére (az angolkór megelőzésére) gyermekekben (4. ábra). Higanygőzlámpa segítségével állították elő és végezték vele a „kvarcolást” pontosan előírt időtartamon belül. A szintetikus (tablettás) D-vitamin-kezelés kiszorította az orvosi fegyvertárból, de kozmetikai célokra (miniszolárium) még megmaradt.

Bár érthető módon a fényterápiát elsősorban a kultakaró betegségeinél alkalmazzák, jelentős és széles körű gyógyhatása van egyéb területeken is. Téli depresszó





4. ábra. Kvarcoló gyerekek a XX. század első felében

esetében az erős látható fényű lámpákkal való rendszeres kezelés javítja a hangulatot, és próbálkoztak ezzel – nem is sikertelenül – egyéb depressziók kezelésében is.

Van a fényterápiának egy, az eddigiektől eltérő, de nagyon fontos területe, az újszülöttek kezelése. Az újszülötteknek vannak magvas vörösvérsejtjei, melyek születés után lecserelődnek magtalan vörösvértestekre, így megnő a hemoglobintartalmuk, ezáltal az oxigénszállítás lehetősége. A magvas vörösvérsejtet szétesésekor azonban bilirubin szabadul fel, amit a máj bont le. Ez a fiziológias folyamat érett újszülöttekben is járhat enyhe sárgasággal, ami minden beavatkozás nélkül hamar elmúlik. Koraszülöttekben azonban több a széteső sejt, és a máj még éretlen, ezért ezt a funkciót elégtelenül látja el, így a bilirubinszint megemelkedik, és mérgezi a szervezetet, miközben kialakul a súlyos sárgaság. Legrosszabb esetben a bilirubin az agyban rakódik le (kernicterus), és annak normális fejlődését gátolja. A látható fény-



5. ábra. Csecsemő kék fényben, ami csökkenti bilirubinszintjét

nyel, ezen belül is elsősorban a kék fényvel történő besugárzás lebontja a bilirubint, ezáltal megvédi a koraszülött csecsemőt az agyi károsodástól (5. ábra).

### Fényszennyezés

1994 januárjának egy éjjelén Los Angelesben a földrengés miatt átmenetileg megszűnt az áramellátás. Számos városlakó hívta a segélykérő számot bejelentve, hogy az égbolton valami óriási ezüstös felhőt látott, amit korábban soha. A csillogó felhő a Tejút volt, amit a város fényszennyezése miatt mindaddig valóban nem lehetett látni.

Éjjel, 10 000 méter magasságból figyelve, ahol az utasszállító repülőgépek közlekednek, a Föld hatalmas területei csillogóan világítanak, míg mások sötétnek látszanak. Európa, Észak-Amerika, Ausztrália, Kína, Japán, Dél-Korea stb. nagyvárosai fényben úsznak, miközben Szibéria, Dél-Amerika, Afrika és Ausztrália túlnyomó része sötét. A fényszennyezés tehát elsősorban az említett területeken jelentkezik, azonban a jelenlegi sötétnek látszó területek felfejlődésével mind több lesz a fénytérképen a világító pont. A lakásokban éppúgy, mint a közterületeken lévő fényforrások egyre több fényt bocsátanak ki, megzavarva ezzel a cirkadiális ritmust. Mivel a világos időszak megnő a sötét rovására, ez visszaszorítja a tobozmirigy általi melatonintermelést, és előhívja ennek következményeit. A városlakók emiatt egészségügyi hátrányba kerülnek a kevésbé kivilágított helyeken élőkkel szemben. A következmények olyanok, mint az éjszakai műszak esetében. A cirkadiális ritmus fényszennyezés általi megbomlását (a sötétség rovására) a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség 2A karcinogénként tartja számon, azaz ugyanabba a kategóriába sorolta, mint a dohányzás hatását a tüdőrák keletkezésére. Leginkább bizonyított szerepe az emlőrák kialakulásában van, de hatását a petefészek, méh, vastagbél és prosztatara rákjának fellépésében is említi. Emellett olyan betegségek, mint a metabolikus szindróma (diabetsz és elhízás) és szív-érrendszeri kórképek is szaporodnak miatta.

### Fény kép

Az ember éppúgy, mint az állatvilág többi tagja, biológiai lény, ennek következtében jellegzetességeit, képességeit, egészségét és betegségeit biológiai folyamatok határozzák meg. Ez éppúgy vonatkozik az ősemberre, mint a ma élőre. Ugyanakkor lényeges különbsége az állatvilágtól, hogy a saját maga által kialakított társadalom működése és abban végzett tevékenysége alapvetően határozza meg magatartását, és hat vissza mindarra, amit biológiaiaként ismertünk meg. Evolúcióját is az általa alkotott tárgyakra ruházta át, miközben biológiai evolúciója mintegy 40 000 évvel ezelőtt lényegében leállt [12]. Bár az életéhez szükséges napfény éppen úgy süt rá, mint ezredévekkel korábban, ennek káros hatásait igyekeznek (és jelentős részben tudja is) védeni ruházattal, kozmetikumokkal (napvédőkkel), sötét szemüveggel stb., miközben saját maga állít elő olyan termékeket a tárgyakban megjelenő evolúció kényszerítő hatása alatt (pl. UV-fényt gerjesztő készülékek, fényszennyezés stb.), amelyek helyettesítik azt a káros hatást, amely elől menekülni akar. Ezek után nem tehet mást, mint próbálja védeni azt a károkozást is, amivel eszközeinek használata jár. Ez a

kettősség árnyalja azt a képet, amit az ember és a fény viszonyának jelenéről és jövőjéről festhetünk. Csak egy példa: a Nobel-díjjal is honorált LED lámpák alkalmazása a közvilágításban olcsóbb és eredményesebb lehetőségét teremti meg a közlekedés biztonságának, ugyanakkor abban a tartományban nyújt fénytöbbletet, amely a legkárosabb az egészségre. Ennek a káros hatásnak a kiküszöbölését meg kell, és meg is fogják találni, de addig a károsodottak száma már milliókra rúg. Az ember általi fényvel történő károkozásnak tehát mindig csak utána futunk (értelemszerűen sohasem előtte, vagy mellette), és a futópálya beteg emberek szenvedésével van kikövezeve. Természetesen ez nemcsak a fény esetében igaz, hanem az emberi teljesítmények többségének esetében is. \*

### Irodalom

- [1.] Jablonski, N. G., Chaplin, G. 2010: Human skin pigmentation as an adaptation to UV radiation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107, Suppl. 2. 8902-8968.
- [2.] Jablonski, N. G. 2012: The evolution of human skin colouration and its relevance to health in the modern world. *J R Coll Physicians Edinb*, 42, 58-63.
- [3.] Rajakumar, K. et al. 2007: Solar ultraviolet radiation and vitamin D. A historical perspective. *Ann J Public Health*, 97, 1740-1748.
- [4.] Rostand, S. G. 1997: Ultraviolet light may contribute to geographic and racial blood pressure differences. *Hypertension*, 30, 150-156.
- [5.] Petridou, E. et al. 2002: A role of sunshine in the triggering of suicide. *Epidemiology*, 13, 106-109
- [6.] Csernus B, Mess, B. 2003: Biorhythms and pineal gland. *Neuroendocrinol Lett*, 24, 404-411.
- [7.] Csaba Gy. 2014: Tobozmirigy az atomkorban. *Természet Világa*, 145, (8), 354-357.
- [8.] Molina, M. J., Rowland, F. S. 1974: Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810-812
- [9.] DiGiovanna J. J., Kraemer, K. H. 2012: Shining a light on Xeroderma pigmentosum. *J Invest Dermatol*, 132, 785-796.
- [10.] Gaston, K. J. et al. 2014: Human alteration of natural light cycles: causes and oecological consequences. *Oecologia*, 176, 917-931.
- [11.] Dauchy R.T. et al. 2014: Circadian and melatonin disruption by exposure to light at night drives intrinsic resistance to tamoxifen therapy in breast cancer. *Cancer Res.*, 74, 4094-4110.
- [12.] Csaba G. 2007: Thoughts on the cultural evolution of man. *Developmental imprinting and transgenerational effect. Riv Biol.*, 100, 461-474.



# Hogyan került előtérbe a klímaügy?

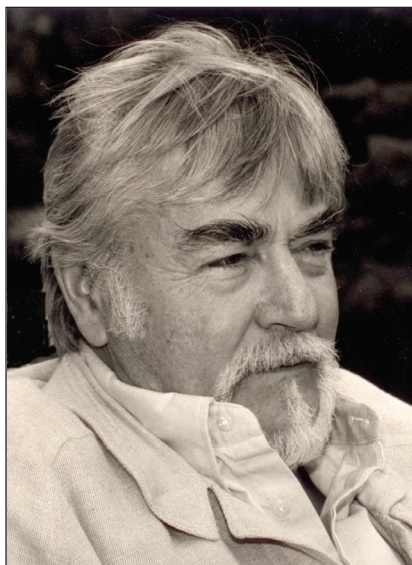
Beszélgetés Czelnai Rudolf akadémikussal<sup>1</sup>

– Professzor úr, az Ön visszaemlékezései alapján arról szeretnék képet rajzolni, hogy a tudomány és a társadalom fejlődését tekintve hogyan került az előtérbe az éghajlatváltozás ügye – röviden: klímaügy –, elsősorban a nemzetközi meteorológus közösség működése, valamint a politikai fejlemények összefüggéseiben. Ön mikor és hogyan vett részt e történet alakításában. Hogyan látja a klímaváltozás tudományának történetét? Milyen mérőldköveket lehet megállapítani?

– A klímaügy történetének máig legkevésbé ismert, de legfontosabb szakasza a második világháború után kezdődött. Ez elsősorban amerikai történet. Kezdetben hadászati célú időjárás- és klímamódosítási kutatásokat (és kísérleteket) végeztek. Ezekhez később kapcsolódtak az emberi tevékenység folytán a légkörbe kerülő szén-dioxid növekvő mennyiségének hatására esetleg bekövetkező globális melegedéssel összefüggő kutatások. A katonai kapcsolat következtében e kutatások nem voltak kifejezetten nyilvánosak.

Fontos megjegyezni, hogy az akkori nagyskálájú időjárás-módosító kísérletekből hamar le tudták vonni a tanulságot, hogy a légkör és óceán folyamatai túl bonyolultak, és ezeket nem lehet „kézben” tartani. Ennek következtében az ilyen törekvésekkel szemben óvatosság és szkepticizmus alakult ki. A kemény konklúzió így szólt: „a légkör és az óceán folyamatait megzavarni lehet, de szabályozni nem”.

Ezekről a dolgokról az 1950-es években idehaza keveset tudhattunk. Példaként említem Neumann János témába vágó tevékenységét. Ő az elsők közt figyelt fel a probléma nagyfokú komplexitására. E felismerés nyomán ő tette meg az első fontos lépéseket az általános légkörzés, illetőleg az éghajlati folyamatok számítógépes modellezése terén. E munkáiról csak nagy késéssel értesültünk. Ennek megfelelően ugyancsak nagy késéssel jutott el hozzánk Neumann János híres cikkének az üzenete, mely a „Fortune” című amerikai magazin 1955. júniu-



si számában jelent meg „Túlélhetjük-e a technikát?” címmel. Ezt illik számon tartanunk, mert most közelítünk e cikk megjelenésének 60 éves évfordulójához. Ugyanis ez volt az egyike azoknak az írásoknak, melyek az amerikai elit gondolkodására akkoriban a legerősebben hatottak. A cikkben sok mindenről szó esett, amikből számunkra most az a legfontosabb, hogy Neumann János – nem is nagyon röviden – a klíma ember általi megváltoztatásának lehetőségéről is említést tett, és azt írta, hogy ez olyan kockázatokat rejt magában, melyekhez képest az atombomba is eltörpül.

Ma már nehéz jól megérteni a 60-as évek tudományos világát. Nézegetem az akkori szakmai levelezgetéseim anyagát, és azt látom, hogy akkoriban előfordult, hogy még azok sem tudtak egymás munkáiról, akik pont ugyanazokon a témákon dolgoztak, és minden eséllyel a legtájékozottabbak voltak. Ma már – miután egy hatalmas informatikai forradalom lezajlott – ezt fel se tudjuk, vagy akarjuk fogni. Ezért van az, hogy számos múltbeli eseményről csak most, utólag halunk, és nem is tudunk hova lenni a meglepetéstől. Mostanában került a kezembe egy fénykép, melyen látható, hogy akadt olyan vezető meteorológus, pl. Harry Wexler (Neumann János barátja), aki néha Kennedy elnök dolgozószobájában is

megjelent meghívott konzultánként.

– Ezzel párhuzamosan nézzük meg röviden a hazai helyzetet. Amikor Ön egyetemre járt, hallott-e klímaváltozásról?

– Az egyetemi meteorológusképzés a Budapesti Pázmány Péter Egyetemen 1950-ben indult. Az első hallgatók egyike voltam. Tanáraink, különösképpen Dési Frigyes, akinek egyébként az érdekeit nem lehet eléggé hangsúlyozni, a súlyt a matematikai és fizikai alapképzésre, továbbá a dinamikus meteorológia nevű diszciplínára helyezték. A klímatudomány, a hazai korszellemnek megfelelően, nem tartozott a nagyon tekintélyes tárgyak közé. Egyetemi társaim közül senki se hitte volna, hogy pár évtizeden belül a lenézett, mert potyának vélt klimatológia lesz a földtudományok egyik legizgalmasabb területe. Azt sem, hogy a klímaváltozás ügye lesz korunk legnagyobb morális kihívása.

Történetesen Koch Nándor, a híres tudós, Koch Sándor unokabátyja volt az egyetlen tanárunk, akitől az ember okozta klímaváltozás kérdéséről valami keveset hallottam. Ő szabadon választott tárgyként oceanológiát adott elő néhányunknak, és elmondta Arrhenius 1896-ban publikált feltevését, miszerint az emberi tevékenység folytán a légkörbe kerülő szén-dioxid a klíma megváltozását okozhatja. Ez kivételes volt. Ugyanő elmondta azt is, hogy az oceanológusok megvizsgálták a kérdést, és arra jutottak, hogy az óceán könnyedén elnyeli azt a többlet szén-dioxidot, ami az emberi tevékenység következtében egyáltalán a légkörbe kerülhet. Ez volt akkoriban az elfogadott – habár téves – tudományos álláspont. Amit tőle hallottunk, nem hatott úgy ránk, hogy a klímaügy iránt jobban érdeklődjünk.

– Ön mikor és hogyan került kapcsolatba a témával?

– 1964-ben a Meteorológiai Világszervezet ösztöndíjával Tokióba mehettem tanulmányútra. Csodálatos és szakmailag hasznos tanulmányút volt. A japán meteorológiai tudományos és műszaki gárda épp akkor tette meg a döntő lépést a világ élvonalába kerülés útján. Történetesen épp akkor Tokióba látogatott az ausztrál Meteorológiai Szolgálat igazgatója, Bill Gibbs professzor.

<sup>1</sup> Az interjú készítését az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatta.

Alkalmam volt vele beszélgetni, és tőle – megjegyzem, hitetlenkedve – érdekes dolgot hallottam. Elmondta, hogy akkortájt a geológusok Angliában, meg önük, arról spekuláltak, hogy küszöbön áll egy új jégkorszak.

– *Vagyis akkortájt még nem a globális felmelegedés, hanem a globális lehülés elképzelése volt napirenden.*

– Pontosan. Az említett geológusok akkoriban arról elmélkedtek, hogy a glaciálisok és interglaciálisok kánonjában most éppen egy hosszúra nyúlt interglaciális vége felé tartunk, tehát, ha minden úgy történik, ahogy a múltban, durván 800 ezer éven át történt, akkor most lehülés következik. E spekulációkra felfigyelt *Nigel Calder* (1931–2014), nagyon jó tollú brit tudományos újságíró, és az 1960-as évek első felében több hatásos cikket írt a globális lehülés fenyegetéséről. Szerintem Magyarországon nem sokan olvasták ezeket a cikkeket. De – mint megtudtam – Ausztrália kormánya azonnali vizsgálatot rendelt el a jégkorszak veszélyének tisztázására.

Röviddel ez után a témára a Meteorológiai Világszervezet is reagált. Létrehozta egy szakértői testületet, melynek vezetését az előbb említett Bill Gibbs-re bízta. Ő hamarosan jött is a jelentéssel, melyben hangsúlyozta, hogy az új jégkorszak veszélyéről szóló beszéd alaptalan. Azonban azt is hangsúlyozta, hogy szükség van a klíma alakításában szerepet játszó mechanizmusok alaposabb tanulmányozására. Úgy tudom, hogy a Gibbs Panel 1977-ben benyújtott jelentése is hozzájárult ahhoz, hogy a WMO 1979-ben összehívta az első Éghajlati Világkonferenciát.

– *Őn mikor és milyen motivációból kapcsolódott bele tevékenyen ebbe a folyamatba?*

– Pillanatig se gondoltam arra, hogy ebben a munkában részt akarnék venni. Őszintén szólva marhaságnak tartottam az egészet. Az én bekapcsolódásom egészen más okból történt.

Közbevetem, hogy a történetnek volt egy világpolitikai fonala is. Az első műhold pályára kerülése nyomán, az 1960-as évek elején, az ENSZ Közgyűlése felhívta a Meteorológiai Világszervezetet és a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsát az űrtechnika békés tudományos hasznosítására. E felhívás nyomán jött létre a Globális Légkörkutató Program, melynek egyik fő témája a Globális Éghajlati Rendszer (légkör, óceán, szárazföld, bioszféra, krioszféra) működésének vizsgálata volt.

Véletlenül pont ekkortájt futott be annak a szakértői testületnek a jelentése, melynek Gibbs professzor volt az elnöke.

Ez a testület javasolta egy „Éghajlati Világkonferencia” összehívását. 1978 áprilisában a Bécs közeli Laxenburgban már rendeztek is egy koordinációs célú találkozót. Erre meghívtak néhány ismertebb szakértőt, akiket kiszemeltek arra, hogy a tervezett világkonferencián majd előadásokat tartsanak.

– *Úgy tudom, hogy ezen a találkozón Ön is részt vett.*

–1978 áprilisában a Meteorológiai Világszervezet fűtőkára váratlanul felkért, hogy az előbbieken már említett laxenburgi konferencián a WMO részéről legyek jelen. Ennek indoka az volt, hogy akkoriban én voltam a Meteorológiai Világszervezet „Globális Megfigyelő Rendszerének” tervezésével megbízott nemzetközi munkacsoport vezetője, és voltak már afrikai és más egzotikus terepeken szerzett szervezési tapasztalataim. Fontosnak tartották, hogy legyen ott valaki, aki speciálisan a megfigyelő rendszerekkel foglalkozik.

Engem a klímaváltozás kérdése nem érdekelt. Úgy fogtam fel a dolgot, hogy olyan az egész, mintha, mondjuk, orvos lennék, akit kirendeltek egy bikaviadalhoz, hogy legyen ott egy orvos is, ha a bika felöklelne valakit. Előkelő idegenként sétálgattam a megbeszélés résztvevői között, és közben tettem is néhány kétkedő megjegyzést, amit Roger Revelle (az értekezlet egyik fő szervezője) meghallott. Ezek után el is kapott, hogy miért nem veszem komolyan az ember okozta klímaváltozás kockázatát. Szigorúan azt mondta, hogy „Földünk egy űrhajó, s mi jól tesszük, ha rajta tarjuk a szemünket az űrhajónk légkondicionáló berendezésén”. Nagy hatással volt rám. Meg is hőkken tettem. Később megtudtam, hogy Rachel Carsont, a „Csendes tavasz” íróját ugyancsak ő indította el a pályáján.

*Roger Revelle* (1909–1991) geológus/oceanográfus személyére kicsit bővebben is ki kell térnem. Szerintem ő volt a nagyon korán meghalt Harry Wexler mellett a klímaügy egyik legfontosabb embere. Korai éveinek nagy részét a Scripps Oceanográfiai Intézetben (San Diego-ban) töltötte. 1950 és 1964 között ő volt az intézet igazgatója. Kulcsszerepet játszott a Nemzetközi Geofizikai Év (IGY) 1958-ban történt megindításában, és alapító elnöke volt a Climate Change and the Ocean (CCCO) bizottságnak, továbbá a SCOR (Scientific Committee on Ocean Research) és IOC (International Oceanic Commission) keretein belül is fontos tisztségeket töltött be. A Nemzetközi Geofizikai Év tervezésében a Scripps Intézet az ő irányítása alatt vett részt. És ő volt az igazgató, amikor a Scripps az USA szén-dioxid-programjá-

nak központi intézménye lett. 1956 júliusában ő hozta az intézetbe Charles David Keeling tudományos munkatársat, és ezzel megkezdődtek – Revelle szorgalmazására – a légköri szén-dioxid-háttér-mérések a hawaii Mauna Loa Observatóriumban, és egy antarktisi állomáson.

1957-ben Revelle és Hans Suess tették közzé azt a híres cikket, amelyben felfeltették, hogy az óceánok, ahhoz képest, ahogy előzőleg a geotudományok tekintélyes művelői feltételezték, csak sokkal lassabban képesek elnyelni a többlet szén-dioxidot, ami az emberi tevékenység következtében a légkörbe kerül. Ez azt jelentette, hogy az ember okozta növekvő gázemisszió az üvegházhatás fokozódását okozhatja. Revelle munkája az egyik legkorábbi példa arra, hogy több tudományos diszciplína (geológia, geokémia, levegőkémia, és óceánkémia) részéről integrált multidiszciplináris vizsgálatot végeztek egy kérdés tisztázása céljából.

– *A Pergamon Press kiadásában 1980-ban jelent meg egy kötet „Climatic Constraints and Human Activities” címmel, amely az ugyancsak Bécs közeli Laxenburgban működő IIASA nevű nemzetközi tudományos intézet kiadványa, és hét előadás anyagát tartalmazza. Ön tartotta az egyik előadást.*

– A laxenburgi előkészítő előadó ülés, melyről az előbb beszéltem fölöttébb eseménydús volt. Érdekes emberekkel volt módomban megismerkedni. Igyekeztek bevonni engem különféle programokba. Némi vonakodás után csatlakoztam egy izgatott csoporthoz, melyet az alapítók „klímaforumnak” neveztek el. Hatan voltunk a csoport tagjai: Jesse H. Ausubel, Stephen Schneider, Donella Meadows (akinek a nevét a Római Klub kapcsán sokan ismerik), Klaus Meyer-Abich, Howard Margolis és én magam.

Csoportunk összetétele érdekes volt: négy amerikai, egy német és egy magyar. Egy ideig intenzíven leveleztünk. Nagyon érdekes most, évek múltán, elolvasni ezeket a leveleket. A fenti kérdésben említett előadást a „Climate Forum” keretein belül folytatott vitáink hatására vállaltam el az IIASA 1980-ban tartott Task Force ülésén<sup>2</sup>. Lényegében azt próbáltam kifejteni, hogy ha bizonyos fokú globális klímaváltozás elkerülhetetlen lenne, akkor az lesz a nagy kérdés, milyen lehetséges adaptációs stratégiák közül választhatunk. A cikket abban

<sup>2</sup> Az előadás címe: Climate and Society: The Great Plain of the Danube Basin. – Climatic Constraints and Human Activities. Task Force on the Nature of Climate and Society Research. February 4–6, 1980. IIASA Proceedings Series. Pergamon Press.



a reményben írtam, hogy abból esetleg származhat egy nemzetközileg támogatott projekt Magyarország számára. Ez nem sikerült.

Az említett „klímafórum” motorja Jesse Ausubel oceanográfus volt. Ő volt az amerikai National Academy of Sciences (NAS) és a National Academy for Engineering (NAE) részéről az első WMO éghajlati konferencia egyik fő szervezője. Később a Rockefeller Egyetem „emberi környezet” programjának igazgatója lett, majd az Alfred P. Sloan Alapítvány által finanszírozott kutatási programok menedzserje. Ő szervezte meg a világoceán élővilágának felmérésére irányuló „Census of Marine Life” nevű hatalmas programot. Többször meglátogattam Budapestet és én is jártam nála a Woods Hole Oceanográfiai Intézetben.

Stephen H. Schneider (1945–2010) volt a mi hattagú csapatunkban az, aki a legtöbb népszerű ismeretterjesztő könyvet írta, és akit a legtrikábban láttunk. Az volt a szerepe a klímaügy népszerű ismertetésében, mint amelyet Carl Sagan játszott a csillagászatban kapcsolatban. Tudományos szakíróként mindketten hatalmas teljesítményt nyújtottak.

Howard Margolis (1932–2009) volt közöttünk a társadalomtudós. Kockázatelemzéssel foglalkozott a chicagói egyetemen. A levelezéseink során főleg azt firtatta, hogy a környezeti problémák esetében miért ütközik makacsul és ismételtlen össze a szakértők általi probléma-megítélés az utca emberének véleményével.

Klaus Michael Meyer-Abich fizikus és filozófus, Friedrich von Weizsäcker munkatársa, 1979 és 1982 között az „Enquete-Kommission” tagjaként a nukleáris energiapolitika jövőjével foglalkozott, majd 1984 és 1987 között a tudományos kutatás szenátora volt Hamburgban. Az 1980. február 4. és 6. között tartott IIASA Task Force előadói ülésen Klaus is az egyik előadó volt, ráadásul volt közöttünk bizonyos nézetazonosság. Például ő is felhívta a figyelmet arra, hogy nemcsak klímavédelemmel kell foglalkoznunk, hanem a globális klímaváltozáshoz való alkalmazkodás követelményével is.

Donella Meadows (1941–2001) kémikus és biofizikus, az amerikai „Római Klub Társaság” tagja, az 1972-ben megjelent „A növekedés határai” című alapvető fontosságú könyv szerzője, a „Balaton Group” alapítója volt. Természetesen ő is részt vett az előbb említett előadó ülésünkön. Az ő ötlete volt a „klímafórum” létrehozása. Többek közt ez a kitűnő hölgy vetette fel elsőként a „fenntarthatóság” kérdését is. Fórumunk a laxenburgi intézetben létrehozott Task Force tevékenységének befejezése után egy ideig még működött.

– *Mi történt magán a világkonferencián, amelyre már Genfben került sor?*

– A Meteorológiai Világszervezet első Éghajlati Világkonferenciája 1979. február 12. és 23. között zajlott le Genfben. Ez a konferencia volt az első, mely áttekintő képet tudott adni az antropogén klímaváltozás kockázatáról. Ezért – a klímaváltozás tudományának nemzetközi története szempontjából – ez volt az egyik legfontosabb esemény. Az első héten 50 ország 350 képviselője volt jelen, a második héten 120 meghívott szakértő folytatta a munkát négy szekcióban. A téma szempontjából kedvező körülmény volt, hogy a Mauna Loa (Hawaii fősziget) csúcsán elhelyezett obszervatórium szén-dioxidméréseinek már több mint két évtizedes adatsora állt rendelkezésre. Ez a mérési sorozat bebizonyította, hogy a légkörbe kerülő természetes és antropogén eredetű szén-dioxid részben visszamarad.

– *Úgy tudom, hogy közvetlenül a WMO kongresszusa idején megítélte tudományos-diplomáciai posztot ajánlottak fel Önnek.*

– Ez így van. A WMO Nyolcadik Kongresszusa 1979 májusában ült össze Genfben. Ott született döntés az Éghajlati Világprogram létrehozásáról. Új főtítkárt is választottunk. A Kongresszus befejezése utáni fogadós forgatagában a megválasztott új főtítkár, Axel Wiin-Nielsen dán professzor felkért arra, hogy legyek a helyettese, és vállaljam el a világszervezet tudományos és technikai programjainak felügyeletét és irányítását. Szabadkozottam. Azt mondta, hogy egy órán belül adjak választ, mert megy a repülőgépre.

Sétálgattam az evő-ivó delegátusok között és fontolgattam a dolgot. Aztán pozitív választ adtam, mert az ajánlat számomra és az ország számára megítélhető volt. Viszont tisztában voltam azzal, hogy olyan feladatot készülök elvállalni, ami könnyen meghaladhatja a képességeimet és erőmet. De azzal nyugtattam meg magam, hogy az állás elfoglalására úgysem kapom meg a hazai hatóságok engedélyét. Csakhogy megkaptam.

– *Mikortól kezdve töltötte be ezt a WMO állást?*

– A WMO genfi titkárságán 1981. február 1-jén léptem munkába a WMO Tudományos és Technikai Programjainak Főigazgatójaként. Őt tudományos programigazgató fölött kellett felügyeletet gyakorolnom. Nehéz emberek voltak. Mind vezéregyenység. Az ilyenekkel nehéz boldogulni. Belépésemről számítva 11 éven át (1992 májusának végéig) voltam a WMO titkárság rangban harmadik főtisztviselője. Ez alatt az idő alatt két főtítkár (Axel Wiin Nielsen, és P. Obasi) nagyon eltérő vezetési stílusához kellett alkalmazkodnom.

Munkába lépésemkor Axel Wiin Nielsen dán professzor már több mint egy éves főtítkári működésre tekinthetett vissza. Már az első napokban éreztem, hogy egyetlen év alatt sikerült neki egy sor olyan hibát elkövetnie, hogy csak óriási csoda folytán remélhette, hogy a négyéves ciklus végén újraválasztják. Azok, akik „kívülről” (főleg Svájcból) súgtak neki, nem voltak eléggé tájékozottak a nemzetközi meteorológiai együttműködés kérdéseiben, és képtelenek voltak átlátni a „helyzet dinamikáját”, vagyis azt, hogy amiről a potenciális szavazók beszélnek, mikor esik egybe, s mikor nem, azzal, amit ténylegesen gondolnak.

Gyorsan meg kellett tanulnom, hogy miközben a nyilvánosság előtt az egyik dologról beszélünk, a kulisszák mögött valami más folyik. Például: mielőtt munkába léptem, mindenki azt hangsúlyozta, hogy az éghajlati világprogrammal kapcsolatos koordináció lesz a legfontosabb feladatom. Ez érthető volt, mert az éghajlatváltozás témája körüli helyzet kezdett egyre bonyolultabbá válni. Mint-hogy kezdettől részt vettem az éghajlati világprogram ügyeinek intézésében és volt rálátásom a részletekre is, felkészültnek éreztem magam erre a feladatra. Voltaképpen ez volt az, amihez igazán kedvem lett volna. Ezért rosszul érintett, hogy éppen ezzel a területtel kapcsolatban rögtön figyelmeztetést kaptam, hogy a klímaügy koordinációját, legmagasabb szinten és egy személyben, maga a főtítkár látja majd el.

Helyette nyakamba szakadt a WMO hosszú távú (10 évre szóló) terveinek a kidolgozása. Ez olyan új feladat volt, mely a munkába lépésemkor került először és kezdettől fogva engem bízott meg velem. A meteorológiai kutatócsoportok szervezésébe, illetve konkrétan a WMO említett öt nagy tudományos és technikai programjának a kidolgozásába e tervezési munkán keresztül tudtam hatékonyan bekapcsolódni.

Miközben ilyesmikkel voltam elfoglalva, elérkezett az 1983-évi kongresszus, melyen (mint előre várhattuk) az általam nagyra becsült Wiin Nielsen nem választották újra. Új főtítkár a nigériai G. O. Patrick Obasi lett, aki korábban az oktatási osztály igazgatója volt és ebben a minőségben előzőleg az én közvetlen beosztottam. Úgy látszik, nem volt bajunk egymással, mert rögtön a választás után hívott és azt mondta, hogy továbbra is számít rám. A munkakörömet kibővítette, mert ettől kezdve nekem kellett felügyeletet gyakorolnom a WMO Titkárság kétharmad része fölött. A korábbiak mellett az én feladatom lett a konferenciák, publikációk, nyelvi lektó-

rok, tolmácsok, fordítók és az informatikai rendszer felügyelete. Patrick Obasi még az akkor négy nyelven (angol, francia, spanyol, orosz) megjelenő WMO Bulletin főszerkesztőjévé is kinevezett.

Obasi azt is nyilvánvalóvá tette, hogy az éghajlati világprogram felügyeletét, elődjéhez hasonlóan, személyesen akarja kézben tartani. Azonban ebben a kérdésben rögtön érzékelttem egy lényeges különbséget. Ő nemcsak azért foglalkozott személyesen az éghajlatváltozás körüli ügyekkel, mert az amerikaiak ezt elvárták tőle, hanem azért is, mert megértette, hogy az ő számára ez a téma hatalmas személyes presztízszt és kifizetési lehetőséget kínál, és ezt nem engedte kicsúszni a kezéből.

Mindemellett Obasi engem sem zárt ki teljesen a klímaügyből. A klimatológiai szolgáltatások fejlesztése kapcsán beutaztam a nagyvilágot. Sokféle új tudományos projekteket indítottam, projekteket ellenőriztem, konferenciákat és workshopokat szerveztem, és nem utolsósorban részt vettem a „második WMO Éghajlati Világkonferencia” előkészítésében és lebonyolításában.

– *Összesen hány WMO Éghajlati Világkonferenciát rendeztek?*

– Hármat. A Meteorológiai Világszervezet (első) Éghajlati Világkonferenciája, amelyet 1979-ben tartottunk, még szakértői konferenciának volt tekinthető. Az ENSZ keretein belül ez a konferencia volt az első, mely felhívta a közfigyelmet a klímaváltozás potenciális következményeire. Ahogy erről már volt is szó, ugyancsak ez a konferencia javasolta az Éghajlati Világprogram létrehozását, aminek nyomán a WMO Kongresszusa még ugyanabban az évben, tehát 1979-ben létre is hozta az Éghajlati Világprogramot.

A Második Éghajlati Világkonferenciát a WMO már döntő súllyal politikai szinten rendezte meg 1990-ben. Ott a résztvevők között már bőven akadtak miniszterek és államfők. Margaret Thatcher nagy beszédet mondott, ami felért egy magas szintű angol nyelvelkével. A konferenciaközpont bejáratához tüntetők láncolták le magukat, és feleresztettek egy hatalmas kötött léggömböt „Climate Criminals” (Klíma bűnözők) felirattal.

A Második Éghajlati Világkonferencián vitatták meg az első IPCC-jelentést (Intergovernmental Panel on Climate Change) és ott kezdték meg az ENSZ „Framework Convention on Climate Change” (UNFCCC) megtárgyalását. Ennek a konferenciának a szervezésében még részt vettem.

Végül a Harmadik Éghajlati Világkonferencia 2009-ben került megrendezésre, vagyis a WMO betartotta a 10 évenkénti ritmust. Itt már 13 államfő és 80-nál több miniszter volt jelen. Ezen



**A Fuji tetején működő meteorológiai obszervatórium vezetőjével, Fujiwhara úrral (Oszaka, 1964)**

már nem vettem részt, ugyanis 1992 májusában nyugdíjba mentem. Így tehát már csak távolból örülhettem annak, hogy végül megegyezés született egy átfogó nemzetközi keret létrehozására, a klímatudomány közhasznú felhasználásának megkönnyítése céljából.

– *Az 1990-ben tartott Második Éghajlati Világkonferencia kapcsán említette, hogy ott már terítéken volt az első IPCC-jelentés.*

– Igen. A baj az volt, hogy az első IPCC-jelentést kapkodva hozták össze, ami hozzájárult ahhoz, hogy az IPCC munkáját sok kritika érte. De az is igaz, hogy sokan magát az alapötletet is vitatták, azt mondták, hogy az IPCC egy olyan hibrid-szülemény, amilyennek nem volna szabad léteznie, mert a politika és tudomány az tűz és víz.

Végül is lassan kialakult bizonyos egyetértés arról, hogy az IPCC egy kapcsolattartó intézmény, mely a klímakutatás és klímamegfigyelés szerveit összehozza a politikai egyeztető szervekkel. A magam részéről azt gondolom, hogy az IPCC fontos kísérlet volt egy olyan

mechanizmus létrehozására, melyre a világnak biztosan szüksége van, és a jövőben pláne szüksége lehet. Most legalább látunk egy példát, hogy hogyan lehet szigorú szabályok betartásával megvitatni és megállapodásra előkészíteni, lehetőleg politikai voluntarizmus nélkül, egy-egy bonyolult probléma esetleges megoldását.

John Zillman, az ausztrál Meteorológiai Szolgálat vezetője, akivel sok éven át dolgoztam együtt a WMO hosszú távú terveinek letárgyalásai és kidolgozása során, majd aki később a Meteorológiai Világszervezet elnöki posztját töltötte be, tett egy érdekes megjegyzést, amit idézni szeretnék. Azt mondta, hogy az IPCC legnagyobb haszna talán abban van, hogy lehetővé teszi a tudomány és politika közötti dialógust az egyes tagországokon belül! Ugyanis, amikor egy-egy nemzetközi értekezletre együtt elmennek ezek az emberek, akik otthon sohasem beszélnek egymással, legalább akkor (elkerülhetetlenül) kénytelenek szóba elegyedni, és talán elkezdik megérteni egymást. Megjegyzem, hogy ebben az utóbbi észrevételben éles megfigyelőképesség, óriási bölcsesség és tapasztalat rejlett.

– *Az utóbbi évtizedekben sorra jelennek meg hosszabb-rövidebb ismeretterjesztő munkái. Ezeket olvasgatva úgy tűnik, hogy Ön pesszimista. Mégis, mit gondol: ki fogja „megoldani” a problémát?*

– Pesszimista vagy inkább szkeptikus volnék? Nem tudom. A „Riói Föld Csúcs” (1992) előkészületei során olyan tapasztalatokat szereztem, melyek alapján ráébredtem, hogy ez már nem az én világom. Morris Strong úr, a Föld Csúcs elnöke, meghirdette a környezeti háborút, milliárdos lett, és Kínában telepedett le. A tudomány ügyéhez mindazonáltal hű maradtam. Louis Aragon azt mondta, hogy a becület ott kezdődik, hogyha a hűséget hit nélkül is megőrzi az ember.

Amikor 1992 májusában a WMO-ban betöltött állásomból nyugdíjba mentem és hazajöttem, számos jelét láttam annak, hogy a hazai tudományos közönség jelentős része érti a klímaváltozás témájának fontosságát. A téma révén a soproni egyetemmel kerültem közelebbi kapcsolatba, valamint nagy szimpátiával kísértem figyelemmel Láng István akadémikus kezdeményezését, melynek keretei között éveken át eredményesen



működött a VAHAVA (változás – hatás – alkalmazkodás) projekt. Ez a projekt pontosan azt célozta meg, amit kezdettől fogva a legfontosabbnak tartottam: azt, hogy fel kell készülni az elkerülhetetlen változásokra, fel kell mérni a hatásokat, és behatóan tanulmányozni kell a legmegfelelőbb tudományos/politikai/társadalmi/technikai válaszok lehetőségeit.

2005 májusában Láng Istvánnal közösen látogatást tettünk a Meteorológiai Világszervezet 2003-ban megválasztott új főtitkáránál, Michael Jarraud úrnál. Végigjártuk a WMO Titkárság tudományos és technikai főosztályait. Mindenhol alapos tájékoztatást kaptunk a folyamatban lévő változásokról, új programokról és tervekről. A klimatológiai szolgáltatások fejlesztésével kapcsolatos tudományos és technikai fejlődés észrevehetően felgyorsult.

Ez a látogatás nagyon jól sikerült. Teljes volt a nézetazonosság köztünk és a beszélgetőpartnereink között abban is, hogy az elkerülhetetlen klímaváltozásokra való felkészülés kiemelt figyelmet érdemel, legalább annyira, mint az emisszió csökkentésre irányuló közös nemzetközi törekvés.

Mivel fejezhetném be? A fejlődés ebben az irányban halad tovább, habár lassan. Egy francia és svájci felmérés szerint, a lakosság 80%-a úgy véli, hogy a klímakérdés életbevágó. Ez akár igaz is lehet. A klímászkeptikusok aránya csökken.

Egy dologban van hiányérzetem. Abban, hogy a jelek szerint kevesen akarják felfogni, hogy a klímaügynek van egy elhanyagolt témaköre: az élővilág érintettség és szerepe. Nem volna szabad mellékesen kezelni azt, hogy a Föld felszínének durván 30%-a szárazföld (összesen 150 millió km<sup>2</sup>), amiből nagyjából ¼ rész erdő, 1/8 rész mezőgazdasági és lakott terület, ¼ rész sivatag, a többi meg főleg tundra, és van ezen kívül mocsár, láp, tó, folyó. Amiből az következik, hogy alaposan kellene foglalkozni azzal, hogy milyen szerepet játszik a változatos szárazföldi felszín élővilága a klímaváltozásban, akár mint résztvevője, akár mint elszenvetője a változásoknak.

Abban nincs kétség, hogy a klímaügy, ahogy Guy Turchany professzor barátom mondja: egy hiper-komplex stratégiai kérdés, mely mindenki számára mást jelenthet. Más okból érdekelt benne a tudományos kutató, a mezőgazda, az erdész, a vízmérnök, az energetikus, az építész, az orvos, az idegenforgalmi szakember, a horgász és a politikus. Ha egyetérteni nem is, de – morogva – együttműködni egyszer majd képesek leszünk. Ennyiben optimista vagyok.

Az interjút készítette: JANKÓ FERENC

ESTÓK PÉTER – BOLDOGH SÁNDOR ANDRÁS

# Denevérek átalakuló szálláshelyei

**A** laikus ember szemében a barlangok jelentik a természetes denevérszállásokat. Sokan ma is úgy gondolják, hogy nincsen barlang denevér nélkül, és denevér sincs barlang nélkül. Ez persze a nagyobb hazai barlangok esetében részben fedi is – pontosabban szólva néhány évtizede még fedte – a valóságot, ugyanis a kiegyenlített hőmérsékletű és páratartalmú barlangoknak kitüntetett szerepe volt és van a denevérek életében. A barlangok nemcsak nyári szállások és telelőhelyek, hanem az őszi nász idején párzóhelyek is. Bár a barlangokhoz történő ragaszkodás fajonként eltérő, a hazánkból eddig leírt 28 denevérfaj többsége legalább időnként megfordul barlangokban, vagyis hemitroglofil fajnak tekinthető.

## Földalatti szálláshelyek

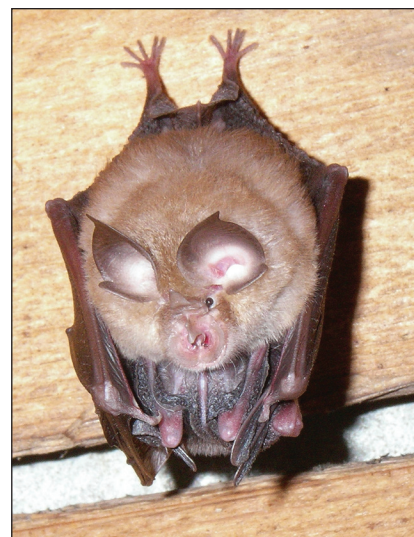
A barlanglátogató denevéreket különböző csoportba lehet osztani aszerint, hogy melyik részét használják a barlangoknak. Vannak, melyek szaporodásuk és telelésük során rendszeresen behatolnak a barlang mélyebb részeibe, ezek a hemiantrofil<sup>1</sup> fajok, míg mások alapvetően csak a bejárati szakaszokban fordulnak meg, ők hemichasmofilok<sup>2</sup>. Az első csoportba tartozik a szinte kizárólagosan föld alatti szálláshelyeken élő hosszúszárnú denevér, míg a másik csoportba többek között a *közönséges kései denevért* vagy a *közönséges törpedenevért* sorolhatjuk. A denevéreknek sajátos párzási módja van, ősszel az akár több tíz vagy száz kilométeres távolságból is összegyűlő állatok a nagyobb barlangok (úgynevezett nászbarlangok) szájadékat, bejárati szakaszait keresik fel. Ebben az időszakban azok a denevérfajok is kötődnek a barlangokhoz, melyek más időszakban alig vagy egyáltalán nem (pl. tavi denevér, nagyfülű denevér), így ezeket időszakos troglófileknek, pontosabban mondva temporális hemichasmofilnek tekintjük.

A régi feljegyzések szerint több hazai barlangban hatalmas denevértömegek éltek. Vass Imre például *Az agteleki barlang*

1 antron: a barlang belső része, ahol a külvilág hatása már nem mutatható ki

2 chasma: bejárati szakasz, ahol a külvilág hatása (pl. fény) még kimutatható

*leírása* című, 1831-ben kiadott munkájában részletesen beszámol a Denevér-ágban tanyázó denevérekről: „... de most a mézszivárgásoknál és a 'kőoldalak' rendetlen formájánál egyebet semmit sem látni, mint a' legvégső és tágas üregben azon számtalan denevéreket, mellyek télen által főképp tavasz nyitáival olly vastagságu csomóban egy másba kapaszkodva, a' boltozatról függeni tapasztaltat-



**A kis patkósdenevér leginkább meleg padlásokon hozza világra kicsinyét**  
(Boldogh Sándor felvétele)

nak, hogy az néha egy ölnyi vastagságu méhrajhoz hasonlik. Egy lövés itt szörnyű zavart okoz. A' denevérek szétoszolván, az egész oduban szanaszét repkednek, a' fáklyáknak repülvén, azok' világát is eloltják, és azért futva megyen kiki innen vissza a' nagy templomba, különben is a' rakásra halmozott ezen állatok tisztatlansága miatt ott a' levegő szenvedhetetlen büdös.”. Nem egy helyen, leginkább az 1870-es években, az évszázadok alatt felhalmozódott több méter vastag denevérguanót hazánkból is iparszerűen termelhették ki. Ebben az időszakban alakult például a Lábatlani Guanó Társaság, mely a Pisznice-barlang kitermelésével foglalkozott, és a Baradlából is ekkor hordták ki az értékes anyagot az edelényi cukorgyár részére.

Napjainkban barlangi szaporodó állományokat már nagyon keveset találunk hazánkban, aminek főbb oka a megfelelő, zavartalan szálláshelyek számának drasztikus csökkenése. A legfontosabb hajdani szállások többségét turisztikai hasznosításba vonták, a bejárásokat lezárták, átalakították, illetve jelentős részüket legalább részben kivilágíthatóvá tették. A denevérek nagyon érzékenyek az ilyen jellegű zavarásra, így nagyon sok barlangból teljesen kiszorultak. A korábbi népes állományokra ma már csak régi feljegyzések, illetve az itt-ott még fellelhető nyomok (guanóhalmok, „denevértemetők”, kalcium-hidroxil-apatitfoltok) utalnak.

A közvetlen emberi zavaráson kívül van azonban egy másik, közvetett antropogén hatás is, mely néhány barlangi faj esetében érdekes módon összekapcsolódik a barlangok elnéptelenedésével. Ez pedig az, hogy megjelentek azok a nagy sötét belső terekkel (padlásokkal) rendelkező épületek, melyek klimatikusan sokkal jobb feltételeket biztosítanak az alapvetően melegigényes denevéreknek, mint a barlangok. A szálláshelyváltási folyamat a szemünk előtt játszódik le, napjainkban már olyan barlangi fajok megtelepedését is észleljük épületekben, mint a *kereknyergű patkósdenevér*, melyről korábban azt gondoltuk, hogy kizárólagosan barlanglakó. Egy fajt azonban, a *hosszúszárnyú denevér* most is rendkívüli módon ragaszkodik a földalatti szálláshelyekhez. Nagyon igényli a magas bejárásokat, a nyílások denevérrácsos lezárását – mely más barlanglakó fajok esetében sikerrel alkalmazható – nem viseli el, ezért nagyon nehéz a faj állományainak és szálláshelyeinek hatékony védelme.

Van viszont a barlangoknak nyáron már hátat fordító denevérek életében egy időszak, amikor a föld alatti üregek elérhetősége még ma is létfeltétel a túlélés szempontjából. Ez a teletés, melyet a denevérek teljes nyugalomban kell, hogy eltöltsenek egy hűvös, ugyanakkor fagymentes és magas páratartalmú helyen. Ilyen adottságokat nagyobb számban csak a barlangok képesek nyújtani, ezért a megfelelő barlangvédelem (pl. bejárhatóság biztosítása, zavartalanság) kulcskérdés a földalatti szálláshelyekhez kötődő fajok megőrzésében.

### Épületek

A fiatalok fejlődése és túlélése szempontjából különösen nagy jelentősége van a szaporodási időszak hőmérsékleti adott-

ságainak. Tapasztalataink azt mutatják, hogy a közép-európai épületlakó kolóniák a gyorsan felmelegedő lemeztetős épületeket előnyben részesítik a pala-, cserépvagy zsindeletetős szálláshelyekkel szemben. Az erős besugárzású napokon azonban igen kedvezőtlen mikroklimatikus viszonyok alakulhatnak itt ki (45–47 °C), a hőmérséklet messze meghaladja a mér-



**Közönséges késeidenevérek egy padláson**  
(Estók Péter felvételei)

sékeltségi denevérek 40 °C körüli hőtolerancia-határát. A denevérek persze aktívan védekezni próbálnak a túlmelegedés ellen, a magas hőmérsékletű helyekről a hűvösebbek felé húzódnak a szálláshelyen belül. A túlmelegedést azonban csak akkor tudják elkerülni, ha fejlettségük miatt fizikailag képesek az elhúzóásra, illetve találnak hűvösebb részt a szálláshelyen belül. A denevérkölykök a születést követő időszakban képtelenek a megfelelő szintű termoregulációra, kezdetben gyakorlatilag poikilotermiásak, ezért a hirtelen túlmelegedő szálláshelyeken a fiatal állatok nagy eséllyel elpusztulnak. Súlyosbíthatja a helyzetet, hogy a nőstények összehangolják ellésüket a kolónián belül, a kölykök így nagyjából egyidősek, ami viszont azt eredményezi, hogy a legérzékenyebb időszakban kialakuló hőhullám akár a teljes adott évi szaporulatot megsemmisítheti.

A hazai tapasztalatok szerint a legintenzívebben a *közönséges kései denevér*, a *közönséges törpedenevér* képes a túlmele-

gedett helyekről elhúzódni. A *patkósdenevérek*, a „nagy *Myotis*”-ok és a *csonkafülű denevér* sokkal kisebb mértékben képesek eltávolodni az ilyen helyekről, ami arra utal, hogy az eredetileg barlanglakó fajoknak sokkal kevesebb az evolúciós stratégiájuk arra, hogy a szálláshelyek túlmelegedése ellen védekezni tudjanak.

Az első, egyértelműen a túlmelegedés okozta denevérpusztulást 2007-ben tapasztaltuk Magyarországon. Ez az év hőmérsékleti adottságait tekintve példa nélküli volt a korábbiakhoz képest, ekkor mértek először Magyarországon 30 °C feletti átlaghőmérsékletű napokat, illetve a detektált 41,9 °C egyben abszolút hőmérsékleti rekord is volt. Az elli időszak hőmérséklete kb. 2,5 °C-kal magasabb volt az átlagnál. Mivel a meteorológiai adatok elemzése alapján a hőhullámok számának és tartamának növekedése várható, a lemeztetős szállásépületek egyre gyakrabban túlmelegedhetnek, így a bennük szállásfoglaló denevérközösségek egyre veszélyeztetettebbé válnak. Egyes szállásépületek ökológiai csapdaként működhetnek, ahol az egyébként kedvező adottságok hirtelen leromlása hatalmas mennyiségű denevér pusztulását okozhatják.

A jelenség elleni védekezés kifejezetten nehéz, mivel alapvetően kedvező a lemeztetős épületek jobb hőelnyelése, így gyorsabb és nagyobb mértékű felmelegedése. Más tetőhéjazat kiépítésével éppen ezt a kedvező tulajdonságot veszítünk el. Ennek megfelelően csak azok a technikai megoldások a jók, amelyek a választás

lehetőségének megteremtését eredményezik a szálláshelyen belül, illetve csak a legkedvezőtlenebb időszakban lépnek működésbe. Így megoldást jelenthet lassabban felmelegedő padlásrészek kialakítása, a tetőborítástól távolabb lévő kapaszkodóhelyek beépítése, esetleg eltérő tónusú színek használata a tető egyes részein. Technikailag komolyabb előkészítést kíván pl. hőmérséklet-vezérelt szellőztető rendszer kialakítása, ami egy hőfokszabályzóra kötve a kritikus hőmérséklet elérésekor átszellőzteti a padlásteret.

Az épületekbe költözött denevérállományoknak sajnos egyéb újkeletű kihívásokkal, például a szállásépületeik kivilágításával is szembe kell nézniük. Ma már a legkisebb településen is alig találunk olyan kastélyt és templomtornyot, melyet dekorációs céllal ne világitanak meg legalább az éjszaka egy részében. Közismert, hogy a lámpák fénye óriási tömegben gyűjti össze az éjjeli rovarokat, melyek rövid időn



belül odavonzzák a rájuk vadászó denevéreket is. A mesterséges megvilágításnak azonban nemcsak a vadászati stratégiára, hanem – jelentős részben éppen hazai kutatási eredmények alapján –, a kirepülési aktivitásra, illetve ezen keresztül az egyedfejlődésre is komoly hatása van.

A világítással nem zavart szálláshelyekről általában rövidebb alkonyat után az összes denevér eltávozik, a megvilágított helyekről azonban többségük késve repül ki, és akár az is előfordulhat, hogy egészen a reflektorok lekapcsolásáig a szálláshelyükön maradnak az állatok. (Persze az erős reflektorokkal történő megvilágítás zavaró hatása esetenként elviselhetetlen lehet a denevérek számára, megtörtént, hogy a szülőkolónia rövid időn belül elköltözött szálláshelyéről a padlástérbe közvetlenül bevillagító reflektorok telepítését követően.) Mivel alkonykor különösen nagy a rovarok egyedsűrűsége, ezért az időben kirepülő denevérek jól kihasználhatják a rovarfogásra legalkalmasabb időszakot. A mesterséges megvilágítás azonban késlelteti a denevérek kirepülési idejét, ami nem csupán a táplálkozási idő jelentős lerövidülésével, de a legkedvezőbb vadászati időszak elvesztésével is jár.

Jelentősen nehezítette a megvilágítás következményeinek feltárását és értékelését az, hogy csak az éjszaka egy részét érintő, nem túl intenzív megvilágítási gyakorlatnál a denevérek kitaranak megszokott szálláshelyeik mellett, vagyis egyedszámváltozásuk alapján nem lehet következtetni a megvilágítás zavaró hatására. Az eltérő adottságú helyeken született állatok testméreteinek összehasonlítása azonban azt mutatta, hogy a fiatal, néhány hetes denevérek alkarjának hossza lényegesen kisebb a megvilágítással terhelt épületekben, mint a nem megvilágítottakban. Ezt a különbséget a kétféle élőhelyen élő fiatalok között az önállóvá válást követően azonban már nem lehetett kimutatni, nem úgy, mint a testtömegben tapasztalt különbséget, mely még nyár végén is számottevő maradt a megvilágított, illetve a kontroll épületek fiataljai között.

