

# Természet Világa

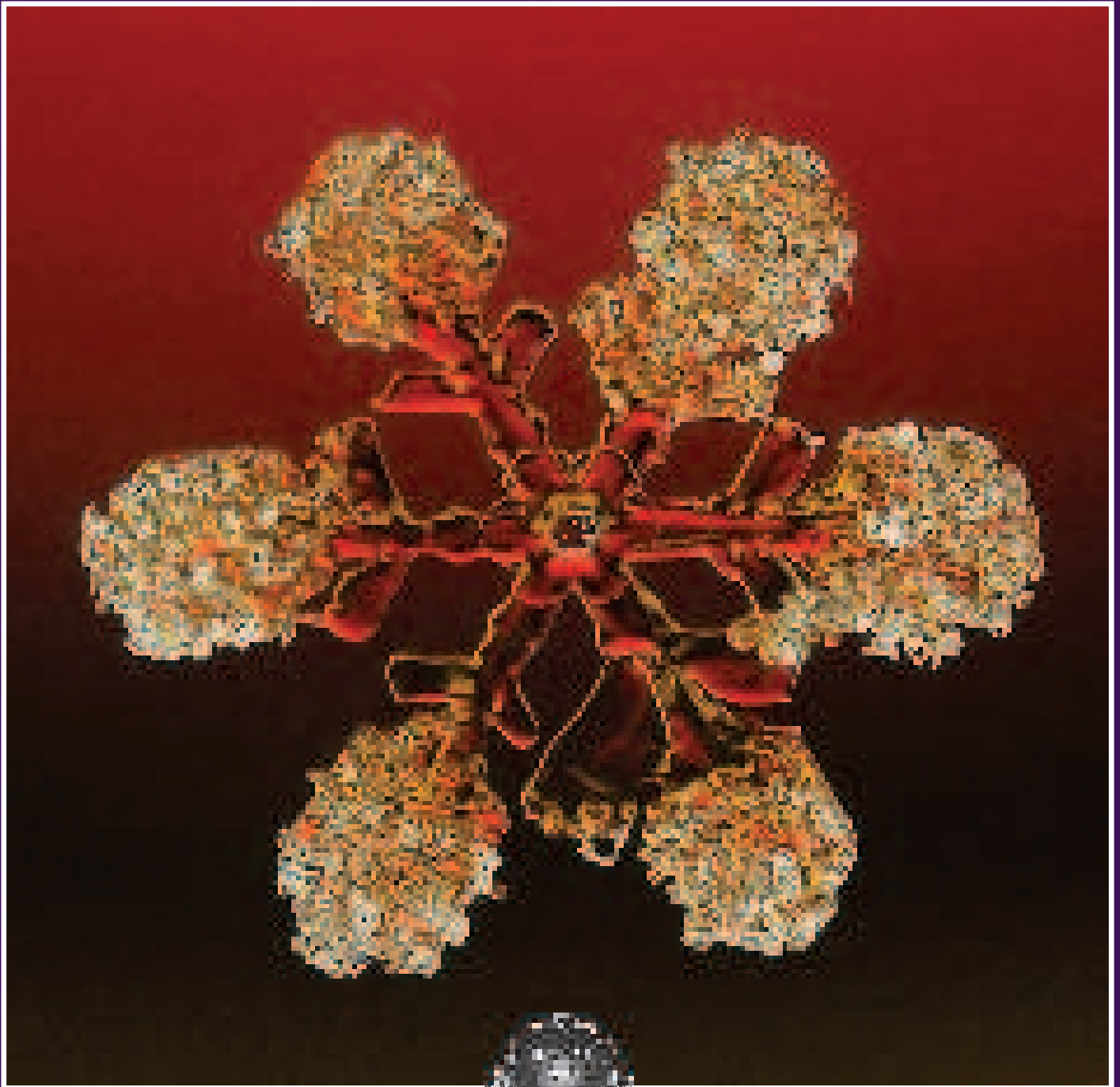
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

144. évf. 1.sz.

- 2013. JANUÁR

ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- HATÁROK NÉLKÜL A KULTÚRÁBAN
- MIÉRT SÖTÉT AZ ÉJSZAKAI ÉGBOLT?
- SZEIZMOLÓGIAI RIASZTÓRENDSZER

- ERDEINK JÖVŐJE
- TÁJ, TÁJKÉP ÉS TÁJVÉDELEM
- BÖLCSÉSZ TERMÉSZETTUDÓSOK

■ KOMMUNIKÁCIÓ MÉLYBEN ÉS MAGASBAN – FIZIKAI NOBEL-DÍJ 2012

# Pillanatképek erdeinkről



Cserszömörécés karsztbokorerdő a Balaton-felvidéken



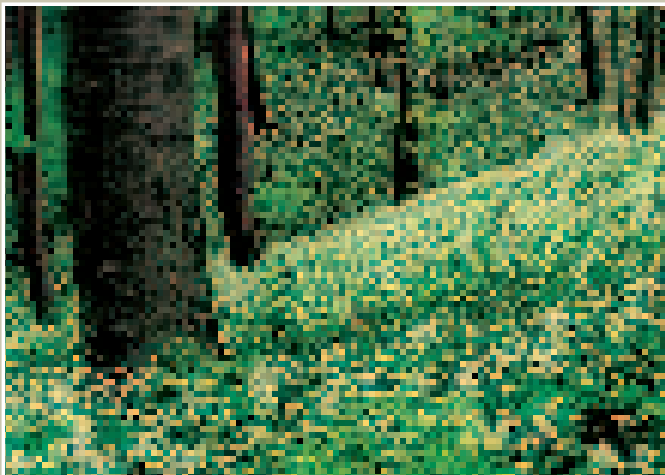
Középkorú hegyvidéki bükkös a Börzsönyben