Az alkarok hosszában tapasztalt különbség azt mutatja, hogy az ellési időszak később kezdődik és/vagy a fejlődés sebessége alacsonyabb a kivilágított épületekben (eddiggi tapasztalatok mindkét következményt valószínűsítik). Mivel ősze az alkarok hosszában már nincs lényegi különbség a különböző adottságú szálláshelyeken élő állatok között, ez arra utal, hogy hátrányukat a zavart helyen születő denevérek kompenzálni tudják. A testsúly változása azonban sokkal jobban jelzi a környezetminőséget – esetünkben a megvilágított épületekben élő szoptató nőtények rosszabb

táplálkozási feltételeit –, mint a csőves csontok növekedése. A testtömegben tapasztalt különbség egyértelműen arra utal, hogy a fiatalok ősze sem képesek



**Kereknyergű patkósdenevér**

hátrányukat kompenzálni, így lényegesen kisebb eséllyel kezdik meg a teletést, mint a nem kivilágított épületekben felnőtt társaik.

Eredményeink alapján a világítás okozta káros hatások mérséklésére tett természetvédelmi intézkedések irányába egyértelmű: szaporodási időszakban a



**Különlegesen szép színezetű fajunk a fehér-torkú denevér**

szálláshelyek kivilágítását teljesen meg kell akadályozni! A kivilágítási idő lerövidítése csak minimálisan csökkenti a negatív hatásokat, így ez nem megfelelő védekezési eljárás.

### Denevérek és erdők

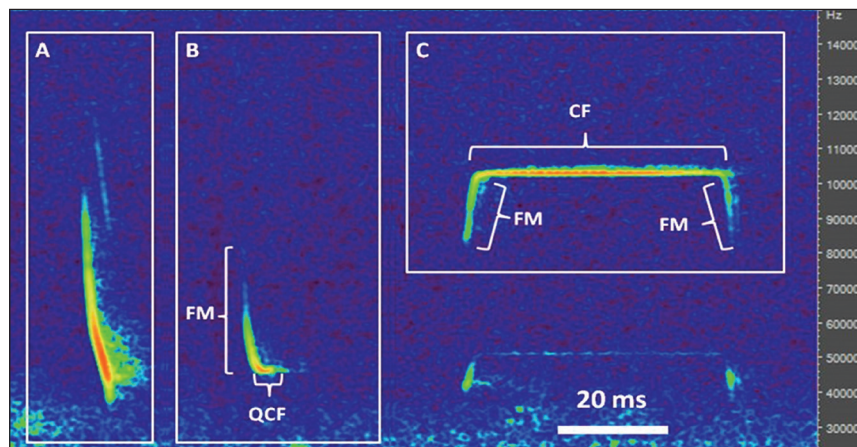
Erdőlakó denevérfajaink nyáron faodvakban, a törzsről leváló fakéreglemezek alatt bújnak meg, az általában szülőkolóniákat képező nőtények itt hozzák világra utódaikat. Az erdőlakó fajok búvóhelyhaszná-

lata nagyon sajátosság. Az énekesmadarakkal ellentétben – melyek egy faodvat használnak utódaik felnevelése során – az odúlakó denevérek nagyon gyakran, akár naponta búvóhelyet váltanak. A nőtények természetesen magukkal cipelik kicsinyüket is új tanyahelyükre. A szállások folyamatos cserélgetésének legfontosabb célja a paraziták és a predátorok elkerülése. Ahhoz, hogy egy szülőkolónia hosszú távon fenn tudjon maradni egy adott erdőrészen, alkalmas odvak hálózatának kell a denevérek rendelkezésére állnia. Több erdőlakó denevérfaj számára a faodvak nemcsak nyáron fontos szálláshelyek, hanem télen is, az arra alkalmas odvakban képesek hibernálni. A megfelelő számú odú, a dinamikus búvóhelyhasználat lehetősége éppen ezért kulcskérdés az erdőlakó denevérek megőrzése szempontjából. A fiatal, korhomogén erdőkben nincsenek ilyen adottságok, ezért csak a természetes erdőszerkezetet megközelítő, az adott termőhelyre jellemző, őshonos fajokból álló vegyes korösszetételű erdők fenntartása, a folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodási módszerek alkalmazása megfelelő. Emellett fontos, hogy egyes erdők esetében – rezervátum jelleggel – teljes érintetlenséget biztosítsunk.

Az erdőlakó fajok között igazi búvóhely-specialistának számít a fokozottan védett *nyugati piszcedenevér*, mely elsősorban álló holtfák elváló fakéreglemezei alatt bújnak meg. E faj számára alapvető, hogy az erdőben elegendő mennyiségű álló holtfa legyen.

Az erdők kiemelkedően fontos táplálkozóhelyet jelentenek más búvóhelyigényű (barlang- és épületlakó) fajok számára is, tehát csaknem minden hazai denevérfajunk kötődik a fás élőhelyekhez. Táplálkozásuk során a különböző fajok eltérő stratégiákat használnak, vannak, amelyek nagy magasságban vadásznak repülő rovarokra, mások az erdő belsejében, a lombkoronaszint alatt, a falevelekről, faágakról, esetenként a talajról felszedegetve fogyasztják a különböző ízeltlábúakat. Ez utóbbi, ún. gyűjtögető stratégiával élők számára nagyon fontos a természetes erdőstruktúra, hiszen echológiai rendszerük az evolúció során ehhez az összetett környezethez alkalmazkodott. A természetes komplexitást nélkülöző, fiatal, kor- és fajhomogén erdőkben sokszor egyszerűen a térszerkezet miatt képtelenek hatékonyan repülni és táplálkozni.

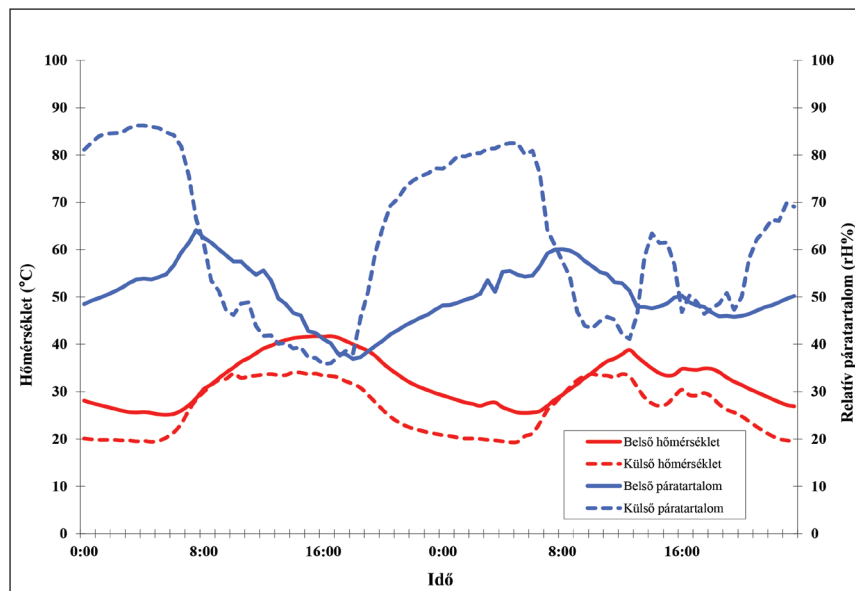
Az erdőlakó denevérek kutatása nagy kihívást jelent a chiropterológusok számára, hiszen a viszonylag jól felderíthető barlangi vagy épületlakó kolóni-



Különböző típusú denevérhangok szonogramjai (A: frekvenciamodulált /FM/, B: FM-kvázi konstans, C: FM-konstans-FM impulzusok)

ákhoz képest ezeknek a fajoknak térben és időben is jóval szétszórtabban található meg a közösségei. Az utóbbi évtizedekben hazánkban is előtérbe kerültek az akusztikai módszerek és a rádiós nyomkövetés, melyek komoly segítséget jelentenek. A denevérek tájékozódásukhoz echolokációt használnak, vagyis az

ennyiségű adatot gyűjteni, melyek aztán nem csupán egy adott terület denevérfaunájának feltárásában, de az ott tapasztalható denevért aktivitás megállapításában is jól használhatók. Korlátot jelent azonban, hogy több faj esetében egyelőre nem lehetséges a hang alapján történő határozás.



Az épületekben általában sokkal kedvezőbb klimatikus adottságokat találnak a denevérek

általuk kiadott magas frekvenciájú hangok visszhangjait fogják fel. A visszaverődés elemzésével alkot képet agyuk környezetükről. A denevérek hangjait speciális detektorok segítségével rögzíteni lehet, melyek aztán számítógépes programokkal meg is jeleníthetők. Az egyes fajok, fajcsoportok jellegzetes hangimpulzusokat bocsátanak ki, ami sok esetben lehetővé teszi a hang alapján történő határozást is. A módszerrel az állatok zavarása nélkül lehet nagy-

A rádiós nyomkövetés során éjjel, a táplálkozóterületen befogott denevérekre kis rádióadót helyeznek, melyek segítségével napközben lokalizálhatóak a denevérek pihenőhelyei, míg éjszaka folytatott mérésekkel az egyedek mozgáskörzete, területhasználata állapítható meg. Az így szerzett információk alapvető fontosságúak az egyes fajokkal kapcsolatos természetvédelmi kezelések tervezésében, az erdőhasználat szabályozásában. A miniatűr adók, melyek

nem haladják meg a jelölt állatok testtömegének 3–5%-át, kb. egy hét után maguktól leesnek.

Az erdőlakó denevérek megtelepedése mesterséges módszerekkel, műodvak kihelyezésével is segíthető. Ezek a műodvak azonban csak átmeneti megoldást nyújthatnak az erdőlakó denevérfajok számára, hiszen mikroklímájuk általában kedvezőtlenebb, mint a természetes odvaké, és megfelelő számban történő telepítésük, majd rendszeres karbantartásuk nagyon jelentős erőforrásokat igényel.

Érdekes szálláshelyváltásokat persze a fákhöz kötődő denevérek esetében is tapasztalni. Az utóbbi évtizedekben jelentős egyedszámban költözött be panelépületek réseibe a *rőt koraidenevér*, mely alapvetően odúlakó denevérfaj. A panelépületek rései vonzó szálláshelyeket jelentenek ennek a fajnak, néha – a lakók nem éppen nagy örömeire – akár százas példányszámban is betelepülhetnek. A panelszigetelési programok során ezeket a réseket megszüntetik, amivel tömeges denevértusztulást okozhatnak, ha nem megfelelő körültekintéssel végzik a munkát. Ezért csak hatósági engedéllyel, hozzáértő szakemberek felügyelete mellett, megfelelő időszakban és módszerrel végezhető el a denevérek által lakott épületek szigetelése. ☺

## Köszönetnyilvánítás

A kutatások és a gyakorlati védelmi munkák a Svájci Hozzájárulási Program keretében végrehajtott „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a magyar Kárpátokban (SH/4/13)” című projektben történtek.

## Irodalom

- Boldogh, S., Dobrosi, D. & Samu, P. 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica* 9: 527–534.
- Estók, P., Gombkötő, P. & Cserkés, T. 2007. Roosting behaviour of Greater Noctule *Nyctalus lasiopterus* Schreber, 1780 (Chiroptera, Vespertilionidae) in Hungary as revealed by radio-tracking. *Mammalia* 71 (1-2): 86–88.
- Jones G., Jacobs D., Kunz T. H., Wilig M. R., & Racey, P. A. 2009. “Carpe Noctem: the importance of bats as bioindicators.” *Endangered Species Research*, vol. 8: 3–115.
- Sherwin, H.A., Montgomery, W.I. & Lundy, M.G. 2013. The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43 (3): 171–182.



TOMPA KÁLMÁN

# Molekuláris mozgások fehérjékben

Első rész

Történelem jelenidőben

*Élettudománnyal és fizikai anyagtudománnyal foglalkozó kutatók egyik hazai találkozására a Mágneses Rezonancián alapuló képalkotás (MRI) hajnalán és légkörében több mint harminc évvel ezelőtt került sor, és kísérleti munka kezdődött a MTA Központi Fizikai Kutató Intézetének (KFKI) Nukleáris Mágneses Rezonancia (NMR) Laboratóriumában. Az akkor kezdett és később nemzetközileg is eredményesnek ítélt munka két területe ma is létezik; ezek a humán és állati szemlencséken végzett vizsgálatok, valamint növekvő súllyal líofilizált fehérjék és fehérje vizes oldatok molekuláris szintű kísérleti kutatása. A látszólag különálló területek között ma már közös stratégiai kutatási célkitűzés fogalmazható meg: pontosan definiált, közvetlenül mérhető fizikai mennyiségek bevezetése és használata fehérjék dinamikai tulajdonságainak molekuláris szintű megismerésében. Három, a dolgok jelenlegi állását is bemutató angol nyelvű publikáció [1] [2] [3] ad időrendi betekintést a történetre, és az ott, valamint az azokban hivatkozott cikkek szerzőit tekinthetjük a hazai történet tényleges szereplőinek.*

*Jelenlegi és a folytatásként majd következő írásunk felépítésében nem követünk fordított logikát: azaz nem a végső ismeretek birtokában fogalmaztuk meg kezdeti célkitűzéseinket. Ehelyett itt is végigjárjuk azt az utat, amit munkánk során ténylegesen követtünk. Tesszük ezt azzal a céllal, hogy a most indulók és az utamunk jövőké lássák: nem egy modell által vezérelt, vagy az utólag már világosan megfogalmazható cél volt a meghatározó munkánkban. Az úton, amit követtünk, pontosan definiált, közvetlenül mérhető fizikai jellemzők bevezetésének a szándéka, valamint segítségükkel a megfigyelt jelenségek mélyebb megértésének az igénye vezetett. Reméljük, hogy a bemutatott eredmények segítenek majd eligazodni és továbbmenni a még előttünk álló, végül néhány lépésben vázolt, akár kutatási programnak is tekinthető gyalogúton.*

## Szubjektív bevezetés: tények, analógiák, kétségek

A szóban forgó hazai munka úgy kezdődött, hogy egy gyakorló klinikus orvos, akít a műtéti megoldásokon túl érdekeltek a mélyebb összefüggések is, egy több mint tízéves kísérleti anyagtudományi tapasztalatú fizikus, egy kutatói adottságú technikus és egy akkor világszínvonalú BRUKER NMR spektrométer találkoztak a KFKI NMR laboratóriumában. Az orvosi cél, miszerint szeretnék mélyebben megismerni a szürkehályog kialakulásának természetudományos hátterét, nem tűnt irreálisnak. A szemlencse az élő anyag olyan képviselőjének látszott, ami szilárdnak tűnt és egészséges állapotában átlátszó volt, hasonlóan a hagyományos üvegekhez és polimerekhez. Egyébként fogalmunk sem volt arról, hogy fehérjék tömény vizes oldatainak vizsgálatát kezdtük el. *(Az eredmények a Természet Világa 2010 októberi számában „A szemlencse természetudományos szemmel” című cikkünkben nyomon követhetők.)*

Azután a történet jó pár évvel később úgy folytatódott, hogy a MTA Enzimológiai Intézetének molekuláris szinten gondolkodó biokémikusa egy családi összefüggésről beszélt, hogy nem minden fehérjemolekula viselkedik úgy, ahogy azt a tudományművelés akkori szintjén nagyon sokan elvárják. A

kérdéskör vizsgálata izgalmasnak tűnt, és bizonyos tapasztalattal a tarsolyunkban, új területen alkalmazhattuk a szemlencséken kipróbált NMR-módszerek lényegét, és folytathattuk az ott választott utat a globuláris („rendezett”) és a szokatlanul viselkedő („rendezetlen”) molekulák vizsgálata területén *(az elnevezésekre, és azok sokszínűségére majd visszatérünk)*. A dajkafehérjék családjába tartozó molekulák vizes oldatai voltak az első tanulmányozott mintáink [4]. A magunk elé állított kutatási cél magától értetődő volt: Vizsgáljuk meg a kapott „anyagmintákat” a kérdéses területen addig még nem alkalmazott fizikai módszerekkel. Nem volt határozott elképzelésünk a várható eredményeket illetően sem. Elindulásunk a „rendezetlen” fehérjékkel kapcsolatban rendezett első nemzetközi „workshopon” (2007, Budapest EMBO/Spine2, Workshop on IUP’s) új útnak minősült.

A bevezető alapján úgy tűnhet a tisztelt olvasónak, hogy a témaválasztás véletleneként múlt, pedig szerintünk nem volt az; az érintettek motiváltsága és az objektív lehetőségek találkozási nyitott ajtót a hosszú távú együttműködésre a két tudományterület kutatói között.

*Csupán emlékeztetőül: az informatika hardver hátterének, a modern (multidiszciplináris) anyagtudománynak a megszületésére hivatkozunk, ami úgy kezdődött*

*– egyáltalán nem tudatosan megfogalmazott projektcéllal –, hogy különböző tudományterületekkel foglalkozó kutatók együtt kezdtek dolgozni a Bell Laboratóriumában. Kezdetben nem is értették egymás „nyelvét”, mégis megszületett a félvezető tranzisztor, és tőlük függetlenül Japánban pedig a félvezető dióda, és lám, lám mivé: integrált áramkörökké növekedtek ezek a „neveléses kisegerek”.*

A kis kitérő után visszatérve a fehérjék vidékére (végül is ez az a terület, ami számunkra most a legfontosabb) megemlítjük, hogy több mint 80 ezer fehérjemolekula adatait tartalmazza a PDB (Protein Data Bank) [5]. Az ott tárolt információban jelentős hányadot képez a röntgenszórással meghatározott, a molekulán belüli nehezebb atomok térbeli (geometriai) elrendeződésére vonatkozó adat. Halványabbak az ismereteink viszont a molekulákban nagy számban előforduló H-atomok elhelyezkedéséről, és az összes atomra egyaránt vonatkozó, NMR-időskálán jól látható mozgásokról. Természetesnek tartjuk, hogy a H-atomok elhelyezkedésével, valamint az atomi mozgások jellemzőivel kapcsolatban is megjelent a molekuláris szintű ismeretek bővítésének; továbbá az alkalmazott mérés technikák és kiértékelési módszerek kiterjesztésének az igénye. Távolról sem törekedve teljességre, néhány cikket idézünk az irodalomból – szándékosan

eredeti címükkel egyetemben –, amelyek bizonyos mértékű elégedetlenségnek (kételemeknek) adnak hangot az ismeretek akkori állását és következtetéseket illetően.

Ezek:

*A Wlodaver és mtsai.: (FEBS Journal 2007, 1-21), Protein crystallography for non crystallographers or how to get the best (but not more) from published macromolecular structures (Fehérje kristallográfia nem-kristallográfusoknak, avagy miként kapjuk a „legjobbát” (de nem többet) a publikált makromolekuláris szerkezetekből),*

*A. Kuzmanic és mtsai.: (Nature comm. 5, 2014, 3220-29), X-ray refinement significantly underestimates the level of microscopic heterogeneity in biomolecular crystals (A röntgenszórás-finomítások jelentősen alulbecslik a mikroszkopikus heterogenitások szintjét biomolekuláris kristályokban),*

*A víz, illetve vízmolekulák szerepének fontosságára talán R. Matthews; (New Scientist, 2006. 32. Apr. 8.) cikk címével hívhatjuk fel a figyelmet „Without water it's all just chemistry. Add water and you get biology.” (Víz nélkül mindaz csak kémia. Adj hozzá vizet, és biológiát kapsz!)*

*B. Halle: (Phyl. Trans, Roy. Soc. Lond. B 2004, 359, 1207-1224) Protein hydration dynamics in solution. A critical survey (Fehérje hidratációs dinamika oldatokban. Kritikai áttekintés) c. munkájában még egy lényeges kérdésre hívta fel a figyelmet: modell-érzékenyek tartja a kapott eredményeket. Úgy tűnik, nem magukkal a mérésekkel vannak gondjai, hanem az eredmények értelmezésének/ megértésének a modellfüggésével!*

Nem könnyített, inkább bonyolított a helyzetet az, hogy a fehérjék szerkezetét és funkcióját illetően lényeges paradigmaváltás történt; mintegy húsz évvel ezelőtt került fel a fehérjék rendjének/ rendezettségének a kérdése. Azóta számos összefoglaló munka jelent meg, és segítik az útkeresést a még bonyolultabbá vált területen. Nevezetesen az első, Tompa Péter által írott, *Structure and Function of Intrinsically Disordered Proteins* című, Sir Alan Fersht cambridge-i professzor előszavában „fine comprehensive overview”-nak minősített munkát [6], és V. N. Uversky és munkatársai által szerkesztett és részben írott, az alkalmazott technikák és módszerek teljes körű összefoglalóit [7, 8] kell megemlíteni. Az utóbbiak társszerzői között magyar kutatók szintén találhatók. A bennük lévő cikkek egyben felhívják a figyelmünket a hidrogén szerepének és a hidrogénmagok (pro-

tonok) kísérleti megfigyelésekben játszott szerepének a fontosságára is.

R. Matthews idézett munkájának címét olvasva a természettudomány fizikus művelőiben felmerülhet az a kérdéskiegészítés is, hogy a kémián-biológián túl mi lehet a szerepe a mozgások tudományának: a fizikának itt az élettudományban is. A kérdést V. N. Uversky nyomán; *Natively unfolded proteins: a point where biology waits for physics (Eredetileg rendezetlen fehérjék: ahol a biológia fizikára vár), (Protein Sci. 11, 739-56, 2002), és; A decade and a half of protein intrinsic disorder: Biology still waits for Physics (A fehérjék eredeti rendezettségének másfél évtizede: Biológia még mindig a Fizikára vár), (Prot. Sci. 22, 693-724, 2013), ugyanúgy tehetjük fel mi is. A két cikk megjelenése között már tizenegy év telt el, és még mindig indokoltnak tűnik a fizika aktívabb részvételére való csalogatás, és nem csökken az igény a területtel kapcsolatos kérdések pontosabb megfogalmazása és a kapott válaszok megértése irányában. A fehérjék jellemzése és csoportokba sorolása szintén jogos, és a lehetséges kategóriák elnevezésének változatossága önmagában is sokat mond a jelen helyzetet és a tennivalókat illetően. Uversky az imént másodikként említett cikkében összegyűjtötte az irodalomban használt elnevezéseket és állapotjelzőket. Közülük érdemes felsorolni néhányat, mert az említett példákban is visszatükröződik a kérdéskör „multikulturális”, viszonylagos határozatlanságra valló sokszínűsége. A használt elnevezések például: *pliable, flexible, mobile, vulnerable, chameleon, dancing and the combinatorics of natively, naturally, inherently, intrinsically with unfolded, unstructured, disordered, denaturated*. Meg sem kíséreltem magyarrá fordításukat, és jókedvünkben adhatnánk továbbiakat is a felsoroláshoz, miután megnéztük néhány molekula publikált, Uversky „rend”-orségi nyilvántartásában szereplő arcképét. Szóhasználatunkban a továbbiakban – gondolatban idézőjelesen – a rendezett és rendezetlen elnevezéseket használjuk.*

Ami a lényegét illeti, a sokszor nem is definiált elnevezésen túl, szükségesnek tartjuk közvetlenül mérhető fizikai mennyiségen alapuló rendparaméter jellegű mennyiségek bevezetését, amelyek segítenek viszonylag könnyen eldönteni, hogy egy adott fehérje a rendezett vagy rendezetlen fehérjék csoportjába, vagy adott mértékig melyikbe tartozik. A kérdéskör tisztázásához való hozzájárulás munkánk távlati célja. Jelesül; azokat a kérdéseket vizsgáljuk, hogy a fehérjék liofilizált (esetleg kristályos) mintáiban,

illetve vizes oldataiban definiálható-e, valamint mérhető-e egy vagy több rendparaméter jellegű a rendezettség/redezetlenség mértékére vonatkozó mennyiség, és nyomon követhető-e bizonyos élettani folyamatok során annak/azoknak mennyiségi változása. Meggyőződésünk, hogy ez a jellemző, vagy jellemzők nem lehet, vagy nem lehetnek sztatikus jellemző/k, hanem a fehérje és a kölcsönható fehérje+víz molekulák élettani körülmények közötti dinamikájáról kell információt nyújtania, illetve nyújtaniuk\*.

Számunkra ma már nem kétséges, hogy a fehérjék molekuláris szintű (az életfeltételekhez hasonló körülmények közötti) kutatása a XXI század vitathatatlanul egyik kiemelkedő tudományos és gyakorlati szempontból távolról sem elhanyagolható feladata. Ehhez igényes minta-előállítási technológia, igényes mérés-technika és mérés, a mérési adatok magas szintű értelmezése és bemutatása szükséges. A kutatómunka mozgásteret multidiszciplináris, magában foglalja az élettudomány, a természet- és műszaki tudomány, informatika sajátos ágait. A tudományművelők remélhetőleg itt is megértik majd egymás „nyelvét”, hasonlóan, mint annak idején a Bell Laboratóriumban.

#### A kísérletekről röviden

Az NMR-spektroszkópia az elektromágneses hullámokkal végzett anyagtudományi kutatások közé tartozik, és sokféle kísérleti kérdés feltevését teszi lehetővé a vizsgált anyag tulajdonságait illetően. Szép példa ez arra, amit talán a műszaki tudomány tett fel először: nevezetesen, hogy egy bonyolult hálózat/rendszer (fekete doboz) tulajdonságai miként deríthetők fel, ha a bemenetén és a kimenetén is csak egy-egy kétpólusú csatlakozás áll a rendelkezésünkre. A válasz az, hogy a bemenő oldalon gerjesztve a rendszert: kérdezzük, és a kimenő oldalon a „fekete doboz” karakterisztikájából (itt a fehérje jellemzőiből) és a gerjesztő jelből álló, összetett választ detektáljuk. Változtatva a bemenő gerjesztést, leválasztható a „fekete dobozra” jellemző információ. A pulzusgerjesztésű NMR-spektroszkópia sokféle pulzusgerjesztést használ a bonyolult tulajdonságú anyag („fekete doboz”) fizikai-kémiai tulajdonságainak a felderítésére. Minden egyes gerjesztés, azaz minden pulzuskombináció magában hordozza a várható választ; nincs jó és kevésbé jó

\* Modellfüggetlennek nem tekinthető, formális matematikai illesztéséből származó, vagy a lehetséges konfigurációk számosságán alapuló paramétereket nem sorolunk ebbe a kategóriába.



változat, attól függ, hogy mire kérdezzünk; az egész molekulára vagy annak egyes részeire, elektronszerkezeti (kémiai eltolódás) vagy dinamikai jellemzőkre. Sztatikus jellemzők alapvetően a spektrumból nyerhetők, dinamikusak a relaxációs időkből. Azonban a spektrum is segíthet a „fekete doboz” dinamikai tulajdonságainak a felderítésében, ha változtatjuk azokat, például változtatjuk a vizsgált mintánk hőmérsékletét. Így minden hőmérsékleten az arra jellemző termikus egyensúlyi állapot sztatikus jellemzői regisztrálhatók. A sztatikus jellemzők változása a hőmérséklettel viszont már dinamikai információt hordoz.

A továbbiak jobb érthetősége, a most indulók és az NMR-spektroszkópiában kevésbé járatosak kedvéért talán nem felesleges az NMR-alapok néhány elemének ismertetése. Alapegyenletünk a rezonancia feltétel:  $\omega = \gamma B$  (ahol  $\omega$  a rádióhullám körfrekvenciája,  $\gamma$  a kérdéses atommag giromágneses faktora, és  $B$  pedig az alkalmazott külső mágneses-, és a vizsgált anyag elektronoktól és szomszédos mágneses dipólus momentummal rendelkező atommagoktól származó belső mágneses tér összege) mind a kvantumfizika, mind a klasszikus fizika alapján megalapozott összefüggés. Így  $\omega$  és  $B$  ismerete alapján egyértelműen azonosítható a detektált atommag, esetünkben a proton. A megfelelően választott hosszúságú rádióhullám-csomagra (pulzusra) adott válasz az idő függvényében („idő-doménben”) kapott információ és annak Fourier-transzformáltja pedig a frekvencia függvényében („energia-doménben”) kapott spektrum (ábra). A lokális belső mágneses tér,  $B_{\text{lok}}$  szomszédos protonoktól származó járuléka határozza meg a spektrum szélességét, ami jó közelítéssel kb. 50-szerese a külső mágneses térre adott diamágneses válaszból: a kémiai eltolódásból származó lokális terek kémiai különbségekből adódó eloszlásnak.

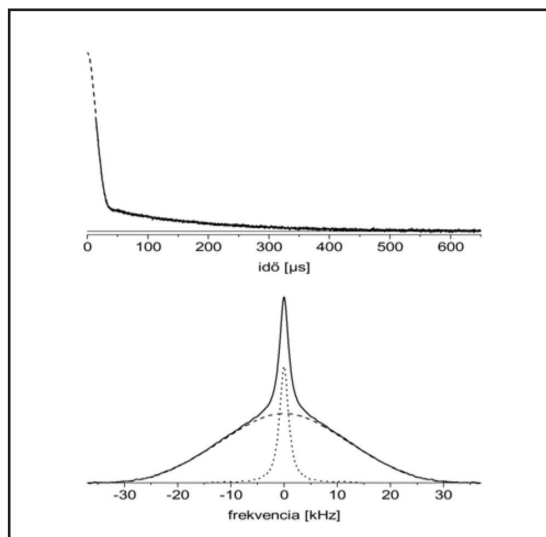
Idézett munkánkban a lehető legegyszerűbb változatot, az egyetlen rádiófrekvenciás pulzust alkalmaztuk, és célszerűen változtattuk a „fekete doboz” hőmérsékletét. Első lépésként a szomszédos protonoktól származó  $B_{\text{lok}}$  tér vizsgálatát (pontosabban a lokális tér négyzetes átlagértékének a meghatározását) tűztük ki célul. A lokális tér négyzetes átlaga azonos az egy gerjesztő pulzus után detektálható spektrum  $M_2$  második momentumával. Ez az a mennyiség, ami a hidrogénatomok (következésképpen a rezonáns hidrogén atommagok) geometriai elhelyezkedéséről, mozdulatlanságáról, illetve mozgási állapotáról az atommagok (protonok) mágneses

dipólus-momentumai közti kölcsönhatás alapján a legközvetlenebb információt adja. Méréseink során felvettük és értékeltük mind a merev hidrogénrácsra utaló alacsonyhőmérsékleti, mind a magasabb hőmérsékleti úgynevezett „mozgási keskenyedett” (lásd pl. [9]) spektrumokat. Számos fehérjét vizsgáltunk meg a sokak által „idejétmúltak” minősített módszert, az egy (esetleg két) komponensből álló spektrum felvételét és elemzését használva\*\*. Természetesen kissé eltértünk az általában használt gyakorlatól, több ponton kiegészítve azt. Nevezetesen: segítségül hívtuk a mérésben és a kiértékelésben is a „termodinamikát”, nem elégedtünk meg a spektrum kvalitatív leírásával, analitikai jellemzőt/jellemzőket is mértük a spektroszkópiai jellemzőkön túl.

Az ábrán bemutatunk egy szobahőmérsékleten idő-doménben felvett NMR-jelet és egy frekvencia-doménben ábrázolt spektrumot, közöttük – amint már említettük – Fourier-transzformációs kapcsolat áll fenn. Mindkét ábrázolás kétkomponensű jelleget mutat, ami azt jelenti, hogy anyagmintánk két nagyon különböző lokális környezetű és mozgékony-ságú részre bontható, következésképpen két különböző környezetű és mozgékony-ságú hidrogén magot (protont) is tartalmaz. Minden eddig vizsgált liofilizált fehérjénk és fehérje vizes oldatunk spektruma is hasonló karakterű, csak a komponensek aránya különböző. Az idő-doménben felvett NMR jel alapján a különböző lecsengési idejű komponensek  $t=0$  időpontra extrapolált amplitúdói szolgáltatnak alapot

\*\*Roncsolásmentes mérésekre törekedtünk, akár a Heisenberg-féle határozatlansági reláció szintjéig. A mindennapok nyelvén szólva; olyan mérési módszert választunk, ahol nem mi magunk mozdítjuk el a helyükről az atomokat miközben azok helyét akarjuk meghatározni. Felmerülhet ugyanis az az alapvető kérdés, hogy mi történik a molekulával, miközben „2-20 keV ( $3,2 \cdot 10^{-9}$ - $8$ ) erg) energiájú röntgen-fotonokkal végzünk helymeghatározást: Mit mond ekkor a határozatlansági összefüggés a kanonikusan konjugált partnerre az impulzusra (sebességre)? A 100 MHz frekvenciájú rádióhullám fotonjai  $6 \cdot 10^{-19}$  erg energiájúak, azaz 10-11 nagyságrenddel alatta vannak a röntgen fotonokénak, és 6-7 nagyságrenddel az élettani folyamatokban szerepet játszó reakciók  $10^{-13}$ - $12$ ) erg energia szintjének.

az adott fázisban lévő atommagok számának a meghatározására, a frekvencia-doménben ábrázolt spektrum szélessége (pontosan a spektrum statisztikában definiált eloszlásfüggvényének páros momentumai, domináns módon a második) pedig az adott fázisban lévő atommagok NMR-látta mozgékony-ságára. Alacsony hőmérsékleten eltűnik, vagy csak nem tudjuk megkülönböztetni a két komponens, viszont a spektrumszélesség (momentum) változása a „fekete doboz”



**Liofilizált fehérjén szobahőmérsékleten idő-doménben felvett NMR jel (felső ábra) és frekvencia-doménben ábrázolt proton NMR-spektrum. Mindkét ábrázolás kétkomponensű jelleget mutat, és minden eddig vizsgált fehérjénk spektruma hasonló karakterű, csak a komponensek aránya változik a hőmérséklet, a minta víztartalma és fehérje sajátosságainak a függvényében**

termikus változására utal. Talán nem felesleges megemlíteni, hogy kvantitatív következtetések nagy pontosságú mérés és kiértékelést követelnek. (Részletes leírás [2],[3] publikációkban, illetve [7], [8] könyvrészleteiben található.)

### 3. A hidrogénrács merevsége, illetve mozgékony-sága

A bevezetőben említett munkánkban [2] a mért protonspektrumok alapján meghatároztuk a második momentumok értékét liofilizált mintákban cseppfolyós He és szobahőmérsékleteken.  $M_2$  változását hidrogén mozgékony-sági paraméter bevezetésével jellemeztük. Az általunk bevezetett és rendparaméter sajátosságokkal rendelkező hidrogénmobilitás (HM(T)) a protonok helyén lévő lokális mágneses tér négyzetes átlagának ismeretét, azaz a korábban említett páros (második) momentum meghatározását

igényli. Elméleti megalapozása Van Vleck Nobel-díjas munkájának az eredménye (lásd például [9]). Amint láttuk, jól mérhető és a protonváz geometriájának ismeretében vagy feltételezésével homogén rendszerekre (pl. fémek) és kismolekulákra elvben jól is számolható mennyiség.

Bonyolult nagymolekulák esetén a számoláshoz nagyszámú atom-koordináta és mozgás-jellemző (sebesség-koordináta) ismerete/feltételezése szükséges, a mérés pedig ugyanúgy elvégezhető, mint kismolekulák esetén. Tapasztalatok szerint nagymolekulák esetén nem is túlérzékeny változója a molekula sztatikus geometriai szerkezetének.

Arra gondoltunk, hogy talán nem is a protonok által „érzett” lokális mágneses terek szórásában (négyzetes átlag) kell keresnünk a rendezettséget/rendezetlenséget feltáró információforrást, hanem a már említett NMR mozgási keskenyedést segítségül hívva [9], a második momentum hőmérsékletfüggésében. Ekkor minden fehérjemolekula saját merev állapotát tekinthetjük vonatkozási pontnak. Így, a proton-proton párt összekötő (nem csak az első szomszédok kölcsönhatásának járulékát tartalmazó), saját mozdulatlan állapotára normált radiálvektor-változás adja a HM(T) rendparamétert, ami definíció szerint:

$$HM(T) = [M_2(RL) - M_2(T)] / M_2(RL),$$

ahol RL a merev rácsra (pl. cseppfolyós He hőmérsékleten mért), T pedig tetszőleges hőmérsékletre vonatkozó második momentum értékét jelenti. HM(T) tehát nem a maradékot (redukált második momentumot), hanem a mozgás következtében eltűnő második momentumrészt adja, feltételezhető összefüggésben a rendezetlenséggel. Visszaélve a szóhasználatával: HM(T) a rendezetlenséget: a merevség/mozdulatlanság hiányát (és nem a lehetséges konfigurációk számosságát) mérő „rendparaméter”.

A merev rács terminológia a klasszikus szilárdtest-fizikából származik. Tapasztalat szerint az atomok, a molekulák vagy egyes molekularészek csak nagyon alacsony hőmérsékleten (cseppfolyós nitrogén, illetve cseppfolyós He hőmérséklet körül) mozdulatlanok, azaz eltekintve a rácsrezgésektől, a rács itt tekinthető merevnek. A momentum csökkenéséhez pedig, amit melegítéssel érünk el, a proton-proton párok távolságának és az azokat összekötő radiálvektor külső mágneses térhez viszonyított irányának a változását is ismerni kell. Könnyű belátni, hogy ezekről teljes-képet alkotni csak

sok-sok feltételezés alapján lehet. Talán nem tűnik fontoskodásnak a kérdés: mérhető-e a tennivalók sokasága a sztatikus (esetenként „kócos”) molekulaszerkezeti képek és a fehérjék testhőmérsékleten zajló működésének a megértése között? Az erre adható szkeptikus válasz ellenére feltételezhető, hogy a dinamikus kép közelebb visz a valósághoz, mint a sztatikus kép. Kézenfekvő tehát, hogy szükségünk van a feltételezéseken alapuló modellek helyett jól definiált, mérhető, a proton-proton vektorok átlagos mobilitását jellemző mutatóra vagy esetleg még további mutatókra.

Számos fehérjén végeztünk szobahőmérsékletre vonatkozó HM(T)-méréseket, a kapott eredményeket az idézett [2] publikációban mutattuk be. A vizsgált fehérjék között az etalonnak tekintett globuláris lizozim, a rendezetlennek minősített Thymosin béta 4 és az alfa-szinuklein vad (WT) és pontmutáns változatai szerepelnek.

Összehasonlítva a vizsgált fehérjékre vonatkozó adatokat, egyértelmű, hogy HM(T) markáns (közel egy kettes faktoralábbal nagyobb, mint a merev állapotban mért  $M_2$ ) különbséget mutat a globuláris és rendezetlen fehérjék esetén. Az alfa-szinuklein pontmutánsok között talált különbségek viszont arra is felhívták a figyelmet, hogy a más módszerekkel rendezetlennek minősített molekulák között előfordulnak olyanok, amelyeknek a H-rács cseppfolyós He hőmérsékleten sem tekinthető merevnek. Szénhidrogének között is ismerünk egy cseppfolyós He hőmérsékleten a H-rács mozgékonyaságára utaló bizonyítékot [2]. A korábban többféle kísérleti módszerrel rendezetlennek minősített fehérjék hidrogén mozgékonyasága a  $0 < HM(T) < 1$  skálán nagyobb ugyan a referenciának tekintett globuláris lizozim fehérjéénél, de egyik sem éri el a szénhidrogénekben talált 1-hez közeli mozgékonyaságot [2]. Ugyanakkor a referenciának tekintett polikristályos (rendezett) lizozim mozgékonyasága megközelítően sem zéró szobahőmérsékleten. Az eddig mért értékek az összes vizsgált fehérjén 0,4-0,75 közé esnek [2].

Az eddigiekben alig beszéltünk egy lényeges megfigyelésről. A hőmérséklet adott tartományában kétkomponensű spektrumot tudtunk detektálni, alacsony hőmérsékleten viszont csak egykomponensű. Ahol kétkomponensű a spektrum, ott két második momentum és két HM(T) paraméter is van. A keskeny spektrumrész (ábra) nagy HM(T), mozgékonyaságról árulkodik, az egyhez közeli HM érték majdnem totális

mozgékonyaságot jelent az adott komponensre, és emlékeztet a folyadékok (pl. víz) széles jelű NMR spektrumára. A keskeny komponens eredete alapvető fehérjedinamikai gondolatokhoz kapcsolható (A. L. Turnier et al, Phys. Rev. Letters: 2003, 91, 20610 1-4), bennünket pedig átvezet a fehérje vizes oldatok vizsgálatára.

Nyitott kérdés, hogy a mozgás(ok) megindulásának hőmérséklete és a rend/rendezetlenség között van-e összefüggés. A két sarokpontnak tekinthető fehérje, a lizozim és egy rendezetlen növényi fehérje, az ERD 14 HM(T) mozgékonyaságának részletes hőmérséklet függéséről PhD-munka és publikáció van előkészületben (Verebélyi T. et al. Chem. Phys. beküldés előtt), amiből további, a p-p vektorok mozgékonyaság jellemzőit és a „rendezetlenséget” összekapcsoló információ várható.

A továbbiakban feltétezzük, hogy nem is jellemezhetőek és nem osztályozhatók minden szempontból egyetlen „rend/rendezetlen” paraméterrel a fehérjék, amint arra a gyakran használt elnevezésből vagy a geometriai szerkezet alapján próbálnánk következtetni. Különösen indokolt tehát az a kérdés, hogy melyik, illetve melyek azok a geometriai szerkezetben és a proton-proton vektorok mozgékonyaságán túli fizikai/kémiai tulajdonság(ok), amelyek a fehérjék élettani szempontból fontos működését meghatározzák (dolgozatunk második részében erre visszatérünk).

#### 4. Egy látszólagos kitérő,

(azért, hogy munkánkkal kapcsolatban milyen további kérdések tehetők fel): *1921-ben hárman kerékpártúrára mentek München környékén. Fiatalok voltak és fizikusok: Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Otto Laporte (Sommerfeld tanítványa, neve kevésbé ismert, mint a másik két résztvevő), és beszélgettek útközben is, és este pedig néhány korsó sör mellett a kocsmában (W. H. Rész és egész c. önéletírása alapján). A 3. „A megértés fogalma a modern fizikában” című fejezet, annak különösen az első része érdekes számunkra (pontosabban most és itt általánosítva: a modern természettudományban). A kérdés, amit körüljártak: értjük-e, pontosabban milyen szinten értjük azt, amit kísérleti eszközünk képernyőjén látunk, illetve amiről beszélünk? (Nem idézhetem a teljes beszélgetést, csak néhány gondolatát a dinamika alapvetéséről, remélem pontosan, mert fontos lesz számunkra az élet(tan) számára fontos nagymolekulák esetén is!)*



**Pauli:** *Werner, megértted-e valahára a relativitáselméletet?*

**Heisenberg:** *Nem látom tisztán, hogy mit értesz megértés alatt a fizikában. Nem okoz gondot a relativitás matematikája, de ez még nem azt jelenti, hogy megértettem, hogy az idő szón miért ért valami mást a mozgó megfigyelő, mint a nyugalomban lévő.*

**Pauli:** *Ha felfogtad a matematikai gondolatmenetet, már teljes biztonsággal megmondhatod, hogy mit észlel vagy mit mér a mozgó és mit az álló megfigyelő, és joggal feltételezheted, hogy egy valódi kísérlet is ezt igazolná. Mit is lehet itt még kérdezni?*

**Heisenberg:** *No látod, pont ez az én problémám, nem is tudom, hogy mit kérdezhetnék még! Valahogy úgy érzem, be vagyok csapva; megcsalt a matematikai gondolatmenet logikája!*

**Laporte megjegyzi,** hogy „Az idő az, amit az óránk mutat”, és felteszi a kérdést: „A dolgok megértéséhez elegendő-e, hogy elméleti alapon egy megfigyelés eredményét előre megjósoljuk?”

Heisenberg a geocentrikus-heliocentrikus elméletek legalább kétezer éves történetére, ismétlődő paradigmaváltásaira utalt; remélve, hogy mélyebben megértjük a fizikai jelenségek megismerésének folyamatát. Egy kísérleti eredmény még nem bizonyítja az elméletek; a geocentrikus egymásra szuperponált ciklikus és epiciklikus pályák alapján megjósolhatók voltak a hold- és nap-fogyatkozások! Mégsem igazolták a geocentrikus világkép érvényességét. A két elmélet nem igazi alternatíva; mert nem azonos bennük az ismeretek: a megértés „mélysége”. A tömegvonzás felismerése, a Newton-féle törvények, Faraday elektromos erő- és potenciál-tér koncepciója kellett a „dolgok” mélyebb megértéséhez, a pályák leírásán túl a hatóerők felismeréséhez..., és minden bizonnyal még a jó kérdések! A továbbiakat kötelező olvasmányként ajánlom kutatótársaimnak. A kerékpártúrán elhangzottak segíthetnek abban, hogy milyen további kérdéseket tegyünk fel a fehérjék működésének mélyebb megértését illetően, valamint annak elbírálásában, hogy jök-e azok. Továbbá: értjük-e, illetve milyen mértékben/mélységben értjük a kísérleteinkben feltett kérdésekre kapott válaszokat? A kapott információ rész-e, egész-e? Azonos mélységűek-e a látzólagos alternatívák? A fizika úgy-e a mozgások tudománya, és ismerjük-e a mozgásokat, illetve a mozgásváltozó-

sokat előidéző erőket, potenciálokat? A dolgozat második részében ezen az úton haladunk tovább.

### Köszönetnyilvánítás

*Nem formális köszönet illeti azokat a kutatótársaimat, akikkel hosszú éveken át dolgoztunk együtt akár a laboratóriumban, akár a célok kitűzését és/vagy az eredmények értelmezését illetően. Közülük ki kell emelnem Bánki Pétert, Bokor Mónikát, Rácz Pétert és Tompa Pétert: nélkülük a fenti gondolatok nem ölthetnek volna testet. A helyhiány miatt név szerint nem idéztek felsorolása helyett a mellékelt (saját) irodalmi lista szerzőire hivatkozunk, nekik is köszönöm, hogy együtt dolgozhattunk. Köszönjük továbbá a MTA, a Korean Research Council és a Wellcome Trust elvi és anyagi támogatását.*

### Irodalom

- [1]. K. Tompa, P. Bánki, M. Bokor, P. Kamasa, P. Rácz, P. Tompa, Hydration water/interfacial water in crystalline lens, *Exp. Eye Res.* 91: 76-84. 2010. doi: 10.1016/j.exer.2010.04.00
- [2]. K. Tompa, M. Bokor, K.H. Han, P. Tompa, Hydrogen skeleton, mobility, and protein architecture, *Intrinsically Disordered Proteins*, 1: 82-91. 2013. doi: 10.4161/idp.25767
- [3]. K. Tompa, M. Bokor, T. Verebélyi, P. Tompa, Water rotation barriers on molecular surfaces, *Chemical Physics*, 448:15-25, 2015, doi
- [4]. V. Csizmók, M. Bokor, P. Bánki, É. Klement, K. F. Medzirhadszky, P. Friedrich, K. Tompa, P. Tompa. Primary Contact Sites in Intrinsically Unstructured Proteins: The Case of Calpastatin and Microtubule-Associated Protein 2. *Biochemistry*, 44: 3955-3964. 2005. doi: 10.1021/bi047817f
- [5]. H.M. Berman, J. Westbrook, Z. Feng, G. Gilliland, T.N. Bhat, H. Weissig, I.N. Shingyalov, P.E. Bourne, *The Protein Data Bank, Nucleic Acids Res.* 28: 235-242. 2000. doi: 10.1093/nar/28.1.235
- [6]. P. Tompa, *Structure and Function of Intrinsically Disordered Proteins*, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2010
- [7]. V.N. Uversky, Sonia Longhi, Eds. *Instrumental Analysis of Intrinsically Disordered Proteins: Assessing Structure And Conformation*, John Wiley & Sons, 2010. doi: 10.1002/9780470602614
- [8]. V.N. Uversky, K.A. Dunker, Eds. *Intrinsically Disordered Protein Analysis*, Book Series: *Methods in Molecular Biology*, Vol. 895. Humana Press, 2012.
- [9]. C.P. Slichter. *Principles of Magnetic Resonance*, Springer Series in Solid-State Sciences Volume 1. 1990.

### E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Földtani Kutatási Osztály, Budapest; DR. BOLDOGH SÁNDOR ANDRÁS zoológus, Ph.D., Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvalfő; DR. CSABA GYÖRGY professzor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; ENYEDI KATA NÓRA tudományos segédmunkatárs, MTA-ELTE Peptidkémiai Kutatócsoport, Budapest; DR. ESTÓK PÉTER főiskolai docens, Ph.D., Állattani Tanszék, Eszterházy Károly Főiskola, Eger; FARKAS CSABA újságíró, Szeged; DR. HOLLÓSY FERENC biológus, klinikai kutatási munkatárs, Budapest; DR. JANKÓ FERENC geográfus, egyetemi docens, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron; LOCSMÁNDI CSABA főmuzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum Növénytar, Makrogomba Gyűjtemény, Budapest; DR. MEZŐ GÁBOR tudományos tanácsadó, MTA-ELTE Peptidkémiai Kutatócsoport, Budapest; DR. NEBOJSZKI LÁSZLÓ mérnök-tanár, Szent László ÁMK Vízügyi Szakiskola, Baja; DR. SÁRNECZKY KRISZTIÁN csillagász, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest; SZEMES BOTOND magyar szakos egyetemi hallgató, ELTE BTK, Budapest; DR. TOMPA KÁLMÁN, a fizikai tudomány doktora, az Eötvös Loránd Tudományegyetem c. egyetemi tanára, a MTA Wigner Kutatóközpont Szilárdtest-fizikai és Optikai Intézetének emeritus kutató professzora, Budapest; VASAS GIZELLA főmuzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum Növénytar, Makrogomba Gyűjtemény, Budapest; VOJNITS ANDRÁS biológus, Budapest; DR. WIEGANDT RICHÁRD, a matematikai tudományok doktora, MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet, Budapest.

### Augusztusi számunkból

Kiváncsiság és alázat a kórokozó iránt  
*Pályi Bernadettel és Kis Zoltánnal beszélget Lukácsi Béla*  
A talamusz titkai. *Acsády László* professzorral *Kittel Ágnes* beszélget  
*Schiller Róbert*: A kémia régi fénye  
*Kalotás Zolt*: A búbosbanka  
*Harangi Szabolcs*: Tűzhányó-hírek  
*Both Előd*: Hogyan változtatta meg a Hubble-űrtávcső a csillagászatot?  
*Szili István*: Az indiai tündérrózsza  
*Csaba György*: Az öntörvényűség becsülete (*OLVASÓNAPLÓ*)

MEZŐ GÁBOR – ENYEDI KATA NÓRA

# Egy anyag – két célpont

## Lehetőségek a célzott daganatterápiában

A folyóirat két korábbi számában beszámoltunk már azokról a kutatásainkról, amelyek a daganatok célzott elpusztítására irányulnak. A módszer, amelyet célzott vagy irányított daganatterápiának neveznek, azon alapszik, hogy olyan anyagokkal támadják a ráksejteket, amelyek nagy szelektivitással ismerik fel e beteg sejteket. Ezzel az eljárással az egészséges szövetek megkímélhetők, csökkentve a terápia káros mellékhatásait és javítva a paciens életminőségét a kezelés alatt. A molekulárisan célzott daganatterápia számos ráktípus kezelését forradalmasította. Természetesen ahhoz, hogy ezt a terápiát hatékonyan lehessen alkalmazni, ismerni kell az adott daganaton azokat a molekulákat, amelyek támadhatók a rák elpusztításának reményében. Ezeket a molekulákat a daganat eltávolítása, vagy biopszia során végzett mintavétel után speciális vizsgálatokkal határozzák meg. Az egyik lehetséges kezelés ezen a területen, amikor a daganatsejtekre specifikus ellenanyagot juttatnak a szervezetbe, és ez a ráksejteken megjelenő antigénekhez kötődve aktiválja az immunrendszert a daganat elpusztítására. Ezt az eljárást egyre szélesebb körben alkalmazzák a klinikai onkológiában és része az úgynevezett személyre szabott terápiának.

A másik lehetőség az, hogy a rák ellen alkalmazott *gyógyszereket*, amelyek önmagukban nem szelektívek, és így a kemoterápiás alkalmazásuk során számos mellékhatást váltanak ki, *irányító molekulákhoz köpjük* a szelektivitás fokozása érdekében. Az irányító molekulák olyan vegyületek, amelyek a *daganatsejteken* nagy mennyiségben megjelenő *sejtfelszíni struktúrákhoz* (pl. receptorokhoz) *kötődnek*, majd az így kialakult komplexet a ráksejt bekebelezi. Mivel ezek a receptorok az egészséges szöveteken nem vagy csak lényegesen kisebb mennyiségben fordulnak elő, a rákellenes hatóanyagokat nagy szelektivitással lehet a daganatsejtekbe juttatni. Az így bejutott vegyületből a szabad hatóanyag vagy annak aktív származéka a lebontó enzimek hatására felszabadul, és így kifejtetik gátló hatásukat a daganat növekedésére. A terápiában ez a

módszer lényegesen olcsóbb lenne, mint az ellenanyagok alkalmazása. Az ebbe a csoportba sorolható vegyületek közül néhány már a klinikai kipróbálás fázisában van, és remélhetőleg hamarosan bővíthetik a klinikai onkológia eszköztárát. A téma jelentőségét mutatja, hogy számos kutatócsoport foglalkozik szerete a világon olyan kutatásokkal, amelyek során olyan gyógyszereket fejlesztenek ki az irányított daganatterápia céljából, amelyekben a rákellenes szereket irányító peptidekhez kapcsolják. Az MTA-ELTE Peptidkémiai Kutatócsoportban ilyen típusú gyógyszerjelöltek tervezésével, szintézisével és vizsgálatával foglalkozunk.

Ahogy azt a korábbi cikkünkben bemutattuk, a gyógyszer sejtfelszíni receptorokon keresztül történő célba juttatásának hatékonyságát korlátozhatja az, hogy a receptorok száma limitált. Ezért a vegyület koncentrációjának növelése nem feltétlenül vezet a hatékonyság növekedéséhez. Megoldást jelenthet azonban, ha egy irányító molekulához több hatóanyagot kapcsolunk. Ekkor viszont nagyon körültekintően kell eljárni a molekula tervezésénél, nehogy a több hatóanyag jelenléte gátolja az irányító molekula receptor-felismerését és ahhoz való kötődését. Ezért hatékonyabb megoldás lehet, ha a daganatellenes szereket különböző irányító molekulákhoz kapcsoljuk, amelyek eltérő receptorokat ismernek fel a ráksejteken. Az így előállított vegyületek kombinációban történő alkalmazásával – a kapcsolt hatóanyagoktól függően – a komponensek hatása összeadódhat (additív hatás) vagy még erősíthetik is egymás hatását (szinergista hatás) a daganat elpusztításában. Jelenleg ilyen kombinált kezeléseket próbálunk ki *in vitro* körülmények között annak érdekében, hogy megfelelő összetételű keverékeket tudjunk előállítani. A kombinált kezelés hatékonysága ellenére felmerül a költségfaktor, mivel ebben az esetben legalább két vegyület együttes alkalmazásáról van szó, ami a terápia költségeit jelentősen növelheti. Tehát az lenne az ideális, ha olyan vegyületet tudnánk alkalmazni, amellyel két különböző, a daganat növekedésében szerepet

játszó receptort tudnánk egyidejűleg támadni. Mivel a peptidek nagyon szelektívek, erre viszonylag kevés esély van a peptid alapú hatóanyag-célbajuttatás során. Azonban a természet a kezünkbe adott egy lehetőséget, amely meghatározott aszparagin-glicin-arginin (NGR: Asn-Gly-Arg) tripeptid-szekvenciát tartalmazó peptidekhez köthető. Ennek a lehetőségnek a bemutatását tűztük ki célként írásunkban.

A figyelem akkor fordult e peptidek felé, amikor olyan vegyületeket kerestek, amelyek egy másik tripeptid-szekvenciához (RGD: Arg-Gly-Asp) hasonlóan jól kötődnek olyan receptorokhoz (ún. integrin-receptorokhoz), amelyeknek nagy szerepük van a ráksejtek letapadásában, mozgékonyágában és így az áttétek kialakulásában. Ezek a receptorok nagy mennyiségben jelennek meg az újonnan képződő ereken is, amelyek a daganat vérellátásához szükségesek (tumor vaszkularizáció). Ezzel szemben, a már kialakult ereken a receptorok száma elenyésző. Ezért ezek a receptorok jó támadási pontok lehetnek a célzott daganatterápiában. Megállapították azt is, hogy az integrin-receptorhoz jól kötődő peptidek között nagy számban fordulnak elő az Asn-Gly-Arg tripeptid-szekvenciát tartalmazók. Kísérletekkel ki is választottak ilyen peptideket, melyek jó irányító molekuláknak bizonyultak. Azonban kötődésgátlási vizsgálatokban hamar kiderült, hogy ezek a peptidek nem az integrin-receptorokat ismerik fel, hanem egy másik receptorhoz (CD13) kapcsolódnak nagy affinitással. Annak a kérdésnek a megválaszolása sem váratott sokáig, hogy akkor mégis miért találták azt, hogy ezek a peptidek hatékonyan kötődnek az integrin-receptorokhoz. Az ok a tripeptid-szekvencia szerkezetében keresendő.

Azt már korábban is tudták, hogy az aszparagin- és glicin- (Asn-Gly) egységet tartalmazó peptidek nagyon könnyen átalakulnak. Ennek oka az, hogy a glicin aminosavnak nincs oldallánca, így a térgátlás nem akadályozza meg az aszparagin oldallancának kapcsolódását a glicin N-atomjára ammónia kilépése mellett (**1. ábra**). A kialakult gyűrűs szer-



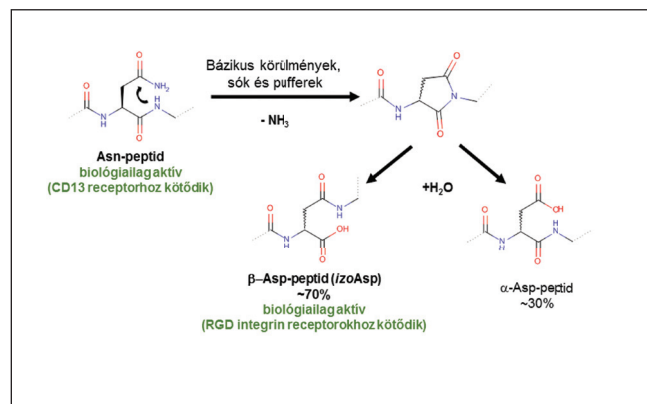
kezet (szukcinimid gyűrű) nem túl stabil, és víz hatására kétféleképpen bomlik fel. A két termék egy aszparaginsavat és glicint (Asp-Gly) tartalmazó egy-

hogy megfelelően megválasztott Asn-Gly-Arg-szekvenciát tartalmazó peptid alkalmazásával kettős aktivitású gyógy-szerek állíthatók elő (2. ábra). Így mind

(Asp-Gly-), illetve izoaszpartil-glicin (izoAsp-Gly-) egységet tartalmazó származékokká különböző kémiai reakciókhoz használt pufferoldatokban és a sejtes vizsgálatokhoz használt körülmények között. A kapott eredményeket összehasonlítottuk a vizsgálatokba bevont két irodalmi analóggal is. A stabilitási vizsgálatokat fordított fázisú, nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia (RP-HPLC) segítségével végeztük. A ciklopeptidek stabilitása jelentősen eltért egymástól. Általánosan megállapítható volt, hogy az irodalmi adatoknak megfelelően pufferoldatban a vegyületek könnyebben átalakultak, mint tiszta vizes oldatban és a pH emelése (az oldat lúgosítása) szintén fokozta a bomlást. A leggyorsabb átalakulást a biológiai vizsgálatok körülményei között tapasztaltuk, feltehetőleg elsősorban a magasabb hőmérsékletnek (37 °C) köszönhetően. Ami viszont előre meglepőnek tűnt az, hogy ciklopeptidek szerkezete jelentősen befolyásolta az átalakulás sebességét.

Az irodalomban két olyan ciklusos peptidet alkalmaztak irányító molekulaként jó eredménnyel, amelyek ezt az Asn-Gly-Arg tripeptid-szekvenciát tartalmazták (3a. ábra).

A két irodalmi vegyület a legtöbb vizsgálati körülmény között jelentős stabilitást mutatott. A 2-es számú vegyület



1. ábra. Szukcinimid gyűrűzárás/felnyílás

ség, illetve egy izo-aszparaginsav-glicin dipeptid egységet tartalmazó származék lesz. Ez utóbbi azt jelenti, hogy a glicin nem az aszparaginsav  $\alpha$ -karboxilcsoportjához, hanem az oldalláncában lévő karboxilcsoportjához kapcsolódik. A két termék kb. 30:70 arányban keletkezik (1. ábra).

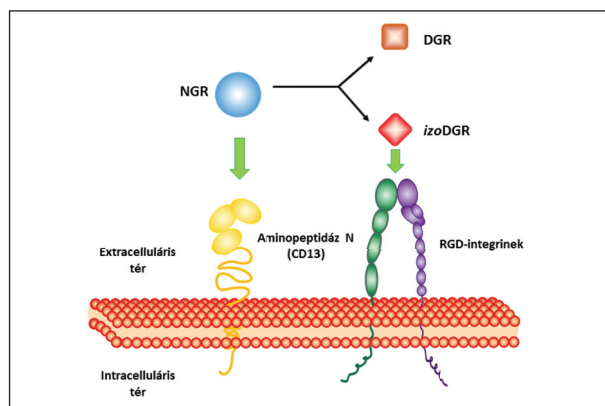
Ennek a nem enzim által katalizált átalakulásnak a következtében, a nagyobb mennyiségben keletkező izoaszpartil-származék (izoDGR) az, ami nagy hatékonysággal képes kötődni az integrin-receptorokhoz. Ugyanakkor a másik termék (DGR peptid) nem ismeri fel ezeket a receptorokat.

Vizsgálták azokat a körülményeket, amelyek befolyásolhatják ezt az átalakulást, amit tömegspektrometria segítségével könnyen lehet detektálni az aszparaginsav és az aszparagin közötti 1 egység molekulasúlykülönbség alapján. Az oldat pH-jának és sókoncentrációjának, valamint hőmérsékletének emelése elősegíti az átalakulást. Természetesen ez jelentősen függ az aszparagin-glicin szekvenciareészletnek a peptidben elfoglalt környezetétől és szerkezetétől. Egy rendezett szerkezetben lényegesen lassabb, mint egy rendezetlen konformációban. A peptid ciklizálása csökkentheti az átalakulás sebességét az egyenes láncú (lineáris) analóghoz képest.

Néhány kutatócsoport már kifejlesztett és alkalmazott olyan vegyületeket, ahol ezt a tripeptid-szekvenciát tartalmazó peptidet mint irányító molekulát alkalmazták rákellenes szer célzott daganatsejtbe juttatásra. Az esetek többségében azonban nem vizsgálták az irányító molekulaként szolgáló peptid stabilitását. Zou és munkatársai 2012-ben vetették fel először azt az elméletet,

Az egyik egy diszulfidhidat tartalmazó variáns, ahol az N- és C-terminálisra beépített ciszteinek tiolsocsoportjait kapcsolták össze diszulfiddá (-CH<sub>2</sub>-S-S-CH<sub>2</sub>-) (ciklo[Cys-Asn-Gly-Arg-Cys]), míg a másik variánsban a peptid N-terminálisra beépített lizin (Lys)  $\alpha$ -aminocsoportja és a C-terminálisra beépített glutaminsav (Glu) oldalláncának karboxilcsoportja között alakítottak ki amidkötést (-NH-CO-) (ciklo[Lys-Asn-Gly-Arg-Glu]-NH<sub>2</sub>). Mindkét variáns 17 atomot tartalmazott a ciklusban. Korábbi kísérleteink azt mutatták, hogy ha a ciklust tioéterkötéssel (-CH<sub>2</sub>-S-CH<sub>2</sub>-) alakítjuk ki, akkor a ciklopeptidek sokkal stabilabbak a kémiai és biológiai lebontásokkal szemben. Ráadásul a tioéterkötés kialakítása kemoszelektív eljárás, ami könnyen, jó kitermeléssel megvalósítható például egy aminocsoporthoz kapcsolt klóracetilcsoport és egy cisztein tiolsocsoportja között. Munkánk során öt új tioéterkötést tartalmazó ciklusos peptidet készítettünk el, amelyek felépítése a 3b. ábrán láthatók. Kémiai okok miatt, az irodalmi variánsoknak megfelelő, a ciklusban 17 atomot tartalmazó ciklopeptidet még nem sikerült előállítani.

Vizsgáltuk az előállított új vegyületek aszparaginil-glicin (Asn-Gly) részletének átalakulását aszpartil-glicin-



2. ábra. Az Asn-Gly-Arg- (NGR) szekvenciát tartalmazó peptid kettős receptor-felismerése

(ciklo[Lys-Asn-Gly-Arg-Glu]-NH<sub>2</sub>) kiugróan nagy stabilitással rendelkezett, és még a biológiai vizsgálatok körülményei között is csak 24 óra elteltével volt jelentősebb bomlás megfigyelhető. Az általunk előállított tioéterkötést tartalmazó analógok többsége lényegesen nagyobb százalékkal alakult át aszpartil- és izoaszpartil-származékká. Különösen labilisnak mutatkozott a 3-as vegyület (ciklo[CH<sub>2</sub>-CO-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub>), amely már savas pH-n is bomlott, és a 7-es vegyület (ciklo[CH<sub>2</sub>-CO-Lys-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub>), amely semleges és lúgos pH-n mutatott szignifikáns átalakulást. Mivel a két ciklopeptid közül az egyik 15, míg a másik 18 atomot

tartalmazott a gyűrűben, ez jelezte, hogy nem magának a ciklus méretének, feszültségének van szerepe az átalakulás sebességében. Különösen érdekes volt az a megfigyelés, hogy a két, a gyűrűben 16 atomot tartalmazó vegyület stabilitásában jelentős a különbség. Pedig csak a kénatom helyzete változott meg a gyűrűben (3b. ábra). A 4-es vegyület sokkal stabilabbnak bizonyult, mint a homociszteint tartalmazó analóg (5-ös vegyület).

Feltételeztük, hogy az észlelt stabilitásbeli különbségek mögött térszerkezeti hatások lehetnek. Ezért először elektronikus cirkuláris dikroizmus (ECD) spektroszkópiával vizsgáltuk az NGR ciklopeptidok szerkezetét. (A méréseket az ELTE Kiroptikai Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában *Majer Zsuzsa* és *Knapp Krisztina* végezte Jasco J-810 spektropolariméteren). Bár ezek a vizsgálatok nem adtak egyértelmű képet a vegyületek konformációjáról, azt már ezekből a vizsgálatokból is megállapíthatuk, hogy a ciklopeptidok térszerkezete jelentősen eltér egymástól. A 2-es számú vegyület (*ciklo*[Lys-Asn-Gly-Arg-Glu]-NH<sub>2</sub>) spektruma különösen eltért a többi vegyület spektrumától. Továbbá megállapítható volt, hogy az átalakulásra kevésbé hajlamos ciklopeptidok szerkezete merev, míg a könnyen bomló származékok flexibilis szerkezettel rendelkeznek.

A pontosabb térszerkezet felderítése érdekében mágneses magrezonancia (NMR) spektroszkópiai vizsgálatokat is végeztünk. (A méréseket *Perczel András* professzor irányításával az MTA-ELTE Fehérjemodellező Kutatócsoportban *Láng András* és *Czajlik András* végezte Bruker Avance III 700 MHz-es spektrométeren). A ciklopeptidok pontos konformációjának meghatározása két kulcsfontosságú megállapításra vezetett a vegyületek stabilitása és szerkezete közötti összefüggésben. Az első az volt, hogy az aszparagin oldalláncának karbonil (CO) szénatomjának és a glicin nitrogénjének távolsága döntően befolyásolja a szukcinimid-gyűrű kialakulásának sebességét, ezáltal az átalakulási folyamatot.

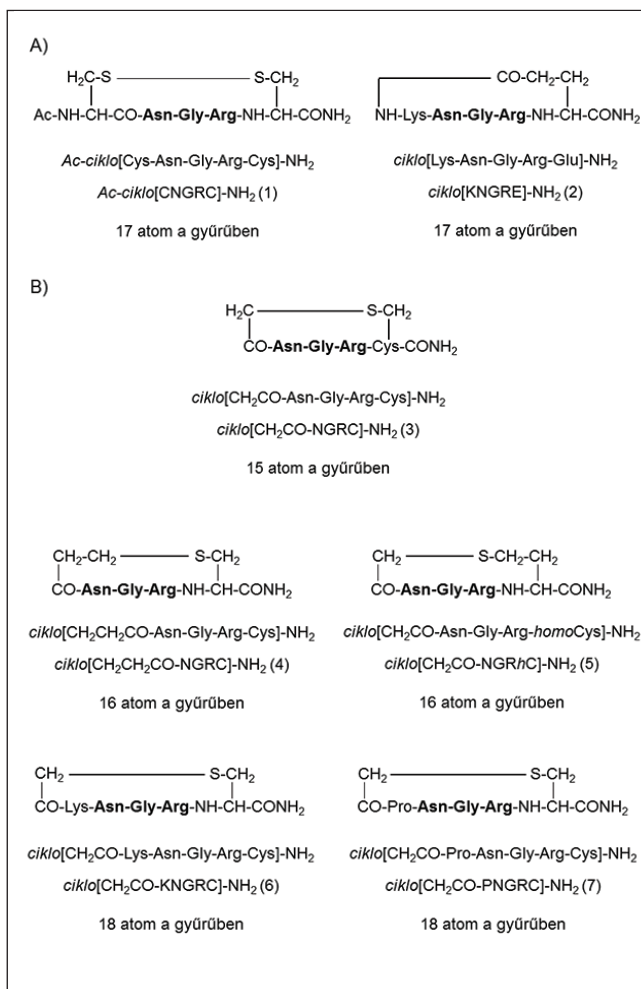
Ennek megfelelően az ciklopeptidok átalakulása aszpartil és izoaszpartil származékokká azokban a vegyületekben a legszámottevőbb, ahol ez a távolság kicsi, míg a távolság növekedése a stabilitást fokozza

jai között. Ahogy az említett két atom távolsága nő a ciklopeptidekben, úgy nő a vegyületek stabilitása is (4. ábra), amelyet tovább fokozhat a molekulán belül kialakuló hidrogénkötés is. A sorból itt is

kilóg a 2-es vegyület, amelyben a két adott atom távolsága csak 3,79 Å. A korábbi megállapításaink alapján azt lehetett volna várni, hogy ennek vegyületnek közepes lesz a stabilitása, hasonlóan a homociszteint tartalmazó tioéteres variánshoz (5-ös vegyület). Azonban a vizsgálatok a vegyület extrém stabilitását mutatták. A magyarázat erre, hogy mind az aszparagin oldalláncának karbonilcsoportja, mind a glicin NH-csoportja erős hidrogénhididas szerkezetben stabilizálódik, így igen csekély az esély arra, hogy – a köztük lévő nem jelentős távolság ellenére – ezek a csoportok tovább közelítsenek egymáshoz. Mindezek alapján azt mondhatjuk, ez a ciklopeptid a legalkalmasabb arra, hogy szelektíven csak a CD13-receptoron keresztül juttassunk hatóanyagot a tumorsejtekbe vagy tumordiagnosztikában (PET: pozitron emissziós tomográfia) alkalmazzuk. Ugyanakkor a kevésbé stabil vegyületek alkalmasak lehetnek az általunk célként kitűzött „egy anyag két célpont” alapú irányított daganatterápiára. Ezért előkísérleteinkben a két legbomlékonyabb, tioéterkötést tartalmazó 3-as és 7-es vegyületet (*ciklo*[CH<sub>2</sub>-CO-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub> és *ciklo*[CH<sub>2</sub>-CO-Lys-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub>), valamint a diszulfidhidat tartalmazó stabilabb ciklopeptidet (Ac-*ciklo*[Cys-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub>) választottuk a hatóanyagot tartalmazó konjugátumok előállítására.

A konjugátumokat (a daganatellenes szer irányító peptidhez kapcsolt formája) úgy alakítottuk ki, hogy a ciklopeptidet két glicin aminosavon, mint távolságtartón keresztül egy lizin ε-aminocsoportjához kapcsoltuk. A lizin α-aminocsoportjához pedig egy enzimlabilis tetrapeptid spaceren keresztül (Gly-Phe-Leu-Gly) aminooxicetsavat (Aoa) kötöttünk, amelyhez oxim ligációval kapcsoltuk a daunomicint, ami egy gyakran alkalmazott kemoterápiás szer (5. ábra).

Az enzimlabilis távtartó (spacer) egy a tumorsejtekben túltermelődő enzim (Katepszin B) hatására hasad és egy aktív metabolit keletkezik, ami víz-



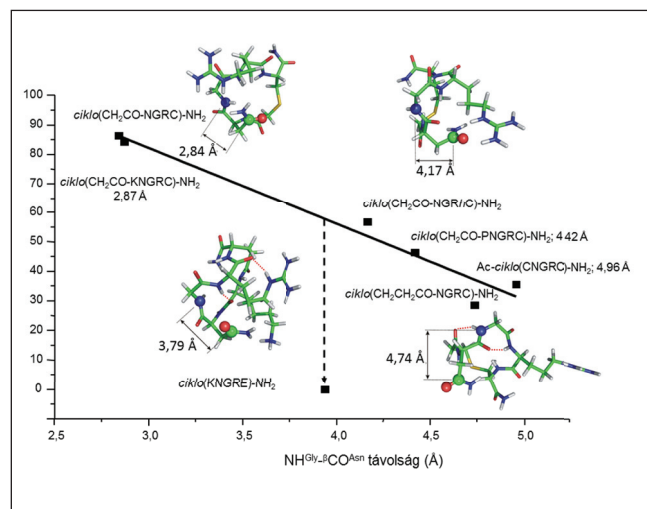
3. ábra. Az Asn-Gly-Arg tripeptid-szekvenciát tartalmazó ciklopeptidok sematikus szerkezete és az alkalmazott jelölések

(4. ábra). Az említett két atom távolsága nem függ a ciklust alkotó atomok számától. A két ciklopeptid, amelyekben a legközelebb helyezkedik el ez a két atom, a gyűrűben 15 atomot tartalmazó *ciklo*[CH<sub>2</sub>-CO-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub> és a 18 atomot tartalmazó *ciklo*[CH<sub>2</sub>-CO-Lys-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub> (2,84 Å, illetve 2,87 Å). Ráadásul pont ez a két vegyület mutatkozott az ECD vizsgálatokban is a legmozgékonyabbnak, így a szukcinimid-gyűrű kialakulásának nincs szerkezeti gátja. Ezt támasztotta alá az is, hogy ezen vegyületek esetében az NMR-szerkezetek nem mutattak a konformáció stabilizálását biztosító hidrogénkötést a peptidgerinc atom-



gálataink szerint kötődik a DNS-hez, ezáltal gátolja a tumornövekedést. A konjugátumok hatékonyságát két ráksejten vizsgáltuk *Szakács Gergely* és

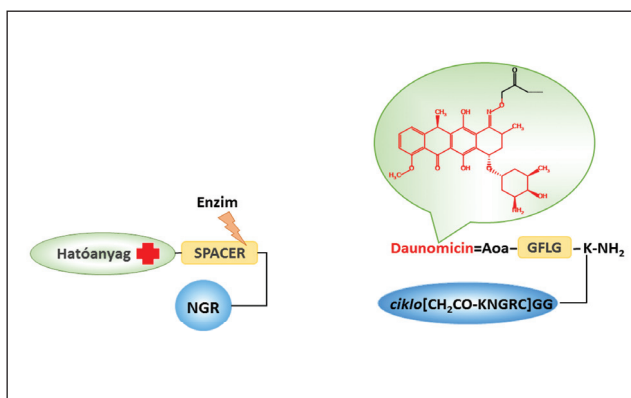
receptoron történő hatását, amely a molekula időben történő átalakulásának következménye. Amennyiben az *in vitro* vizsgálatok sikerrel zárulnak, a vegyü-



4. ábra. Az Asn-Gly-Arg tripeptid-szekvenciát tartalmazó ciklopeptidek bomlékonysága és térszerkezete közötti összefüggés

*Tóth Szilárd* (MTA–TTK) segítségével. Az egyik tartalmazott CD13-receptorot (HT-1080 fibroszarkóma), a másik nem, de integrin-receptorokat igen (HT-29 vastagbél adenokarcinóma). Az előzetes kísérletek azt mutatják, hogy a legjobb hatást az a konjugátum mutatta, amelyben a daunomicint a ciklo[CH<sub>2</sub>-CO-Lys-Asn-Gly-Arg-Cys]-NH<sub>2</sub> irányító peptidhez kapcsoltuk. A daganatsejtek szaporodásának gátlása némileg nagyobb volt a fibroszarkóma sejteken (CD13 pozitív sejtek), mint a vastagbél tumorsejteken (CD13 negatív, integrin receptor pozitív), de nincs jelentős

Lóránd Tudományegyetem mellett német (Bielefeld, Köln), olasz (Milánó, Como) és finn (Helsinki) egyetemek és intézetek (Országos Onkológiai Intézet és a Kineto Lab Magyarországról, a Hei-



5. ábra. A daunomicint és irányító peptidet tartalmazó konjugátum sematikus szerkezete

különbség a mutatott hatásban. Ez arra utal, hogy a konjugátum mindkét receptoron kifejtheti hatását. Annak érdekében, hogy a konjugátumnak az adott receptorokhoz való kötődését és ezeken keresztül történő sejtbe jutását igazoljuk, a továbbiakban a receptorok blokkolására alkalmas ciklopeptideket fogunk alkalmazni gátlási kísérletekben. Reményeink szerint ezzel igazolni tudjuk a kiválasztott konjugátum(ok) két

delberg Pharma GmbH, a Bayer Pharma AG és Optical Imaging Centre Erlangen Németországból, valamint az Exiris és a Nerviano Medical Science Olaszországból) vesznek részt. A konzorcium tagjai a téma területén jelentős művelői és reményeink szerint a kutatócsoportoknak ez a nemzetközi együttműködése nemcsak a tudás, hanem az előállított vegyületek szinergiáját is magával hozza, magas szintű tudományos közleménye-

ket eredményezve. A konzorcium magyar tagjainak munkáját Mező Gábor (MTA-ELTE) és Tóvári József (OOI) fogja irányítani.

tek hatékonyságát tumoros állatmodelleken is igazolni kívánjuk.

Az OTKA (K 104045) pályázat keretében végzett munkánk és elért eredményeink alapján meghívást kaptunk egy konzorciális Horizon 2020 EU-s pályázatba is (MARIE SKŁODOWSKA-CURIE ACTIONS Innovative Training Networks), amelynek fantáziánéve MAGICBULLET (mágikus golyó). A 2015 januárjában indult és 4 év időtartamú pályázatban az Eötvös

A cikkben használt egy- és hárombetűs aminosavkódok és további rövidítések jelentése:

Aszparagin: N (Asn); aszparaginsav: D (Asp); arginin: R (Arg); cisztein: C (Cys); glicin: G (Gly); leucin: L (Leu); lizin: K (Lys); fenilalanin: F (Phe); aminosav-ecetsav (Aoa); prolin: P (Pro), homocisztein, hC(homoCys); daunomicin (Dau).

Irodalom

- Mező, G. (2011) Célzott tumorterápia peptidekkel. *Természet Világa* 142, 555-558.
- Mező, G., Hegedüs, R. Szabó, I. (2012) Célzott tumorterápia. *Természet Világa* 142, 448-451.
- Healy, J. M. és mtsai. (1995) Peptide ligands for integrin alpha v beta 3 selected from random phage display libraries. *Biochemistry* 34, 3948–3955.
- Curnis, F. és mtsai. (2002) Differential binding of drugs containing the NGR motif to CD13 isoforms in tumor vessels, epithelia and myeloid cells. *Cancer Res.* 62, 867–874.
- Corti, A.; Curnis, F. (2011) Tumor vasculature targeting through NGR-peptide-based drug delivery systems. *Curr. Pharm. Biotechnol.* 12, 1128–1134.
- Geiger, T., Clarke, S. (1987) Deamidation, isomerisation, and racemisation at asparaginyl and aspartyl residues in peptides. *J. Biol. Chem.* 262, 785–794.
- Colombo, G. és mtsai. (2002) Structure-activity relationship of linear and cyclic peptides containing NGR tumor-homing motif. *J. Biol. Chem.* 277, 47891–47897.
- Negussie, A. H. és mtsai. (2010) Synthesis and *in vitro* evaluation of cyclic NGR-peptide targeted thermally sensitive liposome. *J. Control. Release* 143, 265–273.
- Enyedi, K. N. és mtsai. (2015) Development of cyclic NGR peptides with thioether linkage: structure and dynamics determining deamidation and bioactivity. *J. Med. Chem.* 58, 1086-1817.
- Orbán, E. és mtsai. (2011) *In vitro* degradation and antitumor activity of oxime bond-linked daunorubicin-GnRH-III bioconjugates and DNA-binding properties of daunorubicin-amino acid metabolites. *Amino Acids* 41, 469-483.
- Máté, G. és mtsai (2015) *In vivo* imaging of Aminopeptidase N (CD13) receptors in experimental renal tumors using the novel radiotracer <sup>68</sup>Ga-NOTA-c(NGR). *Eur. J. Pharm. Sci.* 69, 61-71.



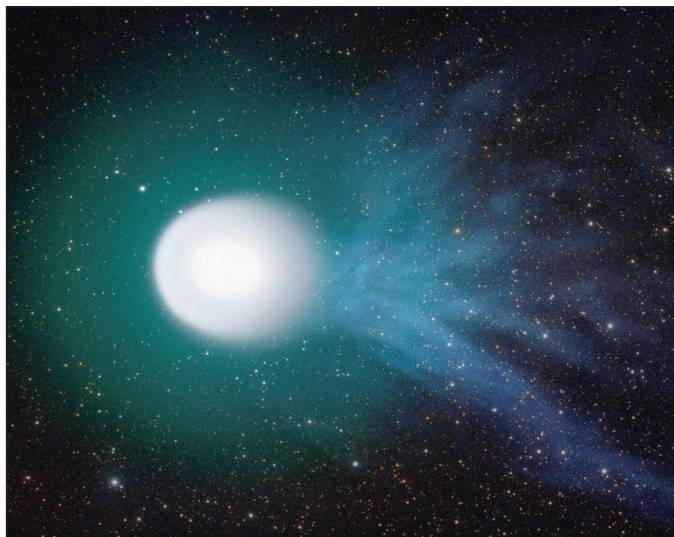
# SÁRNECZKY KRISZTIÁN

## Üstökösjárás

### Második rész

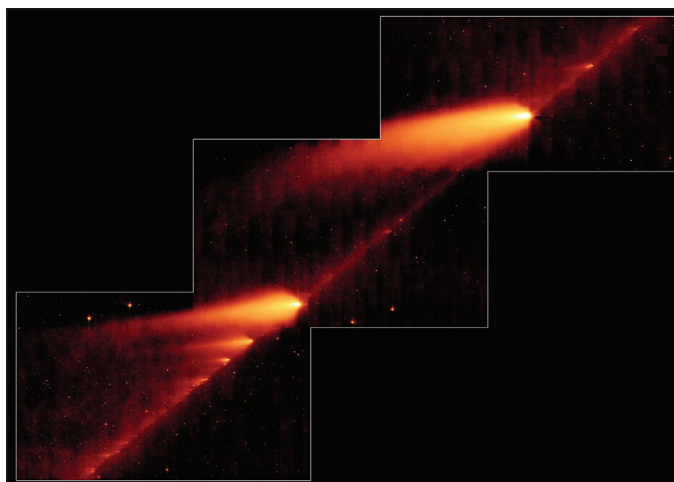
**A** technika fejlődésének köszönhetően az üstökösöket egyre korábban, egyre halványabb állapotukban fedezik fel, így a fényességük előrejelzéséhez értenünk kell, miként válnak egyre aktívabbá, ahogy közelednek a Naphoz. Ennek pontos menete persze megjósolhatatlan, de kezdünk felismerni olyan tendenciákat, melyek alapján jóval biztosabb előrejelzéseket tudunk készíteni, mint egy-két évtizeddel ezelőtt. Az Oort-felhőből először érkező vándorok például már nagy naptávolságban felfényesednek, ám csillagunkhoz közeledve aktivitásuk nem nő olyan mértékben, mint a többször visszatérő üstökösöké, amelyek csak a Nap közelében, akkor viszont igen intenzíven növelik anyagkibocsátásukat.

Az üstökösök élete azonban nem csak a felfényesedésből, és távozóban az elhalványodásból áll; a fénygörbét sokszor kitörések színesítik, amelyek egyik napról a másikra jelentősen megemelhetik az égitest fényességét. Cikkünk előző részének végén már említettük a Holmes-üstökös 2007-es kitörésekor keletkezett porfelhőt, amely a kedvező rálátás miatt még ez év elején, nyolc évvel a robbanás után is észlelhető volt. Robbanásról beszélünk, ugyanis a csillagászat történetének legnagyobb üstököskitörése drámaian rövid idő, maximum másfél nap alatt 14 magnitúdóval emelte meg a Holmes fényességét. Ez nagyjából 500 ezerszeres fényességnövekedést jelent, mintha a telehold egyszer csak a Nap fényével kezdene világítani. Az üstökösből több tízmillió tonnányi por robbant ki, amely 0,5 kilométer/másodperc



**A Holmes-üstökös kómája és kusza szerkezetű csóvája 2007. november 4-én, két héttel a robbanás után. Éder Iván csodás felvételén a fehéres színű porkómát a porszemekből kiszabadult gázokból formált, a kétatomos szénmolekulák miatt zöldes haloeszi körül, míg a csóva kék színét a szén-monoxid-ionok okozzák**

**A 73P/Schwassmann–Wachmann-üstökös darabjai a Spitzertávcső 2006-ban készült infravörös felvételein. A legnagyobb, jobbra fent látható üstökös tartalmazza az eredeti magot, erről szakad le 1995-ben a középtől balra látható B jelű. Az ezt követő kisebb részek már mind a B-ről váltak le, amely maga is folyamatosan darabolódott, és mára már teljesen szétporladhatott (NASA/JPL-Caltech)**



sebességgel tágulva két hét múlva már a Nap méretével vetekedő kómát formált.

Az üstökös 1892-ben egyszer már átesett egy pontosan ilyen robbanáson, amelynek érdekessége, hogy a szilárd mag nem bomlik fel, nem hullik darabjaira, csak valamilyen több méter mélyen koncentrálódó folyamat lerobbant egy réteget a szilárd magról. Jelenleg azt gondoljuk, hogy a felszín alatt található, a Naprendszer távoli, fagyos környezetében kialakuló amorf vízjég hirtelen megszabadó, gyors átalakulása okozza ezeket a robbanásokat, amikor nagy energia-felszabadulás keretében hirtelen kristályos vízjéggé alakul. Ez a fajta kitörés nagyon jellegzetes, medúza alakú kómát hagy maga után, így már egyetlen fotóról is könnyen felismerhető. A 2007-es esemény óta négy további üstökös mutatott hasonló, bár kevesebb anyagot felszabadító kitörést, legutóbb idén januárban a 15P/Finlay-üstökös.

Érdekes osztályt képvisel a 41P/Tuttle–Giacobini–Kresák-üstökös, amely 1973-ban kétszer is 10 magnitúdós kitörést produkált, és 4–5 magnitúdós fényességével szabad szemmel is látható volt. Akkoriban nagyon kevés megfigyelés készült a kitörésről, de az egyik fotó leírásából kiderül, hogy a második felfényesedés Holmes-típusú lehetett. Ezzel szemben, amikor 2001-ben 6 magnitúdót fényesedett, nem látszott a medúzaalak, inkább a jelentősen megemelkedett gázkibocsátás ragadtott magával sok port, és a kitörés is gyorsan lecsengett. Ebből látszik, hogy ugyanaz az üstökös többféle



kitörést is produkálhat. Kisebb mértékű, 1–2 magnitúdós felfényesedést más, gázokban gazdag kométák is mutatnak, de ezek a hosszabb periódusú üstökösökre jellemzőek, mindig gyorsan lecsengenek, igaz többször is ismétlődhetnek rövid időn belül.

Egészen más csoportba tartozik a 73P/Schwassmann–Wachmann, amely 1995-ben egy látványos kitörés eredményekén 7 magnitúdót fényesedett. Itt azonban lassabb volt az aktivitás növekedése, a szeptemberben kezdődő folyamat csak októberben tetőzött, ám már a kezdetén felfedezték, hogy az üstökös magja négy különálló részre szakadt, melyek lassan távolodtak egymástól. Itt egyértelműen az üstökös magjának felbomlása okozta a kitörést, a frissen napfényre került belső, illó anyagokban még gazdag részekről egyre erősebben áramlottak ki a gázok és a por. Az 5,5 éves keringési idejű üstökös azóta már többször

viszartért, a leszakadt darabok tovább porladtak, aprózódtak, és hamarosan mindegyik fragmentum széteszlik majd. Csak az eredeti tömeg 60%-át őrző fő darab marad meg, amely szerkezetiileg stabilnak tűnik, a nagy kitörés után már nem szakadtak le róla kisebb részek. Az elképzelés szerint pont ez történe a 67P/Churyumov–Gerasimenko<sup>1</sup> közismert, súlyzó alakú magjával, ha \* nyaki részénél kettészakadna. A közeli felvételeken mintha látszana is egy hasadék ezen az elvékonyodó területen, ami akár néhány keringésen belül az üstökös látványos kettészakadását okozhatja.

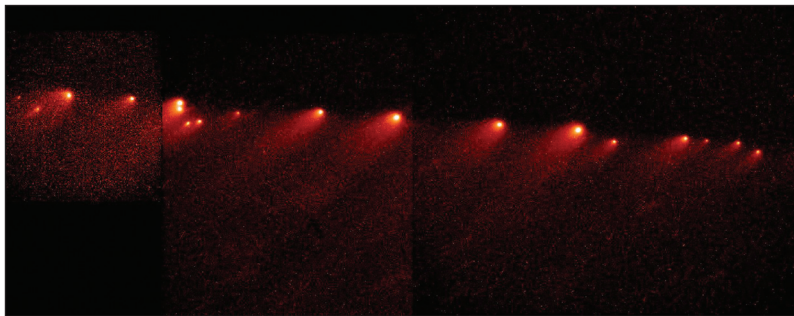
### Széthulló dicsőség

Számos példát fel lehetne még hozni, amikor egy üstökös váratlan felfényesedése mögött a mag széthasadása állt, ám a helyzet nem ilyen egyértelmű. Rengeteg példát láttunk már arra, hogy egy kométa magjának darabolódása semmilyen fényesség-növekedéssel sem jár. Tavaly a C/2011 J2 (LINEAR)-üstökös mellett találtak két kisebb, leszakadó darabot, de az eseménynek nem volt hatása az égitest összfényességére. Ha azt mondjuk, hogy az üstökösök kitörése körül sok még a megválaszolatásra váró kérdés, akkor ez sokszorosan igaz a széteszakadásukra. Számos esetben az okot

\* A szerző kérésére cikkének mindkét részében az üstökös nevét úgy írtuk, ahogyan a Nemzetközi Csillagászati Unió illetékes bizottsága nyilvántartja, az pedig a nevek angol átírását tartalmazza. (A szerk.)

sem ismerjük pontosan, bár van néhány olyan eset, amikor igencsak egyértelmű, hogy miért bomlik fel egy üstökös magja.

Akik 1994 nyarán látták, biztosan nem felejtik el a Shoemaker–Levy 9-üstökös becsapódása nyomán a Jupiteren keletkezett **foltokat. Az égitestet egy évvel korábban, 1993-ban fedezték fel, és már ekkor is legalább tucatnyi különálló magot lehetett megfigyelni a kómájában, melyek egyenes vonal mentén sorakoztak. A számítások**



**A Jupiter árapályereje által feldarabololt Shoemaker–Levy 9-üstökös fragmentumai a Hubble-űrtávcső felvételén. Érdeemes megfigyelni a nagyjából egyenlő méretű, egyenlő távolságra elhelyezkedő magokat közepén, és az egyre kisebbeket a szélek felé, valamint összevetni a méret- és távolságeloszlást a 73P-ről készült felvétellel (NASA/JPL)**

egyértelműen megmutatták, hogy a Jupiter körüli pályára állt üstökös 1992-ben áthaladt az óriásbolygó holdrendszerén, ahol a rá ható gravitációs erők miatt szétszakadt. Ezt hívjuk árapály-szétszakadásnak; ilyenkor a nagy tömegű égitest erős gravitációs terében a kisebb égitest közelebbi felére nagyobb erők hatnak, mint a távolabbira, ami olyan feszültségeket kelt benne, amely meghaladja a szakítószilárdságát. Ilyenkor jellegzetes, gyöngyfűzérre hasonlító láncolat jön létre a törmelékekből, ahol a nagyobb darabok a fűzér középső részén vannak, míg a két szélen egyre kisebb fragmentumokat, végül pedig porból álló bajuszokat találunk.

Hasonló eset történt 1886-ban is, amikor a 16P/Brooks-üstökös haladt át a Jupiter holdrendszerén, bár ezt az égitestet nem fogta be az óriásbolygó, csak 20 évről 6 évre csökkentette a Nap körüli keringési idejét. Az akkori távcsövekkel 1889-ben vizu-

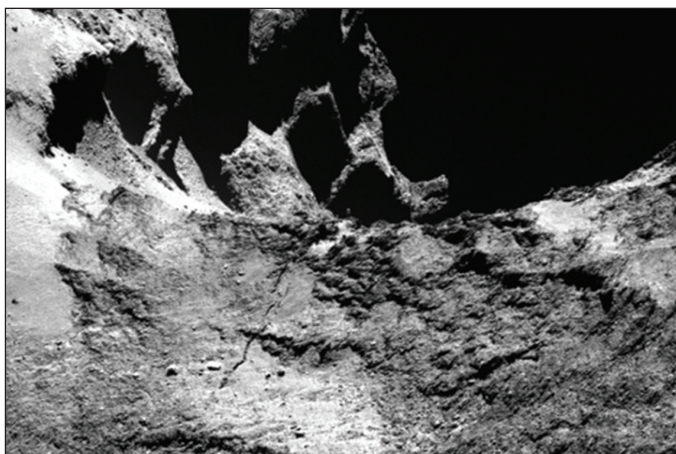
álisan észelve is öt különálló fragmentumot lehetett megfigyelni, amelyek közül a legnagyobb még ma is észlelhető, amikor 7 évente eléri napközelségét.

Ha a Jupiter nagy ellensége az üstökösöknek, akkor ez fokozottan igaz a sokkal nagyobb tömegű Napra, amely emellett még pokoli forróságával is próbára teszi a közelébe merészkedő vándorokat. Legtöbbjük egyszerűen elporlad, mielőtt még néhány százezer kilométerre megközelítené a napfelszínt, az 1 kilométernél nagyobbaknak viszont van némi esélyük a túlélésre. Ezek is több darabra hullnak ugyan, de a szilárdabb alkotórészek egyben maradhatnak. Ha csak néhány millió km-re közelíti meg üstökösünk a Napot, már jobbak az esélyei, de az események pontos kimene-tele nagyban függ a mag belső tulajdonságaitól, anyagösszetételétől. Előfor-

dulhat a mag fragmentumokra bomlása, de a közeli találkozás teljes elporladással, megsemmisüléssel is végződhet. Ez utóbbinak emlékeztünkben még frissen élő példája az ISON-üstökös 2013-as leszereplése, amikor a várt csodás látvány helyett szó szerint szertefoszlottak reményeink. A vártnál porózusabb mag sokkal gyorsabban párologott, mint ahogyan arra számítani lehetett, így csak egy gyorsan oszló és halványuló porfelhő élte túl a napközelséget.

Néhány millió km-nél nagyobb napközelség esetén két részre kell választani az üstökösöket. Az Oort-felhőből először

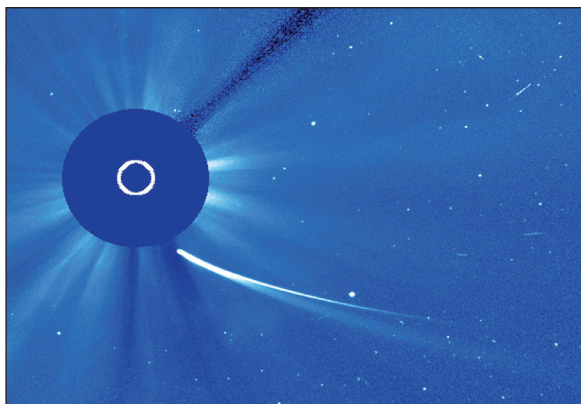
### A 67P/Churyumov–Gerasimenko nyaki részénél található, repedésre emlékeztető forma, amely akár az égitest közelgő



érkező vándorokra a naptávolság növekedésével egyre jellemzőbb lesz a szétporladás, míg a rövidebb periódusú, napközelségüket már többször megjárt üstökösök inkább darabolódní szeretnek. Előbbi esetben a napsugárzás hatására előtörő gázok vetik szét a porózus szerkezetű magot, utóbbinál talán mechanikai vagy lassú eróziós folyamatokról lehet beszélni. Itt ismét utalnunk kell a 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstökösre, ahol a vékony nyaki résznél kettéválhat a mag, amennyiben az anyagkiáramlás elyengíti ezt a részt, miközben az ilyen apró égitesteknél a mag forgásának gyorsulása is valós jelenség. Maguk a kiáramló gázok is lehetnek olyan hatással, ami egyre gyorsítja a mag forgását, de a YORP-effektuson keresztül maga a napsugárzás is felpörgetheti a magot, amely egy idő után nem képes ellenállni a centrifugális erőnek. Szintén a 67P magján láthatóak azok a hatalmas, a környezetükből kiemelkedő tömbök, amelyek idővel bizonyosan leválnak, és nagyobb távcsövekkel megfigyelhető, apróbb fragmentumok lesznek.

Eddig a pontig nagyjából mindent meg tudunk magyarázni a napsugárzással vagy a gravitációval, ám az utóbbi évtizedben találtunk olyan üstökösöket, amelyek ott szakadtak szét, ahol korábban egyáltalán nem vártuk. A 76–77 éves keringési idejű C/2002 A1 és C/2002 A2 jelű üstökösöket egymástól alig 1 fokra fedezték fel, hasonló irányú és sebességű mozgásuk pedig azonnal elárulta rokonságukat. A számítások szerint azonban a szétválás az 1970-es évek végén, mintegy 22–23 csillagászati egység távolságban (az Uránusz pályáján túl) történt, ahol sem erős napsugárzás, sem nagybolygó nem található. Fél évvel később aztán még nagyobb megdöbbenést keltett a C/2002 Q2 és C/2002 Q3 párosa, amelyek 1970 környékén, mintegy 56 csillagászati egység távolságban, a Neptunusznál kétszer messzebb váltak ketté.

Még ma is csak találgatjuk, milyen hatások képesek ekkora távolságban felbomlasztani egy égitestet, ám az ISON-üstökös szerencsétlen sorsa ellenére segíthet a megoldásban. A pusztulása előtt készült képeken a Nap közelében felizzott egy olyan anyagszál, amelyről azt gondoljuk, hogy több mint 20, de akár 50–100 csillagászati egység távolságban kidobódott anyagzemcsékből állt. Nyilván sok

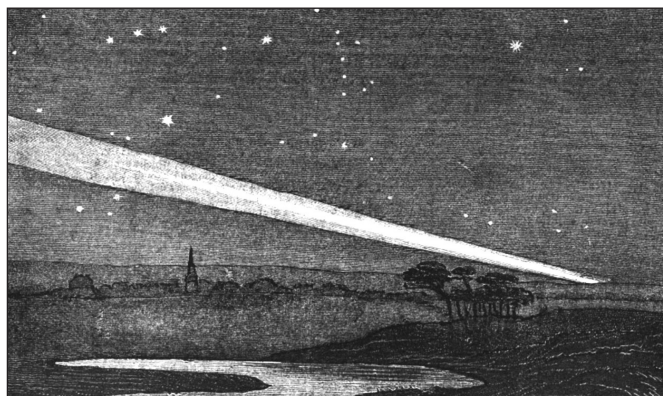


**Az ISON-üstökös néhány órával megsemmisülése előtt a SOHO napkutató szonda felvételén. A csóva felső részénél látható különálló, vékony, fényes szálat azok a porszemek alkotják, amelyek még a Neptunuszon túl szabadulhattak ki a magból (ESA/NASA)**

üstökösnél keletkezik ilyen, ám észrevételéhez az kellett, hogy az ISON rendkívül közel kerüljön a Naphoz, és legyen olyan űrszondánk, amely fotózni tudja csillagunk közvetlen környezetét. Ezek alapján a Naprendszerbe kerülő üstökösök márekkora, korábban nem gondolt távolságban is aktívak lehetnek, ami segítheti korai felbomlásukat.

A napszíntől néhány százezer kilométerre megközelítő Kreutz-féle napsúrolók pályája mentén szétszórt törmelék eloszlása is arra utal, hogy a magok darabolódása a teljes, 700–800 éves keringési idejű pálya mentén folyik, akár 160 csillagászati egység távolságban is. Talán a távolodás és hűlés miatt valamilyen szerkezeti változás lép fel a magban, ami omlásokat, beszakadásokat okoz rajta, a csökkenő átmérő pedig a forgás gyorsulását, és a mag szétszakadását eredményezi. Az utóbbi évek kutatásainak furcsa ellentmondása, hogy az üstökösök nagy naptávolságú viselkedéséről éppen a Naphoz extrém közel

**Az 1843-as Nagy Márciusi-üstökös fantasztikus látványát jól szemlélteti ez a korabeli angliai metszet. Az esti égen látszó napsúroló csóvája felett a bal szélén felismerhető az Orion övének három, egy vonalban álló csillaga**



kerülő üstökösök árulták el a legtöbbet. Mivel ilyen fontosak lettek számunkra, érdemes kicsit közelebbről is megismerkedni velük.

### Pokoljáró üstökösök

Az üstökösök, és különösen a fényes üstökösök legfőbb varázsa, hogy érkezésüket nem lehet előre megjósolni. Várni kell rájuk. Néha akár évtizedeket is, ahogy az 1976-os West, és az 1996-os Hyakutake között történt. A legjobban mégis a Kreutz-család tagjait várjuk, amelyekről pontosan lehet tudni, hogy előbb vagy utóbb érkezik egy közülük, csak az nem tudható, mikor. Ezek a napsúrolók az emberiség történetének leglátványosabb üstökösei. Az 1843-as üstökös telehold

fényességű feje és 3 fokos csóvája fényes nappal is könnyedén látszott, majd miután átkerült a pirkadati égre, csóvájának látszó hossza elérte a 65 fokot. Az 1882-es napsúroló az elmúlt ezer év legfényesebb üstököse volt. Már négy nappal perihéliuma előtt a Jupiter fényességével ragyogott, csóvája 12 fok hosszan mutatkozott a világos égen. Napközelsége idején könnyedén látszott szabad szemmel a Naptól 1 fokra, magja a becslések szerint egy –17 magnitúdós csillag fényével ragyogott, azaz százszor fényesebb volt a teleholdnál, csóvája 3 fok hosszan látszott. Ezt követően még látványosabb volt, mint a napközelség előtt. A legalább hat részre szakadó mag csak úgy ontotta magából az anyagot, így az üstökös még egy hétig látszott szabad szemmel a nappali égen. A rálátás miatt a csóva „csak” 25–30 fokra nőtt, ám rendkívül erősen ragyogott a szeptember végi hajnalokon, fénye visszatükröződött a folyók és tavak felszínéről. Az üstökös végül öt hónapig látszott szabad

szemmel az éjszakai égen. Az 1963-as Pereyra és az 1970-es White–Ortiz–Bolelli 1–2 magnitúdós, a fényesebb csillagoktól elérő fényességükkel és 10–15 fokos csóvájukkal szinte jelentéktelen családtagok voltak, az 1965 őszen fel-tűnt Ikeya–Seki viszont a XX. század legfényesebb üstökösének bizonyult. A perihélium környéki napokon könnyedén látszott szabad szemmel mint a Vénusz is fényesebb égitest, a napközelség időpontjában pedig japán észlelők –12 magnitúdóra tették az apró, félhold alakú mag fényességét. A hajnali égen megjelenő üstökösről és 35 fok hosszú, csavarodó csóvjáról készült felvé-



teleket szinte minden üstökösészlelő ismeri.

A Kreutz-féle napsűrűsége Heinrich Kreutz német csillagászlól neveztek el, aki 1888-ban publikálta írását, miszerint az 1843-ban, 1880-ban és 1882-ben feltűnt rendkívül fényes üstökösök igen hasonló pályán járnak, és minden bizonnyal egy korábban feldarabolódott nagyobb égitest maradványai. A publikáció még nem tartalmazta, de ekkor már ismert volt a család negyedik, 1887-ben feltűnt tagja is. Ezt követően hosszú ideig nem érkezett újabb napsűrűségi, míg nem 1945-ben Daniel DuToit dél-afrikai csillagász a harvardi lemezek átvizsgálása közben ráakadt a következő, a korábbiaknál halványabb tagjukra, amely elporladt a Nap mellett, ezért napközelsége után már nem tudták észlelni. Így amikor Zenón Pereyra argentin csillagász 1963-ban megpillantotta a következő családtagot, már majd' nyolcvan éve nem látott senki Kreutz-féle napsűrűségi. Ezt követte 1965-ben a nevezetes Ikeya-Seki, majd 1970-ben a White-Ortiz-Bolelli. Ismét hosszú szünet következett, míg nem 2011 végén a Lovejoy-üstökösnek örvendhettek a déli félteke lakói.

Az áramlat egy 2–3 ezer éve felbomlott óriás üstökösből származik, amelynek darabjai szétszóródtak a 700–800 éves keringési idejű pálya mentén, a törmelékek pedig időről időre csodálatos üstökösökként tűnnek fel az alkonyi vagy a hajnali égen. Nagy fényességüket annak köszönhetik, hogy 100–200 ezer km-re megközelítik a Nap fotoszféráját, így anyaguk rendkívüli ütemben párolog. Az első biztosan azonosított szegmensük az 1106-ban feltűnt, előbb a nappali égen is könnyedén megfigyelhető, majd az alkonyi égen 100–120 fok hosszú, az égbolt kétharmadát átérő csóvát növesztő üstökös volt. A legújabb vizsgálatok szerint a Kr. e. 214-es és az Kr. u. 467-es üstökösök az égitest korábbi visszatérései lehettek.

A családnak egyetlen, ránk nézve rossz tulajdonsága van. A Kreutz-féle üstökösök pályahelyzete igen kedvezőtlen az északi féltekén élők számára, csak a február-március és szeptember-október hónapokban feltűnő családtagok megfigyelésére van némi esély. A télen érkező családtagok kizárólag a déli féltekéről láthatók, a nyáriak pedig egyáltalán nem látszanak bolygónkról. Az 1600-as évek végén vélhetően a család négy tagja is elérte napközelségét, ezek közül háromról kizárólag a déli féltekén létesült első kolóniák telepeseitől, és az oda tartó hajók navigátoraitól értesültünk. A

déli félteke európai meghódítása előtt így a napsűrűsége több mint fele maradhatott észrevétlenül az északi kultúrák számára, de még a XVII–XVIII. század után is legalább a negyedüket nem vettük észre.

Ma viszont már egy sem rejtőzhet el előlünk, ugyanis a Nap megfigyelése az űrkutatás kiemelt témája, így több űrszonda is folyamatosan figyeli csillagunk környezetét. A SOHO és a STEREO napkutató szondák képeit műkedvelő csillagászok hada vizsgálja át egy-egy újabb üstökös reményében, így a nyáron feltűnő családtagokat is észre tudjuk venni. Az elmúlt 20 évben a képeken majd háromezer ún. törpe napsűrűségi azonosítottak, amelyek annyira kicsik, hogy csak a Nap közvetlen közelében fénylenek fel, a Földről nem láthatók. A becslések szerint a csak néhány száz méteres üstökösök elpárolognak, még mielőtt elérnék napközelpontjukat. Csak azért

de lehet ötven év múlva is. Az egyetlen már ismert, érdekes égitest a tavaly augusztusban felfedezett C/2014 Q1 (PANSTARRS)-üstökös, amely július 6-án 0,314 csillagászati egységre fogja megközelíteni Napunkat, tehát a Merkúrnál is közelebbre jut. Ebben a tartományban már igazán fényesek lehetnek a kométák, ráadásul a pályaszámítások szerint a C/2014 Q1 nem először jár a Nap közelében, 23–24 ezer éve már járt itt. Ezek alapján fényesedése nem fog lelassulni, mint az új üstökösöké, így július elején akár szabad szemes, 3–4 magnitúdós fényességet is elérhet. Sajnos azonban láthatósága rendkívül rossz lesz, ebben az időszakban mindössze 11–12 fokra fog látszani a Naptól, vagyis a még nagyon világos, alkonyati égen kell megkeresnünk, közel a horizonthoz. Így jó esetben is csak távcsóval lesz látható, valamivel jobb láthatóságot a mediterrán térségben élők remélhetnek, ahol nem annyira hosszú a nyári alkonyat.

Kicsit messzebbre tekintve két rövidperiódusú, föld-sűrűségi üstökös is rekordközelségbe kerül hozzánk 2017 elején. A kitérései miatt már említett 41P/Tuttle-Giacobini-Kresák-üstökös március 30-án 0,140 csillagászati egységre (21 millió km) halad el mellettünk, ami 1830 és 2100 között az égitest legjelentősebb földközelsége lesz. Nagyon kedvező helyzetben, az északi égen láthatjuk majd, fényessége 7–8 magnitúdó lesz, vagyis kézi látszóvevőkkel is megfigyelhetjük. Az igazi szenzáció persze egy kitérés lenne, amihez ugyan

óriási szerencse kellene, ám reménykednünk szabad. Ha csak a 2001-es kitérés ismétlődne meg, akkor is gyönyörű, szabad szemes üstökösben lehetne részünk. Még ennél is jelentősebb a 45P/Honda-Mrkos-Pajdušaková-üstökös 2017. február 11-ei földközelsége, amikor 0,084 csillagászati egységre halad el mellettünk. Itt is az északi féltekén élők számára lesznek kedvezőek a megfigyelési körülmények, így egy 7–8 magnitúdós, akár teleholdnyi látszó átmérőjű üstökös látványa vár ránk.

Legutóbb 1997-ben látszott igazán fényes, igazán látványos üstökös az északi félteke égen, így nagyon időszerű egy újabb érkezése. Reméljük, nem kell már sokat várni rá, valahol a külső bolygók között száguld befelé, és csak arra vár, hogy valamelyik nagy keresőprogram vagy egy lelkes amatőrcsillagász felfedezze.



**Az 1882-es Nagy Szeptemberi-üstökös ragyogó fénye tükröződik a Nílus vizén**

látjuk őket, mert ennyire megközelítik a Napot, de vélhetően minden felbomlott üstökös pályája mentén ilyen törmelékfelhő marad. Az eddig megfigyelt családtagok alapján az eredeti üstökös méretét 100 km körülire becslik, ami messze az átlagos üstökös méret felett van. Óriási szerencsénk van, hogy éppen az elmúlt évezredekben érkezett egy ilyen kiugróan nagy és ilyen szokatlanul kis napközeltávolságú üstökös Naprendszerünkbe, így az átlagosnál sokkal gyakrabban láthatunk rendkívül fényes üstökösöket.

### Merre jár a következő?

Jelen sorok írásakor, 2015 áprilisában nem látszik fényes üstökös érkezése, persze bármelyik nap felfedezhetik a következő látványos vándort. Ahogy már írtuk, egy újabb fényes napsűrűségi feltűnése egészen bizonyos, csak az addig eltelt időt nem tudjuk megmondani. Lehet akár már ősszel is,

# VOJNITS ANDRÁS

## Houstontól Austinig

### Houston, a légkondicionált város

#### Első rész

**T**exas legnépesebb, és az USA negyedik legnagyobb városa véletlenül sem az állam fővárosa, és a névazonosság ellenére még csak nem is Houston megye, hanem Harris megye székhelye (Houston megye Texas másik felén van). Vonzáskörzetét is beleszámítva az Egyesült Államok ötödik településhalmaza. Meglehetősen különös, sok mindenben kiemelkedő város, jó és rossz tekintetben egyaránt. Fejlett az ipara és az infrastruktúrája, világhírűek az egyetemei és művelődési intézményei, és itt van a NASA, valamint a földkerekség legnagyobb gyógyító és egészségügyi kutató központja, a Medical Center. Kikötőjének áruforgalma összességében a második, a nemzetközi viszonylatot tekintve pedig első az USA-ban. Viszont magas a légszennyezés, a városrészekben meglátászik, hogy mindenféle központi építési szabályozás nélkül hozták létre őket, és számomra meglepő módon, sok közútjának burkolata katasztrofális állapotú. Lakosságának etnikai és vallási összetétele sokszínű, úgy tartják, ez az Államok legheterogénebb városa. Ehhez a sokszínűséghez három éve lányom is hozzájárul mint a Medical Center kutatója. Jómagam immár több mint négy hónapot éltem és laktam – tehát nem pusztán turistáskodtam – Texasban, kezd hát némi kép kialakulni bennem az USA legnagyobb államáról.

#### Özönvíz vagy földrengés?

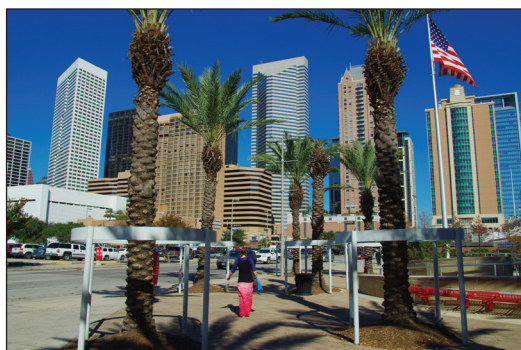
A kutatók immár megegyeznek abban, hogy ami a globális felmelegedést illeti, „a helyzet fokozódik”. (Nota bene, a műszeres mérések kezdete óta eltelt időszakban a legmelegebb földi esztendő a 2014 volt, bár éppen Észak-Amerikában ennek az ellenkezőjét lehetett érezni.) Legfeljebb a felmelegedés oka és foka és az emberi civilizáció felölőssége körül folyik még némi vita. A tengerparti síkságokra épült városoknak ez édes mindegy; ha emelkedik a világóceán szintje, őket így is, úgy is előnti a víz. Ez a sors fenyegeti a Mexikói-öböl parti síkságán elterülő, 1 700 km<sup>2</sup> kiterjedésű Houstont is; az egyik városrész, Downtown tenger-



**A Houston City Hall a városvezetés székhelye. Az épületben 1938. október 1-jén egy időkapuszulát helyeztek el. Mellette a Bank of America**

szint feletti magassága mindössze 15 méter, de sehol sem haladja meg a 38 métert. Magas a talajvízszint, ami ugyan élteti a tavakat (Lake Houston, Lake Conroe és Lake Livingstone), de éppen elég gondot

**A Discovery Green Park sétáló övezete. Háttérben a Four Seasons Hotel, a One Park Place és az Embassy Suites**



is okoz. Négy nagy bayou, csatorna szeli át a várost és vezeti el a vizet; 2014 decemberében egy rövid, de annál hevesebb esőzés után úgy tűnt, mintha a Braes Bayou elsodorná a Medical Center épülettömbjeit. A V-alakú, kibetonozott árkok hamar megtelnek vízzel. A vidék eredetileg lápos és mocsaras préri és erdős préri volt, a városkörnyéki rezervátumok ezek maradványait őrzik.

A város „alapzata” laza, kevésbé cementált és több kilométer vastag üledék, főleg homok, mely túlnyomórészt a Sziklás-hegységből származik. A beleágyazódott, tengeri eredetű szerves anyagokból az idők folyamán olaj és földgáz keletkezett. A mélyből nemcsak ezeket, hanem sok vizet is kiszivattyúztak, ennek következtében is kissé megsüllyedt Houston. Mintegy 500 kilométer hosszan szeizmikus törésvonalak futnak – egyikük éppen a város közepén –, a történelmi időkben mégsem jegyezték fel erre felé földrengést. Persze, ami késik, nem múlik – bíztatják a városlakókat a geológusok.

#### Szelek útjában

Klimája nedves szubtrópusi, ami tipikusnak mondható ezekben a déli államokban. Nem fekszik a tornádók útján, itt nincs annyi, mint Texas területén általában, de egy-egy szupercella kialakulásakor ide is eljut néhány, a szárazföld felett keletkezett forgószél. Annál inkább nyitott a Mexikói-öböl felőli légáramlatok előtt – gyakorlatilag egész évben tárva-nyitva a képzeletbeli szélkapu –, melyek, különösen a nyári félévben, szinte elviselhetetlen meleg-párás légtömegeket hajtanak észak felé. Ez a nyitottság azzal is jár, hogy ugyanilyen akadálytalanul gördül délnek a sarkvidéki nehéz-fagyos levegő, bár általában a partvidék előtt elakad, visszanyomja a mexikói melegáramlat. Nem ritka a napi 20 fok körüli hőmérséklet-ingadozás, ami ugyancsak megviseli a szervezetet. A forgószélek sem ritkák, csak ezek hurrikánok, amelyek nem a szárazföld, hanem az óceán felett keletkeznek. A 2005-ös esztendőről New Orleans, illetve a Katrina hurrikán





Óriások lábánál

jut az emberek eszébe, pedig szeptemberben óránként 280 km-es szelekkel érkezett meg Houston körzetébe a Rita, hogy menet közben 5-ös erősségűvé, minden idők harmadik legnagyobb forgószelvévé fejlődjön. Nem sokkal azután, hogy Houston 150 000, a Katrina elől menekülő embert fogadott be, már maga került bajba. A katasztrófa elhárítására tett lépések ezúttal – szemben mindazzal, ami New Orleansban történt – sikeresek voltak. Több mint két millió embert telepítettek ki, ez volt az USA történetének legnagyobb evakuálása. Különös figyelmet fordítottak a kórházak és az idősoththonok lakóira, Texasban ivóvíz-, élelem- és jégkészleteket halmoztak fel, a veszélyeztetett körzetekben mozgósították a hadsereget, a rendőrség pedig statáriumot hirdetett az esetleges fosztogatókra. Távolabb is készenlétbe helyezték a Nemzeti Gárdát, szükség esetén 300 000 ember indulhatott menteni. Okulva azon, hogy New Orleansban sokan azért nem hagyták el végveszély esetén sem otthonaikat, mert nem akarták magukra hagyni házi kedvenceiket, Houstonban mindenféle rendű és rangú „pet” követhette gazdáját, kutyaketrecek és macskakosarak utaztak a biztonságba. Civilek és állami szervek, mindenki segített mindenkinek. Amerika ezúttal a legjobb arcát mutatta.

A nyár meleg, nincsenek enyhülést hozó szakaszok, júniustól szeptemberig több mint száz napon át 32 °C fölé emelkedik a hőmérséklet, és jó párszor a 38 fokot is meghaladja. A hőérzet ennél is magasabb, mert a nyár jó részében a relatív páratar-

alom 90%. Még a ciklonokban sem lehet bízni, mert ezekben a hónapokban általában csak könnyű szelek fújnak, legfeljebb a Mexikói-öböl partvidékén és az ahhoz közel fekvő Galvestonban kibíráhatóbb az időjárás. A legmagasabb hőmérsékletet, 43 fokot 2010. szeptember 4-én és 2011. augusztus 28-án mérték. Mielőtt bárki azt mondaná, ez nem is olyan nagyon meleg, gondoljon az elviselhetetlen páratartalomra, s hogy szinte harapni lehet a levegőt. Kissé beljebb, Texas felsívatagos, száraz-meleg vidékein sokkal tűrhetőbb a hőség. Mintegy a nyári megpróbáltatásokért kárpótlásul a tél enyhe. A hó ritka vendég, emlékezetes 2004. karácsonya, amikor rövid ideig hallatlanul magas, 2,5 cm-es hólepel borította a várost. Sokat esik az eső, a csapadék évi átlaga 1260 mm; a mély, sík fekvésnek és annak köszönhetően, hogy a prérítalajok csak lassan szívják be a vizet, gyakran olyan a táj, mintha Velencében járnánk. Szerencsére nem minden év annyira csapadékos, mint a 2001. esztendő, amikor júniusban az Allison nevű trópusi vihar 1000 mm esőt zúdított Houstonra.

Sokat beszélnek az időjárásról – jegyezheti meg az olvasó. Meglehet, de nem ok nélkül, ami abban is megmutatkozik, hogy Houston a világ legklimatizáltabb városa. Minden épületben és minden járműben ott zümmögnek a légkondik. Jó amerikai szokás szerint maximumra állítva (a bölcseiben is!), mindenki krárog és náthás. Abban is szerepe van az időjárásnak, hogy magas a talaj menti ózontartalom. Ezen a téren Houston a városok ranglistáján a Top 10 között foglal helyet. És az sem véletlen, hogy az egyetemi lakótelepre költözőket kioktatják, ciklon idején mi a teendő. Mi szerencsések vagyunk, mert ugyan a telep könnyűszerkezetes épületeit egy kislány Rita is elfújna, de a közelben felhúztak egy ronda vasbeton parkolóházat, ami védelmet nyújtana...

#### Allenek városa

Los Angeles-szel erőltetett párhuzamot vonva mondhatnánk, ha az Allamokban van Angyalok városa, Houston még több joggal lehetne az Allenek városa. Igaz, a texasiak kevésbé örülnének a jenki névnek, és hát maguk a városalapító Allen fivérek nevezték el Sam Houston, a népszerű generális, majd Texas elnöke tiszteletére az újdonsült települést. A New Yorkból származó Augustus Chapman Allen és John Kirby Allen 1836 augusztusában kifejezetten abból a célból vásároltak meg a Buffalo Bayou partján egy közel 27 km<sup>2</sup>-es földdarabot, hogy ott várost alapítsanak. A névadásra még ugyanazon év szeptemberében sor került, és 1837 júniusában hivatalba lépett az első polgármester. Ettől az év-

től kezdve Harrisburg (ma Harris) megye székhelye, és az egy ideig önálló Texasi Köztársaság fővárosa. A tengerpart közelsége, illetve a Mexikói-öbölbe torkolló vízi utak gazdaságilag felértékelték a vidéket. Élénk kereskedelmi forgalom alakult ki a délebbre fekvő Galveston kikötője és Houston között; utóbbi Texas rohamosan gyarapodó vasúthálózatának a központja lett. Galvestont aztán 1900-ban elintézte egy hurrikán, ezért beljebb, Houstonnál alakították ki mélyjárású hajók fogadására alkalmas kikötőt. Kezdetben főleg gyapotot hajóztak be, majd megindult a kőolaj kitermelése.

A II. világháború – mint a történelem során annyi más háború annyi más helyen – fellendülést hozott. Felfutott a petrolkémia, a hajógyártás, a szintetikus gumi előállítás – de ekkor rajzolódott ki a Texas Medical Center kontúrjai is. 1948-ra megduplázódott a város kiterjedése. A fejlődés nem volt töretlen, de amikor az aktuális iparágak hanyatlani kezdtek, helyükbe lé-



Ötletes városépítészeti megoldás: víztükör a villamossínek között

pett más, vagy éppen egy régi újult meg. Így kelt új életre a petrolkémia, épült fel 1961-ben a NASA központja, melynek 1973 óta Lyndon B. Johnson Space Center a neve, lett egyre jelentősebb az orvosbiológiai kutatás és az energetikai ipar. A versenyre jellemző, hogy mint új fogyasztó, 17 áramszolgáltatótól kapunk ajánlatot – mindegyik több tucat „menüvel” jelentkezett –, és mobilon naponta le lehet hívni az aktuális fogyasztást és az áramdíjat. Nincs is túlszámlázás és vita.



**A Toyota Center 19 000 férőhelyes stadionja a Houston Rockets (NBA) otthona, időnként az All-Star Game színhelye. Az itt fellépő zenekarok, illetve művészek közül néhány: Paul McCartney, The Rolling Stones, Shakira, The Police, Stevie Wonder, Britney Spears...**

Ha minderre – és még sokkal többre – kíváncsi a turista, nem kell könyvekben utána lapoznia, a neten búvárkodnia, mert a középületek falán, a parkokban és szinte mindenütt információs táblák mesélik el az adott hely történetét. A kikötőkben még azt is megtudhatja, évente hány tonna vagy gallon rakomány érkezik, vagy indul.

#### Autópályán kívül és belül

Az Interstate 610 autópálya-gyűrűn belül emelkednek az üzleti negyed felhőkarcolói, és itt van a legtöbb kormányzati épület is. A repülőtérrel jövet a 2x4 sávú úton, jobb felől váratlanul tűnik fel a magas házak aránylag szűk területre szorult rengetege, a Downtown, a pályán túl meg mindenféle van, kertváros, külváros, bevásárló központ, repülőtérnyi autókereskedések, és itt is vannak szupermodern épületek. A város immár nem egyközpontú, többek közt felépült az Uptown, a Texas Medical Center, a Memorial Center és külön világ a sok nagy egyetem. A 610-es úton kívül óriási területet foglal el a családi házas övezet és a sok parkoló, és nem kevés a „nagy semmi” benyomását keltő térség sem. A sajátos várospolitika következménye az alacsony népsűrűség, meg hogy gyalogost, sétáló embert nem igen látni – legfeljebb kocogókat a parkokban –, de az is, hogy a legutóbbi pénzügyi válságot előidéző „ingatlanbuborékot” Houstonban nem fújták túl, így nem is pukkadtak ki. A „felhőkarcolós” körzetekben a sok ember meg légkondicionált járatokban közlekedhet, mint a termeszék. Downtown sok felhőkarcolóját az 1970-es években kezdték építeni. Köztük van a 305 méteres JP Morgan Chase Tower, a város és Texas legmagasabb épülete, melyet csak 1982-ben fejeztek be. 1983-ban készült el a 302 méteres Wells Fargo Plaza. Uptown legmagasabb épülete a 275

méteres Williams Tower, mely sokáig vezette a cityken kívüli felhőkarcolók világranglistáját. A negyed híres arról, hogy nagynevű építészek rajzolták meg kontúrjait. És gombaként nőttek ki az újabb alcentrumok, Midtown, Greenway Plaza, Memorial City, Energy Corridor, Westchase, Greenspoint, és az egyetemi lakótelep előtt, a játszótéren, úszómedencén, sportpályákon, parkokon és parkolókon túl sorakoznak a Texas Medical Centernek az amerikai arányokat tekintve középmagas épülettömbjei. Az egészségügyi, oktatási és kutatási non profit konglomerátumot 1945-ben alapították. Az intézmények száma jelenleg 54, van köztük

21 kórház, kutatóintézetek, nővérképzők és persze nem egy egyetem – MD Anderson Cancer Center, Baylor College of Medicine, UT Health Science Center (ahol pár éve „ideiglenesen állomásozunk”), Memorial Hermann Hospital, University of Houston College of Pharmacy, The Methodist Hospital, Texas Children’s Hospital... Szívgyógyászat, gyermekgyógyászat, rákkutatás, őssejt kutatás – csak néhány a Medical Center erősségei közül. Sehol a világon nem végeznek annyi szívműtétet, és nem dolgoznak annyian a sejtélettan kutatásokban, mint Houstonban. Akinek pedig elege van az amerikai életstílusból, két kerületben is egészen más világot talál: Chinatown és a Mahatma Gandhi District neve önmagáért beszél.

Neves eseményekben és rangos intézményekben bővelkedik a város. Akad köztük jellegzetesen amerikai, mint a márciusban 20 napig tartó Houston Livestock Show and Rodeo, a világ legnagyobb állatvására. Az NRG Stadionban, a világ első nyitható-csukható tetejű stadionjában tartják valóságos népünnepély keretében. És népünnepély az amerikaifutball, a kosárlabda vagy a baseball megannyi nagy összecsapása is. A rodeó meg a sportversenyek idején is családok ezrei kempingeznek a parkokban és parkolóknak, szinte mindenütt húst sütnek. Híres a Greek Festival, az Art Car Parade (amelyen fantasztikusan kifestett, feldíszített kocsik vonulnak fel), az Auto Show (ez a „normális” autószalon) vagy az USA öt legnagyobb művészeti fesztiváljának egyike, a Bayou City Art Festival. Nem hiába „Space Center” a város egyik beceneve, rengeteg látogatót vonz a Lyndon

B. Johnson űrközpont – az irányítóterem kisebb, mint azt az ember a filmek alapján hinné, ellenben a földre fektetett Saturn V rakéta döbbenetesen nagy –, és a számos veszélyeztetett állatfaj megmentésében tevékenyen részt vevő állatkert. Downtown helyet ad az összes nagy előadó művészeti ágának (Houston Grand Opera, Houston Ballet, Houston Symphony Orchestra, The Alley Theatre), itt van az USA második legnagyobb színház koncentrációja. A múzeumi negyedet évente több mint 7 millió ember látogatja, a természettudományi, a szépművészeti, a holocaust- és a többi múzeum anyaga gazdag. A George Bush Nemzetközi Repülőtér közelében van a temetési szokások, szertartások különös múzeuma, a National Museum of Funeral History. Kiállításait nem szívesen látogatnám túl gyakran...

#### Bábel tornyai

Kár lenne vitatni, hogy az USA „multikulti” ország. Még a legkonzervatívabb és „legfehérebb” államai is azok, ezért is áll távol az amerikaiaktól az Európában ebben a kérdésben időről időre fellángoló vita. Houston fejlett ipara, hatalmas kikötője és nemzetközi híru oktatási, valamint tudományos intézményei különösen vonzzák a bevándorlókat, és ezek jelentős része, mintegy 400 000 ember okmányok nélkül él a városban és főleg annak környékén. A felhőkarcolókban és azok környékén több mint kilencven nyelvet beszélnek, elképzelni is nehéz, hát még hallani és megérteni! A legutóbbi, 2010-es felmérés szerint a népességnek valamivel több, mint fele európai, és ennek is a fele spanyol származású. Ez durván két negyed, a harmadik negyed afroamerikai. Az ázsiaiak szám-



#### Múlt és jelen

aránya 6%, de gyorsan növekszik, míg az amerikai indiánok mindössze 0,7%-ot tesznek ki. A legkisebb jelenlévő népcsoportok közé többek között a csendes-óceáni szigetektől valók tartoznak (0,1%). 1970-ben még mindössze 0,4% volt az ázsiai, míg



a „hispanic or latino” népesség azóta meg-négszereződött, ellenben az afroamerikai kissé csökkent. A várost járva ugyan bárhol jó eséllyel találkozhatunk mindenféle nációval, de persze vannak körzetek, ahol egy-egy nagyobb etnikum vagy rassz – az amerikaiak sokkal általánosabban használják az utóbbi megjelölést, mint az európai kultúrantropológusok – koncentrálódik. Az egyetemi telep alapján egyenesen azt hihetnénk, hogy Houstonban javarészt kínaiak (japánok, koreaiak, vietnamiak...) és indiaiak (bangladesiek, pakisztániak, ceyloniak...) laknak. A kutatóintézetek néhány részlegén már nem is angolul, hanem kínaiul beszélnek. Magyarok hárman vannak, egy amerikai magyar, aki már nem beszél magyarul, egy kanadai magyar, aki nem akar magyarul beszélni, és egy magyarmagyar, a lányom. A sokféle kultúra, hagyomány, szokás akár zavaró is lehet, az emberek mégis tiszteletben tartják, vagy legalább is elviselik egymást. Korántsem reprezentatív „szociológiai felmérésem” szerint a kínaiak ún. intim szférája messze nem akkora –, ha úgy tetszik, semekkora –, mint egy közép-európai emberé (a skandinávokról nem is beszélve), ami számtalan összehölygésre adhatna okot. De ilyenre nagyon ritkán kerül sor, mint ahogy azért sem szólnak, ha valaki szétdobálja a papírhulladékot és az üres sörös dobozokat (ebben egy másik náció jár élen). Ha nem takarítanak állandóan a telepet, úgy nézne ki, mint valami dél-ázsiai város. De takarítják, rendben tartják, minden nap és egész nap. Az meg talán önmagában érdekes, hogy az ürközpont látogatóinak fele indiai, és kínait alig látni. A sokszínűséget az is jelzi, hogy 86 ország képviselőjében itt van az Államokban a harmadik legtöbb konzulátus.

Hatalmas ipartelepek és kikötők, maszszív bevándorlás, több százezer hontalan; az ilyen városok a bűnözés melegágyai. Az Államokon belül a 750 000 lakos feletti települések között Houston gyilkosságai rátája a hatodik, csak New York, Chicago, Detroit, Dallas és Philadelphia előzi meg. Az egyik helyi híresség is ebből a körből került ki: az 1970-es évek elején a városban és a közeli tengerparti helyeken működött a houstoni sorozatgyilkos, Amerika történetének „legeredményesebb” gyilkosa. De összességében az utóbbi években a bűnesetek számát sikerült 11%-kal csökkenteni. A mexikói határ relatív közelsége miatt különösen nagy problémát jelent a drogkereskedelem, és ugyancsak Mexikó, valamint a karibi szigetországok indukálják az embercsempészetet. Mindebből eddig semmit sem

tapasztaltunk, hacsak az nem üt szöveget az ember fejébe, hogy az amúgy körülkerített, éjjel-nappal őrzött és beléptető rendszerrel ellátott lakótelepen rendszeresen járőrözik az University of Texas „UT Health Police” feliratú fekete-fehér rendőrökcsija.

### A város peremén

Az eddig elmondottak után talán meglepő, hogy Houston zöld és virágos város, erre utal a „Magnolia City” becenév is. (Houstonnak vagy féltucat beceneve van.) Az USA népebb városainak egyikében sem




Galveston kikötője (A szerző felvételei)

találunk ekkora zöld területet. A 337 park közül leglátogatottabb a Memorial Park, a Lake Houston Park, a messze elnyúló Hermann Park, ahol az állatkert és a természettudományi múzeum is helyet kapott és a Sam Houston Park, amelynek különlegessége a néhány restaurált, az amerikaiak szerint szinte elképzelhetetlen régen, 1823 és 1905 között emelt épület. Nincsen olyan városi park, amelyben ne lenne tó, vagy ne kereszteznék vízfolyás. Teknőssel, madarakkal, beleértve a nagytestű gázlómadarakat is és mókussal mindenhol találkozhatunk. Meg kocogókkal és futókkal. (A csótányokat említeni sem érdemes, ezen az éghajlaton a könnyűszerkezetes épületekből kiirthatatlanok.) Hétféteken a parkokban csúcsforgalom van, az utakon alig férnek el a gyerekkocsik, a gyepen pedig a kempingező családok. A városban golfpálya is akad, nem is egy. A parkokba tilos behajtani, de megközelíteni általában csak gépkocsival lehet, ezért aztán a parkok melletti parkolók csaknem akkorák, mint maguk a parkok.

A szűkebb városhatáron túl a Parti-síkság a Mexikói-öböl és a vizes élőhelyek eldorádója, és egyúttal nagyjelentőségű madárrezervátum. Ősszel, de még inkább kora tavasszal a vonuló madarak pár napot pihenéssel és táplálkozással töltenek, mielőtt tovább repülnének. Rengeteg és sokféle madár nyüzsög itt ilyenkor, és majd’ annyi a távcsővel, madárhatározóval és jegyzetfüzettel felfegyverkezett ember – a britek

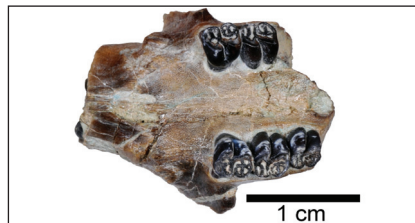
madármegfigyelő szenvedélye szemmel láthatóan átterjedt az Újvilágra. Télen is van mit nézni, nem megy el a védett és ritka barna pelikán, az árapály zónát ellepik a görbecsőrű partfutók és csigaforgatók, a magasban ragadozó madarak keringenek. A vizes élőhelyek jelentős része természet-szerűleg sósvízi, de vannak és kiemelten védettek az édesvíziek, melyek fokozottan veszélyeztetettek, területük fogyóban. A kevertvízűek kiterjedése időszakra időszakra változik, a mindenkori időjárástól, a tengerjárástól és különösen a nagyobb vihardagályoktól függően, melyek gátakat bontanak le, vagy éppen építenek. Vannak helyek, ahol belépődíjat kell fizetni, és vannak, ahol nem. Az állami parkokban – a „park” nem tévesztendő össze a mi városi szóhasználatunkkal, állami igazgatás alatt álló természetvédelmi területről van szó – a Park Pass ára 70 USD, ennek fejében a gépkocsinak és utasainak egy évig szabad belépésük van több mint 90 parkba. Mi több, akár horgászhatnak is. Ez bizony még akkor is nagyon kedvező ajánlat, ha – mint jelen sorok írása idején – gyengélkedik a forint. Az ilyesféle védett területek között tipikusan mondható a Brazos Bend State Park. Keletről a Brazos

folyó határolt, tavakkal és mocsarakkal tűzdelt vizes élőhely, amely azért dombokat is magába foglal, melyeken erdőfoltok díszlenek. Gyönyörűek a szakállzuzmóval borított örökzöld tölgyek (*Quercus virginiana*), és a sok őshonos pekán dió (*Carya illinoensis*). A yaupon magyal (*Ilex vomitoria*) bogoyóiból mámorító italt főznek, ez az igazi fekete leves (valóban így hívják). A kúszónövény mérges szörmörcének (*Toxicodendron radicans*) már a nemzetségneve is jelzi, hogy mérgező. Angol neve poison ivy, azaz mérgezősók, nem véletlenül hívták így Batman női ellenfelét. A tópartokon magas préri fű (*Schizachyrium scoparium*) hullámszik. A fák felett piros vállú sólymok (*Buteo lineatus*) cikáznak, a sűrűben amerikai ökörszemek (*Thryothorus ludovicianus*) bujkálnak. A tó sekély vízében vízi- és gázlómadarak halászgatnak, és persze nem hiányzik az ezen a tájon már megszokott attrakció – ha élhetek ezzel az ellentmondásos kifejezéssel –, a csukaorrúnak is nevezett amerikai vagy mississippi aligátor (*Alligator mississippiensis*). A szemele-nebbje keresztben az úton heverészik, és nem mozdul, ki kell kerülni. A túraösvények rövidebbje 30 perc alatt bejárható, a hosszabbak egy egész napot igénybe vesznek.

Ellenkező irányba, Houstontól északnak, északnyugatnak fordulva, lassan, szinte észrevétlenül emelkedik a térszín, és változik a táj. Austin felé tartunk, de ez már egy másik történet. 

## OREGONI ŐSHÓD

28 millió évvel ezelőtt élt ősi hódfaj koponyáját és fogait fedezték fel Oregon államban. A maradványok a John Day Fossil Bed látogatóközpont közelében kerültek elő a természetes erózióknak köszönhetően. A területen az eocén végétől a miocén végéig lerakódott üledékek tárulnak a látogatók elé. A *Microtheriomys brevihinus* névre keresztelt faj a ma élő hód rokona. Oregonban olyany-



nyira nagy tisztelet övezi a hódot, hogy az állam szimbólumaként még a zászlón is megjelenjen. A fosszilis faj a mai utódok méretének a felét sem érte el. A paleontológusok szerint az ázsiai hódokkal állt rokonságban, amelyek a Beringia földhídon keresztül érkeztek Észak-Amerikába körülbelül 7 millió évvel ezelőtt. A leletek alapján az őshódok kortársai háromjűjű ősllovak (Miohippus), hatalmas termetű disznók, kardfogú tigrisek, nyulak és kutyafélék voltak. Az ősi hód mellett 20 másik rágcsáló maradványait ismertették a most közölt publikációban, ami tekintélyes szám annak fényében, hogy eddig mintegy 100 emlősfaj maradványait írták le erről a területről.

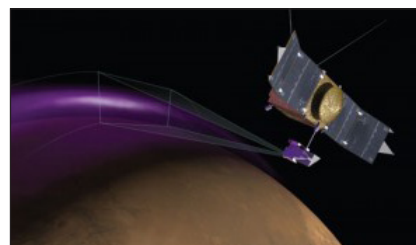
(*Annals of Carnegie Museum, 2015. május*)

## POR ÉS SARKI FÉNY

A NASA MAVEN űrszondája már fél éve kering a Mars körül, és vizsgálja a bolygó légkörét. Újabban két érdekes jelenséget is felfedezett, port és sarki fényt. A porszemcséket közvetett úton találja meg a szonda. Amikor egy nagy sebességű porszemcse eltalálja a MAVEN-t, akkor a szonda anyagának egy parányi részét ionizálja, ami megváltoztatja az űrszonda elektromos potenciálját, és milliszekundumos időtartamú elektromos jelet kelt. Ezt a jelet mutatja ki a Langmuir-szonda és hullámdetektor (LPW) a fedélzeten. Szeptember óta a MAVEN már 800-szor kerülte meg a Marsot, mióta az LPW-t bekapcsolták, rendszeresen detektálják a porszemcsék becsapódására utaló elektromos jeleket. A MAVEN pályája lassan körbefordul a Mars körül, így ki tudták mutatni, hogy a porbecsapódások akkor a leggyakoribbak, amikor a szonda a mindenkor terminátor (a helyi hajnal vagy alkonyat) környékén ereszkedik legközelebb a bolygó felszínéhez. A jelenség értelmezése még várat magára. Úgy tűnik,

hogy a por eloszlása nincs kapcsolatban az alatta elhelyezkedő felszíni formákkal, ami azért nem lepi meg a szakembereket, mert a porszemcséket általában 150 és 500 km magasságban észlelik, de néha még 1000 km-en is kimutatják. Nem zárják ki a szemcsék Marson kívüli eredetét sem, például származhatnak a Mars holdjaiból, szétporladó üstökösökből is, vagy a napszél is magával sodorhatja őket.

A Marsnak nincs a Földéhez hasonló eredetű és szerkezetű mágneses tere, csak egyes közeteiben található a régmúltból visszamaradt remanens mágnesség, elsősorban a déli pólus környékén. Ezért nem volt meglepő, amikor az ESA Mars Express szondája 2005-ben a déli félgömb fölött sarki fényt mutatott ki. Most viszont a MAVEN az északi félgömb fölött mutatott ki nagy kiterjedésű sarki fényt. A kutatók sejtése szerint az öt napon át tartó sarki fény éppen azért volt különösen nagy kiterjedésű, mert a Marson nincs olyan erős mágneses tér, amely a Napból érkező részecskéket a földihez hasonlóan viszonylag keskeny gyűrűbe koncentrálná. A feltételezés



**A NASA MAVEN űrszondája a Mars északi félgömbje fölött nagy kiterjedésű sarki fényt mutatott ki**

bizonyításához azonban további megfigyelések szükségesek. A sarki fényt létrehozó elektronok több tízezer elektronvolt energiájúak voltak. Korábban a déli félgömb fölött a sarki fényt kb. 120 km magasban figyelték meg, most az északi félgömb fölött – éppen nagy energiájuk miatt – a részecskék 50–100 km magasságig hatoltak le a légkörben. Bár a sarki fény a Földön is jellemzően 100 km körüli magasságban alakul ki, a szakemberek rámutatnak, hogy ez csak véletlen egyezés, mert a környezet, a légkör és a keletkezés mechanizmusa teljesen más a Föld, illetve a Mars esetében.

(*www.skyandtelescope.com, 2015. március 24.*)

## A NAPPALI FÉNY VÁLTOZÁSA ÉS A BIOLÓGIAI ÓRA

Ahogy az est közeledik, a nappali fénynek nemcsak az ereje csökken, hanem színe sötétebb kékre változik, ami a fény erejénél sokkal inkább közrejátszik a biológiai óra szabályozásában. Ezt angol kutatók bizonyították egerekkel végzett ki-

sérletekkel. Valószínűsíthető, hogy az időbeli változás embernél is hasonlóan szoros összefüggésben áll a nappali fény színének változásával.

A Manchesteri Egyetem kutatói Timothy Brown vezetésével kísérleti egereket vizsgáltak tanulmányukhoz, mégpedig úgy, hogy különböző fényingereknek tették ki az egereket. Bebizonyosodott, hogy a biológiai óráért felelős idegsejtek különösen érzékenyen reagáltak a fény színének sárgából kékre való változására.

További vizsgálatokban az egereket néhány napra mesterséges égbolt alá helyezték, melynek fényességét és színét először ugyanúgy változtatták, mint az igazi esetben történik. Az állatok testhőmérséklete az esti szürkület beálltával a várakozásnak megfelelően jelentősen emelkedett. Mivel az egerek éjszakai állatok, testük ebben az időben az elkövetkezendő éjszakai aktivitásra készült.

Am nem csupán a fény erejének csökkenése jelzi az állatoknak, hogy a test működésének be kell indulnia, hanem sokkal nagyobb hatással van a sötétkép szín felé történő színeltolódásnak. Amikor ugyanis a kutatók a mesterséges égbolt fényességét változtatták, a fény színét azonban nem, az állatok biológiai órája kiesett a ritmusból. A rágcsálók, szokásukkal ellentétben, a szürkület beálltával nem lettek aktívak, hanem csak közvetlenül sötétedés előtt – nappali-éjszakai ritmusuk felborult.

A kutatók szerint feltételezhető, hogy hasonló elven működik embereknél a biológiai óra vezérlése. Ezért a színes fényvel kiváltott ingereket az embereknél a nappal-éjszaka ritmusának megváltoztatásra lehetne használni. Ebből profitálhatnak például a váltott műszakban dolgozók vagy utazók, akik más időzónából érkeznek és az időeltolódás miatt szenvednek.

A szín és a biológiai óra vezérlésének összefüggéseit már évek óta felismerték. A kutatók felfigyeltek rá, hogy az intenzív kék szín embernél serkentően hat. További vizsgálatokat igényel azonban, hogyan hatnak a színváltozás finom árnyalatai az emberi szervezet ritmusára.

(*www.farbimpulse.de 2015. április 29.*)

## TALÁLKOZÁS A PLÚTÓVAL

A NASA New Horizons űrszondája 2006. január 19-én indult a Naprendszer pereme felé, elsődleges célpontja az akkor még a kilencedik bolygónak tartott, azóta úgynevezett törpebolygóvá „degradált” Plútó (a Plútó sorsáról és a New Horizons küldetéséről lásd a Természet Világa 2006. februári számát). Most, amikor csaknem tízévi utazásával mintegy 5 milliárd kilométer távolra jutott a Földtől, már csak hetek választják el minden idők leggyor-



sabb űrszondáját (első) célpontjától. A New Horizons július 14-én 11 óra 49 perc 58 másodperc világidőkor száguld el a Plútó mellett, az égitest felszínétől 12 500 km távolságban. A navigáció pontosságát érzékelteti, hogy a



**A hatalmas távolság miatt a New Horizons adását a NASA legnagyobb követőantennájával, a goldstone-i 70 méter átmérőjű parabolával veszik**

9,5 éves (5 millió perces) utazás után a találkozás időpontja legfeljebb 8 perccel tér el az induláskor tervezettől, az 5 milliárd km-es távolság ellenére a megközelítés távolsága csak 800 km-rel tér el a tervezettől.

A szonda 13,8 km/s sebességgel száguld át a Plútó rendszerén (a Plútónak ma már öt holdját ismerik a csillagászok). Eközben teljesen magára lesz utalva, hiszen a találkozó helyéről a rádióhullámok 4 és fél óra alatt érik el a Földet, ennyi idő alatt a New Horizons 220 ezer kilométert tesz meg, ami közel százszorosa a Plútó átmérőjének és tízszerese a Plútó és legnagyobb holdja, a Charon távolságának. A szondát irányító tudományos csoport a Johns Hopkins Egyetemen dolgozik, míg a szonda navigációját a NASA Sugárhajtás Laboratóriuma és az ugyancsak kaliforniai KinetX Aerospace cég végzi. A szondával a rádiókapcsolatot a NASA Mélyűri Hálózatának antennái tartják.

([www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com),  
2015. április 3.)

## ASZTEROIDA MANŐVEREK

A Földet becsapódással fenyegető kisbolygók elleni harc jegyében a NASA következő nagyobb küldetése céljaként már két éve egy kisbolygó eltérítését jelezte meg. Első lépésként ehhez egy nagyobb aszteroidából leválasztanak egy kb. 4 méteres darabot, és azt Hold körüli pályára vontatnák. A küldetés tervezett részleteit a közelmúltban jelentették be. A tervek szerint az űrszondát 2020 decemberében indítanák, az évtized közepére pedig a szikladarab már a Hold körül keringene, ahol két űrhajós személyesen is meglátogatná.

Ez egyébként a „B-terv”, a másik változat szerint egy egész kisbolygót tértettek volna el. Mindenesetre a „B-terv” „mindössze 100 millió dollárba kerülne, ami semmiség az indításhoz szükséges hordozórakéta (egyelőre) 1,25 milliárd dolláros (nak remélt) fejlesztési költségéhez képest. Az űrszondát ionhajtóművel tervezik felszerelni, ez napelemekkel elektromos áramot termel, amellyel ionokat gyorsítanak, azok kiáramlásának ellenhatása hajtja előre az űrszondát. Bár ez a meghajtás lassabb a hagyományos, kémiai hajtóműveknél, ám például a Dawn szonda esetében már jól vizsgázott, és a nagy tömegek (mint a sziklatömb) mozgatására hatékonyabban, kevesebb üzemanyag felhasználásával vethető be. (Ezzel egyúttal kipróbálnak egy olyan technológiát is, amely később alkalmas lehet a veszélyes kisbolygók pályájának megváltoztatására.) A szonda leereszkedne a kiválasztandó kisbolygóra, és ott megragadná a kiszemelt sziklatömböt.

Egyelőre három potenciális célpontot választottak ki a küldetés számára, közülük a legesélyesebb a 2008 EV5 jelű szenes kondrit, amelynek nagyon ősi felszíne lehet. A másik két szóba jövő célpont az



**A NASA jövő évtizedre tervezett szondája leereszkedne egy kisbolygóra, és ott megragadna egy kiszemelt sziklatömböt, hogy azt Hold körüli pályára vontassa**

Itokawa nevű, S-típusú (kőzetekből álló) kisbolygó, amelyet a japán Hayabusza szonda 2005-ben már felkeresett, illetve a Bennu kisbolygó, amelyik a NASA 2016-ban indítandó és 2019-ben odaérkező Osiris-REx küldetésének tervezett célpontja is.

Ha a küldetés sikerül, a szonda 2025-re retrográd, Hold körüli pályára állíthatja a zsákmányolt sziklatömböt. Ezt kereshetnék fel az amerikai űrhajósok a 25 naposra tervezett küldetésükkel (lásd az Orion űrhajóról szóló cikket a Természet Világa 2015. májusi számában). A tervek ambíciózusak, de a küldetés csak technológiai előkísérletnek fogható fel. A 4 méteres méretű égitestek szerencsétlen esetben is csak lokális katasztrófát okozhatnak – a

cseljabinszki meteorit 17 méter átmérőjű volt. Egy valóban globális katasztrófával fenyegető kisbolygó eltérítéséhez a technológiának még nagyságrendeket kell fejlődnie. Szerencsére egyelőre nincs tudomásunk ilyen fenyegetésről...

([www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com),  
2015. március 26.)

## FÖLDIGILISZTÁK ÉS RAGADOZÓK

Egy tanulmány szerint New England erdeiben az invazív földigiliszták veszélyes mennyiségű mérgező fémszennyeződést vesznek magukhoz, ami hozzájárulhat a velük táplálkozó madarak, kételtűek és emlősök pusztulásához.

A földigiliszták igen fontosak a szántóföldek és kertek talajának egészsége szempontjából, lazítják a talajt, termékeny ürléket bocsátanak ki, de károsíthatják is az erdők ökoszisztémáját. New Englandben invazívnek számítanak, mivel itt az erdők nélkülük alakultak ki. A 11 000 évvel ezelőtti jégkorszak miatt ugyanis az itt élő eredeti földigilisztafajok délebbre kényszerültek. Az elmúlt években az emberek hurcoltak be új fajokat Európából és Ázsiából horgászás, épületfa-kitermelés és kertészkedés során. A betolakodók ellenőrizetlen szaporodása miatt a tudósok aggódnak, hogy hogyan hat ez az erdő ökoszisztémájára.

A Dartmouth College és a University of Vermont kutatói Vermontban és New Hampshire-ben kilenc, erdővel borított területet elemeztek, és megállapították, hogy az európai és az ázsiai földigiliszták itt igen elterjedtek. Az erdei talajban nagy mennyiségű, emberi tevékenységből származó fémszennyeződés gyűlik össze, főleg a szén és az ólomzott benzol elégetése következtében. A kutatók szerint a földigilisztákban a ragadozóikra nézve potenciálisan toxikus mennyiségben halmozódik fel a fém, főleg az ólom és a higany. Az eredmények arra utalnak, hogy az invazív földigiliszták nagyobb szerepet játszanak a fémszennyeződés mennyiségének változásában az Egyesült Államok északkeleti részén, mint eddig gondolták. A kutatások szerint a behurcolt földigiliszták lehet a felelős a talajon táplálkozó madarak, kételtűek és még akár az emlősök szervezetében előforduló mérgező fémek magas szintjéért is New Englandben. A kutatás két fontos megállapítása, hogy a földigiliszták nem őshonosak az erdeiben, valamint, hogy negatívan befolyásolja az erdei talaj azon tevékenységét, hogy visszatartsa a szennyező fémeket a táplálékláncból.

([sciencedaily.com](http://sciencedaily.com), 2015. május 20.)

# Hirtelen szívhalál

## Beszélgetés Varró András farmakológus professzorral

**A** hirtelen szívhalálok nagy többségétől eltérően előfordulnak olyanok is, amelyek háttérben nem az arterioszklerózisos eredetű koszorúér-betegségek állnak. Ezekkel a nem gyakori, de éppen ezért nagy figyelmet kiváltó szívhalál(ok)kal foglalkozik Varró András, az MTA doktora, a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) Farmakológiai és Farmakoterápiai Intézet igazgatója. Ezeknek az eseteknek a mechanizmusát, kialakulásának élet-tani-kórleletani, illetve genetikai hátterét igyekszik kideríteni munkatársaival.

– *Mindannyian hallottunk olyan esetekről, amikor minden előzmény nélkül meghalt valaki. Ennek oka a hirtelen szívhalál is lehet.*

– A hirtelen szívhalál(ok) túlnyomó többségét, 80%-át a koszorúér, azaz a szív vérellátását biztosító vérerek megbetegedéseinek következményei okozzák. Én a hirtelen halál eseteinek csak azzal a mintegy 20%-ával foglalkozom, ami nem ebbe a kategóriába esik, ahol a háttérben nem feltételezünk koszorúér-betegség(ek)et. Az okok közé tartoznak olyan genetikai eltérések, amik a szív elektromos működését alapvetően befolyásoló úgynevezett szívizom-ioncsatornáknak (genetikai eltéréseinek, mutációinak) eredményei. A szívizom-ioncsatornák határozzák meg a szív említett elektromos tulajdonságait, normális funkciójuk nélkül a ritmikus szív működés vagy zavart szenved, vagy fenntarthatatlanná válik. Ha ezekben az ioncsatornában mutáció történik, akkor szívelektromos működés-zavarok jönnek létre, melyek eltérőek lehetnek az enyhétől a nagyon súlyosig. Az ilyen mutációkat a megfelelő klinikai genetikai technikákkal már ki lehet szűrni. Ha súlyos egy ilyen zavar, akkor már gyermekkorban előfordulnak rohamok, melyek leggyakrabban szívritmuszavarral, eszméletvesztéssel járnak. Ha ezek az eszméletvesztéses állapotok gyakoriak, akkor komoly esély van rá, hogy a szívritmuszavarok kamrafibrillációba, a legsúlyosabb szívritmuszavarba torkollnak. Ez pedig, ha nincs orvosi segítség a közelben – elsősorban elektromos defibrillátor –, halálhoz vezet.

– *Ezek az esetek azok, amelyeket olyankor tapasztalunk, amikor például valaki beleveti magát a hideg vízbe, vagy amikor*



**„A hirtelen szívhalál háttérben gyakran ioncsatornáinak zavarai állnak”**

*csörögni kezd az ébresztőóra és hirtelen felébred vagy megijed?*

– Igen. Illetve, ha bármily más váratlan esemény történik. Az ember nem tudja megérteni az okát, hacsak vérmintából vagy szöveti mintából a megfelelő genetikai analízissel valamilyen ioncsatorna-anomáliára fény nem derül. Ez az egyik terület, amit a klinikus kollegákkal együttműködve igyekszünk vizsgálni.

A klinikus partnereknek nagyon kiforrott genetikai szűrővizsgálatok állnak a rendelkezésükre, az ismert ioncsatornákon végigfuttatnak egy szűrőrendszert, és ha ott mutációt találnak, a gént izolálják, kifejezésre juttatják, és vizsgálják az ioncsatorna-funkció eltérését. Nagyon sokféle zavar mutatható ki ily módon. A leggyakoribbra hívnám fel a figyelmet, amit EKG-vel vizsgálni lehet, ez az úgynevezett QT-távolság, egy speciális EKG-marker megnyúlása. Akinél ilyet találnak, azoknak sokkal nagyobb az esélye a hirtelen szívhalálra, mint akiknél ez a marker normális. Sportorvosnál, körzeti orvosnál vagy rutin belgyógyászati-kardiológiai kivizsgálásnál ez nagyon gyakori szűrővizsgálat. Háttérben nagyon gyakran az említett ioncsatorna-mutációk vagy -zavarok állnak. A tudomány mai állása szerint jóval 10 föltt van

a különféle genetikai szindrómák száma, mert sokféle ioncsatorna működik a szervezetben. Ez általában semmilyen panaszt nem okoz, csak azt jelenti, hogy az ezzel a mutációval, eltéréssel született embernek sokkal nagyobb lesz az esélye a hirtelen szívhalálra (különösen, ha más, hajlamító tényezők is fennállnak), mint másoknak.

Hasonló jelenséget tapasztalhatunk többféle gyógyszeres kezelés esetében is.

– *Több gyógyszernek is van ilyen jellegű mellékhatása.*

– Igen, és erre ma már egyre jobban odafigyel az orvos. A sikeres gyógyszeres szívritmus-terápiának ez az egyik fontos korlátozó tényezője. Különösen izgalmas terület az, amikor nem is a szívre ható gyógyszerek mellékhatásaként jelentkezik az említett probléma. Az általános terápiás fegyvertárunkra gondolok, a nyugtatókra, az antihisztaminokra, melyek viszonylag enyhébb, az életminőséget korlátozó betegségekre hatnak, s melyekről kiderült, hogy rejtetten, mellékhatásként hatnak a szívizom bizonyos ioncsatornáira. Ezt korábban nem vizsgálták kellő alapossgal, de mára szigorú szűrőrendszereket igényelnek alkalmazni a gyógyszergyárak és hatóságok, hogy ilyen mellékhatással gyógyszerek lehetőleg ne kerüljenek forgalomba. Azonban ezt nagyon nehéz elérni, mert sokféle ioncsatorna létezik, és a szűrőrendszerek korántsem tökéletesek. Ezért sok olyan gyógyszer van ma is forgalomban, melyek, ha nem is nagyon erősen, de hatnak ezekre az ioncsatornára, és ennek eredménye egy enyhe szívelektrofiziológiai eltérés. Itt megint arra hívnám fel a figyelmet, hogy ennek legjellemzőbb tünete az EKG-n kiszűrhető QT-szakasz megnyúlása. Ha ilyen gyógyszert szed valaki, például szénanáthára, akkor adott esetben számolnia lehet ilyen típusú szív-elektrofiziológiai eltérésekkel. Ez a csekély QT-megnyúlás panaszt nem okoz, de ha nagy balszerencséje van az egyénnek, és a megnyúlás még más hasonló tényezőkkel is kombinálódik, akkor a szív ritmikus működése összezavarodik, és kialakulhat az ún. kamrafibrilláció, s bekövetkezhet a hirtelen szívhalál.

– *Ennek kiszűrési lehetősége nagyon izgalmas probléma a gyógyszeripar számára, mert a forgalomban levő gyógysze-*



reknél ez szerencsére rendkívül ritka, egy a tízezer és egy a százezer között mozog.

– Szerintem alábecsült ez az arány, mert sok esetet úgy zárnak le, mintha a halál oka szívizominfarktus lett volna, különösen, ha az egyénnek már korábban is voltak anginás, szívkoszorúér-szűkület okozta panaszai. Nagyon érdekes kutatási területe a farmakológiának és a kardiológiának olyan szűrőrendszereket kidolgozni, melyek a gyógyszerekről még piacra kerülésük előtt nagy biztonsággal kimutatnák, hogy járhatnak-e hirtelen szívhalállal. Ha egy ilyen gyógyszer a piacra kerül, és bizonyítható, hogy például egy szénanáthás beteg a gyógyszertől halt meg, akkor óriási kártérítés, esetleg a gyógyszer visszavonása várható a gyárra, ami milliárdos veszteség. Túlzottan is óvatossá vált ma a gyógyszeripar, és ha bármilyen ilyen gyanú van, igyekeznek a gyógyszert nem piacra juttatni. Személyes véleményem, hogy ezen változtatni kellene. Két irányba lehet vinni a dolgot. Az egyik az, hogy jobban megértjük a mechanizmust, ami a halált okozza. Ha meg tudjuk határozni, hogy melyik lehet az az egyén, akinél a

gyógyszer problémát okoz, akkor a gyógyszert nem kellene kivonni a forgalomból. Előfordulhatnak különféle táplálkozással, életmóddal, rejtett genetikai problémákkal összefüggő tényezők is, amikor a gyógyszer hasonló hatást válthat ki.

– Ez akkor válik igazán veszélyessé, ha több ilyen tényező kombinálódik, ugye?

– Kíváncsinos lenne olyan szűrővizsgálati rendszert kidolgozni, amelynek segítségével lehetőleg egyszerű, az egyénnek kényelmetlenséget nem okozó teszttel megállapíthatnánk, kinek írható fel az adott gyógyszer és kinek nem. Ha a szűrés hatékony lenne, sokkal több gyógyszert lehetne kifejleszteni, ami akár életminőséget javító, akár életmentő is lehet. De azt tudomásul kell venni, hogy minden gyógyszernek van valamilyen mérvű kockázata, mellékhatása. Talán azon is elgondolkozhatnánk, hogy ha egy gyógyszer használ egy betegségnél és tudjuk, milyen kockázattal járt az alkalmazása, kellő felvilágosítás után a betegre lehetne bízni a döntést, nem pedig a hatóságra, hogy vállalja-e ezt

az egyébként rendkívül alacsony kockázatot. Tehát nem arra gondolnék, hogy az ilyen kockázatot jelentő gyógyszert feltétlenül még a fejlesztés stádiumában „ki kellene iktatni”, mert ez lassítja a harcunkat a gyógyszeres terápiában a betegségek ellen.

– Sajnos időről időre előfordul, hogy egy-egy élsportoló, például futballista, olimpiikon minden előzmény nélkül összeesik és meghal a pályán, vagy akár otthonában, illetve sportpályán kívül. Nagyon sokan emlékeznek Fehér Miklósról, aki té-

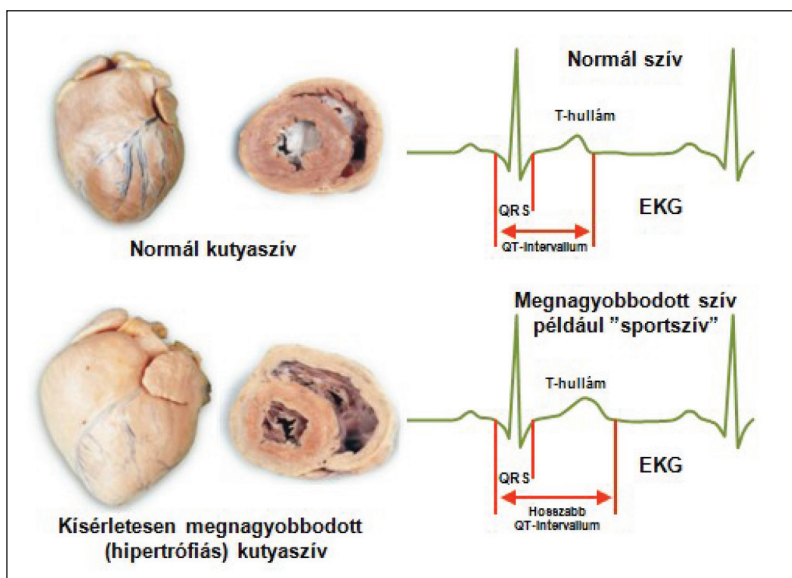
tudja látni pumpafunkcióját. Az volt a célja állatmodelleken dolgozó holland kutatók kísérleteinek még a 90-es évek végén, hogy olyan szívritmuszavar-modellt dolgozzanak ki, amikor az állatokon bizonyos gyógyszerek adása szinte kivétel nélkül szívritmuszavart, kamrafibrillációt okozott. Magyarán annyira érzékenyek voltak az állatok ezekre a gyógyszerekre, hogy kiválóak voltak laboratóriumi szűrővizsgálatra. Itt a szívizom megnagyobbodott, ún. hipertrófia következett be. Az élsportolókra gondolva tudjuk, hogy szívük megnagyobbodik, ez a sportszív. Ez teljesen normális élettani jelenség, a nagy teljesítmény igénye fejleszti ki, s ha az egyén abbahagyja a sportolást, visszafejlődik. Evvel semmi probléma sincs. Akkor azonban, amikor – s itt visszatérnék a kutyakísérletekre – sejt szintű elektrofiziológiai vizsgálatnak vetették alá a szívet, az EKG-n a QT-intervallum megnyújtó hatást tapasztaltak. Ennek van pozitív hozadéka: a sportoló az extrém követelményeknek eleget tud tenni, ugyanakkor egy kicsit növekszik a kockázata annak, hogy elektromos katasztrófa jön létre a szívében bizonyos

körülmények között. Ez a normális sportszívnél is előfordulhat.

Az is érdekes jelenség, hogy létezik egy hipertrófiás kardiomiopátiának nevezett genetikai eredetű szívbetegség, amely nem túl ritka, minden ötszázadik egyénnél megtalálható. Az esetek többségében nem annyira súlyos betegség, akár 70 évig is el lehet élni vele, fiatal korban pedig gyakran tünetmentes. A szív ultrahangos vizsgálatával ez a szívmeagnagyobbodás ugyan megállapítható, azonban ez élsportolóknál esetleg nem mindig különíthető el biztonságosan a sportolói szívmeagnagyobbodástól, a „sportszívtől”, amely egyébként normális egészséges következménye a szokásosnál nagyobb terhelésnek.

– Mi a döntő különbség?

– Az, hogy ha az egyén abbahagyja a sportot, a hipertrófia nem fejlődik vissza. Ennek kombinálódása a sportszívvvel már fokozhatja a kockázatot, és az adatok szerint a szerencsétlenül járt, hirtelen szívhalálban elhunytak 35%-ában van meg ez a betegség. Vannak olyan táplálékok, me-



**AZ EKG-n kiszűrhető QT-szakasz megnyúlása a jellemzője az olyan típusú szív-elektrofiziológiai eltéréseknek, melyeket mellékhatásként létrehozhatnak bizonyos gyógyszerek**

vékamerák előtt esett össze és halt meg. Egészséges emberekről van szó, s így a történetek sokak fantáziáját megmozgatják. Sokféle orvosi elképzelés van az esetekkel kapcsolatban.

– Azok a gyakorló orvos kollegák, akik látják a boncolás során vagy sportorvosi ellenőrzések kapcsán ezeket a sportolókat, gyakran leírnak különféle szívizomeltéréseket, melyekre vissza lehet vezetni a halált. Nem vagyok gyakorló orvos, nem lenne helyes, ha erről bármiféle véleményt mondanék. Nem kétséges, hogy ezeknek az eltéréseknek sok esetben köze van a hirtelen szívhalálhoz. Azonban a mi kutatásaink és az elméleti elképzelések felvetnek egy sokkal általánosabb mechanizmust is ennek hátterében, amely jelenleg nem több, mint egy érdekes, de még nem bizonyított munkahipotézis. Arra gondolnék, hogy itt az történhet, és erre állatkísérletes eredmények is utalnak, hogy amikor valamiért a szívfrekvenciát lelassítjuk, akkor a szívizom megnagyobbodik, hipertrofizál, és ez a megnövekedett szív épp hogy el



## Két új könyv a Börzsönyről

Jól emlékszem azokra a távoli évtizedek ködébe merülő időkre, amikor egyetemista koromban a Börzsönyről tanulván, annak minden látni-és tudnivalója az elérhetetlenségek körébe tartozott. Sem a közlekedési lehetőségek, sem a könyvtárak nem könnyítették meg a bővebb információhoz való jutást. Ezért leginkább az olyan előzőekben elhangzott előadások szolgálták megjegyezni valóul, mint amit a mindentudó *Láng Sándor*, *Székely András*, *Kiss János* és *Soó Rezso* professzoroktól (és kollégáiktól) hallottam. Az ő útmutatójuk csegett később a fülemben, amikor magam is a Börzsöny szerelmesévé váltam. A két kötet tehát, aminek legfontosabb adatait alább megadtam, nekem már kevésbé vezérfonal, sokkal inkább emlékeztető. Méghozzá küzdelmesen-fájdalmasan, de leginkább örömmel megszerzett tudás emlékeztetője. Aki azonban még csak ott tart, mint jómagam is sok-sok évtizeddel ezelőtt, szóval a mai tanulni vágyó fiatalok rendkívül hasznos segítséget vehet a kezébe. Ráadásul szinte mindent együtt, egyszerre. Vagyis műfaját tekintve mindegyik kötet tájmonográfia. A múzeumi kiadványban 14, az erdészeti 36 szerző szerepel, de a két kötetben közös szerzők is találhatók. Ez így is van rendjén, hiszen mindegyik könyv a Börzsöny erdőire helyezi a hangsúlyt. Persze az erdő fogalmába nagyon sok „nem erdő” vonatkozású dolog is befér. Ezért a szigorúan természettudományos bevezetések után nem csak az erdők jellegéről, fejlődéstörténetéről, gyakorlati hasznáról esik szó, hanem az erdő és az ember sokszínű kapcsolatáról is, kiváltképp a Börzsöny lakóira célozva. Ezek között olvashatunk a történelem előtti és történelmi idők embereiről, a településekről, a turizmus itteni történetéről, és a mai ember természethez kötődésének lehetőségeiről is. A múzeumi kötet fontosnak tartotta a Börzsönyt körbefogó Ipoly-Duna kapcsolatáról, illetve más börzsönyi vizekről is ími, hiszen ezek a természetföldrajzi elemek is a táj részesei.

A kötetek kiemelt érdeme, hogy mindegyik bőséges irodalmi tájékoztatást nyújt, hogy a szerkesztés jóvoltából jól áttekinthető, és hogy színes térképek, dokumentumok és gazdag illusztráció színesíti. Ezért kiemelt helyük van a természetet szerető emberek könyvespolcán.

*A Börzsöny Múzeum Baráti Köre kiadásában: A Börzsöny erdői és vízei (Börzsönyvidék 5.). Szerkesztette: Fésű József György és Hála József; Szob 2014.*

*Az Ipoly Erdő Zrt. Balassagyarmat (2014) kiadásában: Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Szerkesztette: Bartha Dénes, Nagy László és Oroszi Sándor.*

SZILI ISTVÁN

lyek hatóanyagai ugyanis nagyon enyhén befolyásolhatják az ionscatornák működését. A grépfrút például a gyógyszerek – így a korábban említett antihisztaminok – lebomlását lassítja. Német kutatók leírták, hogy a grépfrútnak ezen kívül van ionscatorna-gátló hatása is. Tehát, aki grépfrútlevet iszik nagy mennyiségben és más, említett kockázati tényezője is van, fokozottabban veszélyeztetett. Egyébként a szójának és a kinintartalmú táplálékoknak (például a toniknak) is lehet hasonló hatásuk, és még esetleg más, eddig nem vizsgált élelmiszereknek is.

A másik érdekes dolog a dopping. A közismertebbekhez, az anabolikus szteroidokhoz testépítő szalonokban is gyakran hozzá lehet jutni. Ezeket izomerő- és izomtömeg-fokozásra használják. Bár itt csak kezdeti eredményeink vannak, feltételezhető, hogy ez a szer nemcsak a vázizom mennyiségét és nagyságát fogja fokozni, hanem a szívizomét is, mert a kettő rokon szövetfeleség. Ha valaki dopping-szert szed, ezzel hozzájárul a szívizom-megnagyobbodáshoz, s így segíti a szív hipertrofiás (megnagyobbodás) kialakulását. Tehát feltételezésem szerint ezeknek a doppingszereknek ilyen hatása is lehet. Nehéz elképzelni, hogy valaki azért haljon meg a sportaktivitás közben, mert összeomlott a keringése, s így vérellátási zavar lépett fel nála. Az állatvilágban, amelyből kifejlődünk, ilyen nem nagyon ismert jelenség. A róka is és a nyúl is a legnagyobb sebességgel fut üldözés, illetve menekülés közben, s ha valamelyikük nem bírja a tempót, muszáj lelassítania, de nem puszta el. Már csak ezért sem valószínű, hogy a sportoló keringés-összeomlás miatt hal meg, mert a hirtelen sportolói szívhalálók kevés kivétellel nem a csúcsteljesítmény elérésekor fordulnak elő.

– *Fehér Miklós – félreértés ne essék, nem a dopping kapcsán említjük – esetében sem futás közben történt a baj, hanem miután megállt és a bíró kiállította.*

– Ez is arra enged következtetni, hogy nem vérellátási, hanem elektromos zavar lehet a háttérben. Ezt sok hajlamosító tényező együttjárása okozhatja. A gyógyszerek jelentős részét, melyek az elmúlt évtizedek előtt születtek, nem vizsgálták még ki alaposan a szív elektromos működését illetően, így nem is igazából tudjuk, melyik hat az ionscatornára. Az is lehet, hogy a sportolónak nagyobb a szíve a normálisnál, grépfrútdziszt ivott, szénanáthára antihisztamin szed, sérülésre fájdalomcsillapítót, esetleg még kardiomiopátiája is van, s ha mindezek mellett a létrejön egy kiváltó esemény, úgynevezett szikra vagy trigger, ami a szívritmuszavart kiváltja, lehet, hogy azon a napon, amikor mindez együtt van, véget ér az élete. Ez a szikra

általában egy, a rendszerestől eltérő szívütés, amelyet extraszisztolának nevezünk. Még a legegészségesebb embernek is van 24 óránként néhány, a ritmusostól eltérő szívütése. Ha ez a rendszertelen ütés kedvezőtlen pillanatban éri a szívet, a feltételezés szerint akkor jön létre e fatális szívritmuszavar.

– *Ez magyarázza azt is, hogy miért ritka ez az esemény még akkor is, ha megvan hozzá az illető érzékenysége.*

– De azt is, hogy ha ez a „szikra” kedvezőtlen időpontban éri a szívet, akkor az első tünet halál is lehet. Ez a magyarázata annak, hogy a látszólag tünetmentes ember, akinek az EKG-ján sem látszik semmi, egyszer csak összeesik. Ha ezeknek a szikráknak a gyakorisága elkezd növekedni, az egy érzékeny szív esetében növeli a hirtelen szívhalál kockázatát. Tehát minden olyan dopping-szer, ami közvetlenül növeli a szívizomerőt és a szívfrekvenciát, ilyen kockázatot jelenthet.

Ezért veszélyesebb az amfetaminszárma- és minden olyan behatás, ami szimpatikus izgalommal jár. Úgy tűnik, minél jobban megértjük ezt a területet, annál jobban elébe tudunk menni a hirtelen szívhaláloknak. Munkatársaimmal többen is ezeknek a feltételezéseknek a vizsgálásával és annak kritikus elemzésével foglalkozunk, hogy mennyire lehet ezeket a feltételezéseket állatkísérletes úton vagy emberi reakciókat megfigyelve igazolni vagy cáfolni. Ha ezekben előre tudnánk lépni, annak gyakorlati haszna lenne. Egyszerű EKG-vizsgálatokkal előre lehetne valószínűsíteni a genetikai eltéréseket már gyermekkorban is, hiszen ezek veleszületett tényezők. Ám, ha ezekre megfelelő szűrő módszert ki tudnánk fejleszteni, a veszélyeztetett gyerekeket ki lehetne szűrni, oda lehetne rájuk figyelni, rámutatva, milyen életmódot ne válasszanak, mert az a kockázatot tovább fokozza. Súlyosabb esetben olyan gyógyszereket is lehet adni ezeknek a gyerekeknek, fiataloknak, melyek ezt az elektrofiziológiai zavart ellensúlyozzák; még súlyosabb esetben beültetni olyan elektromos készüléket, mely a defibrillációt, ha jön a roham, kivédi. Mindez a terápia szempontjából fontos.

A gyógyszerkutatásban pedig kívánatos lenne olyan gyógyszervizsgálati rendszert kidolgozni még a gyógyszerfejlesztés állatkísérletes szakaszában, ahol sokkal reálisabban tudnánk felmérni a kockázatot, s nem kellene annyit, esetleg kiváló gyógyszert a szemétdombra dobni azért, mert a jelenlegi szűrőrendszerek miatt túl óvatosak vagyunk.

Az interjút készítette: FARKAS CSABA



# Ha a balatoni magaspартok mesélni tudnának...

## A Pannon-tó

### Második rész

...akkor bizonyára számos legendát és történetet mesélnének az arra járóknak. Talán azzal kezdenék, hogy saját maguk, a Balaton medencéjének partjait szegélyező löszfalak létezése is csupán legenda, mivel ezek a közel függőleges magaspартok nem löszből állnak, hanem az egykori Pannon-tó partján lerakódott üledékekből épülnek fel. Megismerhetnénk a kenesei tatárlikák mondait, a barlanglakó Lóki Vendel történetét. Meghallgathatnánk a balatoni kecskekörmök legendáját, melyek tudományos magyarázata szintén 8 millió évvel ezelőtre, a Pannon-tó partjára repít vissza minket. S azt is megtudhatnánk, hogy az egykoron a Balaton partjáig lenyúló partfal hogyan okozott 1914-ben vasúti szerencsétlenséget.

A balatoni panorámához szorosan hozzátartoznak a magaspартok: Tihanynál, majd Füzfőtől Kenesén és Akarattyán át kisebb-nagyobb megszakításokkal egészen Fonyódig meredek, viszonylag állékony falakat alakított ki a Balaton hullámverése a vízszint szabályozása és a parti védművek megépítése előtt. Ezeket a néhol 80 méteres magasságot is elérő partfalakat a közhiedelemmel ellentétben nem a jégkorszak száraz szelei által szállított és kiülepedett porból álló lösz alkotja – ez általában csupán a falak legfelső egy-két méterére igaz. Nagyobb részük a cikksorozat előző részéből megismert Pannon-tó sekély, hullámveréses vízében, csendes öbleiben, a partot kísérő, folyómedrekkel, mocsarakkal tarkított partján lerakódott üledékekből áll.

A körülbelül 9,5 millió évvel ezelőtt még szinte a teljes Kárpát-medencét kitöltő Pannon-tóba északkelet és északnyugat felől hatalmas folyók ömlöttek, melyek a bennük szállított óriási mennyiségű

#### Aliga egykori partlakói

(Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)



gü hordalékból deltákat építettek. A tavat apránként feltöltő, dél felé előrenyomuló delták körülbelül 8–9 millió évvel ezelőtt

érték el a jóval később létrejött Balaton környékét. A deltaágak közötti nyílt tavi térszín fokozatosan feltöltődött, majd kiédesedett, végül elmocsarasodó öblök alakult ki. A tó vízszintjének ingadozásai miatt ez a ciklus sokszor ismétlődhetett: a nyílt vízi körülmények visszaálltak, majd újra feltöltődtek az öblök, az így kialakuló mocsarakat pedig újra és újra elöntötte a tó vize.

Ezeket a 4–8 méter vastag, szürke-tarka agyagokból és a köztük lerakódott különböző szerkezetű homoktestekből álló üledék-ciklusokat jól megfigyelhetjük a tihanyi Fehéparton, a kenesei Fánccséroldalon vagy Akarattyán, a Csittény-hegyen. A viszonylag gyengén kötött, világosszürke, fehér kőzetliszt- és finomhomok-sorozatok a tó sekély vizében, az ezeket tagoló sötét színű, szervesanyagban gazdag rétegek mocsári környezetben keletkeztek.

Ha szeretnénk közelebről is megismerkedni a magaspартokat felépítő üledékekkel, akkor Kenesére utazunk, ott érhető el legkönnyebben a partfal. A kenesei Tátorján tanösvényen felfelé haladva, a meredek fal tövében keskeny ösvény indul, nagyjából szintesen, amelyen végighaladva megkövült homokfodrokat láthatunk. A tanösvény vezet el a magaspарт oldalába vájt barlangokhoz, a tatárlikákhoz is. Összesen kilenc barlangot rejt a partfal, melyekben a legendák szerint a helybeliek először a tatárok, majd a



#### Magasfal Akarattyánál

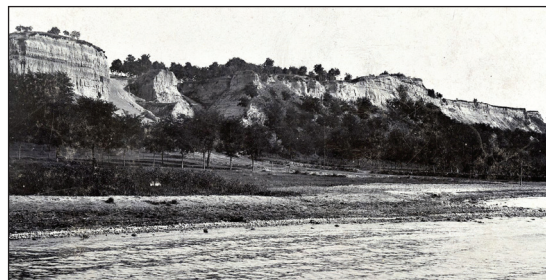
(Cholnoky J. felvétele – Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)

törökök elől menekülve találtak menedéket. Amikor a háborús időszakok után lakás nélkül maradtak a szegény családok, akkor laktak is ezekben. Az öt szintben elhelyezkedő lakások némelyikét még az 1900-as évek elején is használhatták.

A tatárlikákhoz kapcsolódik a kenesei halász, Lóki Vendel mondája is: abban az időben, amikor még a Balaton a partfalak lábáig ért, a magaspарт alatt állott a halász tanyája: telkének egyik kerítése a hatalmas agyagfal, másik a végtelennek látszó víz volt. Egyik ősszel a vihar elsodorta vályogházát és családjával együtt a

#### Kenesei magaspартok

(Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)





tatárlíkokban húzta meg magát. Megelégedett sorsával, szépítgette lakhelyét, s a következő nyáron nekiállt a „házát” bővíteni. Miközben a szoba fenekét mélyítette, megcsikordult a fejsze és a barlang padlójából egy öreg vasládika került elő, színültig tele arany- és ezüsttérmeccel. A kincset a becsületes halász odaadta a kenesei bírónak, mondván: „A föld, ahol kiástam, nem az enyém, azok a barlangok minden időben a falu szegényeié voltak. Úgy hiszem, akkor ez a pénz is őket illeti.”

A monda úgy kezdődik, hogy „amikor még a Balaton a partfalak lábáig ért...” Ez arra utal, hogy az elmúlt évszázadokban a magaspart nagy változásokon esett át. A napjainkban közel függőleges partoldal régen enyhén lejtett és kinyúlt egészen a Balatonig. A vízszint is magasabb volt, csupán a Balaton 1861-es lecsapolása után húzódott vissza a víz 200–300 méterre a partfaltól. Ma már



**Földcsúszással elnyomott ház Aligán** (Lóczy L. felvétele – Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)

kövezett part védi a hullámzástól a partfalakat is, de addig, amíg a Balaton szabadon terjeszkedett, a víz könnyen elérte a magaspartokat, amelyeknek az alja átnedvesedett, meggyengült és gyakran nagy felületen leomlott.

1914. május 11-én egy ilyen látványos csuszamlás vasúti szerencsétlenséget is okozott. A Veszprémi Hírlap május 17-i száma így számolt be a történetekről: „Ott ahol a vonat kanyarogva halad Balatonalmádi felé, a kislegelői itató táján, Balogh Tibor mozdonyvezető ébersége nélkül gyászbaborító katasztrófa tenné emlékezetessé azt a sík mezőt, amelyen ma a lezuhant homokpart... halmozódó tömbjei 250 méter hosszban húzódnak a

vízben. Hétfő délután az 1112. számú személyvonat ötpercnyi késéssel indult Balatonkeneséről Tapolca felé. Ez a késés és a mozdonyvezető figyelme volt a Gondviselés oltalma, mely a rendes menetsebességgel haladó vonat utasait a pusztulástól megmentette. ... A mozdonyvezető a partoldal most lombosodó erdeje felé tekintett s így észrevette a lezuhanó magaspart porfellegét. ... A mozdonyvezető a vonatot kitelhető gyorsasággal megállította, a fűtőt letaszította s maga is nyomban ugrott s az utasokat hangos kiáltással kiszállásra figyelmeztette. A megmozdult hegyoldal a vasúti pályát félretolta, a mozdonyt, a szer- és kalauzkocsit felborította. Emberéletben nem esett kár, csak a MÁV szenvedett tetemes károsodást.”

500 000 m<sup>3</sup> földtömeg csúszott le a Balaton felé, amely a vasutat 40 méterrel tolta el, s a vonatot a vízbe csúsztatva. Szerencsére a földmozgás lassú volt, ezért tudta a mozdonyvezető az utasokat kiszállítani. A helyreállításnál a vasúti pályát a Balatonhoz közelebb vitték, de mivel a talajmozgások folytatódtak, ezért a nyomvonalat többször is módosították. Végül az 1960-as években a vasutat 3 km hosszan, a parttól 60–70 méter távolságban, a Balatonba természetből készített új töltésre fektették. A

**Balatoni kecskekörmök, azaz *Congeria unguilacprae*-maradványok** (Péro Cs. felvétele)



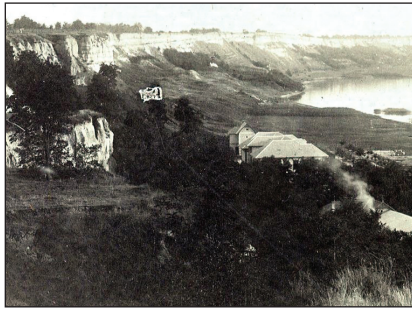
**Balatonaliga fürdőtelep** (Lóczy L. felvétele – Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)

töltés védelmére hullámtörő gátat építettek és a part és a töltés közötti területet homokkal töltötték fel. Egy-egy csapadékosabb időszak után még ma is előfordulnak a területen csuszamlások, de már jóval kevesebbszer és ezek jóval kisebb méretűek.

A hajdani partfalomlásoknak köszönhető a Balaton egy másik híres legendája is. A néphagyomány szerint régen a Tihanyi-félsziget lakatlan volt, csak egy vén banya élt ott, aki a gazdag tihanyi réteken legeltette kecskenyáját. Nagyon büszke volt jól táplált, egészséges állataira, és meg volt győződve arról, hogy neki van a legszebb nyája a világon. Egy napon fiatal pásztorlányka jelent meg a félszigeten, aki pompás kecskenyáját legeltetett: az állatok bundája és szarva aranyból volt, a patájuk pedig márványfehér. A banya elhatározta, hogy megszerzi magának a csodás nyáját. Egyik nap a pásztorlányka a parton ült, kecskéi pedig távolabb legelésztek. A banya kihasználta az alkalmat: befogta az ökreit és mély barázdát húzott a lány köré, hogy elválassza a nyájától. Ekkor azonban szörnyű vihar kerekedett, a Balaton hatalmas hullámai elárasztották a partot, és a lányt magukkal sodorták a megvadult hullámok. Utolsó erejével még magához hívta a kecskéit, akik úgy rohantak bele a háborgó vízbe, hogy még a banyát is magukkal sodorták. A pásztorlányból tündér lett, aki még sokáig feltűnt a tihanyi ligetek tisztásain, a kecskék viszont a vízbe veszttek, márványfehér körmeiket pedig időnként partra veti a víz.

Ezek a „márványfehér körmök” valójában a Pannon-tóban egykoron élt jellegzetes kagylók, a *Congeria unguilacprae* le-





### A part felülről

(Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)

koptatott búbjai, melyek megtalálhatók a magaspartok üledékes rétegeiben. A korábban gyakori partfalomlásokkal nagyon sok ősmaradvány, köztük *Congeria*-héj került a Balatonba, ahol a hullámvérés lekoptatta őket és „kecske-körmökként” partra sodródtak. Leggyakrabban a Tihanyi-félszigeten találkozhatunk velük, ahol a Gödrösben, a Barátlakásokhoz vezető út mentén még ma is nagy számban gyűjthetők az eredetileg magukba záró pannon-tavi rétegekből.



### Magaspart Aligánál (Lóczy L. felvétele – Magyar Nemzeti Múzeum, ELTE-letét)

A Pannon-tavat bemutató sorozat utolsó részében lemerülünk az egykori tó mélyére, és megtudjuk azt is, hogy mi mindent köszönhetünk a tóban egykoron lerakódott több ezer méter vastag üledékes rétegeknek.

## Irodalom

- Goór J. 2013: Kenesei barlanglakók. Balatonkenesei Hírlap, XXV/6, 22.
- Haas J. (szerk.) 2010: A múlt ösvényein – Szemelvények Magyarország földjének történetéből. A Magyarhoni Földtani Társulat kiadványa, Budapest.
- Horváth F. 2005: A hazai vasútvonalak alépítményeinek építési hibái. II. rész. Közlekedéstudományi Szemle, LV/7, 263–273.
- Schilmayer F. 1998: Balatonparti veszélyek... Új Almádi Újság, 1998/IV, 2.

# A bácskai Kígyós-vízfolyás

NEBOJSZKI LÁSZLÓ

„Ez kissé állandóbb vizű, mint a Bácskában található sok más ér. – Felső sz. Ivánból (Felsőszentiván)<sup>1</sup> és Csávólból (Csávoly) ered két ágban, melyek délfelé haladva Bikity (Bácsbokod) előtt felfüton egyesülnek, és Bikityen s Borsodon (Bácsborsód) át Rigica (Regöce) felé sietnek.

Egy másik ér, amely Mateovics (Mátételke) és Almás (Bácsalmás) határában keletkezően délre halad, Madaras alatt a Jezer tavat alkotja s Madaras alatt nyugatra fordul, Katymár alatt is délnyugatra halad, míg a korábbi Rigica (Regöce) előtt az említett Kígyós-sal találkozik. – Az így megerősödött Kígyós számtalan kis mocsarat és kiterést képezve délnyugati irányban halad tovább Koluth (Küllöd) felé, a koluti tavon átmenve Bezdan felé megy tovább délre, és végre egy ássott csatornába Bortány (Bartány) pusztában Monostorszeg (Bácsmonostor) és Zombor között a Ferenc csatornába szakad.” – írta le a XX. század elejének megfelelő állapot szerint Iványi István a vízhalózatot<sup>2</sup>, amelynek múltbeli, jelenlegi és várható jövőbeni sajátosságait tekintjük át cikkünkben.

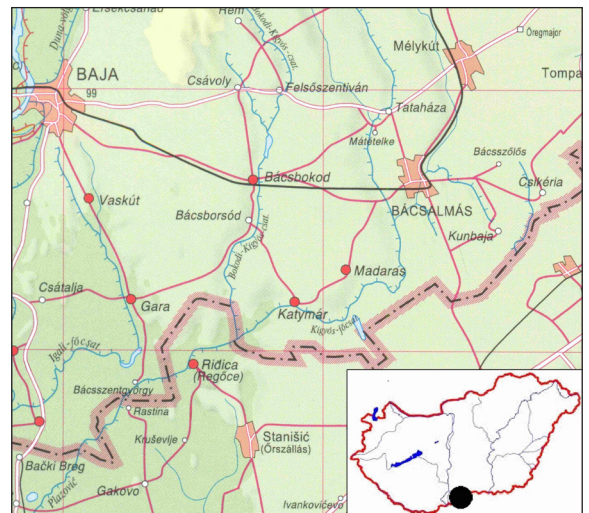
### A vízrendszer a XI. századtól a törökök megjelenéséig

Györffy György a Magyar Királyság egykori Bodrog vármegyéjét három tájegységre tagolta: a Duna mellékén vizekben bővelkedő mezőségre, a Tiszánál mocsaras parti sávra és a kettő között meredek peremmel határolt löszhátság-ra. A Duna és a perem közötti terület legjellemzőbb vízrajzi képződményének az Anonymus Gesta Hungarorumában említett Vajas-folyót tartotta, amely abban a korban a Kalocsához közeli Foktő-

1 A továbbiakban a zárójelben a települések ismertebb, ma használatos nevét adjuk meg.

2 Iványi István 1909. II. kötet 133-134.

nél ágazott ki a Dunából és annak mellékágaként mintegy 150 kilométer után Bács térségében tért vissza a folyóba. A kapcsolódó holtágak az ország legkiválóbb halastavai közé tartoztak, ennek megfelelően jelentős értéket képviseltek és sokan törekedtek megszerzésükre. A



A Kígyós-főcsatorna a mellékágakkal és a magyar-szerb országhatárt többször átmetsző szakaszaival

Vajastól keletre számos lefolyástalan tó és mocsár létezett, közöttük csapadékos és belvizes időszakokat követően alakult ki összefüggő víztest, amely lassan megindult a terepesés irányába. Az így képződött folyóvölgy felső szakasza volt az Aszó, amelybe Lengyelnél (később Lengyen majd Ölegyen, Katymártól nyugatra) észak felől érkezett mellékágként a Nádágy; a vízfolyás szétterülő alsó szakaszát Széknek nevezték: a leírtak adták a mai Kígyós-vízrendszer őst.

A Vajasnak és mellékágrendszerének halászata mellett hasonló haszonvétel jellemezte az Aszó, a Nádágy és a Szék vizét is, ezen túl környezetükben a tatárjárásig jelentős volt a földművelés. A tatárok dúlása közben a bodrogi mocsarak hódítók számára ismeretlen részei a lakosságnak bűvőhelyet, a halakban gazdag vidék pedig élelmet biztosított. Mindezek mellett a nehéz idők végére jelentősen csökkent a tájon élők száma és betelepítések váltak szükségessé. A későbbiekben egyre jelentősebbé vált a nomád állattartás.

IV. Béla király a tatárok elvonulása után az ország erősítésébe kezdett, így Bodrog várát is erősítették. A vármegegyében élő nemesek közül a hatalmasabb birtokokon várat építettek, közéjük tartozott a mai Kigyós-vízfolyás keleti partjának közelében, a Monostorszeghez (Bodrogmonostor, Bácsmonostor ma Szerbiában) tartozó Kozorai-erdő déli részén Barthán- vagy Bortánypusztán ké-

gati irányban, Monostorszeg határában névmegjelölés nélküli várrómot jelzett. A település legidősebb sokác lakosa tudott Bortánypuszta határrész várfalakra emlékeztető sáncairól és vállalta a hely megmutatását. Donoszlovits és társai meg voltak győződve arról, hogy Bortány csak Bodrog lehet. A lelkes csapat megfelelő szerszámokkal felszerelve indult az expedíciós bejárásra.

„A Kigyós éren kétszer átlábolva, az erdőben ide s tova barangolva – emberünk vezetése alatt a várróm, illetve a földhányáshoz megérkeztünk. Az öröm leírhatatlan volt. Háromszoros üdvözléssel köszöntöttük – kalap emelve a szótót elénekeltek.

A várróm fekszik a bezdáni erdő déli oldalában, az ugynevezett Szemző szálástól az erdőbe vezető dűlőtől jobbra – a műttől pedig vagy 2–3 dűlőnyire balra. Várrómnak alig mondható, inkább nagy földhányásnak. De köépitmény volt a szanaszét heverő kő- és tégladarabok után itélve. Hossza, – észak-déli irányban 35–40 öl, szélessége – kelet-nyugati irányban 10–12 öl.<sup>76</sup> – szól az eredeti h iradás részlete (előbbi méret nagyjából 66–75, utóbbi 19–22 méter).

A vármegegye múltjával és helytörténetével foglalkozók legott reflektáltak a Bácska folyóiratban megjelent cikkre.

Steltzer Frigyes szerint Bartány faluról van szó és a romokat templomnak vagy gazdag ember erődített magánlakásának tartotta.<sup>7</sup> Iványi István Bodrog városával és várával foglalkozó tanulmányában azok helyét Bezdántól délre, a mai Bácsmonostor területén a Duna mellé tette és úgy gondolta, hogy Donoszlovits Bartányt lelte meg.<sup>8</sup> A Bács-Bodrog Vármegegyei Történelmi Társulat megbízásából 1891-ben Gubitz Kálmán ásatott a területen, a leleteket (például kályhafiók-töredékek, edénydarabok, kőri csonttör, római bronzérem, szuroklemezdarab, vasbéklyó) annak múzeumában állították ki<sup>9</sup>, jelenleg a zombori Városi Múzeum gyűjteményét gazdagítják. Nem tudni miért, de a már az 1884-ben készült és számos későbbi katonai térkép is tévesen jelöli a Kigyós közelében a határrészt: „Ruine Bodrogvár” valójában Bartány vár romja<sup>10</sup>.

6 Bácska 1881. 13. szám

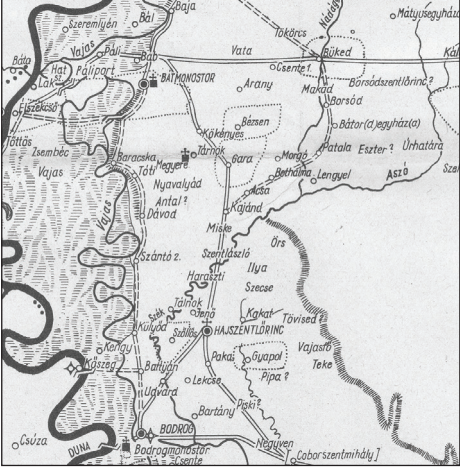
7 Bácska 1881. 15. szám

8 Bácska 1881. 34. szám

9 Gubicza Kálmán – Trencsény Károly 1908. 11-12.

10 Györfly György 1963. 709.

A török idők letűnte és a Rákóczi-szabadságharc bukása utáni XVIII. században a sokat szenvedett vidék benépesítése bizonyult az egyik legfontosabb teendőnek. A Kigyós-vízfolyás történetében fontos időpont lett 1802: a korábban Hercegszántó és Béreg között a Dunába folyó vizét ebben az esztendőben torkolltatták az akkor átadott, a Dunát és a Tiszát összekötő Ferenc-csatornába<sup>11</sup>.

Az említett munka kivételével a XIX. században átfogó, hosszabb szakaszokat érintő szabályozások nem történtek. Településekhez kötődő és helyi jellegű vízrendezésekről tudunk, egy részük vízimalmok létrehozására irányult. Például Bácsborsód Sanci határrészéről Pesty Frigyes gyűjtötte a következőket. „Igen hosszan nyúló dűlőt keresztül vágja a Katymárról Bajára vezető közlekedési út, délnek fekvő része homokos, éjszaki részét a Kigyós vize hasitya, melly rész 1851<sup>ik</sup> évig haszonvehetetlen víz állás volt, az évben a T. Latinovics Család által Canalisáltatván, most a legszebb kaszálló, ezen Canalis 2 malmot hajt.”<sup>12</sup> Bácsbokod falunál „...  


#### A térség vízrendszere és települései a XI–XIV. században (Györfly György térképének részlete)

szült. Egy 1475-ből fennmaradt oklevélben Szilágyi Erzsébet – Mátyás király anyja – megtöltötte Barthán vár várna-gyainak (*castellanis castri Barthan*) a szomszédos falvakban történő jogtalan vámszedést: ebből tudjuk, hogy itt vár volt. A régi okmányokban már 1305-ben említett Barthán falu a török idők kezdetéig gyakran cserélt gazdát<sup>3</sup>, Bodrog vármegegye 1522. évi dézsmalajstromában Borthanh 8 magyar nevű adózó jobbágy-gyal szerepel<sup>4</sup>.

#### A török időkől a XX. század elejéig

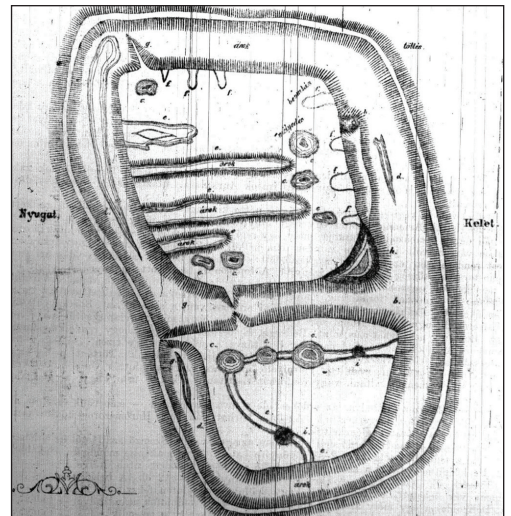
Az említett helységnek a török defterekben nincs nyoma: valószínűleg elpusztult vagy lakatlaná vált. Azonban a vár romjai még ennyi idő távlatából is megvan-nak, a maradványok Donoszlovits Vilmos 1881-ben megjelent cikke nyomán kerültek az érdeklődés homlokterébe<sup>5</sup>.

A szerző a régóta keresett Bodrogvár kutatásában Ariadné fonalát egy szabás-mintának használt régi térképben vélte megtalálni, amely Zombortól északnyu-

3 Iványi István 1909. I. kötet 21-24.

4 Szabó István 1954. 63-63.

5 Bácska 1881. 13. szám



A Bácska 1881. évi 13. számának melléklete a fellelt romokról. Jelmagyarázat: a) töltés, 2° magas; b) árok 6-8° mély; c.) mélyedések 4'-5° mélységig; d) árokban lévő vízhely; e) kisebb mélyedések; f) beomlott bejáratok; g) bejárat helyek a várba; h) körülzárt mélyedések 6-10° mély; i) dombok, 1° magas

kigyobara nevű folyóviz mely Csávoly és Felső Szt. Ivánról jó, és Bikityen a víz egy négy kövü malmot hajtva Borsod Rigitzán keresztül Koluth és Bezdán felé folyik ...”<sup>13</sup> Madaras településnél a „... patak e' község területén mindenütt szabá-

11 Ihrig Dénes 1973. 247.

12 Köhegyi Mihály – Solymos Ede 1973. 38.

13 Köhegyi Mihály – Solymos Ede 1973. 36



lyoztatott, ...”<sup>14</sup> Közel érintetlen állapotra utal a Felsőszentivánnál olvasható rész: „A Községet kelet, nyugot, és dél részről úgy nevezett Kigyós Mocsár környezi, melyen 4. híd áll, és a község határában ered- 's nagyobb részén nádas terem ...”<sup>15</sup>

### Az első világháború végétől az ezredfordulóig

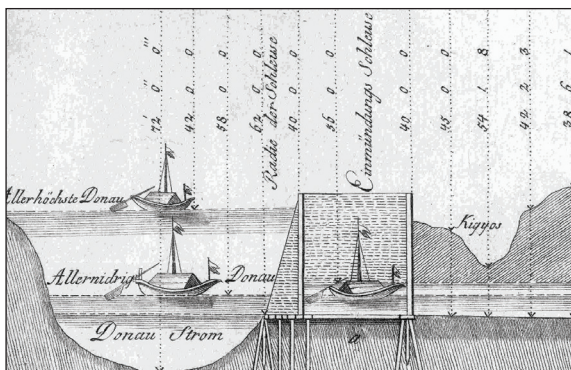
A történelmi Magyar Királyság vizei – a Dunajec és a Poprád folyók, valamint az Adriai-tengerbe torkolló néhány kisebb patak kivételével – a Duna medencéjéhez tartoztak. A Trianonban meghúzott új országhatár – vízügyi szolgálat szempontjából ideális helyzetet alapjaiban megváltoztatva – számos vízfolyást hosszában és/vagy keresztben vágott át. Előbbi esetben a közép- vagy sodorvonal lett a határ, utóbbi módozatnál kialakultak olyan helyzetek, amikor az egyes szakaszok váltakozva hazánk és a létrejött szomszédos ország birtokába kerültek. Ilyen a Dráva, de hasonló adottságú lett az egykori Bács-Bodrog vármegye északi vidékén eredő és a Ferenc-csatornába torkolló Kigyósér.

A vonalvezetés és a mederviszonyok rendezésére nem sokkal az első világháború kitörése előtt létrehozott Kigyósér Lecsapoló Társulatnak<sup>16</sup> a trianoni határmeghúzás után kialakult helyzetét jellemezte a korabeli leírás: „A Kigyóséret, mely a társulat főcsatornája, az országhatár négyszer szeli át, úgy az alsó 23.0 km hosszú torkolati szakasz jugoszláv, ehhez csatlakozik felfelé egy 1.8 km hosszú magyar szakasz, majd 5.0 km hosszban ismét jugoszláv, aztán 6.0 km hosszban ismét magyar, ezt követi 9 km hosszban jugoszláv szakasz; legfelső kétágú 10 és 30 km hosszú szakasza ismét magyar.

A régi társulat a jugoszláv területen levő torkolati szakaszon mintegy 19 km hosszban végrehajtotta a szükséges munkálatokat, a négy középső, összesen mintegy 21 km hosszú szakasz régi rendezetlen állapotban van, míg a legfelső magyar szakaszok az elmúlt években rendezettek. Szükséges tehát a középső négy – más-más államhoz tartozó – szakaszt rendezni, amely munkálatokra vonatkozólag a társulat tényleges

liquidatiója alkalmával kell majd megállapodást létesíteni.”<sup>17</sup>

A békeszerződést becikkelyező törvény cikk a vízügyekkel kapcsolatban előírta a felek érdekeit és szerzett jogait



A Ferenc-csatorna hosszmetretének részlete a dunai hajószilippel és a Kigyós torkolatával

biztosító egyezmények megkötését. Az 1924-ben, majd 1932-ben folytatott tárgyalásokon megszüvegezett tervezeteket a jugoszláv kormány első esetben ismeretlen okból, második alkalommal a Ferenc-csatorna ügyét külön kezelendő magyar kitétel miatt nem hagyta jóvá.<sup>18</sup>

Az 1920-as évek elején Borota, János-halma, Mélykút és Tataháza térségének mélyebb részeit csatornákkal kapcsolták össze, ám a belvíz gondok csak részben oldódtak meg. Az 1925-ben megalapított Jánoshalma-Mélykút, majd az 1926-ban létrehozott Borota-Jánoshalma-Tataháza Társulat 1927-ben Felsőbácskai Lecsapoló Társulat néven egyesült: a kialakított csatornarendszert az összegyűjtött vizek lefolyásának biztosításához összekapcsolta a Kigyósér korábban Mátételke és Bácsalmási északi határterületei végződő ágaival.<sup>19</sup> Így alakult ki a belvízrendszer jelenleg is meglévő vízgyűjtő területe (ebből 1050 km<sup>2</sup> tartozik Magyarországhoz) és vízhalózata, amelynek főcsatornája a Ferenc-csatornától Kéleshalom Kecskés határterületeig húzódik. A mai Bács-Kiskun megye délnyugati és Szerbia északnyugati vidéke közötti országhatárt többször átszelő vízfolyás főágát ez idő szerint hazánkban hivatalosan Kigyós-főcsatornának, Jugoszlávia utódállamában Plazović-nak vagy a magyar megjelölést átveve helyi kiejtéssel és átirással Kidoš-nak nevezik.

A második világháború után rövidesen felmerült a magyar-jugoszláv vízügyi kérdések rendezésének igénye, amelyet 1947 tavaszán budapesti és belgrádi megbeszélések követtek. Jugoszlávia és a Szov-

jetunió kapcsolatának 1948-ban történt romlása rányomta bélyegét a szomszédai viszonyra: csak 1952-ben került sor az együttműködés tájékoztatási szinten történő folytatására, később a vízügyi tárgyalások felújítására és 1955-ben Vízgazdálkodási Egyezmény aláírására. A két ország szakértői a Kigyós-főcsatorna 1966. és 1970. évi rendkívüli belvizei által okozott károk elemzése után a megoldást a mederméreték növelésében és a rendszer kiépítettségének javításában látták. Előzőekkel összefüggésben közös vízhozam-méréseket, hidrometeorológiai adateserét és a vízrendszer fejlesztését megalapozó tanulmány készítését látták szükségesnek.<sup>20</sup>

Az elkészült anyagot a magyar-jugoszláv vízügyi tárgyalások XXI. ülészakán (1976. október 25–30.) hagyták jóvá, és az ennek szellemében kidolgozott vízgyűjtő fejlesztési programot a XXII. ülészakán (1977. december 12–17.) fogadták el. A jobb lefolyás érdekében magyar területen 1976-ban a Kigyós bácsalmási szakaszán, 1983–1985-ben a bácsbokodi ágon végeztek kotrást; a jugoszláv rész 0–21 kilométerszelvényei között pedig kotrás és egy részen mederát helyezés (a vízfolyás 1700 méterrel rövidült) történt. Előzőek mellett átépítették a hidakat és más műtárgyakat is. A vízminőség-védelmi együttműködés keretében 1970-től közös mintavételekre került sor, amelyek alapján az 1980-as években a főgyűjtő vizét általában megfelelőnek-tűrhetőnek ítélték.<sup>21</sup> A jellegét tekintve a dombvidéki kisvízfolyás és síkvidéki belvízcsatorna között átmenetet képező Kigyós-vízrendszer terepbe jól beágyazódott csatornáinak vízminőségét napjainkban alapvetően két fontos tényező határozza meg. Az egyik a szélsőséges vízjárás: kisvízes időszakokban semmilyen hasznosítás nem javasolható, megfelelő vízhozam esetén tározófeltöltés és kisegítő öntözés ajánlott. A másik a terepi adottságok: a szántóföldek a csatornahálózat mentén gyakran a partéltől csupán néhány méterre érnek véget, így a vegyszermaradványok könnyen bemosódhatnak. Előzőek mellett tudni kell, hogy egyes helyeken a környező szikes területekről érkező vizek a sótartalom miatt korlátozzák az öntözésre történő használhatóságát. A rendszer vízszállító képességének megtartásához fontos az időszakos kotrás (legutóbb 2015 elején történtek ilyen munkálatok) és a vízínövények rendszeres gyériteése.

14 Kőhegyi Mihály – Solymos Ede 1973. 56

15 Kőhegyi Mihály – Solymos Ede 1973. 45.

16 Vályi Béla 1916. 198. oldal szerint a Társulat 1907-ben alakult 4881 kat. hold kiterjedéssel, Ihrig Dénes 1973. 248. ugyanezt 1912-re teszi 2980 hektár érdekeltségi területtel.

17 Tellesnicky János 1928. 20.

18 Kun László 1937. 359.

19 Karsai Ferenc 1982. 95.

20 A leírtakra vonatkozóan Litauzski István – Todorovic Branko 1975. 78-79.

21 A leírtakra vonatkozóan Litauzski István – Crkvenjanov Miroslav 1986. 32-33. és 108-109.

## A XXI. század: megőrzés és fejlesztés

Szomszédunkkal 1991-ig a Magyar–Jugoszláv, 2006-ig a Magyar–Szerb–Montenegrói, azóta a Magyar–Szerb Vízgazdálkodási Bizottság keretei között történik a Kígyós-vízfolyás jövőjét meghatározó együttműködés.<sup>22</sup> További lehetőséget jelentenek a megvalósult újabb vízgyűjtő-gazdálkodási elképzelések.

Egy ideje egyre inkább előtérbe került a vízvisszatartás fontossága és jelentősége.



**Vodica Bácsmonostor közelében, a Kígyós torkolatánál: előtérben a kút, mögötte a stilizált kápolna, vele szemben két fülkés oszlop a kereszttel**

A vízfolyás mentén a szabályozások során lecsapolt barák terepadottságait is kihasználva, számos, már használatban lévő víztározó található vagy áll megvalósulás-tervezés alatt. Létrehozásuk és hasznosításuk célja összetett: belvizes időszakoknál vízkormányzással segíthetik a károk megelőzését, használhatók öntözésre, víztestük beszívárgással hozzájárulhat a Duna–Tisza köze megfelelő talajvízszintjéhez, az élővilág számos fajának élőhelyét jelenthetnek (különösen fontosak a tározók szigetei), a vonuló madarak zöld folyosói lehetnek, szolgálhatják a rekreációs célú horgászatot, kialakíthatók kisebb halastavak.

A napjainkra kialakult viszonyokat tekintve elmondható, hogy a Bokodi-Kígyóscsatorna csávolyi mellékágának északi részén fekvő Bara-tó kedvelt horgászvíz, a község déli végén az Alsó-halastó és alatta a terepadottságokat kihasználó több, duzzasztással kialakított nyílt vízfelületű és nádasokkal tarkított tározó vizes élőhelyként jelentős. A Rém község mellől induló említett bokodi ág Felsőszentivánt keletről kerüli meg, biztosítja a helyi horgászvíz vízellátását. A település alatt kiszélesedő medrében közel 5 kilométeren elnyúlva több böge található, közülük az 1,7 kilométer hosszú Bácsbokodi-víztározó befogadóképessége 0,9 millió köbméter. A terepi adottságok alapján Bácsborsód térségében három helyen adódik lehetőség vízvisszatartásra. Közülük a

Bácsborsód II. készült el és jelenleg 0,46 millió köbméteres vésztározóként üzemel. A Mátéteki-Kígyós mellékágon kialakított Mátétkői központjában a 0,6 hektár vízfelületű horgászvíz, a településtől délre fekvő részén 2013-ban a belvízi helyzetek hatékonyabb kezelésére és öntözővíz biztosítása céljából elkészült Mátétkői-tározó teljes feltöltésekor 89,4 hektár vízfelülettel 0,98 millió köbméter vizet tart vissza. A mellékág és a Kígyós-főcsatorna találkozásánál negyedszázaddal ezelőtt létrehozott Bácsalmási-tározó nagyjából 6 hektár vízfelülettel és 0,14 millió köbméter tározóképességével rekreációs lehetőséget biztosít. A vízfolyáshoz Madarastól délkeletre kapcsolódó csatorna vizét felduzzasztva hozták létre a Priszpa-, Katymár déli határában vízszabályozó műtárgy építésével a Batinkov-horgászvizet. A Szerbiához tartozó szakaszon a Kígyós-főcsatorna Regöcén vízzel kapcsolódik a jórészt nádasos benőtt Kolovrát-tóhoz, Rasztinán több kisebb halastavat táplál és Küllöd keleti részén ellátja vízzel az ottani halgazdaságot.

A vízfolyás környezetében több védelem alatt álló terület vagy más szempontból figyelemre méltó hely található. A Kígyós átszeli Bácsalmás központjában a helyi védeltséget élvező Kossuth-parkot, amelynek gazdag növény-, rovar- és madárvilága leginkább az ott élők értékmegőrzésének köszönhető. A Telecskai-dombok egykori madarasi és katymári téglavetőjének földtani képződménye, löszfala számos madárfaj otthona. Dél-Bácska kiemelt jelentőségű természet-megőrzési Natura 2000-es területének egyik része Madaras délkeleti határában fekszik. Különleges érték az ottani közlegelő és a környező területek élővilága. Bezdán és Bácsmonostor határához tartozik a szerbiai Felső-Dunamellék Speciális Természetvédelmi Rezervátum (Specijalni rezervat prihode Gomje Podunavlje) részeként a Kígyós két oldalán elterülő Kozorai-erdő, amely számos folyóártérre jellemző védett növény- és állatfaj otthona. A területet a XX. század elején felkereső zoológusok más fajok mellett leginkább a gémtelepén gyűjtöttek,<sup>23</sup> ma az erdő hidrológiai-morfológiai jellemzőinek és biodiverzitásának megtartásán túl erdészeti, halászati és vadászati hasznosítás engedélyezett.

A kultúrtörténet értéke a bácsmonostori katolikus sokácok vallásossága által a Ferenc-csatorna mentén, a Kígyós-vízfolyás

torkolatánál létrejött és népi jegyeket mutató apokrif Vodica kegyhely (az út menti tábla Svetilište Vodica – Vodica szentély – néven jelzi a helyet). A márványtáblák dedikációi szerint a jó karban lévő építmények az 1920-as években készültek.

A megvalósult és a jövőben tervezett beavatkozások segítik a térség természetes vízkészletének a mennyiségi megőrzését. Bár a stratégiai fejlesztések pozitív eredményei többnyire csak fokozatosan vehetők észre, hatásukat a monitoring hálózat jelzi. További bizakodásra ad okot, hogy például a 2013-ban elkészült Mátétkői-Kígyós tározó feltöltésének megkezdése után hamarosan megjelentek a vízhez kötődő védett vagy fokozottan védett madárfajok. Összességében elmondható, hogy a Víz Keretirányelv szellemiségének megfelelő hasonló projektek biztosíthatják a jövőben a vízgazdálkodás alapját, jelenthetik fejlesztés zálogát.

## Irodalom

- Babarczyné Jóna Jolán: Szürkegémek tanyáján. In: Az Állatvilág. 1908. 6. füzet, 105-110.
- Bácska folyóirat. Zombor, 1878-1916
- Faludi Gábor – Kubatov János (szerk.): A vízgazdálkodási együttműködés 50 éve (1956-2006). Baja, 2006
- Gubitz Kálmán – Trencsény Károly (szerk.): A Bács-Bodrog Vármegyei Történelmi Társulat Múzeumának képes kalauza. Zombor, 1908
- Györfly György: Az Árpád-kori Magyarország történeti földrajza. I. kötet. Budapest, 1963
- Ihrig Dénes (összeállította és szerkesztette): A magyar vízszabályozás története. Budapest, 1973
- Iványi István: Bács-Bodrog vármegye földrajzi és történelmi helynévtára. I-II. kötet. Szabadka, 1909
- Karsai Ferenc: Jánoshalma története 1849-től 1945-ig. Kecskemét, 1982
- Kőhegyi Mihály – Solymos Ede: Észak-Bácska földrajzi nevei Pesty Frigyes kéziratos Helynévtárában. Baja, 1973
- Kun László: Vízügyeink nemzetközi szempontból nézve. In: Vízügyi Közlemények, Budapest, 1937. 3-4. füzet, 345-366.
- Litauszki István – Todorovic Branko (szerk.): A magyar – jugoszláv vízgazdálkodási együttműködés 20 éve. Budapest, 1975
- Litauszki István – Crkvenjakov Miroslav (szerk.): A magyar – jugoszláv vízgazdálkodási együttműködés 30 éve. Budapest, 1986
- Szabó István: Bács, Bodrog és Csongrád megye dézsmalajstromai 1522-ből. A Magyar Nyelvtudományi Társaság Kiadványai. 86. szám, Budapest, 1954
- Tellyesniczky János: A trianoni határ által megcsontított vizitársulatok műszaki helyzete. In: Vízügyi Közlemények, Budapest, 1928. 1. füzet, 1-25.
- Vályi Béla (összeállította): A vízi társulatokra vonatkozó statisztikai adatok. Budapest, 1916

<sup>22</sup> Faludi Gábor – Kubatov János 2006. 17-19. és 28-29.

<sup>23</sup> Babarczyné Jóna Jolán 1908. 106-108.



# Bőségszaru, avagy a sötét trombitagomba

Az év gombáját – 2014-ben immár a kilencedik alkalommal – mindig az előző év őszén öt gombafaj közül választják ki a gombakedvelő emberek. A korábbi évekhez hasonlóan tavaly is több rendezvényen, sőt interneten is lehetett szavazni a kijelölt fajokra, az eredményt pedig a TIT Gombász Szakkörében hirdették ki. 2015 évre a nyertes faj a sötét trombitagomba (*Craterellus cornucopioides*) lett.

## Rászolgál-e a gomba a latin nevére?

A görög mitológiában Amaltheia volt Zeusz dajkája, akit nősténykecske vagy nimfa képében szoktak megjeleníteni, amint éppen a gyermek görög főistent szoptatja. A mítosz egyik változata szerint azonban a felcseperedő Zeusz nem volt túl hálás a dajkájához, letörte a kecske szarvát. Ez a szarv, a bőségszaru, latinul „cornucopia”, bárkihez is került, mindig kifogyhatatlan maradt. Tele volt mindenféle jóval, amit szem-száj csak megkívánhat, ezért a bőség és a szerencse jelképévé vált. Gyakran gyümölcsökkel és virággal megtöltve ábrázolják. Erre a bőségszarura utal a sötét trombitagomba latin elnevezésében a *cornucopioides* fajnév. Ránézve a gombára, soványka ez a bőségszaru – gondolhatnánk. Valóban, a bőségszarura legfeljebb csak a gomba formája emlékeztet, egyébként húsa vékony, belseje üreges. A bőséget ebben az esetben a sereges megjelenés jelenti egy-egy jó termőfolton. Megfelelő időjárási körülmények között nagy mennyiségben gyűjthető. 2014-ben, a rengeteg csapadék hatására sok termett belőle, gyakran seregesen vagy folyásban jött elő. A sötét trombitagombából ilyen jó „termést” évek óta nem tapasztaltunk, sőt tavaly augusztustól október elejéig az egész ország savanyú talajú, hegyes-dombos területein szinte mindenütt találhattunk trombitagombát. Ezek után nem okozott nagy meglepetést a mikológusok körében, hogy 2015-ben az év gombája a sötét trombitagomba lett.

## A gomba népi elnevezése

A sötét trombitagomba a nép körében feltételezhetően régóta ismert lehetett, hiszen számos elnevezése létezik, nemcsak hazánkban, hanem Európa más országaiban is, amelyek a gomba formájára és színére



Sötét trombitagomba (Locsmándi Csaba felvételei)

utalnak. Komor, szürkés-fekete színe miatt nem tűnik bizalomgerjesztőnek, ezért nem véletlenül hívják néhány nyelven a „holtak trombitájának” (németül: Toten-Trompete, franciául: trompette des morts). Az angolok – talán a latin névből kiindulva – a gombát a horn of plenty (bőségszaru) névvel illetik. A német és francia elnevezéshez hasonlóan „haláltrombitának” nevezik. Székelyföld bizonyos részein (Esztelnek, Sepsiköröspatak, Háromszék), míg Udvarhelyszéken elnevezése egyszerűen csak barátfül. Az Őrségben csak tölcsérgombának, Zemplén megyében fekete tölcsérgombának hívják. Darányban és Baranya megyében fekete füszergombának vagy fekete trombitagombának is nevezik.

## Barangolás régi gombászkönyvekben

A vékonyhúsú sötét trombitagombának feltételezhetően kisebb gazdasági jelentősége volt a múltban, mint a vargányának vagy a róka-gombának, ezért nem szerepelt a magyar nyelvtörténeti vagy történelmi munkákban sem. Ezt bizonyítja, hogy kimaradt a világ első, gombákkal foglalkozó, 1601-ben megjelent

monográfiából (*Fungorum in Pannoniis observatorum brevis historia*) és a fajok akvarelleken bemutató *Clusius Codex*ből. A németalföldi szerző, *Carolus Clusius* saját, magyarországi megfigyeléseire is alapozva ehető és mérgező gombákra csoportosítja a fajokot.

90 gombát mutat be, ahol 39 magyar gombanév is szerepel. A svéd természettudós, *Linné Species Plantarum* című művében már helyet kap a sötét trombitagomba is, amelynek a leírásban a *Peziza cornucopioides* nevet adta. A faj jelenleg is használt latin elnevezése „*Craterellus cornucopioides*” *Christiaan Hendrik Persoon*tól származik. A magyar nyelvű könyvek közül először *Istvánffy Gyula* (1899) említi a fajt mint gyakori, ehető gombát.

## Több trombitagombafaj is létezik

A trombitagomba nemzetség (*Craterellus* genus) a bazidiomycos gombák törzsébe (*Basidiomycota*), a kalaposgombák osztályába (*Agaricomycetes*), a róka-gombák rendjébe (*Cantharellales*), a róka-gombák családjába (*Cantharellaceae*) tartozik. A nemzetség típusfaja a *Craterellus cornucopioides* (L.) Pers. 1825.

A trombitagombák nemzetségének fajai az egész Földön elterjedtek, ezekből hazánkban csupán 4 faj jelenlétét lehetett eddig bizonyítani. Magyarországon feltételezhetően ennél több faj is létezik, azonban a nemzetség teljes feldolgozása eddig még nem történt meg. A molekuláris biológiai vizsgálatok (DNS-analízis) nyomán több, korábban a róka-gombák nemzetségébe (*Cantharellus*) sorolt faj került át a trombitagombák nemzetségébe (*Craterellus*), így például a szagos és tölcséres róka-gomba is.

## Miről ismerjük fel?

A sötét trombitagomba 4–12 cm magas, 2–8 cm széles, tölcsér vagy trombita formájú, lefelé csöszszerűen elkeskenyedő, belseje a termőtest aljáig végig üreges, széle fodros, hullámos, gyak-

ran szakadozott, többnyire visszahajló. Belseje szürkésbarna, feketés színű, finoman pelyhes, szálas-nemezes, szálkas-pikkelyes felületű. Gyakran több termőtest csokrosan összenő egymással.

Termőrétege a termőtest külső részén található; a tönkre mélyen lefutó. Fiatalon sima, majd gyengén ráncos, néha kissé eres is lehet. Színe hamuszürke, kékesszürke, de idősen, gyakran a spóraportól fehéren deres.

A gomba húsa vékony, fiatalon nagyon törékeny, idősen szívóssá válik, szürkésfekete színű. Szaga és íze frissen nem jellegzetes, de megszártva erősen aromássá, kellemesen fűszeres illatúvá válik. Spórapora frissen fehéres, megszáradva sárgás színű lesz. Étkezési értékét tekintve kiváló, ehető, árusítható gombafaj.

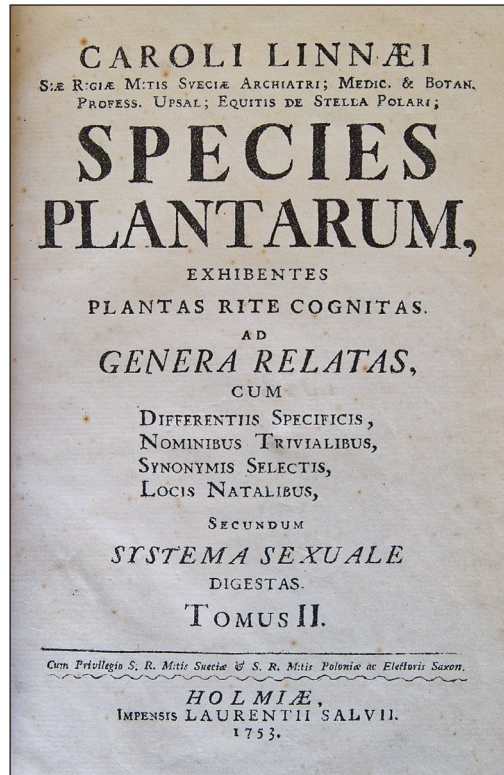
### Mikor és hol találhatunk sötét trombitagombát?

A sötét trombitagomba a Föld északi féltekén, egész Európában, Észak-Amerikában és Ázsiában is elterjedt. Ausztráliában is megtalálható, azonban feltételezik, hogy ott nem őshonos faj, csak behurcolták.

Hazánkban júniustól októberig, tápanyagban szegény, savanyú talajú lomb- és fenyőerdőben, elsősorban bükkösben és tölgyesben terem. Gyakran seregesen, folyásokban nő igen nagy mennyiségben. Azonban nem minden évben találhatunk belőle ilyen bőségesen, mint 2014-ben. Előfordulhat, hogy évekig alig fejleszt termőtestet, még a jól ismert, kiváló termőhelyein is csak néhány példánnyal találkozunk, sőt akár ki is maradhat a termés. A termőtestképzést befolyásolhatja a több éves csapadékhiány, a talaj vízszintjének süllyedése, az erdészeti beavatkozások, fakitermelés, sőt még a légszennyezés is. A levegőből a talajba jutó kénvegyületek, elsősorban a kénessav már igen kis mennyiségben akadályozhatja a gomba fejlődését és a termőtestképzést.

### A sötét trombitagomba-hoz hasonló fajok

A bemutatásra kerülő fajok hasonlóan jóízű, ehető gombák, így étkezési szempontból nem okoznak problémát, ha összetévesztjük őket az év gombájával.



### Linné Species Plantarum című művének elő oldala

A sárga trombitagomba (*Craterellus konradii*) hazánkban nagyon ritka faj, csak színében tér el a sötét trombitagombától. Ha megtaláljuk, ne szedjük fel, hagyjuk termőhelyén!

A szürke róka-gomba (*Cantharellus cinereus*) közel olyan gyakori, mint a sötét trombitagomba, sőt vele azonos termőhelyen, sokszor egymás mel-

### Szártított trombitagomba



lett nőhetnek. Külső megjelenésében nagyon hasonlít hozzá, szintén tölcséres formájú, üregesedő, sötét színű, de termőrétege eres. A gombaszok gyakran nem figyelnek fel arra, hogy húsa vékony ugyan, de szívóssabb, ill. termőteste jobban elkülönül kalapra és tönkre, melyre mélyen lefut eres termőrétege. Gyakran együtt gyűjtik a két fajt, de szerencsére a szürke róka-gomba is jóízű, ehető és hasonlóan jól szárítható fűszergomba.

A fodros trombitagomba (*Pseudocraterellus undulatus*) szintén tölcséres vagy trombita formájú, széle hullámos, és húsa is vékony, törékeny. Termőrétege a szürke trombitagom-bához hasonlóan fiatalon csaknem sima, de idősebb korban szabálytalanul ráncos-eres lesz. További különbség, hogy a fodros trombitagomba jóval kisebb termetű, nem feketés színű, hanem barnás árnyalatú (agyag-, mogyoró-, néha sötétbarna), bodros széle pedig gyakran világosabb, sárgás színű, a felülete sugarasan ráncolt, sima vagy finoman nemezes, szálas. A fodros trombitagomba szintén nagy csoportban, seregesen jelenik meg, azonos termőhelyen, mint a sötét trombitagomba, de jóval ritkábban fordul elő.

A tölcséres róka-gomba (*Craterellus tubaeformis*) az újabb kutatások eredményeképpen a sötét trombitagom-bához nagyon közeli rokonságba, vele azonos nemzetségbe került. Az év gombájához hasonlóan nagyon vékony, törékeny húsu, üreges belsejű, de tölcséres formájú termőteste jobban elkülönül kalapra és a tönkre. Termőrétege lemezszerűen erezett, sokszor villánsan elágazó, piszkos sárgásszürke, ahogyan a tönk színe is, míg kalapja gyakran sötétebb, olívabarnás, szürkésbarnás, barnássárga.

A szagos róka-gomba (*Craterellus aurora*) régebben szintén a róka-gombákhoz tartozott, akárcsak az előző gombafaj, de a DNS-vizsgálatok után szintén a trombitagombák közé került. Termőrétege a sötét trombitagom-bához hasonló, fiatalon sima, majd idővel kissé ráncos lesz, de színe eltérő, ugyanolyan, mint a tönkje, vagyis sárgás színű. A szagos róka-gomba kalapja szintén tölcséres formájú, hullámos szélű, ugyan olyan, mint a sötét trombitagombának, színe azonban világosabb, hasonló a tölcséres róka-gom-báéhoz.



A tölcséres és a szagos rókagomba erősen savanyú talajú lomb-és fenyőerdőben terem, ezáltal jóval ritkább hazánkban, mint a sötét trombitagomba, csupán az ország egyes területein, pl. az Őrségben tekinthető tömegfajnak.

### Hogyan gyűjtsük és használjuk fel a trombitagombát?

Magyarországon feltételezhetően már régóta gyűjtik és fogyasztják ezt a kiváló, aromás ízű gombát. Elsősorban azonban nem frissen, hanem szárítva használják fel. A szeletelt vagy porított gombával sokféle étel fűszerezhető, a húsnak kiváló aromát kölcsönöz. Frissen ízletes leves készíthető belőle. Gyűjtésénél azonban ügyeljünk arra, hogy csak a fiatal, törékeny példányokat szedjük fel, mert az idősebb, szívós termőtestek sokszor már nem jóízűek, penészesek vagy baktériumosak lehetnek. A földes alsó részt már a gyűjtés helyszínén, közvetlenül a szedés után érdemes levágni, így a gombák a kosárban nem fogják egymást beszenyezni. A begyűjtött sötét trombitagomba vékony húsa miatt könnyen és gyorsan szárítható. Ne mossuk meg a gombát, csak szárazon tisztítsuk meg. Szárítása történhet egészben is, de legjobb, ha a gombát hosszirányban kettévágjuk vagy szétépjük. Egyenletesen, egy rétegben terítsük szét a gombát, és lehetőleg napon szárítsuk egészen addig, amíg megmozgatva nem ad jellegzetes csörgő hangot. Az így megszáritott gombát papírzacskóban vagy lezárt befőttesüvegben akár egy-két évig is eltarthatjuk.

### A gomba gazdasági jelentősége

A sokszor igen nagy mennyiségben termő, kiváló ízű sötét trombitagombát már a múlt században is egyre többen gyűjtötték nemcsak saját felhasználásra, hanem kereskedelmi célból is. Magyarországon az 1950-es évektől kezdődően az Erdei Terméket Feldolgozó és Értékesítő Vállalat megszervezte a gomba gyűjtését és a szárítmányának felvásárlását. *Kuklis Kálmánnak*, a cég akkori, gombákkal foglalkozó vezetőjének elmondása alapján, ebből a fajból gyűlt össze a legnagyobb mennyiségű szárítmány, amelyből jelentős exportbevétel is származott. Hazánkban napjainkban is számos kisebb cég foglalkozik a szárított sötét trombitagomba felvásárlásával, de már jóval kisebb volumenben. A piacokon és vásárcsarnokokban friss állapotban csak ritkán árúsítják ezt a fajt, de szárított formában, fűszerként több üzletben is megvásárolható.

VASAS GIZELLA – LOCSMÁNDI CSABA

## Életre kel az ősi recept

Minden akkor kezdődött, amikor a Nottinghami Egyetem mikrobiológusa, *Freya Harrison* beszélgetésbe elegyedett *Christina Leavel*, az angolszász tudományok elismert kutatójával. Beszélgetésüket hamarosan tett követte. Elhatározták, hogy kipróbálnak egy receptet a híres, régi középkori angol kompendiumból, a *Balds Leechbook*-ból, melyet a British Libraryben őriznek. „*Végvetőhagymát és fokhagymát egyforma mennyiségben, jó alaposan őrlőd össze őket, majd vegyél bort és ökörepét, jól keverd össze a hagymával és hagyd állni bronzedényben mintegy 9 napig.*” – hangzik a több mint ezeréves angolszász recept, melyet hajdani szerzője arra javallt, hogy enyhítse azokat a tüneteket, amelyek felelőssé tehetőek a szemhéj fertőzésért és az árpa kialakulásáért.

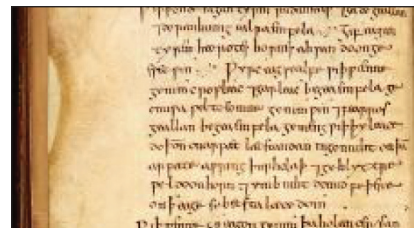
A középkori receptúrák alapján elkészített orvosságokat a kutatók sok esetben hatékonyak találták. Akadnak persze olyan füveskönyvek, amelyek hangzatos és mára azonosíthatatlan gyógynövényeket említenek mesébe illő receptúrákhoz, de ezek a ritkák. A valóság az, ha a felhasználó a receptúrákat pontosan betartja, a szerek meglepően hatékonyak. Harrison és Lee is ebből a feltevésekből indult ki. „Az autentikus összetevők forrásának megtalálása volt a legfőbb kihívás számunkra” – mondta Harrison. A megfelelő hagymát és a fokhagymát illetően csak reménykedni tudtak, mert a ma termesztett növények valószínűleg egészen mások, mint a régiek.

A receptet elemezve, a kutatók számára ismert volt az a tény, hogy a *bronzedény* réz összetevője elpusztítja az ételben szaporodó baktériumokat. Mivel a bronzedényt nehezen tudták volna sterilizálni, helyette üvegpalackot használtak, amibe bronzlemezbe kivágott kis darabokat tettek. A *bort* olyan pincészetéből szerezték be, amely csak természetes anyagokat alkalmaz a szőlőkultúrák fenntartására. Az *ökörepe* beszerzése a kísérlethez nem jelentett nagy gondot.

A beszerzett anyagokkal és eszközökkel most már végrehajthatták a recept utasításait. Majd következett a teszt. Azt tapasztalták, hogy az adag megölt minden, a hagyma vagy a fokhagyma által bevitt talajbaktériumot.

A folyadékot azután bőrdarabkákon tesztelték, ami *Staphylococcus aureus*-szal fertőzött egérből származott. Az eredmény meglepő volt. Az adag a baktériumok 90%-át kiirtotta!

Ráadásul a vizsgált *S. aureus*-tenyészet annak a baktériumfajnak egy meticillin-rezisztens változata (MRSA) volt, ami például a szemhéjnél az árpát okozza. Régen, az antibiotikumok előtti korban, ez a baktériumváltozat nem létezett. Manapság



**A közel ezer esztendőes angolszász recept, mely képes elpusztítani a mára rezisztensé vált rettegett *S. aureus* baktériumot (Kép: The British Library Board Royal 12 D xvii)**

viszont az MRSA a kórházakban fellépő nozokomiális járványok első számú kórokozója. Nozokomiális fertőzések azok a fertőzések, amelyek kórházi tartózkodás alatt, illetve a kórházból való távozás után jelentkeznek olyan betegeknél, akik nem a fertőzés miatt kerültek kórházba. Ilyen járványok egyre gyakrabban alakulnak ki krónikus és rehabilitációs osztályokon, melyeken a kórokozó terjedésének megakadályozása jelentős problémát jelent. Főleg a hosszú ápolási idejű egészségügyi és szociális intézmények érintettek. Mivel ezekben az intézményekben nincsen szabályozott infektókontroll-tevékenység, a fertőzések/halmozódások, járványok rejtve maradhatnak. A nozokomiális fertőzések rengeteg halálesetért felelősek, meghosszabbítják a kórházi tartózkodás idejét, a betegnek több gyógyszerre lehet szüksége, ráadásul, a kórházból kikerült beteg az egészséges közösséget is végigfertőzheti. Ezért minden új szer új reményt jelent ebben a küzdelemben.

A vancomycin, amelyet az MRSA ellen használnak antibiotikumként, körülbelül ugyanilyen arányban végzett a bőrdarabkához adott baktériumokkal. Nem várt módon, az összetevőknél csak nagyon csekély hatásuk volt külön-külön. „A legnagyobb kihívás az egészben az volt, hogy megfejtsük a talányt: miért működik együtt a keverék, és vajon egymást erősítő módon hatnak-e, vagy egy új és hatékonyabb vegyület képződését indítják be? – mondta az egyik kutató, *Steve Diggle*.

Ha a IX. századi receptúra nem is eredményez új gyógyszert, alkalmas lehet olyan meticillin rezisztens *S. aureus* okozta bőrfertőzések kezelésére, mint amilyen a diabéteszes betegek lábán kialakuló fekély.

Nem ez az első modern gyógyszer, amit szerencsésen fennmaradt ősi kéziratokból ismerünk. A mára széles körben alkalmazott maláriaellenes gyógyszer hatóanyagát, az artemizint is ősi kínai orvosi szöveg újraértékelése nyomán fedezték fel.

HOLLÓSY FERENC

## Matematika- és fizikatörténeti érdekességek könyve

Az elmúlt időkben öröndetesen sok, nemcsak olvasható, hanem letehetetlen tudománytörténeti könyv jelent meg, pl. Balas [1], Duda [2], Hargittai [3] tollából. Témájuk, koncepciójuk bár eltérő, nem összehasonlítható, de jellemző, hogy szerzőik szaktudományuk nemzetközi híri kutatói, művelői. Ide sorolható *Manfred Stern* [7] németül írt könyve, *Szólt az Úr: legyen Newton ...*, amely, címe alapján, egy másfajta megközelítést sejt a matematika és a fizika történetének megismeréséhez. A könyv tulajdonképpen matematika- és fizikatörténeti érdekességek gyűjteménye és ezeknek a kapcsolata a szépirodalommal, a művészetekkel, a mindennapi élettel, az ókortól napjainkig.

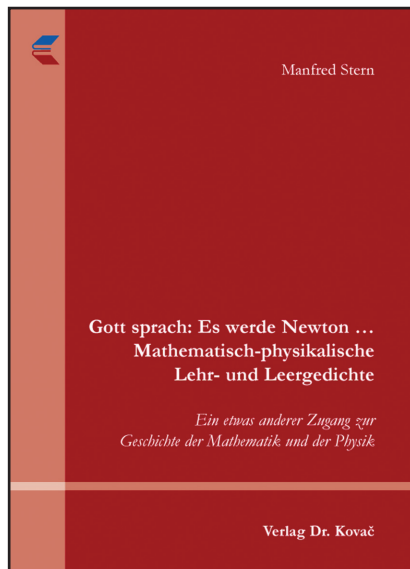
A tudománytörténeti témákat a szerző versekkel vezeti be, így jellemzi a tudósokat, a felfedezéseket, mindezeket kiegészíti részletes háttérinformációkkal, a tudósok életrajzi adataival, ezeken keresztül pedig kapcsolatokat teremt írókkal, művészekkel. Így jut el természetes módon egy-egy újabb tudóshoz, témához. A versek többségét maga a szerző írta vagy fordította. Ez a könyv nem csak letehetetlen, annál többet tud: bárhol, bármikor, bárki felütheti, azonnal élvezettel olvashatja, a részletes név- és tárgymutató segítségével pedig könnyen szörfölhet benne. A rendkívül szellemesen megírt könyvnek már a címében is humor van, a német tan (Lehre) és a halmaz szót jelző üres (leere) szavak azonos hangzása révén, az 5. fejezet címe pedig *Leere Menge und Mengenlehre* (üres halmaz és halmazelmélet). A könyvben szereplő híres emberek többsége matematikus, bár a régen élt híres tudósokról, pl. Newtonról (1642–1727), Fourier-ról (1768–1830), de még Maxwellről (1831–1879) is nehéz lenne eldönteni, hogy matematikusnak vagy fizikusnak tartjuk-e őket.

A könyv fejezetei: 1. A régi görögök, 2. Közjáték, 3. Isten és a világ, 4. Fizika és Kozmosz, 5. Üres halmaz és halmazelmélet, 6. Számok, képletek és görbék, 7. Számelmélet, 8. Közjáték, 9. Problémák, sejtések és tételek, 10. Megjegyzések matematikusokról, 11. Megjegyzések matematikusokról (folytatás), 12. A matematika ágai, 13. Közjáték, 14. Egyveleg, 15. Közjáték, 16. Bölcs és üres mondasok, továbbá öt (A, B, C, D, E) függelék. A könyv tartalmának részletes ismertetésével, annak gazdagsága és sokrétűsége miatt itt nem foglalkozhatom, csupán két fejezetnek és a magyar vonatkozásoknak a bemutatásával próbálom érzékeltetni a szerző hozzáállását, a témák megközelítését, kifejtését.

A 4. fejezetben, versekben és prózában értesülhetünk Kepler, Torricelli, Galilei, Newton, Laplace, Faraday, Maxwell, Lewis Carroll (Charles Lutwidge Dodgson), Helmholtz, Röntgen és Radon, Becquerel, Pierre

Curie és Marie Curie, valamint Heisenberg munkásságáról. A tudósok mellett szó esik még Wilhelm Buschról, a XIX. századi karikatúristáról, a Max és Moritz szerzőjéről, és Roger Moore-ról, mint a James Bond-filmek főszereplőjéről is.

A 10. fejezetben az algebra atyjának tartott, Al-Chwaresmi (Al-Hwarizmi, 780–850



körül) bagdadi tudósról olvashatjuk Stern háromstrófás versét, majd megtudhatjuk, hogy nevéből származik az algoritmus szó, az al-dschabr (helyrerakás) szóból pedig az algebra. Az is kiderül, hogy a régi spanyolban a gyógykovácsot, a csontok helyrerakóját nevezték algebristának. A perzsa klasszikus költőként ismert Omar Chajjam (1048–1131) korának legjelesebb matematikusa volt, róla is szól egy háromstrófás vers. Ennek kapcsán kerül szóba Weierstrass véleménye, miszerint egy matematikus, aki nem poéta, sosem lesz tökéletes matematikus, valamint Gauss jellemzése göttingeni professzoráról, Kästnerrel, aki a költők között a legnagyobb matematikus, és a matematikusok között a legnagyobb költő. Hilbert (1862–1943) pedig egy költőnek állt tanítványáról azt állította, hogy nem volt elég fantáziája a matematikához. Fibonaccit (1170–1250) angol és német epigrammában jellemzi, képét pedig dominikai bélyegen mutatja be. A Cardano, Ars Magna und die Kardanwelle versből megtudjuk, hogy a harmadfokú egyenlet megoldásának közlésének Tartaglia nem örült (mert a „Dadogós” hamarabb rájött a megoldási eljárásra, de nem publikálta), és hogy Cardano kardantengelyt szerkesztett Károly császár kocsijához.

A könyvnek sok magyar vonatkozása van, nem csupán matematikusokat, fizikusokat említ, hanem pl. Babits Mihályt, Kálmán

Imrét, Rubik Ernót, Victor Vasarelyt is. A leg-részletesebben természetesen Bolyai Jánosról, a Bolyai–Lobacsevszkij hiperbolikus geometriáról esik szó. A szerző Bolyai, Gauss und Lobacsevszkij verse mellett olvashatjuk Babits Bolyai szonettjét a szerző fordításában, a B függelékben pedig eredetiben, magyarul is.

Többször szerepel a könyvben *Erdős Pál* (1913–1996) is. A matematikusok Erdős számmal történő jellemzése mellett (hány lépésben érhetik el társaszerzőkkel Erdőst), szó esik a sakkozók minősítő Élő-pontszámokról, meg a sakkvilágbajnokról és matematikusokról, Emmanuel Laskerről. Angolul is, németül is olvashatjuk az Erdőstől származó Petőfi átköltést: „Egy gondolat bánt engemet, Alzheimer-kórban halni meg.” Guericke híres kísérletéről a magdeburgi félgömbökkel mint a vákuumtechnika kezdetéről szólva, a szerző lábujgyetben aszszocial Rédei László (1900–1980) megállapítására, miszerint a matematika műveléséhez egy gömbre és két félgömbre van szükség.

Megemlítenő az idézetek, fényképek, illusztrációk eredetének pontos megadása; csupán az irodalomjegyzék maga 204 tételből áll.

A szerző, Manfred Stern hallei matematikaprofesszor, aki algebrai (hálóelméleti) kutatásaival szerzett nemzetközi hírnevet [5], bámulatos nyelvtudással és nyelvismerettel rendelkezik, a magyart felnőtt korában tanulta, és akcentusmentesen beszél. Ő fordította németre pl. az [1] és a [4] könyvet. [6] tanulmányában Bolyai Jánosnak szállóigévé vált mondasának („semiből egy ujj más világot teremtettem”) nemzetközi vonatkozásairól, idegen nyelvekre, latinra, németre, angolra, oroszra, olaszra, franciára, finnre, japánra, kínaira való fordításáról, Bolyai arcképéről, emléktábláiról értekezik.

*Manfred Stern Szólt az Úr: legyen Newton ...* könyvének fordítását, bármilyen nyelvre, a német nyelvi bravúrok és versek roppant nehézzé, szinte lehetetlenné teszik. A magyarra való áttüretésre viszont tudnék ajánlani egy alkalmas személyt, Stern Manfredot.

WIEGANDT RICHÁRD

### Irodalom

- [1] Egon Balas: *Will to Freedom, a Perilous Journey Through Fascism and Communism*, Syracuse University Press 2000; A szabadság vonzásában, Vince Kiadó, 2002; *Der Wille zur Freiheit*, Springer-Verlag, 2012, M. Stern fordításában.
- [2] Roman Duda: *Lwowska szkoła matematyczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 2007; *Pearls from a lost City, The Lvov School of Mathematics*, American Mathematical Society, 2014.



- [3] Hargittai István: Buried Glory, Portraits of Soviet Scientists, Oxford University Press, 2013; Eltemetett dicsőség, avagy hogyan tették a szovjet tudósok szuperhatalommá a Szovjetuniót, Akadémiai Kiadó, 2014.
- [4] Hargittai István: Életeink. Egy tudományos kutató találkozása a 20. századdal, Typotex Budapest, 2003; Wege

- zur Wissenschaft. Ein ungarischer Forscher berichtet, Lj-Verlag Freiburg 2006, M. Stern fordításában.
- [5] Manfred Stern: Semimodular lattices, Teubner-Verlag Stuttgart 1991, Cambridge University Press 1999 and 2009.
- [6] Manfred Stern: „Aus nichts habe ich eine neue, andere Welt geschaffen” Ein geflügeltes Wort des ungarischen

- Mathematikers János Bolyai, Hungarológiai Évkönyv, Pécs 2014, 97-119.
- [7] Manfred Stern: Gott sprach: Es werde Newton ... Mathematisch-physikalische Lehr- und Leergedichte. Ein etwas anderer Zugang zur Geschichte der Mathematik und der Physik, Verlag Dr. Kovač, Hamburg 2015.

## Könnyed humor után tartalmas összefoglaló

**M**atematika, irodalom, fizika, filozófia és vallástudomány egymás mellett való szerepeltetése igazán izgalmas, egyben üdvözlendő vállalkozás – különösen hazai perspektívából, ahol valódi párbeszéd csak elvétve alakul ki természet- és bölcsészettudományok között.

Hozzá kell tenni: Manfred Stern idén Hamburgban megjelent könyve sem a diszciplínák közötti komolyabb diskurzust teremti meg. Az alapvetően matematikai-fizika olvasmány ugyan nagyon sok szép-irodalmi betétet tartalmaz, de ezek leginkább illusztrációként szolgálnak az adott téma kapcsán – ahogy a könyv fogalmaz, „fella-zítva” a tudománytörténetek hagyományos formáit. Ennek megfelelően legnagyobb számban rövid, csekély esztétikai értéket hordozó, de helyenként igen szórakoztató vers, leggyakrabban limerick („ki akkor jó, ha jól megrímelik”, idézi a matematikus végzettségű író, Esterházy Péter nagyszerű előadásában) található a kötetben. A játékos forma, a szóviccek hatása kettős: többször erőltetettnek érzik azokat az olvasó, ellenben néhol valóban feldobják az adott fejezetet. Jó példa lehet a harmadik, az Istenről és a világról címet viselő rész nyitóverse, ahol a „Kezdetben vala az Ige” mondat angol megfelelőjét „In the beginning was the Word” (a könyvben németül: „Im Anfang war das Word”) mondatot Bill Gates mondja, aki a teremtést az Excel létrehozásával folytatja... (41. oldal) Jellemző a könyv egészére, hogy a könnyed humor után egy rövid, de tartalmas összefoglaló is következik a megidézett bibliai kontextusról.

Mert míg az említett betétek a képekhez, rajzokhoz hasonló illusztrációként működnek, addig a rövid bekezdések az adott probléma lényegre törő összefoglalását adják. Habár egyik kérdéskör sem kap túl nagy teret a kötetben, így ezek nem a maguk mélységében fejtődnek ki; a könyv célja mégsem ez, csupán az áttekintés, a matematika és a fizika (esetleg a filozófia) legfontosabbnak vélt sarokpontjainak bemutatása. Ennek megfelelően a bemutatott időszak az ógörögöktől kezdve napjainkig

terjed – a fejezetek kronologikus sorrendjét pedig négy „Közjáték” szakítja félbe.

Ezek a „Közjátékok” gyakran nyelvtanítási célt is szolgálnak (ahogy vállaltan az egész könyv is), és a fejezetek nyitóverseiben egy-egy nyelv számainak nevei (egyőtől tízig) találhatóak. A „Közjáték 2” című fejezet így a magyar számok bemutatását is tartalmazza, sőt még a *semmi* fogalmát is elmagyarázza a versike a külföldiek körében döbbenetesen népszerű (Hortobágy, vagy Alföld jelentésű) *Puszt*a fogalmához kapcsolva (162. oldal). A részben a magyar fonémarendszer érdekességei után pedig az Erdős-számok (amik azt mutatják meg, hogy egy tudós milyen „messze van” Erdős Páltól publikációk tekintetében – azaz egy tudós Erdős-száma  $n$ , ha a cikkeinek társszerzői között a legkisebb Erdős-szám  $n-1$ , tehát ha publikált Erdőssel közösen 1-es Erdős-száma van), valamint az Élő-pontrendszer is (ami a kétszereplős játékok résztvevőinek egymáshoz viszonyított játékeréjét mutatja) tárgyalásra kerülnek.

Innen is látszik, milyen nehéz meghatározni a könyv valódi célját, hiszen egyszerre nagyon sok dolgot szeretne bemutatni, megtanítani (az ógörög helyesírástól elvont matematikai vagy metafizikai problémákig) – így szükségszerűen felszínes és töredezett marad az ismertetés: a könyv elolvasása után jelen recenzió írója nem tanult meg ógörögül, de matematikus sem vált belőle.

Vizont ha tudomány- és kisebb mértékben kultúrtörténeti érdekességek példatáraként olvassuk a könyvet, valóban izgalmas olvasmánnyal van dolgunk. Ugyanis szórakoztató anekdotákban, elgondolkodtató történetekben és meglepő információkból nincs hiány – innen nézve talán nem is gond, hogy nem nagyon áll össze valamiféle átlátható egész a részletekből. Megtudhatjuk például, hogy a norvég nyelvben kétféle kiolvasása van a kétjegyű számoknak: a régi, de máig használatos rendszer szerint jobbról balra (mint például a németben: zwei-und-fünzig), míg az új szerint balról jobbra (mint a magyarban is: ötven-kettő) értelmezik azokat (249. o.).

A talán legérdekesebb, kilencedik fejezetben különböző matematikai sejtések és

bizonyításaik olvashatóak, egy-két anekdota társaságában. Ilyen például a XVII. században megszületett Nagy Fermat-tétel, amelyet csak 1994-ben sikerült bizonyítani – ám addig is sok próbálkozás született, amelyet az 1908-ban felállított Wolfskehl-díj és az azzal járó pénzjutalom tovább ösztönzött. A tankönyv közöl egy levélrészletet dr. F. Schlichtingtől, aki különféle ügyeskedésekről is beszámol a díj kapcsán, többek között a pályázóról, aki csak a megoldása (állítása szerinti) első részét küldte el a bizottságnak és hozzáfűzte: ha megkapja a jutalom felét előlegként, elküldi a folytatást... A fejezetben többek között még felmerül a szintén nagy jutalmat ígérő Poincaré-sejtés is (az egyetlen megoldott probléma a Millenniumi Problémák közül), amelyért jutalmat azonban nem vette át Grigorij Perelman, a sejtést a 2000-es években bizonyító orosz matematikus. Ehhez hasonló történetek sokaságát lehetne felhozni, míg az irodalmi példák, ahogy említettem, ritkábban lépik túl a színesítő funkciót – ezért is külön kiemelendő a Bolyai-féle nemeuklideszi geometria kapcsán idézett kevésbé ismert, *Bolyai* című Babits-vers (a könyvben magyarul is a 317. oldalon).

Összességében tehát egy tudományosan megalapozott, néhol ugyan esetlennek tűnő, de alapvetően szórakoztató formában megírt érdekesség- és anekdotagyűjtemény Manfred Stern *Gott sprach: Es werde Newton...* (*Az Úr mondá: legyen Newton...*) című könyve. Talán az ehhez hasonló vállalkozások ösztönzőleg tudnak hatni olyan projektek megszületésére, amelyek az irodalmi, lételméleti és a matematikai-fizikai kérdésfeltevéseket állítják egymás mellé, rávilágítva olyan közös tapasztalatokra, amelyek a különböző tudományterületek különböző belátásaihoz vezetnek. Ilyen lehet például a XX. század első felében a fizikában a newtoni, a filozófiában pedig a descartes-i világnép szinte egyidejű és hasonló átalakulása; vagy a relativitás- és a kvantumelmélet elbeszéléstechnikai problémákkal való összevetése.

SZEMES BOTOND



(2015. május)

### KÉTSÉGBE VONTÁK AZ EUKARIÓTÁK KORAI MEG- JELENÉSÉT

Szennyezett minták okozhattak zűrzavart a korai élet vizsgálata során. Az első, sejtmaggal rendelkező egycellű szervezetek több mint egymilliárd évvel később alakulhattak ki, mint ahogy a biogeokémiai bizonyítékok jelezték. Egy nemzetközi kutatócsoport megkérdőjelezte azt a feltételezést, hogy az eukarióták 2,5–2,8 milliárd évvel ezelőtt alakultak ki. A prokariótákkal, például a baktériumokkal szemben az eukariótáknak sejtmagja van. Néhány kutató korábban élő szervezetek molekula maradványait vélte felfedezni 2,8 milliárd éves kőzetmintákban. A jelenlegi vizsgálatok szerint azonban ezek a nyomok szennyeződés miatt lehettek jelen. Az eukarióták létezésére bizonyító legidősebb mikrofosziliák viszont csak kb. 1,5 milliárd évesek.

Meglepő módon az amőbák közelebbi rokonságban állnak az emberrel, mint a baktériumokkal. Ezek ugyanis az emlősökhöz hasonlóan eukarióták, míg a baktériumok prokarióták. Ilyen értelemben az első eukarióták az összes magasabb rendű életformának, köztük az embereknek is a távoli ősei. Az evolúció nagy ugrást tett a komplex életformák felé, amikor az eukarióta sejtek megjelentek. Az evolúcióbíológusok érthető módon tudni akarják mikor és milyen körülmények között jelentek meg az első eukarióták. Egy nemzetközi kutatócsoport most fontos bizonyítékokat szerzett a kérdés megoldásához.

A legidősebb eukarióta-fosziliákat 1,5 milliárd éves kőzetekben találták Észak-Ausztráliában (mikroalgák). A magasabb rendű életformák kialakulását kutató alternatív módszer bizonyos lipidmolekulák (szteroidok) vizsgálata, melyek az eukarióta szervezetek sejtjében fordulnak elő. Ezek nemcsak specifikus markerek bizonyos szervezeteknél, ráadásul rendkívül hosszú ideig jó állapotban megmaradnak az üledékekben. Az ilyen molekulák (biomarkerek) vizsgálatával molekuláris szinten rekonstruálható a korai élet a Földön.

A molekuláris megközelítés nagyon fontos a prekambrium élővilágának megértése szempontból. A paleontológusok most 2,7 milliárd éves kőzetmintákat vizsgáltak, hogy a molekulák nyomaira bukkanjanak. Az elmúlt 15 évben több kutató azonosított ilyen molekulanyomokat 2,5–2,8 milliárd éves

kőzetekben, ami alapján arra következtettek, hogy eukarióta algák léteztek ebben az időszakban (késő-archaikum). Így viszont több mint 1 milliárd éves hézag keletkezett ezeknek a biomarkereknek a legkorábbi előfordulása és a legkorábbi ismert fosszilis mikroalgák előfordulása között.

Ráadásul, a változatos szteroidok különböző alfafajok jelenlétére utaltak, amit azzal magyaráztak, hogy az algák megjelenésük után nagyon gyorsan különböző fajokká alakultak. Ugyanakkor felmerült a gyanú, hogy a minták ezekben a tanulmányokban a precíz mérések ellenére is beszennyeződhetnek, mivel a mintákat vagy nem speciális körülmények között gyűjtötték be, vagy pedig több évig nem ideális körülmények között raktározták őket. Az esetleges szennyeződés kérdése két táborra osztotta a kutatókat. Most kifejlesztettek egy módszert és ezzel ultratisztaságú mintákat vehettek a legidősebb kőzetekből, melyekről azt állították, hogy szteroidokat tartalmaznak. A kutatók több héten keresztül dolgoztak Ausztráliában, az idős kőzetekbe lefúrva és mintát véve az új módszerrel.

A fúrómagokat feldarabolták, és a mintákat több egymástól független laboratóriumban vizsgálták – meglepően egységes eredményekkel. A laboratóriumokban megerősítették a minták rendkívüli tisztaságát. Olyannyira, hogy a rendkívül érzékeny tömegspektrométerek sem voltak képesek kimutatni még egy pikogramnyi mennyiséget sem az eukarióta eredetű szteroidokból. Így beigazolódott a gyanú, hogy a korábbi minták szennyezettek lehettek.

Ugyanakkor a kutatók viszonylag nagy mennyiségben találtak a kőzetben olyan szerves anyagokat, melyek magas hőmérsékleten alakultak át. Vagyis ezekben a mintákban a teljes szerves anyag átalakult magas nyomáson és hőmérsékleten az évmilliárdok során, amit a biomarkermolekulák sem élhettek túl. Így a kutatók nem tudtak bizonyító erejű konklúziókat levonni az eukarióták jelenlétéről.

Mindenesetre, a feltételezett 2,7 milliárd éves szteroidmolekulák többé már nem szolgálhatnak annak bizonyítékaként, hogy az eukarióták jóval korábban kialakultak, mint ahogy a fosszilis maradványok mutatják. Ezért a körülbelül 1,5 milliárd éves valódi mikrofosziliák jelenleg az eukarióták legidősebb bizonyítékai, aminek jelentős következményei vannak nem csak a földtudományok területén.

Az eukarióták kialakulása mellett ezek az eredmények segítenek megoldani egy másik rejtélyt is. Mivel az összes eukariótának oxigénre van szüksége, az oxigént produkáló fotoszintézisnek meg kellett előznie az eukarióták kialakulását. A nagy oxidációs eseményként ismert biokémiai innováció megváltoztatta az egész bolygót, mivel

az atmoszférában fokozatosan gyarapodni kezdett az oxigén. Ezt az eseményt egyértelműen 2,5–2,4 milliárd év közé datálták. Eddig nehéz volt megmagyarázni, hogyan tudtak az eukarióták több 100 millió évvel korábban kialakulni, hiszen létük a molekuláris oxigénhez kötődik.

Az új eredmények ellenére a biomarkerek az idős kőzetekben továbbra is fontos eszközök maradtak a prekambrium őslénytani vizsgálatokhoz, ugyanis az üledékes szteroidok és az egyéb biomarkerek specifikusabbak, mint a mikrofosziliák. A vizsgált ausztráliai mintákkal szemben a késő-prekambriumi üledékek gyakran tartalmaznak viszonylag jó megtartású szerves anyagot, és így bennük jól vizsgálhatóak a biomarkerek.

## SCIENTIFIC AMERICAN

(2015. március)

### TÁRSADALMI EGYENLŐTLENSÉGEK – MÍTOSZ ÉS VALÓSÁG

Amerika, mármint az Egyesült Államok a legtöbb emberben mint a bőség és a jólét képe él. Ebben van is némi igazság, azt viszont maguk az amerikaiak sem sejtik, hogy társadalmukban micsoda hatalmas egyenlőtlenségek alakultak ki. 2011-ben két amerikai kutató elemzést végzett ebben a témában. Több mint 5000 amerikaiat kérdeztek meg, tippeljük meg az öt jövedelmi kategóriába tartozó honfitársaik jóléti fokát (megtakarítások, ingatlanok, befektetések stb.) alapján, aztán írják le, hogy milyen lenne az ideális megoszlás. Képzeljék el úgy, mint egy pizzát: mekkora részt tehet ki a legfelső 20 százalék, mekkorát az alsó 40 százalék. A válaszok értékelése nagyon meglepő volt. Az átlag amerikai úgy véli, hogy a leggazdagabb húsz százalék birtokolja a gazdagság 59 százalékét, az alsó 40 százalék pedig 9-et. A valóság azonban egészen más képet mutat. Az amerikai háztartások 20 százaléka mondhatja magáénak a jólét ismérveinek 84 százalékát, a legalsó 40 százalék viszont csupán 0,3 százalékkal részesedik a „pizzából”. Ezzel szemben az ideális megoszlás, szerintük, az lenne, ha a felső 20 százalék birtokában lenne a javak 32 százaléka, az alsó 40 százaléké pedig a 25 százaléka. Egy újságíró megjegyzése szerint az amerikaiak valójában Oroszországban élnek, de úgy képzelik, hogy Svédországban, ám igazából úgy szeretnének élni, mint valami kibucban. A kutatók úgy



találták, hogy még a jómódúak (és a republikánusok) is jóval kiegyenlítettebb jövedelmi viszonyokat tartanak igazságosnak, mint ami a jelenlegi helyzetben van.

Egy másik, tavaly publikált tanulmányban 40 országból 55 ezer embert kérdeztek meg arról, hogy szerintük mennyi lehet egy vállalati csúcsvezető és egy szakképzetlen munkás jövedelme, aztán arról kérdezték őket, hogy mennyit kellene keresniük. Az átlagos amerikai úgy válaszolt, hogy szerinte a vezérigazgató-munkás jövedelmi arány 30:1 lehet, ideálisnak pedig a 7:1 arányt gondolják. És mit mutat a valóság? 354:1! Ötven évvel ezelőtt ez az arány még csak 20:1 volt. A minták minden al csoportnál nagyon hasonlóak voltak, függetlenül az életkortól, a képzettségi szinttől, politikai vonzalmaktól. A kutatók következtetése ezúttal is egyértelmű volt: az emberek erősen alulbecsülik a jövedelemkülönbségekben mutatkozó szakadékokat és az általuk ideálisnak vélt különbségek között még nagyobb ez a szakadék. Még aggasztóbbnak tűnik, hogy miközben a jövedelmi szakadékok az utóbbi két évtizedben szélesedtek, nagyon kevés ember tartja ezt aggasztónak és emiatt nincsenek tele tüntetőkkel az utcák; az átlagamerikaiaknak csak 5 százaléka gondolja úgy, hogy ez komoly társadalmi feszültség, amire jobban oda kellene figyelni. Az „amerikai álmot” lényege, hogy aki keményen és kitaróan dolgozik, az feljebb léphet a társadalmi ranglétrán, függetlenül aktuális társadalmi státuszától. Egy másik kutatásban 3000 embert kérdeztek meg arról, hogy ha valaki a társadalmi ranglétra alsó 20 százalékába születik, van-e esélye arra, hogy felnőttkorában magasabb kategóriába kerül. A válaszokból derült ki, hogy erre nagyobb esélyt látnak, mint amekkora a valóságban megtörténik. Érdekes módon a szegényebb és politikailag konzervatívabb válaszadók úgy vélték, nagyobb a társadalmi mobilitás, mint a gazdagabb és liberálisabb beállítottságú megkérdezettek. Egy véleménykutató intézet szerint az amerikaiak többsége úgy véli, hogy a gazdasági rendszer igazságtalanul részesíti előnyben a gazdagabbakat, de 60 százalékuk úgy gondolja, hogy kemény munkával előbbre juthatnak a szegényebbek is. Nemzetközi felmérések szerint például Kanadában, vagy Európában lényegesen nagyobb a társadalmi mobilitás, mint az Egyesült Államokban. A felmérések azt mutatják, hogy összedől a meritokrácia mítosza Amerikában. Ezt a szót egy 1958-as eszéjében használta először Michael Young brit szociológus. Lényege, hogy az egyén társadalmi pozíciója nem a társadalmi származásától, hanem tehetségétől, tudásától, szorgalmától és teljesítményétől, egyszerűen „érdemeitől” függ. Van, aki mostanában viccesen így definiálja az „amerikai álmot”: álomba kell merülnöd, hogy elhidd.



(2015. 1. szám)

## A KÁLIUM ÉS A MAGNÉZIUM EGYÜTTMŰKÖDÉSE

A kálium és a magnézium a sejten belüli (intracelluláris) térben leggyakrabban előforduló ásványi anyagok. A sejten kívüli térben pedig nagy mennyiségben a kalcium és a nátrium fordul elő. A kálium és a magnézium hatása külön-külön ismert, kevésbé azonban az a tény, hogy egymásra is hatással vannak.

A magnézium jótékony hatását mindenki ismeri. Közismert, hogy a magnézium segít például, ha izomgörcs lép fel. Nevezik stresszellenes ásványnak is. Nagy teljesítményű, hiszen szinte mindegyik fontos testfunkcióban szerepe van. Több száz enzim függ közvetlenül vagy közvetetten a magnéziumtól. Fontos szerepet játszik a szénhidrát-, fehérje- és zsírsavanyagcserében, valamint a sejtostódásban. Különös jelentőségű a magnézium természetes kalcium-antagonista hatása, ennek köszönhető az izom-összehúzódság és az erek tónusának csökkenése. Hatására a szívizom ingerelhetősége és ezzel a szívritmuszavar veszélye, valamint a szív oxigénfelhasználása mérséklődik, aminek következtében csökken a vérnyomás. Ám nemcsak a szív és a keringés működőképességéhez van szükség megfelelő magnézium-ellátásra, hanem a zsírégetéshez, az energiatermeléshez, a csontképzéshez és a vércukorcsökkentéshez is. A magnézium ezen kívül elengedhetetlen az ideg- és izomsejtek együttműködéséhez, segít a depresszióval szembeni harcban, valamint a menstruációt megelőző tünetegyüttes enyhítésében. A kalcium ellenfeleként a magnézium gátolja az izgalmi folyamatokat. Ennek köszönhető, hogy hatékony a görcszerű fejfájások, érgörcsök és a belső szervek görcsei elleni küzdelemben. Idegi kimerültség, a szív, a keringés és a vegetatív idegrendszer nyhe ingerlékenysége és működészavarára esetén is hasznos. Csillapító hatásának köszönhetően hatékony migrének kezelésében. Vizsgálatok bizonyították, hogy nagy dózisú magnéziumterápia enyhíti a feszítő fejfájásban és migrénben szenvedő betegek fájdalmát, a migrénes rohamok, valamint a migrénes napok számát pedig csökkentette.

A kálium hatása a magnéziuméval szemben kevésbé ismert. Mégsem kevésbé fontos ez az ásványi anyag sem szervezetünk számára. Döntő szerepet játszik a sejtek működőképességében, különösen az ideg- és az izomsejtek esetében. A kálium lényeges az idegimpulzusok továbbvezetésében, szerepe

van a szívritmusban és az izommunkában. A nátriummal együtt a membránpotenciál létrejöttében, az ozmotikus nyomás fenntartásában és a neuromuskuláris ingerlékenységben is szerepe van. Az izmok és idegek izgalmi viselkedését mind a fokozott, mind a kevés mennyiségű kálium csökkenti. A kálium nélkülözhetetlen a szív szempontjából is, mivel ingerületvezetése elsősorban káliumfüggő. Mindezekon kívül a kálium szabályozza a vérnyomást, a vízháztartást, a sejt növekedést, a sav-bázis háztartást, valamint a vesékben és a bélrendszerben a szállítási folyamatokat és befolyásolja a hormonkibocsátást (pl. a hasnyálmirigy béta-sejtjeiből az inzulin leadását). A kálium aktiválja az enzimyományokat, ezáltal alapvető szerepe van a sejtanyagcserében. Hozzájárul az anyagcsere-termékek kiválasztásához, és maga a kálium is a vesén, a bélrendszeren keresztül vagy az izzadsággal távozik a szervezetből. A kálium a gyomor-bélrendszer emésztési nedveinek alkotórésze, befolyásolja a szénhidrát felhasználását és a fehérjeszintézist, valamint az energiában gazdag foszfátvegyületek szintézisét és lebontását (tehát az energiatermelést).

A két ásványi anyag különböző szinten működik együtt. Már a két anyag bélrendszerbe történő felvételekor is, de a vesén keresztül történő kiválasztásuk során is kölcsönhatásba kerülnek egymással. Kimutatták, hogy a magnézium jobban felszívódik, ha egyidejűleg káliumot is adnak mellé. Ha a gyomor-bélrendszer vagy a vese megbetegedése esetén valamelyik ásványi anyag hiánya lép fel, többnyire a másik ásványi anyag érintettsége is bekövetkezik. Az intracelluláris térben a két ásványi anyag funkcionális kapcsolatban áll egymással. Megállapították, hogy összefüggés van a különböző, elsősorban a víz- és szívizomban megtalálható sejtek kálium- és magnéziumtartalma között. Különböző vizsgálatokból kiderült, hogy a sejtek megfelelő káliumtartalmához magnézium szükséges. Az intracelluláris káliumtartalom fenntartásában döntő jelentősége van az úgynevezett nátrium-kálium-ATP-nek (nátrium-kálium pumpának). Ennek az enzimnek az aktivitása a magnéziumtól függ, magnézium hiányában ugyanis az enzim aktivitása csökken. Másrészt a magnézium gátolja azokat a folyamatokat, amelyeken keresztül a sejtekből káliumvesztés következhet be.

A káliumbevétel egészséges táplálkozás mellett ideális esetben elegendő. A magnézium-ellátásról ez sajnos nem mondható el. Különösen a nőket érinti gyakran a magnéziumhiány. A leírásból következik, hogy az elegendő káliumbevétel, ugyanakkor a táplálkozási magnéziumhiány káliumhiányhoz vezet, ezért ilyen esetben célszerű kálium-magnézium kombinációt szedni.

Köszönet Terts Istvánnak

# XXIV. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

## A születésnap paradoxonról

FERENCZ PETRA

Révai Miklós Gimnázium, Győr

Hány embernek kell összegyűlnie egy szobában ahhoz, hogy legalább 50% legyen a valószínűsége annak, hogy legalább két embernek egy napra esik a születésnapja? Számos becslést végzünk nap mint nap, ezek azonban általában nem okoznak nehézséget. Az általunk vizsgált problémára azonban, ami a legtöbb ember első tippje, elég messze esik a helyes megoldástól. Érdeemes megkérdezni ismerőseinket, hogy mit gondolnak, melyik szám a megoldás.

A probléma története kissé homályos, hiszen nincs elérhető, világos bizonyíték arra, hogy ki fogalmazta meg először. Mégis nézzük, hogy a tudományos szakirodalom általunk elért része mit állít bizonyítékok nélkül: Richard P. Dobrow professzor (Carleton College, Northfield) szerint [1] a klasszikus valószínűség-számításban ezt a kérdést Richard von Mises vetette fel 1939-ben. Ezt állítja még Stacey Aldag is (University of Nebraska-Lincoln) egy vizsgadolgozatában [2]. Anirban DasGupta professzor (Purdue University, West Lafayette) szintén azt állítja egy dolgozatában, hogy Richard von Mises vetette fel a problémát 1932-ben [3]. Sokan William Feller professzor „*An Introduction to Probability Theory and Its Applications*” című, először 1950-ben megjelent könyvéből ismerik e problémát. E könyv magyar kiadásának 46. oldalán szerepel a születésnap paradoxon problémája. [4]

A skatulyaelv alapján könnyen belátható, ahhoz, hogy biztosan legyen két egybeeső születésnap, 366 főre van szükség (a szökőéveket figyelmen kívül hagyjuk). A skatulyaelv tankönyvi megfogalmazása szerint ugyanis: „Ha  $n$  darab dobozba  $n + 1$  darab tárgyunk akarunk el-

helyezni, akkor egy dobozba legalább két tárgyat kell tennünk.” A legtöbb ember ez alapján arra a következtetésre juthat, hogy mivel a mi problémánk esetén a valószínűség 1 helyett 0,5, a szükséges emberek száma is nagyjából 366 fele, azaz 183 lesz. Ez azonban merőben téves eredmény.

### A születésnap-probléma megoldása

A feladat megoldásához először is néhány feltevés szükséges. Az egyszerűség kedvéért feltehetjük, hogy egy év pontosan 365 nappól áll (azaz nincsenek szökőévek), illetve azt is, hogy a születésnapok egyenlően oszlanak el az év napjai között, azaz minden napnál  $\frac{1}{365}$  az esély arra,

hogy az valakinek a születésnapja legyen. Kikötjük továbbá, hogy az emberek véletlenszerűen kerültek kiválasztásra (pl. nem egy adott hónapban született emberek gyűléséről van szó, nincsenek közöttük szándékosan ikrek stb.)

Próbáljuk meg esetekre bontani az egybeeső születésnapokat! Van, amikor egy párnak esik egy napra a születésnapja, van, amikor kettőnek, háromnak stb. Jól látszik, hogy ezzel a módszerrel rengeteg esetet kapnánk, így ehelyett célszerűbbnek tűnik a komplementer esemény valószínűségének kiszámítása. Számoljuk ki tehát annak a valószínűségét, hogy nem lesz ütközés a születésnapok között ( $Q_{365}(n)$ ), majd az eredményt 1-ből kivonva megkapjuk a keresett valószínűséget ( $P_{365}(n)$ -et).

Jelöljük az emberek számát  $n$ -nel! Nyilvánvaló, hogy  $n = 1$  esetén  $Q_{365}(1) = 1$ , hiszen az ő születésnapja biztosan nem ütközik senkiével sem.

Most vizsgáljuk meg az  $n = 2$  esetét! Az első ember születésnapját 365-féleképpen választhatjuk ki anélkül, hogy ez a születésnap bárkiével is egybeesne – a valószínűség tehát  $\frac{365}{365}$ .

A második ember számára az első ember születésnapját már nem választhatjuk, így neki már csak 364 nap marad, ennek a teljesülésére pedig  $\frac{364}{365}$  a valószínűség.

Összesen tehát

$$Q_{365}(2) = \frac{365}{365} \times \frac{364}{365} \approx 0,997,$$

ebből pedig következik, hogy

$$P_{365}(2) = 1 - Q_{365}(2) \approx 0,003.$$

Nézzük meg, mi történik akkor, ha  $n = 3$ , azaz ha az előző két emberhez hozzávévünk egy harmadikat. Ekkor ennek az embernek már 2 születésnapot kell elkerülnie, az általa választható napok száma tehát 363.

Így a valószínűség

$$Q_{365}(3) = \frac{365}{365} \times \frac{364}{365} \times \frac{363}{365} \approx 0,99,$$

$$P_{365}(3) \text{ pedig } 1 - Q_{365}(3) \approx 0,1.$$

Ezt a gondolatmenetet alkalmazva rájöhettünk, hogy a  $k$ -edik ember esetén 365 –  $k + 1$  nappól választhatunk, annak a valószínűsége tehát, hogy a születésnapja sem ütközik az addigi emberekével,

$$\frac{365 - k + 1}{365}.$$

Mivel a születésnapok egymástól függetlenek, a  $Q_{365}(n)$  értéke a következőképpen alakul:



$$Q_{365}(n) = \frac{365}{365} \times \frac{364}{365} \times \dots \times \frac{365-n+1}{365}$$

A  $Q_{365}(n)$  értékét természetesen más gondolatmenet alapján is megkaphatjuk. Vegyük azon esetek számát, ahol nincs egyezés, és a kapott értéket vonjuk ki az összes eset számából. Az első embert 365-féleképpen választhatjuk ki, a másodikat 364 (nem egyező) módon, a harmadikat 363 módon, ... az  $n$ -ediket  $365 - n + 1$  módon. Az összes eset száma  $365^n$  (minden ember 365-féle napon születhetett). Így  $Q_{365}(n)$ -re a következő kifejezést kapjuk:

$$Q_{365}(n) = \frac{365 \times 364 \times 363 \times \dots \times (365-n+1)}{365^n}$$

(Ez persze ugyanaz, mint az előző formula.) A  $Q_{365}(n)$ -ből kifejezve a  $P_{365}(n)$ -et, azaz a keresett valószínűséget, a következőt kapjuk:

$$P_{365}(n) = 1 - Q_{365}(n) = 1 - \frac{365}{365} \times \frac{364}{365} \times \dots \times \frac{365-n+1}{365}$$

Ez a  $P_{365}(n)$  érték  $n$  növelésével meglepően gyorsan növekedik.  $P_{365}(4) = 0,02$ ,  $P_{365}(5) = 0,03$ ,  $P_{365}(6) = 0,04$ ,  $P_{365}(7) = 0,06$  és így tovább,  $n = 10$ -nél  $P_{365}(10)$  már meghaladja a 0,1-et. Ha tovább növeljük az  $n$ -t, kiderül, hogy  $n = 22$ -re  $P_{365}(22) \approx 0,48$  és  $n = 23$ -ra  $P_{365}(23) \approx 0,51$ . A keresett  $n$  érték tehát nem más, mint 23. [1] [5] [6] [7] [8]

### A Halmos Pál-féle megoldás

A problémával többek között *Halmos Pál* magyar származású matematikus is foglalkozott. Halmos Pál (1916–2006) munkássága során a matematika több területén (matematikai logika, valószínűség-számítás, statisztika, funkcionálanalízis) is dolgozott. Életrajzi művében, az „*I Want to Be a Mathematician*” („Matematikus akarok lenni”) című könyvben a születésnap paradoxont is vizsgálta. Ő azonban fordítva vizsgálta a problémát: arra kereste a választ, hogy legfeljebb hány ember esetén lesz 0,5-nél kisebb annak a valószínűsége, hogy az összes embernek különböző a születésnapja. Ez azt jelenti, hogy egy  $r$  naptól álló év esetén (ahol  $r$  nagy szám) keressük azt a legnagyobb  $n$ -et, amelyre igaz a következő egyenlőtlenség:

$$\frac{r}{r} \times \frac{r-1}{r} \times \frac{r-2}{r} \times \dots \times \frac{r-(n-1)}{r} < \frac{1}{2}$$

A következő lépésben alkalmazta a számtani és mértani közép közötti egyenlőtlenséget, amely azt állítja, hogy ha  $a_1, a_2, \dots, a_n$  nemnegatív valós számok, akkor fennáll a következő egyenlőtlenség

$$\sqrt[n]{a_1 a_2 a_3 \dots a_n} \leq \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}$$

(ahol egyenlőség pedig akkor és csak akkor érvényes, ha  $a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n$  [9])

Így ha  $a_k = \left(1 - \frac{k-1}{r}\right)$ -t helyettesít ebbe az egyenlőtlenségbe  $k = 1, 2, 3, \dots, n$ -re, akkor a következőt kapja:

$$\sqrt[n]{1 \times \left(1 - \frac{1}{r}\right) \times \left(1 - \frac{2}{r}\right) \times \dots \times \left(1 - \frac{n-1}{r}\right)} \leq \frac{1 + \left(1 - \frac{1}{r}\right) + \left(1 - \frac{2}{r}\right) + \dots + \left(1 - \frac{n-1}{r}\right)}{n}$$

Az egyenlőtlenség jobb oldalát tovább alakítva a következőt kapta:

$$\begin{aligned} \frac{1 + \left(1 - \frac{1}{r}\right) + \left(1 - \frac{2}{r}\right) + \dots + \left(1 - \frac{n-1}{r}\right)}{n} &= \\ &= \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \left(1 - \frac{k}{r}\right) = \\ &= \frac{1}{n} \left(\sum_{k=0}^{n-1} 1 - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{k}{r}\right) = \\ &= \frac{1}{n} \left(n - \frac{1}{r} \times \frac{n-1}{2} \times n\right) = \\ &= 1 - \frac{n-1}{2r} \approx 1 - \frac{n}{2r} \end{aligned}$$

Tehát az egyenlőtlenséget  $n$ -edik hatványra emelve:

$$1 \times \left(1 - \frac{1}{r}\right) \times \left(1 - \frac{2}{r}\right) \times \dots \times \left(1 - \frac{n-1}{r}\right) \leq \left(1 - \frac{n}{2r}\right)^n$$

Ezután hivatkozott az

$$1 - x \leq e^{-x} \quad (x \geq 0)$$

egyenlőtlenségre, ami e feladat esetén a következő formában használható:

$$1 - \frac{n}{2r} \leq e^{-\frac{n}{2r}}$$

Ez azt jelenti, hogy

$$1 \times \left(1 - \frac{1}{r}\right) \times \left(1 - \frac{2}{r}\right) \times \dots \times \left(1 - \frac{n-1}{r}\right) \leq \left(1 - \frac{n}{2r}\right)^n \leq \left(e^{-\frac{n}{2r}}\right)^n = e^{-\frac{n^2}{2r}}$$

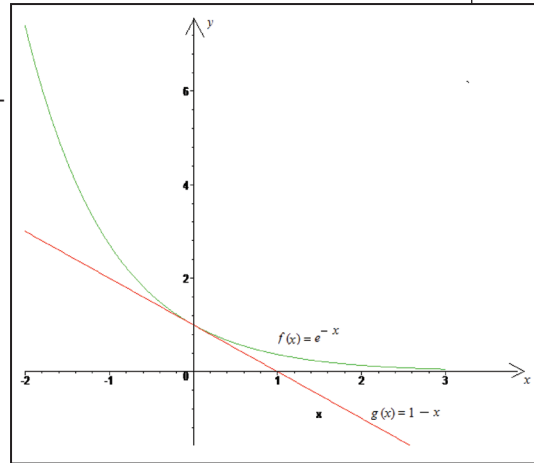
Így ha az  $e^{-\frac{n^2}{2r}} \leq \frac{1}{2}$

egyenlőtlenség megoldásai között vesszük a legkisebb  $n$  értéket, azzal egy felső korlátot is kapunk  $n$ -re az

$$1 \times \left(1 - \frac{1}{r}\right) \times \left(1 - \frac{2}{r}\right) \times \dots \times \left(1 - \frac{n-1}{r}\right) \leq \frac{1}{2} \text{ egyenlőtlenségre.}$$

Ezen gondolatmenet egyetlen szépséghibája, hogy bár felső korlátként megkapjuk az  $n = 23$ -at, ezzel nem zárjuk ki azt, hogy a korlát tovább élesíthető (azaz, hogy a problémának van olyan megoldása is, ahol  $n \leq 22$ ). [7]

Felhasználtuk az  $1 - x \leq e^{-x}$  egyenlőtlenséget. Ezt szemléltethetjük, ha ábrázoljuk közös koordináta-rendszerben az  $f(x) = e^{-x}$  és a  $g(x) = 1 - x$  függvények grafikonjait az  $x = 0$  környékén.



Persze az ábrázolás még nem bizonyítás. Könnyen igazolhatjuk a differenciálszámítás segítségével. Legyen  $h(x) = f(x) - g(x) = e^{-x} - 1 + x$ . Ekkor  $h(0) = 0$ .

Differenciáljuk a  $h$  függvényt  $x$  szerint. Kapjuk, hogy  $h'(x) = -e^{-x} + 1 = 1 - \frac{1}{e^x}$ .

Ismert, hogy ha  $x \geq 0$ , akkor  $e^x \geq 1$ . Ebből következik, hogy

$$1 - \frac{1}{e^x} \geq 0,$$

vagyis  $h'(x) \geq 0$ . Ebből következik egy idevágó tétel szerint, hogy a  $h$  függvény szigorúan monoton növekedő, ha  $x \geq 0$ . Vagyis fennáll, hogy ha  $x \geq 0$ , akkor  $h(x) \geq 0$ .

Ebből következik, hogy ha  $x \geq 0$ , akkor teljesül, hogy  $1 - x \leq e^{-x}$ .

### Egy másik probléma

A probléma megoldását sokan ott rontják el, hogy félreértelmezik a kérdést. Nem annak a valószínűségét vizsgáljuk ugyanis, hogy van legalább egy ember, aki velem (vagy bármely megkülönböztetett emberrel a csoportban) egy napon született. Az első számítás esetén minden új embernek el kell kerülnie az összes addigi születésnapot. Ebben az esetben viszont elég elkerülni azt az egy bizonyos napot, ennek a valószínűsége pedig minden alkalommal  $\frac{364}{365}$ .

Így tehát  $Q_{365}(n) = \left(\frac{364}{365}\right)^n$  és

$$P_{365}(n) = 1 - \left(\frac{364}{365}\right)^n.$$

Ez a  $P_{365}(n)$  érték  $n = 23$ -ra mindössze  $P_{365}(23) = 0,06$ , ami elég messze van a 0,51-től. Ahhoz, hogy ennél a feladatnál a valószínűség meghaladja a 0,5-öt,  $n = 253$ -at kell behelyettesítenünk. Ezt úgy kapjuk, hogy keressük a  $P_{365}(n) = 0,5$ ,

azaz az  $1 - \left(\frac{364}{365}\right)^n = 0,5$  exponenciális

egyenlet megoldását. Ezek alapján:

$$n = \frac{\ln 0.5}{\ln \left(\frac{364}{365}\right)} = 252,65... \approx 253.$$

Tehát ahhoz, hogy 50%-os eséllyel találjak valakit, aki velem egy napon született, rajtam kívül egy 253 fős csoportra van szükségem.

A 23 és a 253 egyaránt messze van a 183-tól, a két kapott szám között azonban van kapcsolat. Ahhoz, hogy ezt megértsük, azt kell megnéznünk, hogy két születésnap hányféleképpen egyezhet. Amikor azt vizsgáltuk, hogy van-e egyezés az én születésnapommal, valójában minden ember születésnapját külön-külön összehasonlítottuk az enyémmel, tehát összesen 253 párosítást végeztünk. Amikor azonban bármely két ember születésnapja megegyezhetett, minden születésnapot összehasonlítottunk mindennel, tehát minden lehetséges párosítást megvizsgáltunk, azaz vettük az  $n$  elemű halmaz összes  $2$  elemű részhalmazát.

Ez  $n = 23$  esetén  $\binom{23}{2} = 253$  párt jelent.

23 emberből tehát 253 párnyi lehetőségünk van arra, hogy egyezést találjunk, annak a valószínűsége pedig, hogy sikerrel járunk, kb. 0,5.

Ebben a levezetésben azért van egy kis csalás. Amikor az én születésnapommal egybeeső esetek valószínűségét vizsgáltuk,

$$a P_{365}(n) = 1 - \left(\frac{364}{365}\right)^n$$

kifejezést írtuk fel. Itt a  $\frac{364}{365}$  hatványozása

azért történt, mert a születésnapok, illetve a párosítások egymástól függetlenek voltak abban az értelemben, hogy az, hogy  $A$  velem egy napon született, nem mond el semmit arról, hogy  $B$ -re is igaz-e ugyanez. Amikor azonban a 23 emberből formáltuk a 253 párt, azok nem teljesen függetlenek egymástól: ha tudjuk, hogy  $A$  és  $B$  egy napon született, illetve azt is, hogy  $B$  és

$C$  is egy napon született, ebből már  $A$  és  $C$  párosítása nélkül is következne, hogy ők is egy napon születtek. Persze sok olyan pár is van, amelyek valóban függetlenek egymástól. Ha például  $A$  és  $B$  születésnapja egyezik, valamint ugyanez elmondható  $D$ -ről és  $E$ -ről, abból még nem tudjuk meg, hogy  $A$  és  $D$  egy napon született-e. Az ilyen független párosításokból pedig elég van ahhoz, hogy számításaink jó közelítésnek feleljenek meg (és a 23 és 253 közötti kapcsolatot is mutassák). Így tehát, egy  $n$  főből álló csoportban az esély arra, hogy legyen két olyan ember, akik egy napon születtek, hozzávetőlegesen:

$$P_{365}(n) = 1 - \left(\frac{364}{365}\right)^{\binom{n}{2}},$$

ami egy gyorsabb számolási módot eredményez. [1] [5] [6] [7] [8]

**A feltevések vizsgálata**

A levezetés elején feltettük, hogy a születésnapok egyenletesen oszlanak el, azaz minden születésnap ugyanannyira valószínű – ez azonban a valóságban nem igaz. A szabálytalan eloszlás azonban növeli az egybeeső születésnapok valószínűségét, így a valóságban a már egyébként is meglepően alacsony 23-as szám még kisebb lenne. Ezt

egy egyszerű gondolattal könnyen beláthatjuk: tételezzünk fel valamilyen extrém eltérést az egyenlő eloszláshoz képest. Tegyük fel például, hogy mindenki január 1-jén született. Ekkor ahhoz, hogy 50%-os valószínűséggel legyen születésnap, nyilvánvalóan elég 2 ember. Nézzünk meg most egy kevésbé extrém esetet: tegyük fel, hogy mindenki januárban született. Ekkor a 365 nap helyett 31-ből választhatunk, így a valószínűsége annak, hogy  $n$  ember között lesz kettő, akiknek egy napra esik a születésnapja

$$P_{31}(n) = 1 - \frac{31}{31} \times \frac{30}{31} \times \dots \times \frac{31-n+1}{31},$$

ez pedig már  $n = 7$ -et behelyettesítve meghaladja a 0,5-öt. Ezek az esetek természetesen csak példák a születésnapok egy-egy torz eloszlására, de jól látható belőlük, hogy az 50%-os bizonyosság eléréséhez sosem 23-nál több emberre szükség.

Mennyiben változat az eredményen egy szökőév? Megintcsak nem sokat. Ha a problémát 365,25 napból álló évekkel modellezzük, azzal a feltétellel, hogy a február 29-én való születés valószínűsége a többi nap valószínűségének negyede, egy

véletlenszerűen kiválasztott ember  $\frac{0.25}{365.25}$

valószínűséggel születik február 29-én, míg bármely másik napon ez a valószínűség  $\frac{1}{365.25}$ . További számolásokból az

is látszik, hogy a megoldás újra a 23 lesz, azzal a különbséggel, hogy ennek megfelelően a valószínűség 0,5072... helyett 0,5068... lesz.

**Egy szimuláció**

A következőkben számítógéppel végeztem 1 000 000 kísérlet eredményét ismertetjük. A Suess-Trumbo-könyv [10] 6. oldalán levő  $R$  nyelvű programot alakítottuk át. A program 1 000 000 szobát képzel el és mindegyik szobában 23 ember található. A program (ál)véletlen születésnapokkal dolgozva meghatározza mindegyik kísérletnél, hogy mekkora a száma annak, hogy nincs születésnap-egyezés, majd, hogy 2 ember, 3 ember, 4 ember (és így tovább) születésnapja megegyezik. Ezután meghatározza, hogy a kísérletekben milyen arányban fordul elő ugyanez. Vagyis meghatározza a relatív gyakoriságokat, amelyek közelítik a megfelelő valószínűségeket.

**1. táblázat**

0 db egyezés	1 db egyezés	2 db egyezés	3 db egyezés	4 db egyezés	5 db egyezés	6 db egyezés	7 db egyezés	8 db egyezés
492202	363348	118740	22680	2767	250	13	0	0

**1. ábra**



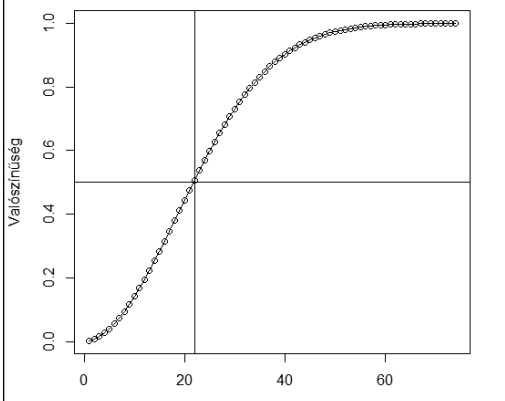
**Még egy szimuláció**

A következőkben szintén 1 000 000 kísérlet eredményét ismertetjük. A programot bizonyos Wesley nevű internetes blogger  $R$  nyelvű programjának kisebb átalakításával kaptuk. A program azt vizsgálja, hogy a szobában levő emberek számának függvényében mekkora a relatív gyakorisága, vagyis a közelítő valószínűsége annak,



hogyan két embernek a szobában azonos napon van a születésnapja.

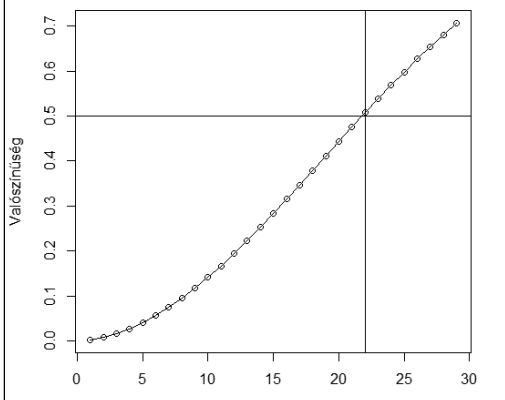
Két embernek ugyanaznap van a születésnapja



3. ábra

Megfigyelhetjük, hogy már 60 ember esetén szinte biztos, hogy van két olyan ember, akinek egy napra esik a születésnapja. Jobban szemügyre véve az első 25 ember esetét azt kapjuk, hogy 23 embernél lesz kb. 50% a valószínűsége annak, hogy két embernek egybeesik a születésnapja:

Két embernek ugyanaznap van a születésnapja



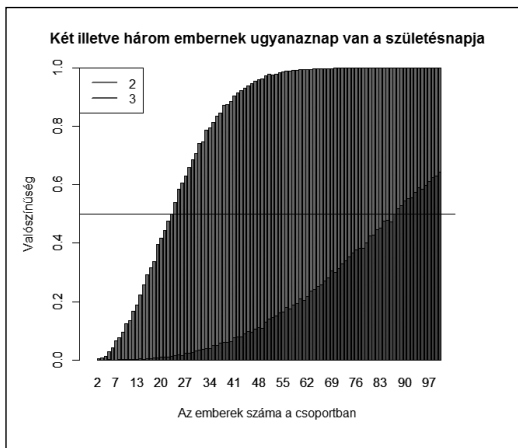
4. ábra

A következő szimuláció

Vajon mekkora csoportlétszámnál lesz 50% a valószínűsége annak, hogy három születésnap is ugyanarra a napra esik?

Az 5. ábrából láthatjuk, hogy 83 és 90 közötti csoportlétszám lesz 50% a valószínűsége, hogy van 3 ember, aki egy napon született. Ha kinagyítanánk az ábrát, akkor jól látnánk, hogy 86-nál, illetve 87-nél lesz körülbelül 50%-os a megfelelő valószínűség.

Születésnap-egyezések iskolánkban

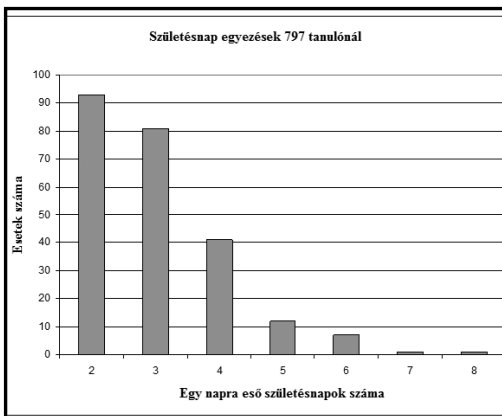


5. ábra

Az előzőekben szimulációkat vizsgáltunk, most azonban nézzünk meg egy valós adatokon alapuló esetet. Horváth Péter igazgató úr engedélyével és két osztálytársam segítségével kigyűjtöttem az iskola tanulóinak születési adatait (hónap, nap) a tanulók nevei nélkül. Így a 28 vizsgált osztályban azt tapasztaltam, hogy 12 osztálynál nincs születésnap-egyezés, míg hat osztálynál 1–1, öt osztálynál 2–2, négy osztálynál 3–3, egy osztálynál pedig 4 olyan tanulópár is előfordult, akik egy napon születtek. Ezek a születésnap-egyezések azonban mindig csak 2–2 emberre vonatkoztak, olyan születésnap-egyezés tehát az osztályokon belül nincs, hogy kettőnél több ember született volna egy napon.

Egy napra eső születésnapok száma	2	3	4	5	6	7	8
Esetek száma	93	81	41	12	7	1	1

Ha viszont egyszerre vizsgáltam mind a 797 tanuló adatát, a következőket kaptam (2. táblázat):



6. ábra

A kapott adatokat ábrázoljuk oszlopdiagramon (6. ábra).

A születésnap paradoxon néhány általánosítása

A születésnap paradoxont sokféleképpen kiterjeszthetjük. Ezek közül hármat röviden megemlítenk bizonyítás nélkül a Havil-könyv alapján [7].

Megkérdezhetjük például, hogy hány ember szükséges ahhoz, hogy 50%-os eséllyel legyen két olyan ember, aki ugyanabban a hónapban született. Ekkor az általánosított  $Pr(n) = 1 - \frac{r}{r} \times \frac{r-1}{r} \times \frac{r-2}{r} \times \dots \times \frac{r-n+1}{r}$

kifejezésbe  $r = 12$ -t helyettesítve láthatjuk, hogy  $n = 4$ -re a valószínűség 0,427083..., míg  $n = 5$ -re már 0,618056...

Sokkal bonyolultabb feladat, ha azt a minimális csoportlétszámot ( $n$ ) akarjuk megkeresni, ahol 50%-os esély van arra, hogy 3, 4, 5, ...,  $k$  ember legyen, aki egy napon született. Az első néhány  $n$  és  $k$  értékpárt a lenti táblázatban feltüntettük [7]:

$k$	$n$
2	23
3	88
4	187
5	313
6	460
7	623
8	798

3. táblázat

Végül, de nem utolsósorban pedig annak a valószínűségére is rákérdezhetünk, hogy  $n$  ember közül legalább 2-nek legfeljebb  $d$  nap

távolságra van a születésnapja. Ebben a feladatban  $d = 0$  esetén a feladat maga a születésnap paradoxon. A 4. táblázat utolsó sorából pedig pl. az a meglepő adat is látszik, hogy egy hattagú csa-

$D$	$N$
0	23
1	14
2	11
3	9
4	8
5	7
7	6

4. táblázat

lában több, mint 50% esély van arra, hogy lesz két ember, aki egy héten belül született. [7]

Az írás diákpályázatunk Matematika kategóriájában I. díjat nyert.

## Irodalom

- [1] Dobrow, Robert P. (2014): Probability with Applications and R, John Wiley & Sons, Hoboken, 45–50. oldal
- [2] Aldag, Stacey (2007): A Monte Carlo Simulation of the Birthday Problem, Master of Arts in Teaching, Masters Exam, 1–16. oldal (Az interneten elérhető.)
- [3] DasGupta, Anirban (2005): The matching, birthday and the strong birthday problem: a contemporary review, Journal of Statistical Planning and Inference, 130, 377–389. oldal
- [4] Feller, William (1978): Bevezetés a valószínűségszámításba és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, 46. oldal
- [5] Ball, Keith (2003): Strange Curves, Counting Rabbits, and Other Mathematical Explorations, Princeton University Press, Princeton and Oxford, 83–92. oldal
- [6] Hamming, Richard W. (1991): The Art of Probability for Scientists and Engineers, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 27–31. oldal
- [7] Havil, Julian (2007): Nonplussed! (Mathematical proof of implausible ideas), Princeton University Press, Princeton and Oxford, 25–36. oldal
- [8] Olofsson, Peter (2007): Probabilities (The Little Numbers that Rule Our Lives), John Wiley & Sons, Inc., 52–57. oldal
- [9] Hajnal Imre – dr. Nemetz Tibor – dr. Pintér Lajos (1983): Matematika (fakultatív B változat) III. osztály, Tankönyvkiadó, 229–233. oldal
- [10] Suess, Eric A. – Bruce E. Trumbo (2010): Introduction to Probability Simulation and Gibbs Sampling with R, Springer Science + Business Media, New York, 4–8. oldal

## Egyéb források:

[http://en.wikipedia.org/wiki/Paul\\_Halmos](http://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Halmos)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Birthday\\_problem#An\\_upper\\_bound](http://en.wikipedia.org/wiki/Birthday_problem#An_upper_bound)

<http://www.r-bloggers.com/the-birthday-simulation>

Hajnal Imre, Számadó László, Békéssy Szilvia (2002): Matematika 10. a gimnáziumok számára Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, 238. oldal

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni Horváth Péter igazgató úrnak (Révai Miklós Gimnázium), hogy engedélyezte a tanulók születési adatainak használatát, a tanulók nevei nélkül. Köszönöm továbbá két osztálytársamnak, Brückner Beatrix és Kelemen Lilla 11. F osztályos tanulóknak az adatok kigyűjtésében nyújtott segítségét. Végül, de nem utolsósorban pedig köszönöm Csete Lajos tanár úrnak, a Révai Miklós Gimnázium és Kollégium matematika-fizika tanárának a dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségét.

## Kántor Sándor mesterségének rejtelmei

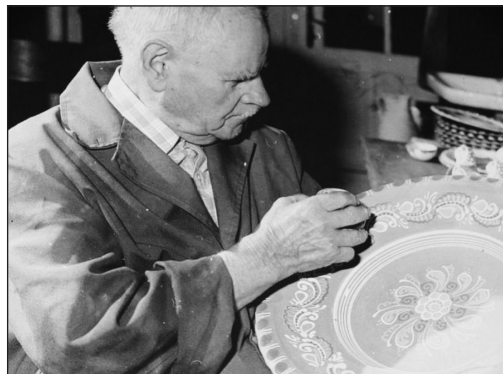
VINCE JÁNOS

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola

A fazekasság az iparművészet egyik, talán a legrégebbi ága, kialakulásának ideje i. e. 8000-re datálható. Életre hívója a mezőgazdaság. A középső kőkorszak végén az őskori ember már letelepedik, felhagy a vándorlással, a vadászással, helyette háziállatokat tart, és növények termesztésbe kezd. A növénytermesztéssel és állattenyésztéssel megszűnnek az addig fennálló éhezési problémák, idővel megjelenik a felesleg is, amit tárolni kell. Ezt fogja kiszolgálni az ősi fazekasság, amely a felesleges étel tárolására gyártott használati edényeket.

A fazekasság alapvető célja később sem változott, elsődleges feladata, hogy az ember életének kényelméhez szükséges, gyakorlati célra, közönséges használatra szánt tárgyakat, eszközöket előállítsa – ez az ipar. A művészetnek ellenben az a hivatása, hogy alkotásaival az ember széppézetét kielégítse. A már évezredek óta létező fazekasságot ma mégis a kihalás és az elfeledés veszélye fenyegeti.

Karcagi születésű diákként kötelességemnek érzem, hogy az emberek megismerjék a karcagi fazekasságot, azért is, mert ez a város nem csupán egy átlagos alföldi



## Kántor Sándor tányér díszítése közben

fazekasközpont, hanem jóval több annál. Ez pedig Kántor Sándor karcagi származású fazekasmester érdeme, aki munkásságával és annak termékeivel európai hírnevet szerzett nemcsak műhelyének, hanem városának is.

Dolgozatomban bemutatom a karcagi fazekasság történetét, legjelentősebb időszakait 1750-től napjainkig, megmutatva, hogy hogyan jutott el 260 év alatt fénykorától hanyatlásáig. Kiemelten foglalkozom Kántor Sándor életével, alapítójának halála után a Kántor-műhely sorsával, az átörökítéssel,

jelenlegi helyzetével és a fazekasműhely jövőképevel. [1][2]

Karcag Jász-Nagykun-Szolnok megyei város, a Nagykunság központja, a megye legkeletibb települése. Neve kun személynévből származik, amelynek jelentése: pusztai róka.

## A karcagi fazekasság kezdete, az 1750–1850 közötti időszak

A város alapítására vonatkozó egyes feljegyzések arról tanúskodnak, hogy Karcag már a XIV. század közepén létezett. Az akkori területen nagyon kevesen laktak, mely szerves része volt a kunsági vízi világnak. A város 1734-ben kapott vásártartási jogot, ez indította el az ipari tevékenységet és a kereskedelmet. A XIX. század elején már rendezettebb lett a városkép. Iskolák épültek, 1819-ben megalakult a céh. Mindezek dacára a település mezőgazdasági jellege megmaradt.

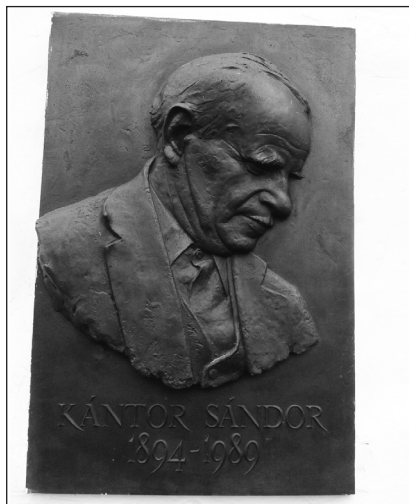
A kézműipar a XVIII. század közepén honosodott meg Karcagon. Ez idő tájt telepedt le az első fazekas is.

Karcagon az első koporsócsináló is fazekas volt, Györfi Sámuel. 1768-ban került Karcagra. Sámuel építette a város kemeceit, s az agyaghasználatért, az égetőke-



mence állításáért és a neki adott telekért tartozott a város csapszékét boros csuprokkal ellátni, ami nagy teher lehetett, mert a kunok minden ivás után falhoz vágták a poharat. A fazekasok kérték felmentésüket e szolgáltatás alól, de eredménytelenül. E család volt az első fazekas dinasztia Karcagon.

Majd 85 éven keresztül a Győrfi családból kerültek ki a fazekasok, vagyis apáról fiúra szállt a mesterség. 1809-ben, Győrfi Sámuel halálakor már mindhárom fiú fazekas volt (az 1810. évi beadványt fiai írták alá). Ismeretlen előttünk, hogy Győrfi Sámuel nádudvari létre miatt



### Kántor-emlékdombormű a tájház falán

Mezőtúrra ment szakmát tanulni, akkortájt már volt fazekas Nádudvaron, sőt a fekete edények tradicionális helyeként ismerték, mint ahogy jelenleg is az. Ha a vidéket vesszük figyelembe, Debrecen is közelebb van Nádudvarhoz, mint Mezőtúrhoz, s a XVIII. század debreceni fazekasmesterei már szintén múlttal rendelkeztek, de Győrfiek mégis Mezőtúrra szegődtek fazekastanulónak. A Győrfi család kiváltságos helyzetét Kónya József karcagi fazekas törte meg 1840 táján. A Győrfi-utódokat az 1850 körüli céhkimutatásban már nem találjuk; hogy a családból melyik személlyel halt ki a fazekasság, nem tudjuk (a karczagújszállási halotti anyakönyv [matrikula] a második világháború alatt megsemmisült). Annyi azonban biztos, hogy Győrfi Sámuel volt az első karcagi fazekas, akinek fiai folytatták a meghonosított mesterséget. Nevükhöz fűződik a majd 200 év után is létező és működő fazekasipar megteremtése, alapjainak lerakása Karcagon. [3]

Nem tudjuk pontosan, hogy melyik évben kezdte tevékenységét a „Győrfi-uralmat” megtörő Kónya József faze-

kas. 1840-ben már 20 éves, érett legény (a céhtörvények szerint 13 éves kortól szegődhetett el a tanonc, 3–4 év volt a tanulási idő, 3 a vándorlás).

Összefoglalva a XVIII. század és a XIX. század első felét – Karcagon a fazekasság egy család kezében volt, vagyis Győrfiek uralták a szakmát. Időközben újabb fazekas nem telepedett le, tehát majd 85 éven át a Győrfi család tagjaiból kerültek ki a karcagi fazekasok. [4]

### Karcagi fazekasok a XIX. század második felében

A nyilvántartások szerint a XIX. század közepétől 1900 elejéig hat fazekas volt Karcagon, az ő munkájuk adta a század második felének azt a lendületét, amely országszerte létezett tájegységenként a fazekas szakmában.

A karcagi fazekasok életkörülménye általános volt. Leginkább családtagokkal dolgoztak. A munka az ősi hagyomány szerint folyt, korongon dolgoztak, írókával virágoztak és kavicsal csiszoltak. A tűz veszélye miatt kemencéjüket csak a város peremére építhették, amiből adódott, hogy a központtól távol telepedtek le. Az öreg fazekasok kihaltak, de a más vidékről jövő fazekasok újra fellendítették Karcag fazekasiparát, ami már az 1900 utáni évekre esik.

### A századforduló időszaka

A XX. század kezdetével Karcag fazekasiparára is új kor köszöntött be. Az előző század mestereiből csak Rab Imre dolgozott fazekasként a század első éveiben. Kortársai mind elhaltak vagy felhagytak a fazekassággal. A kihalás veszélyétől Ácsi Kovács János szentesi fazekas mentette meg Karcag fazekasiparát. 1903-ban költözött Szentesről Karcagra. Érdemei vitathatatlanok a szakmában. Ő az elindítója annak a folyamatnak, amely a későbbi évtizedekre előkészítette Karcag fazekasságának újbóli virágzását, majd fénykorát. A századforduló éveiben szinte kiváltságos helyzete volt Ácsi Kovács Jánosnak. Egyedüli fazekas

### A tájház kiállításának részlete



volt Karcagon 1903-tól 1920-ig. Ácsi az első a karcagi mesterek sorában a következő fazekas nemzedék kinevelésében. Ő szerződtette tanulóként Kántor Sándort. 1907-től évenként vett fel tanulót. Ácsi Kovács fél évszázados fazekassága alatt 10 fazekasmestert adott a szakmának. [5]

### Az első világháború utáni idők

1920-ban lett önálló fazekas Kántor Sándor, majd 1923-ban Berki Sándor. Először mindketten edényeket készítettek. Az új mesterek megjelenése véget vetett Ácsi Kovács János kiváltságos helyzetének.

A kialakult versengés a vevők hasznára vált, mert mindegyik fazekas szép áru készítésére törekedett. A fazekasok száma gomba módra nőni kezdett, a gyáripar fokozatos fejlődésének ellenére is, ami pedig kezdte kiszorítani a cserépedényt a piacról. A történelmi események és nagy átalaku-



### A tájház karcagi kapuja előtt

lások a fazekasokat sem kerülték el. 1951-ben a városi tanács felhívta a figyelmet a szövetekezés lehetőségére. Kántor Sándor és F. Szabó Mihály fazekasok kivételével mindenki szövetségre lépett. Ez az időszak volt Karcag fazekasságának fénykora. Napjainkban, a XXI. század elején a helyi fazekasság megszűnése fenyeget, ha nem lesz örököse és folytatója a fiatalok között. A korszak legkiemelkedőbb tehetsége kétségtelenül Kántor Sándor volt, ő teremtette meg a karcagi fazekasság iskoláját, Karcag sajátos formáját és színgazdaságát. Ebben a munkájában segítségére volt tanítványa, későbbi munkatársa, F. Szabó Mihály.

### Kántor Sándor életútja – út a nemzetközi hírnévig

Kántor Sándor nincstelen parasztszülők gyermekeként, 1898. szeptember 4-én született Karcagon. A 6 elemi elvégzése után 1907-ben fazekas tanuló lett Ácsi Kovács Jánosnál. Négy évvel később, 1911-ben szabadult, segédlevelet kapott, és a pécsi Zsolnai Porcelángyárban helyezkedett el. Hat hónapig mint korongos dolgozott.

1914-ben rendkívüli sorozáson munkaszolgálatos minősítéssel a csepeli lőszergyárba, a tűzérési laboratóriumba osztották be. Csepelen dolgozott 1916 decemberéig. Innen vonult be katonának. Prágába vezényelték, majd 1917 márciusában az olasz frontra, ahol 1918. október 28-án karlövessel megsebesült. 1918. november 4-én már Karcagon volt. 1920. május 1-jén önálló lett, kiváltotta az iparendélyt.

Az Országos Iparegyesülettől 1925-ben bronz-, 1928-ban ezüst- és 1932-ben aranyérmét kapott. 1929-ben Kaposváron aranyéremmel, a Szegedi Iparkamara pedig arany díszoklevéllel tüntette ki. Ebben az időben kereste fel Györfly István nép-



A Kántor-műhely régen

rajztudós, egyetemi tanár, több régi edény reprodukciója érdekében. A munka a várt-nál jobban sikerült.

Így újított fel számtalan feledésbe ment tiszafüredi Miskát, kulacsot, tányért és borosedényt. Első írókás darabjai 1925 körüliek. Ekkor kezdett művészkedni, ott vette kezdetét munkájának az a szakasza, amely országos hírűvé, sőt külföldön is ismertté tette. 1930-ban költözött be a városba. A Bethlen utca 24–26. számú házában telepedett le (ma Bethlen Gábor utca 8.). Megkapta a kemenceépítési engedélyt, emberségesebb körülmények között dolgozhatott.

1936-ban Miska boroskancsói (Miskakancsó) és pálinkás menyecskebutellái a legkeresettebbek között voltak a tokiói Macuzakaja Áruház kiállításán. Ezt követte az egyiptomi rendelés, ahová magyaros étkezészet szállított. Az Országos Ipartársulat mesterversenyén pályázott munkájával ezüstkoszorús mester lett. 1938-ban a Debreceni Iparkamara aranyéremmel tüntette ki. Alkotásaiban mindig újdonsággal jelent meg. A háború éveit alatti is dolgozott. A front idején 1944-ben a műhelyét bombatalálat érte. Több év-tized munkájának gyümölcse semmisült meg akkor.

Előlről kezdett mindent. A gyorsan induló gazdasági fellendülés még nagyobb alkotói készséget adott, új formák, színek kerültek ki műhelyéből. Munkája elisme-

résül Kántor Sándort 1953. augusztus 20-án *A népművészet mestere* címmel tüntette ki a kormányzat. A karcagi Kántor-műhely munkái 1954-ben szerepeltek a moszkvai néprajzi kiállításon, majd Kinában és Indiában.

Életének egyik legnagyobb feladatát a Brüsszelbe készítő edényfigurák munkáival kapta. A feladatot megoldotta. Az 50–60 cm-es ember-, állat- és márdáfigurái voltak az 1958-as Brüsszeli Világkiállítás magyar pavilonjában a mezőgazdasági részlegének díszei. E munkadarabjaiért megkapta az 1958-as Brüsszeli Világkiállítás nagydíját (Grand Prix). Egyedüli az ország fazekasai közül, aki ilyen nagy kitüntetésben részesült cserépfuráiért. A brüsszeli sikerek alapján újabb rendeléseket kapott. Az Artex Külkereskedelmi Vállalat útján Nyugat-Németországba nagy mennyiségű vázát, tálat, tányért, kisbokályt és hamutartót szállított. Belgiumban oly népszerűek lettek agyagból készült tárgyai, hogy több sorozatban reprodukálta exportra. A Kereskedelmi Kamara szerepeltette monumentális nagy vázáját az 1958-as londoni mezőgazdasági kiállításán. Több külföldi, köztük kínai, orosz, cseh, angol, amerikai, lengyel, japán vendég látogatta már meg műhelyét. E rendkívüli események alkalmával alakította ki a teljes karcagi, helyesebben a Kántor-formát.

1956-ban töltötte be 58. életévét, munkásságában egyre inkább utódja megtalálására törekedett, és oktatott. Egy lánya született, aki Kun-Gazda Ferenchez ment feleségül, akit Kántor megtanított a fazekasság minden trükkjére. Kun-Gazda is népművésszé, fazekasmesterré vált, beletanult a kályhákészítésbe is. A család következő fazekas tagja Tóth János, aki Kun-Gazda Ferenc lányát vette el feleségül 1978-ban. Az alapító ekkor már 80. életévében járt, de még mindig dolgozott, nem volt olyan nap, hogy ne ment volna le a műhelybe. Még ebben az évben magas állami kitüntetésben részesült, megkapta a Kossuth-díjat. Szülővárosa, Karcag díszpolgárrá avatta. Ezek voltak életének utolsó elismerései. 1989. október 23-án, 96 évesen hunyt el. [6][7]

#### A műhely élete 1989-től napjainkig

Kántor Sándor 1989-ben bekövetkezett halála után a műhely örökösei veje és unokájának férje lettek. 1976 után özönlöttek a műhelybe a turisták, közülük a legtöbb Németországból érkezett Karcagra (ekkor még élt Kántor Sándor Kossuth-díjas fazekasmester). Az 1976 utáni 10

évet a műhely mai tulajdonosa, Tóth János a legaktívabb és legsikeresebb év-tizednek tartja. (Valószínűleg ekkor terjedt el széles körben a karcagi fazekasság híre Magyarországon és Európában). Elmondása szerint a látogatók minden nap tömegesen érkeztek, kiránduló csoportok buszokkal, nyaralók lakókocsikkal, és persze vásároltak is, ajándéktárgyakat, emléktárgyakat, mindennapi használati tárgyakat.

Az „öreg fazekasmester” halála után szinte minden megváltozott. A rendelések visszaestek, látogatók egyre ritkábban érkeztek. Kun-Gazda Ferenc és Tóth János fazekasmesterek azonban továbbra is töretlenül készítették az edényeket, hiszen fogadalmat tettek, hogy amíg bírják erővel, addig biztosan forogni fog a korong a műhelyben. Így is van ez napjainkban is – a korong forog, bár egyre keservesebben forgatják. Néhány éve Kun-Gazda Ferenc,



A műhely ma

a műhely első örököse meghalt. Már csak Tóth János, „a második örökös” dolgozik, vagyis elmondása szerint dolgozna, ha lenne elegendő munka.

Az ezredforduló óta gyakorlatilag pang a műhely, látogatók nyáron és elvétve érkeznek, csak a közeli Berekfürdőn nyaraló németek és csehek „tévednek” néha a műhelybe, magyarok sajnos nem nagyon. A „megrendelés” is elég ritka szó lett a jobb időköt látott műhely falai között, a város vezetése rendel kisebb-nagyobb tételeket városi ünnepekre, fesztiválokra – legutóbb például a nyáron megrendezett XV. Karcagi Birkaifőző Fesztiválra készített pár Miska-kancsót Jani bácsi a versenyen helyezést elért résztvevőknek. Igazi, nagy tételű kerámiagyártás már nagyon hosszú ideje nem volt, régen ez sem így volt, hiszen minden nap pótolni kellett a készleteket. Tóth János ezért megpróbálkozott a cserépkályhacsempe készítésével és cserépkályharakással, emellett megtanulta a méhészkedést, amit azóta is nagy szeretettel űz a fazekasság mellett.





**A polcokon szebbnél szebb edények sorakoznak  
vevőkre várva**

A műhely megtalálható az interneten is, több videó látható a legnagyobb videómegosztó portálon a műhelyről, az abban folyó munkáról. Nemrég saját honlap és közösségi oldal készült. [8][9] Azonban negatív példa is akad bőven az interneten, a keresőben böngészve nagy megdöbbenéssel találunk apróhirdetési oldalakon pár száz, maximum néhány ezer forintért árult Kántor-termékeket. Szomorú példa ez, a lomtalanításokkor a szekrény tetejéről előkerült, ajándékba kapott, egyes esetekben már megcsonkult edények a szemét között végzik, „jobb” esetben ilyen módon próbálják pénzzé tenni azokat. Tóth fazekasmester azt tartja a legnagyobb problémának, hogy a mai generációból kihalt vagy kihalófélben van a népművészeti tárgyak iránti érdeklődés, a XXI. század embere hamarabb bemegy egy szupermarketbe, és ott megveszi a Távol-Keleten futószalagon tömegesen gyártott bővli terméket, mint-hogy egy kirándulással egybekötve eljőjön a műhelybe, megismerje, kipróbálja a fazekasságot és egy-két vásárolt edénnyel távozzon a végén.

\*

Az első karcagi fazekas letelepedése óta a város nemcsak alföldi fazekasközponttá nőtte ki magát az elmúlt 250 évben, hanem kialakult a karcagi fazekas stílus is. Ezt a folyamatot a XIX. században

alapozták meg az akkori fazekasok, de kétségtelenül Kántor Sándor népművész-fazekasmester alatt bontakozott ki és jött létre az egyéni Kántor-stílus, amely is-

mertté és nem utolsósorban elismertté tette a karcagi fazekas művészetet szerette a világban. A XX. századi aranykor mára leáldozóban van, ha változás nem történik, nem jönnek meg a vevők, a műhelyben nem válnak keresetté a fazekas termékek, a műhelyre a bezárás várhat. A műhely legifjabb örököse Tóth János unokája, aki jelenleg általános iskolás. A mester reméli: unokájának lesz kedve

beletanulni a fazekas művészetbe, és pár éven belül a műhely újra benépesül, megindulhat az igazi munka. Habár egyre ritkábban, de addig is az ő lába alatt forog a műhely öreg korongja, beteljesítve Kántor Sándornak tett ígértét.

A dolgozat elkészítését nagy kihívásnak tekintetem, hiszen egy számomra ismeretlen, mégis nagy jelentőségű téma bemutatására vállalkoztam. Örülök, hogy régről, egészen az alapjaitól tudtam bemutatni a karcagi fazekasság történetét. A munka elején nem is gondoltam volna, hogy az 1750-es évekig vissza lehet követni a karcagi fazekas művészet szálait. Érdekes volt látni, hogy változott meg századról századra a fazekasság Karcagon, mennyi értéket adott a városnak, a művészetnek – és mégis milyen keveset tudnak róla. A dolgozat elkészítésekor törekedtem a személyes források be-



**Sándor bácsi kedvencével, a Miska-kancsóval**

gyűjtésére. Nagyon szerettem hallgatni a régi történeteket, a műhelyről, Kántor bácsiról, a fazekasságról, amikor újabb adatgyűjtésre látogattam a családhoz. Ezúton

szeretném megköszönni felkészítő tanárom támogatását, a Kántor-műhely tulajdonosainak és a Györffy István Nagykun Múzeum munkatársainak segítségét. ◆

*Az írás diákpályázatunk Természet-tudományos múltunk felkutatása kategóriájának III. díjasa.*

## Irodalom

[1] A magyar kerámiaművesség 1000 éve (Fülöp Éva Mária, Kuny Domokos Múzeum, Tata, 1996)

<http://mek.oszk.hu/09800/09856/09856.pdf>

[2] A magyar népi kerámia története (Boldizsár Zsuzsa)

[http://109.74.55.19/tananyag/tananyagok/divat,%20ker/4\\_0999\\_012\\_101030.pdf](http://109.74.55.19/tananyag/tananyagok/divat,%20ker/4_0999_012_101030.pdf)

[3] Kántor Sándor népművész munkássága (Somogyvári Tibor jegyzete, Karcag, 1958)

[4] Tisza-tavi kincsestár FAZEKASSÁG (Tisza-tavi Regionális Idegenforgalmi Bizottság)

[5] A karcagi Kántor műhely kialakulásáról (Rézné Doma Katalin, Kézműves Szakiskola Békéscsaba 2008.)

[6] Kossuth-díjasok (Kántor Sándor, 1978)

([http://members.chello.hu/szalax/kossuthdij\\_1948.htm](http://members.chello.hu/szalax/kossuthdij_1948.htm))

[7] Karcag Város Díszpolgárainak névsora

<http://www.karcag.hu/index.php/a-telepules-dijai/karcag-varos-diszpolgara>

[8] Kántor Műhely – Cserépkályha csempe és fazekas műhely Karcag hivatalos honlapja

(<http://www.kantorkeramia.atw.hu/>)

[9] Kántor Műhely – Cserépkályha csempe és fazekas műhely Karcag közösségi oldala

(<https://www.facebook.com/kantorcsempekalyha.muhely>)

## További források:

Kántor Sándor – a népművészet mestere kiállítása a műcsarnokban (Pecsenke József, Bednár Károly, Balassagyarmat, 1970)

Nemzeti Audiovizuális Archívum ('kántor sándor karcag' Közszolgálati csatornák archív felvételei)

Vendégségben Tóth János fazekasmesternél → galéria: Egy fazekas műhely mindennapjai (info Karcag cikke alapján)

[http://www.infokarcag.hu/hir\\_olvas/permalink:vendegsegben-toth-janos-fazeka-smesternel-2012-01-12-120000/](http://www.infokarcag.hu/hir_olvas/permalink:vendegsegben-toth-janos-fazeka-smesternel-2012-01-12-120000/)

Továbbá személyes források, Tóth János karcagi fazekasmestertől és családjától, Elek György karcagi helytörténész-től.

# 2013 – Időjárási jelenségek és szélsőségek éve lakóhelyemen, Kunmadarason

KÁLMÁN IMRE

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola

**A**mióta csak az eszem tudom, érdekel a meteorológia. A Karcagi Nagykun Református Gimnázium természettudományi tagozatának diákjaként évek óta foglakozom légkörtani vizsgálatokkal és kutatásokkal. Eleinte a felhők vonulása, a havazás, valamint a villámlás ejtett rabul, később megfigyeltem a kialakulásukat, végigkövettem a zivatarokat, közben méréseket végeztem, amelyeket rendszerint le is jegyeztem magamnak. 2009-ben küldtem el első jelentéseimet a metnet.hu amatőr meteorológusokat foglalkoztató oldal központjába, és ez igazi mérföldkő volt az életemben. Ez a részemről bátor lépés még közelebb hozott a meteorológiához, majd elsajátítottam a légkörtani, előrejelzési és észlelési alapismereteket is. Később hobbimmá vált az időjárási jelenségek megörökítése képen, főként a villámfotók készítése, 2011. január 1-je óta pedig rendszeresen, napi szinten vezetem nagykunsági szülővárosom, Kunmadaras éghajlati naplóját.

Magyarország az északi mérsékelt övezetben helyezkedik el, éghajlata nedves kontinentális. [1] Ezen éghajlatot jelentős évi hőmérsékletingás jellemzi, gyakori a hőmérséklet szeszélyes időbeli alakulása, egyes évszakok, hónapok időjárásának nagy a változékonysága. A Nagykunság területén az évi középhőmérséklet átlagos értéke 10–11°C, a lehulló csapadék mennyisége évente átlagosan 500 mm, de ezen éghajlati elemnél jelentős az évenkénti el-



1. kép. A talajt ért tornádó kertünkben fotózva

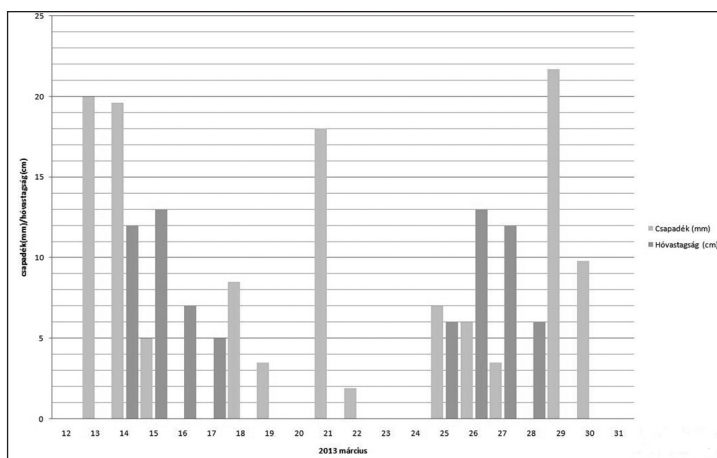
térés. [1]

Kutatómunkám során ilyen jellegű anomáliát sikerült felfedeznem és rögzítenem az elmúlt négy év során Kunmadaras mikroklímáját vizsgálva és elemezve, a legérdekesebbek ezek közül a 2013-as esztendő klímaindexei. Miért szélsőséges ez az év? Mert magasabb volt az évi középhőmérséklet, jelentősek voltak a hőmér-

sékleti anomáliák és a nyári napi maximumhőmérsékletek, kiugró csapadékösszegeket mértem mind évi, mind havi, mind pedig napi felbontásban, különös tekintettel a márciusi rekordra. Tartósan száraz időszak volt jellemző a nyár második felében, az átlagnál több, még inkább szignifikáns heves esemény történt, időjárási, főként légköroptikai jelenségekben gazdag év volt az általam vizsgált periódus.

Meteorológiai méréseimet és számításaimat, valamint kutatómunkám eredményeit pályamunkámban foglalom össze, amelyet saját készítésű fotókkal és grafikonokkal illusztrálok. Kutatási és vizsgálati módszereim a következők voltak: kutatómunka Kunmadaras Nagyközség, valamint a Karcagi Csokonai Vitéz Mihály Városi Könyvtárban, rendszeres terepbejárás, folyamatos meteorológiai megfigyelés és mérés, állapotrögzítés, fényképek készítése, adatsorok összeállítása, analízise, kiértékelése, elméleti összegzés és saját kutatási eredmény reprezentációja.

1. ábra



2013 tél: január és február

2013-ban már az első két hónap időjárása jelentős eltéréseket mutatott, ez főként a csapadéknál volt kimutatható. Ilyenkor átlagosan havi 30 mm csapadék hullik, viszont ezen időszakban ennek az összegnek több mint duplája esett. Ez annak köszönhető, hogy a mediterrán térségben több ciklon is kialakult, melyek melegfrontjai ÉK felé haladva enyhe, páradús légtömegeket szállítottak a Kárpát-medence területére. Így tartós, több napon át kitarító eső akadályozta a talaj kiszáradását.



Emellett január közepén és végén szibériai eredetű légtömeg érkezése tette lehetővé a szilárd halmazállapotú csapadék hullását. Így tudott kialakulni a 10 cm-t meghaladó hóréteg január 23-án és 28-án. Az első érdekesség már rögtön a hónap elején, január 6-án bekövetkezett, amikor is a hideg ellenére villámtevékenységgel kísért zápor érte el Kunmadaras térségét, mely során záporosó, hódara, valamint jégdara változó arányú konvektív hullása volt tapasztalható a településen. Gomolyfelhők zivatarfelhővé alakulása ezen időszakban igencsak ritka. Ezt az alacsonyabb légrétegekben összegyűlt meleg levegő jelenléte, valamint a kellő összeáramlás segítette elő (925 hPa magasságban). Legutóbb 2009 karácsonyán alakult ki hasonló zivatar a téli szezonban. Februárban az É-i, ÉK-i irányból érkező légtömegek beáramlása háttérbe szorult, a hőmérséklet a tavasz kezdetéig fokozatosan emelkedni kezdett, így február hónap a csapadéktól eltekintve teljesen átlagosan telt.

### 2013 tavasza

Az egyik legkomolyabb anomália márciusushoz köthető. A hónap első néhány napja átlagosan telt, ideiglenesen magas légnyomás uralta a térséget, ekkor úgy tűnt, nem tér vissza a téli időjárás. A hőmérő higany-szála több napon is 15 °C fölé emelkedett. Ráadásul március 8-án, amikor újabb frontok átvonulása biztosított nyomáskiegyenlítődést, az év során másodszor alakult ki zivatar. A markáns változás március 15-én állt be, szintén egy mediterrán ciklon frontrendszer okozott jelentős mennyiségű csapadékot: 39,6 mm csapadék lehullása 2 nap alatt tavasz elején már önmagában is ritka. Ami inkább figyelemre méltó, hogy ezzel egyidejűleg ÉK felől hidegbeáramlás kezdődött, így az esőt vegyes halmazállapotú csapadék, majd havazás



2. kép. Lecsapó villámok az éjjeli zivatarrendszerből

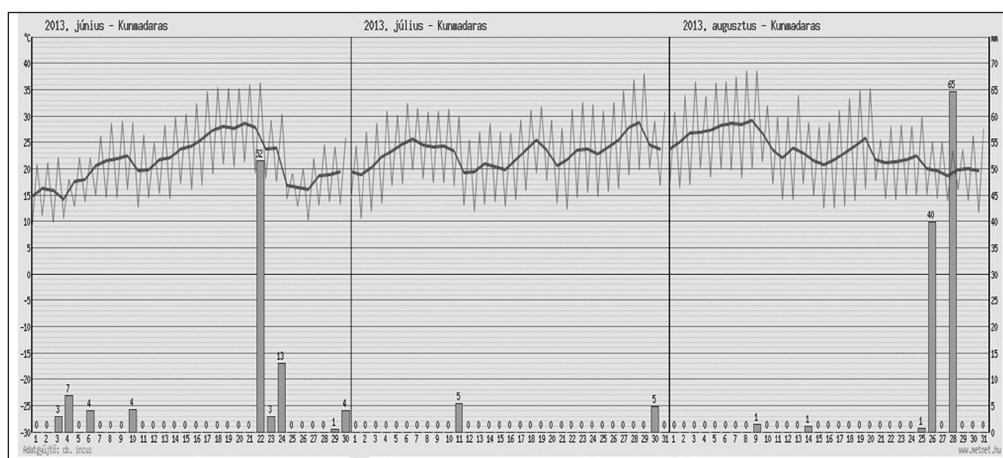
váltotta fel. Mivel a lehülés mértéke jelentékeny volt, így összefüggő hóréteg tudott kialakulni, ezáltal nemzeti ünnepünk napján 13 cm vastag hótakaró borította be a tájat. Az évi abszolút legalacsonyabb hőmérséklet szokatlan módon márciusra esett: értéke március 17-én  $-11,2$  °C volt. Ezt követően az enyhe, csapadékos időjárás során a hó elolvadt.

A tavasz első hónapja viszont további meglepetéseket tartogatott. A hónap közepén és végén is ugyanazon időjárási helyzet volt tapasztalható, Kunmadarast és térségét március 26-ra virradóra újra 13 cm-es vastagságú hóréteg borította be. A tél elhúzódása, a jelentős hótakaró kialakulása az É-ÉK-i hidegbeáramlás és a DNY felől érkező, csapadékkal telt mediterrán ciklonok hazánk fölötti találkozásának tudható be. A hónap során rekordmennyiségű csapadék hullott le, amelynek pontos összege egy tized híján 150 mm. Ez a sok éves márciusi átlag kb. ötszöröse, míg egy átlagos nyári hónap csapadékösszegének csaknem háromszorosa [2]. A napi csapadékösszeg tizenegy napon haladta meg az 5 mm-t, ennyi napon volt tehát jelentős a csapadék észlelése (1. ábra). Ez a me-

zőgazdaságban hatalmas károkat okozott, továbbá a környéken belvízveszély lépett fel. Országosan kb. 30 ezer hektárnyi vetés és szántó került víz alá, ennek legnagyobb része lakóhelyem térségében, a Nagykunságban, valamint a Hajdúságban volt [3]. Hőmérséklet szempontjából a hónapon belül igen nagy anomáliák figyelhetők meg, enyhe kezdés után két nagymértékű kiugrás tapasztalható negatív irányban, a havi középhőmérséklet alulmúlta az átlagot, március 17-re tehető az év leghidegebb napja. Március 20-án „melléknep” jelenség volt megfigyelhető, a délután kialakuló magas szintű felhőzet alkotó hatszögletű jégkristályok fénytörésének köszönhető a létrejött. Áprilisban nem történt jelentős változás, enyhébben és a szokásosnál szárazabban telt a hónap, anticiklonális hatás érvényesült, a belvíz-helyzet mérséklődött, a hónap végére meg is szűnt.

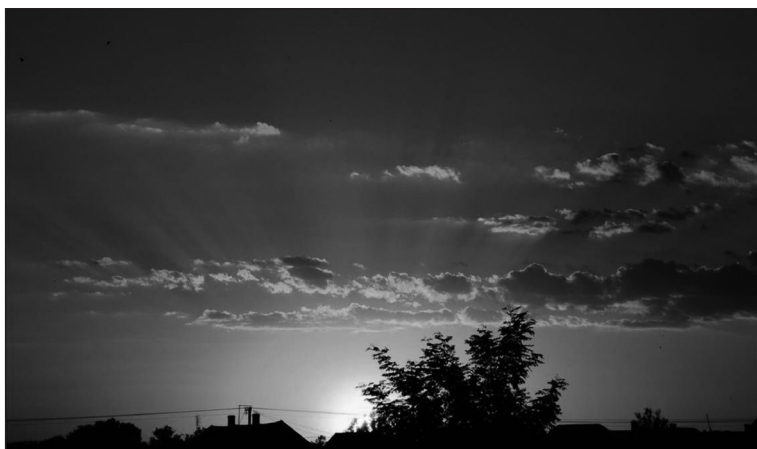
A legtöbb zivataros nap május hónapozathoz köthető, emellett ez a második legcsapadékosabb hónap is egyben (132,4 liter/m<sup>2</sup>). Szeszélyesnek mondható ez az érték, gyakorlatilag a májusi átlag háromszorosa. 16 napon hullott csapadék, amelyből kilencet villámtevékenység is kísért. Fontos kiemelni a hőmérsékletet is, amelynek napi maximumai már hónap elején meghaladták a 30 °C-ot, így hőségnapokat lehetett feljegyezni. Érdekes, hogy a hónap végére a hőmérséklet fokozatosan csökkent, ekkor gyakran a 20 °C-ot sem érte el. Május 6-án alakult ki az év első jelentős zivatarra. A napi maximum hőmérséklet 25 °C fölé emelkedett, így gyakorlatilag már nyári napról beszélünk, ennek köszönhetően elegendő energia halmozódott fel a légkörben zivatarok kialakulásához. Ez azonban mit sem ér, ha a nedves-

2. ábra



ség, a konvergencia és a konvekcióhoz szükséges más feltételek nem teljesülnek [4]. De egy NY felől érkező hidegfront mindezt biztosította. Érkezését a délelőtti órákban fellépő viszonylag nagymértékű nyomáscsökkenés is jelezte. Délután, a front érkezésekor a gomolyfelhők a magasba törtek, majd elérték Kunmadarast: néhány percen belül 12 mm csapadék zúdult le, a fő károkozók azonban a viharos erejű széllellések voltak, melyek fák nagyobb ágait törték le.

Az év során a legnagyobb meglepetést számomra a május 30-án kialakult igen ritka zivatar-kísérőjelenség, egy tornádó okozta. A tornádó olyan kondenzációs tölcser, ami eléri a talajt, és ott pusztítást végez [6]. Magyarországon évente átlagosan 5–10 felhőtölcser alakul ki. Ezek nagy része nem mezociklonális eredetű, méretük és erősségük sem jelentős. Egy biztos, ezen a napon az Országos Meteorológiai Szolgálat másodfokú riasztást adott ki heves zivatar létrejötté miatt, az Országos Viharvadász Egyesület honlapjára felkerült előrejelzésben pedig olvashattunk a felhőtölcser létrejöttének lehetőségéről, bár esélye ilyen körülmények között is csekélynek bizonyult. A hidegfront ebéd után érkezett Kunmadarasra, előterében erős kifutószél alakult ki, alacsony felhőalap kísérte, emellett igen jelentős turbulencia volt megfigyelhető. A jelenség tubaként 13:28-kor jelent meg a déli horizonton, jellegzetes alakja miatt



3. kép. Látványos Tyndall-jelenség 2013. augusztus 15-én Kunmadarason

mélyen elkülönült más „tubagyánús” felhőoszványoktól: egyre nyúlt, közeledett a talaj felé, míg végül egy percre rá el is érte azt, így 13:29-kor már tornádó kialakulásának a szemtanúi lehettünk (1. kép). Kialakulása egy egyszerű multicellás zivatarhoz köthető, erőssége a Fujita-skála szerint a leggyengébb (EF0). Lakott területet nem érintett, kérészélete alatt port kavart fel Kunmadaras külterületén, majd ezt követően záporosó alakult ki mennydörgés kíséretében, 16 mm lett a napi csapadékösszeg.

### 2013 nyár

2013 nyara megannyi szélsőséget hozott magában. Jellemzőek a napi csapadékösszegek jelentős kiugrásai, azonban a Medárd napi monszunszerű éghajlati hatás nem igazán fejtette ki hatását, mivel tartós, több napos eső nem fordult elő. Július 1-jétől másfél hónapig anticiklon határozta meg időjárásunkat, ennek

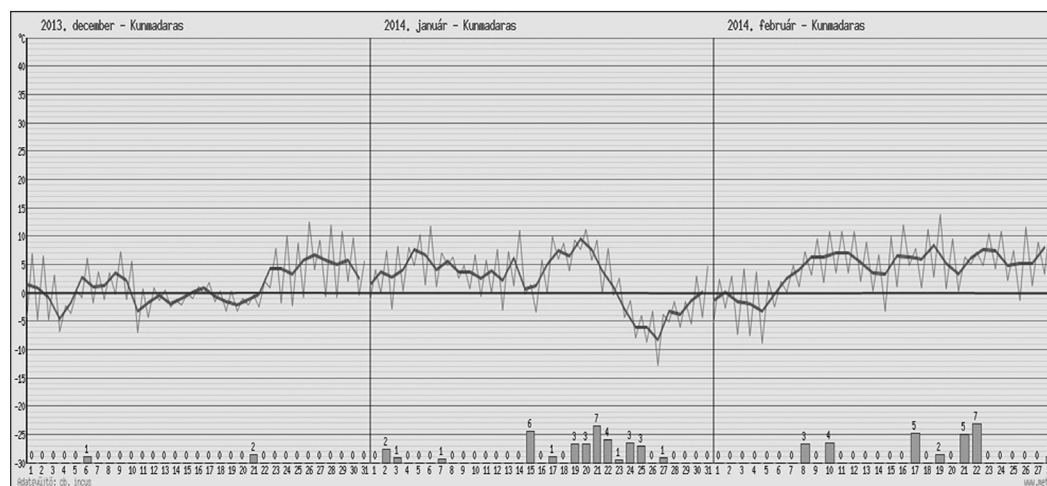
következtében forró, száraz időjárás alakult ki elhanyagolható csapadékkal. 55 nap leforgása alatt mindösszesen 12,6 liter/m<sup>2</sup> eső esett. Ez az elenyésző érték nyári forrósággal társult, rengeteg kárt okozva a mezőgazdaságban [6]. A kalászosoknak kedvezett ez az időszak, a kukorica nagy része viszont elszáradt. Ennek megelőzése érdekében még az öntözés sem segített. Augusztus 9-én ugyan érkezett egy hidegfront, de jelentéktelen csapadékot hozott (2. ábra). A környékbéli zivatarok heves villámtevékenységet mutattak, jó lehetőséget adtak villámfotók készítésére (2. kép). Augusztus

5-én Tyndall-jelenség alakult ki, ilyenkor a cumulusok úgyszólván „összetöppednek”, alkonyati felhő, azaz stratocumulus cugen keletkezik belőlük, amelyek szürve engedik át a napsugarakat az égbolton (3. kép). A száraz, aszályos időszakot végül egy markáns hidegfront zárta le augusztus 26-án, két tized híján 40 mm csapadékkal. Két napra rá, augusztus 28-án mértem az év során a legmagasabb napi csapadékösszeget (64,6 mm). A hónap végére a hőmérséklet is csökkent, de még mindig nyári napok következtek.

A nyári időszak 10. napján egy NY felől érkező hidegfront hozott hűvösebb levegőt. Ennek vonalán zivatarok pattantak ki, ezek egyike érte el Kunmadarast még kialakuló stádiumában. Jelentős csapadékot nem okozott, de átvonulását erős nyugati széllellések kísérték. Így tehát egy átlagos nyári zivatarnak tekinthető, bár mégis több volt annál, mivel heves feláramlás hatására látványos peremfelhő alakult ki. Ez a multicellás zivatarok egyik jellegzetes kísérő jelensége. A város fölött átvonulva, majd megerősödve, a Hajdúságban okozott jelentős károkat.

Június 22-én Kunmadarason kívül még számtalan helyen, a közép-, ill. a keleti országrészben az év legnagyobb zivatara vonult át. Fontos kiemelni néhány tényezőt, amely lehetőséget biztosított erőteljes konvekció és heves zivatarok létrejöttére, amelyekhez nem mindennapi szignifikáns kísérőjelenségek társultak:

3. ábra





– Június közepén a napi maximum-hőmérsékletek átlépték a 35 °C-ot, június 22-én 36,3 °C-ot mértem;

– Ebből következik, hogy rengeteg energia halmozódott fel a légkörben, amelyek értéke túllépte a 2000 J/kg-ot;

– Nagy mennyiségű CAPE (konvektív eredetű, hasznosítható potenciális energia) halmozódott fel a meleg szektorban, egyik fő veszélyforrása a jégesőnek, amely kivételesen így éjszaka is képződhet;

– Egy hidegfront érkezése konvergenciát biztosított, növelte a zivatarok kialakulásának esélyét, valamint lehetőséget biztosított vonalas szerkezetű zivatarrendszerek kiépülésére;

– Estéhez közeledve NY felől jelentős szélnyírás indult meg, 15–18 m/s értékekkel, ami még tovább növelte a zivatarrendszer kiépülésének esélyét;

– A front által a nedvesség is jelentősen nőtt, így a konvekcióhoz a „motor” is biztosítva volt.

Mindezen paramétereket figyelembe véve, a zivatarok gyakorlatilag bármely típusa kialakulhat, az azokhoz tartozó heves események teljes spektrumával [7]. Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2-es szintű riasztást írt elő, amelyet a nap folyamán harmadfokúra emelt. A Viharvadászok Egyesülete is figyelmeztetett, a „Felhőszakadók” nevű csapat



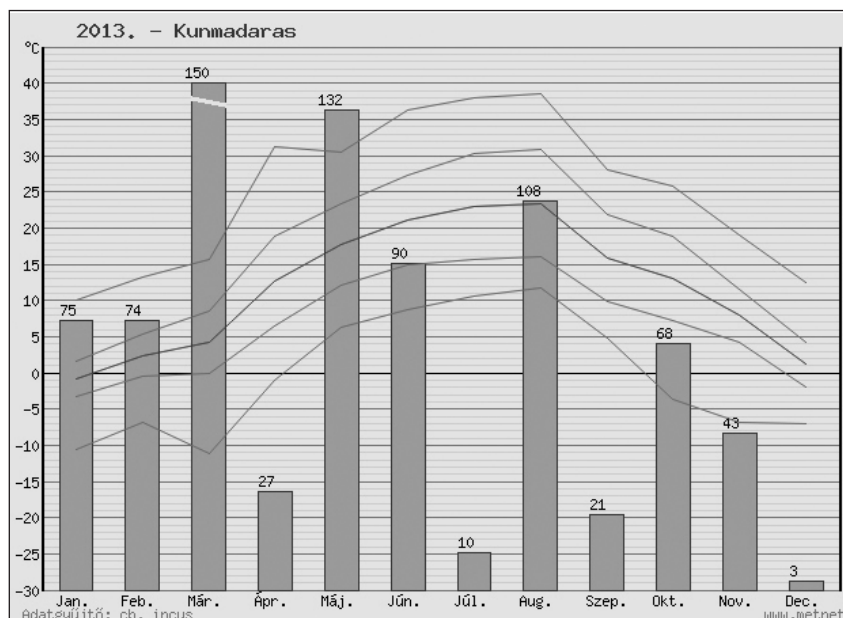
4. kép. Budapest felett kialakuló hatalmas kiterjedésű zivatarcella

pedig útnak is indult végigkövetni az eseményeket [8]. Lakóhelyem térségében a kora délutáni órákban alakultak ki az első cumulusok, elképesztő gyorsasággal törve a magasba. Fél óra leforgása alatt négy izmosabb cella alakult ki a várostól nyugatra, melyek összealakulva, viharos erejű széllel, heves jégesővel és felhőszakadással érték el Kunmadaras térségét, 51,5 mm csapadék zúdult le fél óra alatt. A jégeső megannyi kárt okozott, a kukoricát érte a legnagyobb csapás, emellett a gyümölcsfákban és a szőlőben is jelentős károk keletkeztek. A második hullám az esti órákban érkezett, Pestről indultunk haza, amikor déli irányban megpillantottam egy természetes zivatarcellát, nem is gondolván, hogy később közelebről is szemügyre vehetem (4. kép). Vonatra szállva, Cegléd

előtt néhány km-rel került utunk átfedésbe az akkor már hatalmasra hízó zivatarcellával. Villám villámot követett, majd Ceglédet elérve, jégeső kezdődött. Ez a jelenség ritka, ugyanis éjszaka a légnedvesség nő, ami csökkenti az ilyen jellegű makrocspadék valószínűségét. A jégképzéshez szükséges paraméterek azonban továbbra sem hagytak alább, így változó intenzitás és jégméret mellett egészen Ceglédőtől Törökszentmiklósig szakadt a jég. Az adrenalin szintjében az egekben, számomra ez hatalmas élménynek bizonyult. Törökszentmiklóst elhagyva, kitértünk a cella pályája alól, miközben már gyengülni kezdett, de több órást utja során még a Tiszát is átlépte.

A forró, aszályos időszakot az augusztus 26-án érkező markáns hidegfront zárta le, így a 28-án érkező zivartnál jóval kevesebb energia halmozódott fel a légkörben, a hőmérséklet-csökkenés mellett a borult égbolt is minimalizálta a heves zivatarok kialakulásának esélyét. Azt viszont fontos megjegyezni, hogy a levegő nedvességtartalma jelentős volt, amit erős feláramlás kísért. Ezzel egyidejűleg szintén NY felől érkezett egy hidegfront, délután a réteges felhőzet alatt egyre inkább megjelentek a gomolyfelhők. Zivatarrendszer épült ki, s egyetlen károkozó jelenség dominált, a felhőszakadás. Ami igazán látványos volt, az a felhőalap jóval alacsonyabb elhelyezkedése, amihez jelentős turbulencia is társult. A zivatar lefolyása alatt fél órán belül 40 mm, többségében konvektív csapadék hullott. Továbbá a nap folyamán, valamint éjszaka is a frontot záporok követték, így lett a napi csapadékösszeg 64,6 mm. Az év során ez a legmagasabb napi csapadékösszeg, ilyen mennyiség egy átlagos nyári hónapban hullik. Három nap leforgása alatt több mint 100 mm csapadék csökkentette a nyár közepén kialakult aszály mértékét.

4. ábra



2013 ősz

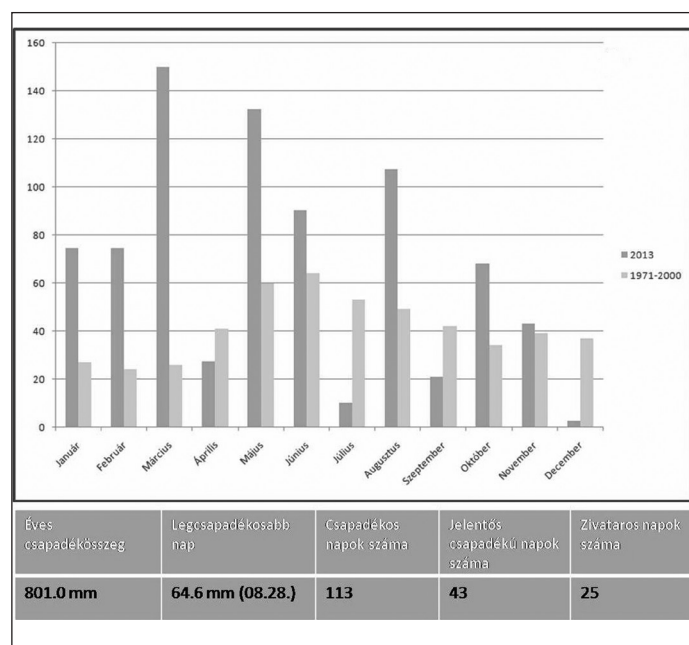
Néhány kivételtől eltekintve, 2013 őszén már korántsem volt tapasztalható akkora fluktuáció, mint az év eddigi részében. Szeptemberben az átlagos csapadékösszeg kb. fele hullott le, domináns szerephez jutott a szárazság. Október elején jelentős lehűlés kezdődött, a napi minimum-hőmérséklet október 5-én süllyedt fagypontra alá, ekkor -3,6 °C-ot mértem. Október 15-én alakult ki az év utolsó, de jelentős zivartara, heves villámtevékenységgel kísérve. Október 16-án a zivartart követve csendes eső vette kezdetét, 48 óra alatt 62,3 liter/m<sup>2</sup> hullott. Ezt követően a hónap végéig anticiklon határozta meg időjárásunkat, több napon köd is képződött. Október 17-én figyeltem meg az év leglátványosabb lég-

Évi középhőmérséklet	11,8°C
Évi átlagos min. hőm.	6,8°C
Évi átlagos max. hőm.	16,9°C
Évi abszolút min. hőm.	-11,2°C (03.17.)
Évi abszolút max. hőm.	38,6°C (08.08.)
Legnagyobb napi hőingás	20,9°C (10.06.)
Forró napok száma (35°C <)	14
Hőségnapok száma (30°C <)	45
Nyári napok száma (25°C <)	106
Fagyos napok száma	93
Téli napok száma (-5°C >)	18
Zord napok száma (-10°C >)	2

5. ábra

kooptikai jelenségét, melyet irizálásnak nevezünk. Kialakulása a magas szintű pelyhelyfelhők, a cirrusok fénytörésén alapul. Novemberben nem történt jelentős változás, a hónap végén viszont megjelentek az éjszakai fagyok. Egyetlen napon, csupán november 28-án észleltem hózáport, de még csak lepelnyi mennyiség sem hullott. Ezen a napon látványos naplemente volt megfigyelhető, az oszladozó stratocumulusok a lemenő Nap fényében különleges légkör-optikai látványt nyújtottak.

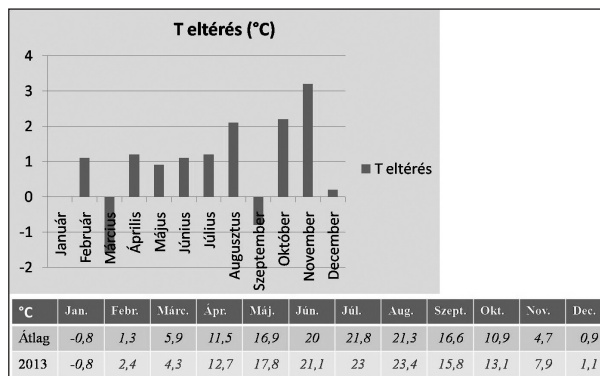
6. ábra



2013 tél: december

A téli időszak mindösszesen csak másfél héttig tartott. Decemberben egyetlen napon sem alakult ki összefüggő, 1 cm vastagságot meghaladó hóréteg. Ez azt jelenti, hogy a hó csaknem teljes mennyisége az első 3 hónapban, jelentősebb része márciusban esett. Ennek oka az volt, hogy szinte egész hónapban anticiklon határozta meg időjárásunkat, amelynek során ún. „hideg párnás” helyzet alakult ki. Ez annyit jelent, hogy ilyenkor a Kárpát-medence területén ködfelhő képződik, amely megreked, így előfordul, hogy még nappal sem oszlik fel a tejfehér lepedő. A havi csapadék így szinte minimális, 2,5 mm volt az értéke, bár ambivalensnek tűnik, de ez volt az év legszárazabb hónapja. Ezen radikális száraz hónapnál 2011 novemberében volt csak aszályosabb, akkor egy tized mm csapadékot sem mértem.

December havának érdekessége még, hogy a hónap végére a hőmérséklet emelkedett, december 28-án 10 °C fölött volt a hőmérséklet. Ezen enyhe időjárás 2014. január 22-ig kitartott. Ez azt eredményezte, hogy a fák rügyezésnek, a tavaszi növények fejlődésnek indultak, kivirágzott a primula, az aranyeső, de még a szilvafák is virágoznak indultak. De vajon minek köszönhető ez az enyhe, csapadékszegény tél? Először is fontos egy



7. ábra

zott Magyarországon jelentéktelen hózáporokat (3. ábra). Fontos tudni ezekről a viharciklonokról, hogy egész Európa időjárását meghatározzák, más ciklonok kialakulási esélyét viszont nagyban csökkentik. Mediterrán ciklon ezáltal nem alakult ki, vagy ha igen, nem volt számottevő, így nem határozta meg a Kárpát-medence időjárását – ezért a csapadékhiány. [1]

\*

Pályamunkámban szülővárosom, Kunmadaras mikroklímadatait mutattam be 2013-ban végzett mérések alapján. Olyan éghajlati elemeket vizsgáltam, amelyekből éves összegzést is készítettem és havi bontásban levontam az erre vonatkozó következtetéseket (4–7. ábra). Bizom abban, hogy az általam vizsgált meteorológiai jelenségek kutatása során olyan természeti értékeket sikerült bemutatnom, amelyek felkeltik mindenki érdeklődését a téma iránt.

*Az írás diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriájában II. díjat kapott.*

Irodalom

[1] Dr. Péczely György (1979): Éghajlatlan, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest  
 [2] [http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata)  
 [3] <http://www.agroinform.com/aktualis/Idojaras-Agrarmeteorologia/k58/p2>  
 [4] Zsikla Ágota (2012): A 2011 évi Balatoni és Velencei-tavi viharjelzési szezonról. Légkör, 57/1, 16–18.  
 [5] <http://metnet.hu/?m=kislexikon>  
 [6] [http://hvg.hu/gazdasag/20130812\\_Akkora\\_a\\_szarazsag\\_hogy\\_mar\\_a\\_szolot\\_is\\_l/](http://hvg.hu/gazdasag/20130812_Akkora_a_szarazsag_hogy_mar_a_szolot_is_l/)  
 [7] [http://www.szupercella.hu/Felhoszakadarok\\_csucsformaban](http://www.szupercella.hu/Felhoszakadarok_csucsformaban)  
 [8] <http://szupercella.hu/tudomany>



# A XXV. jubileumi Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása

## Útmutató a diákpályázat benyújtásához

Pályázatunkon indulhat bármely középfo-  
kú iskolában 2015-ben tanuló vagy végző  
diák, határainkon belülről és túlról. Kérjük  
pályázóinkat, hogy dolgozataikat az aláb-  
biak figyelembevételével készítsék el.

A pályázat terjedelme **8000–20 000 betű-  
hely** (karakterszám, szóközökkel együtt) le-  
gyen, tetszőleges számú illusztrációval. A  
kéziratot három kinyomtatott példányban  
kérjük benyújtani. A nyomtatott változattal  
együtt a pályázatot **CD-n** (vagy DVD-n) is  
kérjük, a szöveget Word formátumban, a  
képeket, ábrákat külön fájlban (JPG vagy  
TIFF). Eltérő betűtípussal, vagy idézőjelek  
között kell szerepelnie a nem önálló szöve-  
geknek, pontosan megjelölve a felhasznált  
forrást, még az oldalszámot is.

A pályázat tartalmazza készítője ne-  
vét, lakcímét, e-mail-címét, telefonszá-  
mát, iskolája pontos címét irányítószám-  
mal együtt és felkészítő tanára nevét  
és elérhetőségét. A borítékra írják rá:  
Diákpályázat, valamint azt is, hogy me-  
lyik kategóriában kívánnak indulni. A  
dolgozatok benyújtásának (postai fel-  
adásának) határideje mindegyik kategó-  
riában **2015. november 2.** A pályázat  
beadható személyesen (Budapest, VIII.  
Bródy Sándor utca 16.), vagy postán (1444  
Budapest, 8. Pf. 256.).

### PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

#### Természetudományok múltunk felkutatása

1. Az iskolájához vagy lakóhelyéhez, kör-  
nyezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tu-  
dós személyiségek – például tanárok, az isko-  
la volt növendékei, akikből neves természet-  
tudósok lettek – életútjának, munkásságának  
bemutatása (eredeti dokumentumok felkuta-  
tásával és felhasználásával). Évfordulós pá-  
lyázatunkra szívesen várunk dolgozatokat a  
2015. év neves évfordulós személyiségeiről  
is. Közülük felsorolunk néhányat:

– 150 éve hunyt el Bugát Pál, a TIT alapítója;

– 300 éve született Maróthi György ne-  
ves debreceni tudós, matematikus, csilla-  
gász, a zeneelmélet kutatója, nevét viseli  
a debreceni kórus;

– 200 éve született Markusovszky  
Lajos, az Orvosi Hetilap megindítója,  
kórházat is elneveztek róla;

– 250 éve született a vízügy ne-  
ves szakembere, Szeged tudósa, Vedres  
István;

– 250 éve született Besse János, a  
Kaukázus és Kelet-Ázsia kutatója, föld-  
rajzi utazó;

– 150 éve hunyt el Semmelweis  
Ignác, az anyák megmentője, nevét vi-  
seli a budapesti orvosegyetem;

– 150 éve született Chernel István, a  
madártan első nagy hazai monográfiá-  
jának megírója, aki elsőként írt hazánk-  
ban a sísportról is;

– 125 éve született Csapody Vera bo-  
tanikus, nagyszámú botanikai munka il-  
lusztrátora;

– 100 éve született Benedek István  
orvos, pszichiáter, író, orvostörténész,  
Benedek Elek unokája, Benedek  
Marcell fia, nevéhez nagyszámú műve-  
lődéstörténeti könyv fűződik;

– 100 éve hunyt el Sötér Kálmán mé-  
hészeti szakíró, alapvető monográfiák  
szerzője;

– 75 éve hunyt el Terkán Lajos csillagász.

2. A dolgozat írójának tágabb környe-  
zetéhez kapcsolódó tudományos vagy  
műszaki intézmények története, tudós-  
társaságok története, eredeti dokumen-  
tumok bemutatásával.

3. A természet- és műszaki tudomá-  
nyok valamelyik ágában tárgyi emlékek  
bemutatása (laboratóriumi kísérleti esz-  
közök, régi tudományos könyvek, régi  
tankönyvek, kéziratban maradt leírások,  
muzeális ritkaságok, ipari műemlékek –  
hidak, malmok, bányák –, vízügyi em-  
lékek, botanikus kertek, csillagvizsgá-  
lók stb.).

4. Pályadíjak:

1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft  
2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft  
3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,  
valamint számos különdíj.

5. Különdíj-felajánlás a Természet-  
tudományos múltunk felkutatása kategóriá-  
ban: a Budapesti hullámvasutak és angolpar-  
kok története témakörben.

Pályázni lehet a XIX–XX. század  
fordulója idején létrehozott népi szó-  
rakoztató parkok, egységek terveinek,  
működésének, lebontásának, vonzerejének,  
sikerének titkaival; esetleg nemzetközi  
előzményeinek, illetve várható jövőjé-  
nek összehasonlításával, elemzésével.

Pályázati javaslat, hogy a már nem  
létező népligeti hullámvasút története is  
feltárára kerülhetne.

E különdíjnál legfeljebb három pá-  
lyamunka díjazható 30 000 Ft összér-  
tétkben. Az ide beérkező cikkeket is a  
főkategória zsűrije bírálja el. (A külö-  
ndíj *Rosivall László* professzor felajánlá-  
sa a jubileumi pályázathoz.)

#### Önálló kutatások, elméleti összegzések

Önálló kutatáson a természeti értékek, je-  
lenségek megismerése érdekében a diák ál-  
tal végzett kutatások bemutatását értjük.  
Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos,  
önálló gondolatokat, innovatív megközelí-  
téseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű  
beszámolók.

Az elméleti összegzéseknek is önálló ku-  
tatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasol-  
juk, akik örömmel mélyednek el a rendelke-  
zésükre álló megbízható és naprakész ada-  
tok végeláthatatlan tárházában, és képesek  
onnan elővarázsolni, bemutatni a Természet  
Világa olvasóinak a tudomány újdonságait.

A sikeres pályázat feltétele, hogy a  
pályázók a könyvtárakban, a világháló  
révén, a laboratóriumi-gyakorlati láto-

gatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket a származás pontos megjelölésével forrásként használják fel, és ott kerüljék el a saját alkotás látszatát. Kérjük, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első nyilvános megmérettetési lehetőségének.

### A pályázat feltételei

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvashatók, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak. Ne feledjék, hogy a diákpályázat cikkírói pályázat is, ezért a dolgozatokat úgy kell megírni, hogy annak tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni. A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

2. A pályázatokat a szerkesztőbizottságból, a szerkesztőségéből és szakértőkből felkért bizottság bírálja el.

#### 3. Pályadíjak:

- 1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft
  - 2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft
  - 3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,
- valamint számos különdíj.

A pályázat díjait 2016 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban és honlapunkon közzétesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2016-ban lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a témák kidolgozásához és feldolgozásához.

### A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* akadémikus által alapított különdíjra a 2015-ben középfokú intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni. Olyan pályamunkákat várunk el-

sősorban, amelyek egy természettudományos eredmény és valamilyen művészi alkotás vagy humán tudományos eszme közti kapcsolatokat tárják fel. Megmutatkozhatnak ezek akár egy alkotó életében, akár egy gondolat kialakulásában.

#### Ajánlott témák:

1. Az európai kultúra egysége egy magyar művész vagy tudós életművében.

2. Kísérletek a művészi hatás, a művészi élményadás és a fizikai-matematikai törvényszerűségek kapcsolatának felderítésére (festészet-színelmélet, szobrászat–statika, zene-matematika, építészet–fizika, kémia, biológia stb.).

3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan, már nem élő ember életének és munkásságának bemutatása, akinek tevékenységében, illetve műveiben megvalósult a kultúra egysége. Érdemes külön figyelmet fordítani a természettudományok történetének kutatóira, valamint azokra, akik születésének vagy elhunytának centenáriumáról is megemlékezhetünk az adott évben. (2015-ben például Sain Mártonra, illetve Kármán Móra emlékezhetünk, 2016-ban pedig Simonyi Károlyra, Kovács Mihály piaristára, illetve Konkoly Thege Miklósrá és Zemplén Győzöre.)

A három ajánlott kérdéskörön túl a fiatalok természetesen bármely más önállóan választott témával is pályázhatnak. Az egyéni ötleteket, a jól kivitelezett új kezdeményezéseket a bírálóbizottság örömmel veszi.

A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

A kultúra egysége különdíjra pályázókra egyebekben a Természet–Tudomány Diákpályázat pontokba foglalt feltételei érvényesek.

Díjazás: I. díj: 25 000 Ft, II. díj: 15 000 Ft, III. díj: 10 000 Ft.

### Szkeptikus különdíj

*James Randi*, a világhírű amerikai szkeptikus bűvész ebben az évben is különdíjat ajánlott fel annak a pályázónak, aki a parapszichológia vagy a természetfölötti témakörben a legkiemelkedőbb pályaművet nyújtja be a Természet–Tudomány Diákpályázatra.

A különdíjra az alábbi ajánlásokat tette:

A résztvevőkre a hagyományos pályázati kategóriák szerinti elvárások érvényesek életkor, lakhely stb. tekintetében.

Alapszempontok a díjazott pályázat kiválasztásához: a) a tiszta érvelés, b) átgondolt, komoly előadásmód, c) bizonyítékok megfelelő megalapozottsága, d) a kísérleti adatok bemutatása (ha a pályázó használ ilyet).

A bírálóbizottság döntését a fenti szempontok, illetve bármilyen egyéb saját szempont figyelembevételével hozza meg, de a kiválasztás nem történhet aszerint, milyen következtetésre jutott a pályázó, bármennyire is úgy érzik a bírálók, hogy a következtetés nem helytálló. Mindaddig, amíg a pályázó a tudomány által elfogadott módszerek és eljárások alapján jut a végkövetkeztetésig, a bírálóbizottságnak el kell azt fogadnia.

Felajánlásom a hagyományos díjakkal együtt is odaitélhető, amennyiben a bizottság azt úgy látja helyesnek.

Külföldijammal szeretnék hozzájárulni a magyar diákok kritikai gondolkodásának fejlődéséhez.

A szerzők szíves hozzájárulásával mindent el fogok követni, hogy a díjnyertes, valamint még néhány arra érdemes pályaművet lefordítsam és megjelentessem egy színvonalas amerikai folyóiratban.

### Matematikai különdíj

*Martin Gardner* amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének emlékét őrzi ez a különdíj. Külföldijára az alábbi irányelvek vonatkoznak.

A középiskolások pályázhatnak bármilyen, a matematikával kapcsolatos önálló vizsgálódással. Itt nem valamilyen új tudományos eredményt várunk, hanem olyan egyéni módon kigondolt és felépített ismeretterjesztő dolgozatot, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből.

#### Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.
2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogalmazása és ezek „jogosságának indoklása”.
3. Egy matematikai módszer vizsgálata és alkalmazása egymástól távol eső területeken.
4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.
5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának a története.



6. Variációk egy témára: egy feladat vagy tétel kapcsán a kisebb-nagyobb változtatásokkal adódó problémacsalád vizsgálata.

7. Legnagyobb, legérdekesebb matematikai élményem, történetem (órán, versenyen, olvasmányaimban, előadáson stb.).

A leírtak csak mintául szolgálnak, a pályázók teljesen szabadon választhatják meg a feldolgozás keretét és módszerét, a pályamű tartalmát és formáját egyaránt. A bírálóbizottság örömmel vesz minden egyéni ötletet és kezdeményezést.

Fontos, hogy a dolgozat stílusa színes, olvasmányos legyen, és megértése ne igényeljen mélyebb matematikai ismereteket.

Díjazás: I. díj 25 000 Ft, II. díj 15 000 Ft, III. díj 10 000 Ft.

#### Orvostudományi különdíj

*Ernst Grote*, a Tübingeni Egyetem agysebészeti tanszékének professzora az orvostudomány témakörében különdíjat tűz ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján.

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló, másutt még nem publikált tanulmányokkal, amelyeknek az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését vagy bármely más idevágó, az orvosi tevékenység művészeti megjelenítését (szépirodalom, festészet, film, tévéfilm és sorozatok) és annak elemzését, szabadon választott témakört dolgoznak fel, akár hazai, akár külföldi vonatkozásban.

2. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egyéni megközelítésű, elmélyült búvárkodásra utaló, olvasmányosan megírt pályaművek.

3. A cikk feldolgozásának módját és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

4. A különdíj nyertese a diák pályázat általános kategóriájának nyertese is lehet.

Díjazás: I. díj 90 euró, II. díj 60 euró, III. díj 30 euró.

#### A Magyar Vese-Alapítvány orvostudományi jubileumi különdíja

A különdíjra pályázni lehet a XXI. század kiemelkedő orvostudományi eredményeinek, kihívásainak, a jövőbeli orvoslás várható változásainak bemutatásával, elemzésével. Fontos, hogy a pályamunka önálló és innovatív elképzeléseket, gondolatokat tartalmazzon. Az alábbi néhány témajavaslat csak gondolatébresztő segítségként szolgál, azaz bármely szabadon választott témát, amely a jelen, illetve a jövő egészségügyét érinti, fel lehet dolgozni.

1. Életfolyamatok láthatóvá tétele (imaging)
2. Egészséges emberek – egészséges társadalom
3. Hogyan csökkenthetők a legfejlettebb társadalmakban is gyakori orvosi hibák?
4. Személyre szabott orvoslás a jövőben
5. Számítógépek átvehetik-e az orvosi diagnosztikai és gyógyítási feladatokat?
6. Egészségmegőrzés a robotok világában
7. A rehabilitáció határai vagy határtalan rehabilitáció
8. A mesterséges intelligencia szerepe az orvostudományban
9. Orvosi ellátás az űrhajóban
10. Hálózati orvostan

Díjazás: I. díj 25 000 Ft, II. díj 15 000 Ft, III. díj 10 000 Ft

#### Biofizikai-biokibernetikai különdíj

*Varjú Dezső*, a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének (emeritus) professzora biofizikai-biokibernetikai különdíjat tűz ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján:

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló biofizikai-biokibernetikai témájú dolgozattal.

2. Javasolt témák: az érzékszervek és az idegrendszer működésének biofizi-

kája, az állati és növényi mozgástípusok elemzése, az állatok magatartásának kvantitatív (számszerű) vizsgálata, matematikai modellek a biológiában, az élő szervezetek és a környezet kölcsönhatása, a biofizikai vizsgálati módszerek fejlődésének története, híres biofizikus kutatók pályafutásának ismertetése.

3. Olyan dolgozatokat is várunk, amelyek a biológiában használatos valamilyen fizikai elven alapuló vizsgáló és mérő berendezések működését, felépítését ismertetik (például ultrahangos, lézeres, röntgenes vizsgálatok vagy szöveti metszetek készítése).

4. A különdíj nyertese a diák pályázat általános kategóriáinak valamelyik nyertese is lehet.

5. A dolgozat ismeretterjesztő stílusú, olvasmányos legyen; megértése ne igényeljen túl mély fizikai, matematikai, illetve biológiai ismereteket. A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

Díjazás: I. díj 90 euró, II. díj 60 euró, III. díj 30 euró.

#### Metropolis különdíj

*Nicholas Metropolis*, görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus alapítványt hozott létre a számítástechnika alkalmazásai iránt érdeklődő tehetséges fiatalok részére. A Los Alamosban (Egyesült Államokban) működő Metropolis Alapítvány diák pályázatunkon a legjobb eredményt elérő középiskolásokat és felkészítő tanáraikat díjazza, valamint a legaktívabb iskolának előfizet a folyóiratunkra. A különdíj Nicholas Metropolis emléket őrizi.

A Metropolis-díjra pályázó középiskolás diákoktól a szakmai zsűri azt várja el, hogy választ fogalmazzanak meg arra, a természettudományok területén milyen segítséget nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az önálló gondolatokon alapuló, egyéni megközelítésű, konkrét kutatómunkával összeállított, ugyanakkor olvasmányosan megírt pályaművek.

A Metropolis-díjban a diák pályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak.

**A Természet Világa szerkesztősége és szerkesztőbizottsága**



# Néhány hazai denevérfajunk



A kis patkósdenevérek meleg padlásokon hozzák világra kicsinyeiket



A mediterrán térségben még barlanglakó csonkafülű denevérek népes kolóniáit hazánkban inkább az épületekben találjuk meg



Szürke hosszúfülű-denevér



Rőt koraidenevér



Közönséges törpedenevér



Repülő kereknyergű patkósdenevér



A Természet Világa új különszáma

## HÁLÓZATKUTATÁS – HÁLÓZATELMÉLET

Napjainkban egyre többször olvashatunk hálózatokról, hálóról, hálózat-elméletről, modellekről. A kémiában a polimerek, a szervezetben a sejtek, vagy a sejten belül a jelátviteli utak, a társadalomban a különböző tulajdonságokkal rendelkező vagy aktivitást kifejtő embercsoportok, épített környezetünkben az utak hálót, hálózatot képezhetnek. Gondolkozásunk, szellemi működésünk alapja a különböző tulajdonságú idegsejtek, illetve azoknak rendkívül bonyolult, térben rendezett hálózata.

A sejt, az internet, a társadalmi háló működése rengeteg közös elemet mutat. Ha az egyiket megértjük, megértjük a másikat is. Itt bizonyos univerzalitással állunk szemben, mintha kiderülne, hogy néhány alapvető törvényszerűség leír olyan különböző rendszereket, amelyeket korábban nem is próbáltunk egy napon emlegetni.

A Természet Világa tematikus száma a különböző tudomány területek, hazai neves szakértőitől, a fizikától a biológiáig, a kémiától a szociológiáig közöl olyan cikkeket, melyekben a hálózatok problémája, az egyszerű hálós szerkezettől a legbonyolultabb dinamikusan változó, térben és időben rendezett hálózatokkal kapcsolatos tudományos kérdéseket mutatnak be közérthető formában, hogy közelebb hozzák az olvasóhoz korunk egyik érdekes és gyorsan fejlődő kérdéskörét, a hálózatelmélet alapjait.

Az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) támogatásával készült különszámunk július végétől megvásárolható az újságárúsoknál.

### A különszám tartalma

- *Hollywood és a sejtek hálója.* Beszélgetés **Barabási Albert-Lászlóval** (Silberer Vera interjúja)
- **Lovász László:** *Nagyon nagy gráfok*
- **Palla Gergely–Barabási Albert-László–Vicsek Tamás:** *A társas kapcsolatok hálózata*
- **Csermely Péter:** *Hálózatok adaptációs mechanizmusai és ezek befolyásolása*
- **Pál Csaba–Papp Balázs:** *Biológiai hálózatok és az evolúció*
- **Jordán Ferenc:** *Rész és egész a biológiai hálózatokban*
- **Szalkai–Kerepesi–Varga–Grolumusz:** *Élek és élet. Az agygráf*

# Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

146. ÉVF.

2015. I. KÜLÖNSZÁM

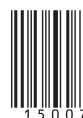


## Hálózat kutatás, hálózatelmélet

- **Szabó Csaba Attila:** *Digitális multimédia hálózatok*
- **Bacsárdi László:** *Biztonságos kommunikáció kvantumalapú hálózatokban*
- **Gódor Győző:** *Szenzorhálózat alapú megoldások a mindennapi életben*
- **Buránszkiné Sallai Márta–Randriamampianina Roger:** *Meteorológiai alaprendszerek*
- **Kovács-Hostyánszki Anikó:** *Viráglátogatási hálózatok, avagy növények és beporzók intim kapcsolata*
- **Józwiak Ákos Bernard:** *Az élelmiszerlánc mint komplex rendszer*
- **Szalai Csaba–Antal Péter:** *Kölcsönhatási hálózatok vizsgálata komplex betegségekben*
- **Módis László:** *A molekuláris hálózatok az ízületi porcban*
- **Eke András:** *Az agyi hálózatok dinamikája*
- **Szvetelszky Zsuzsanna:** *Diffúziós folyamatok, hálózati dinamika, és önszerveződés a társadalomban*
- **Barabási Albert-László:** *A hálózat kutatás mérföldkövei*

nka

Nemzeti Kulturális Alap



97700401371316

15007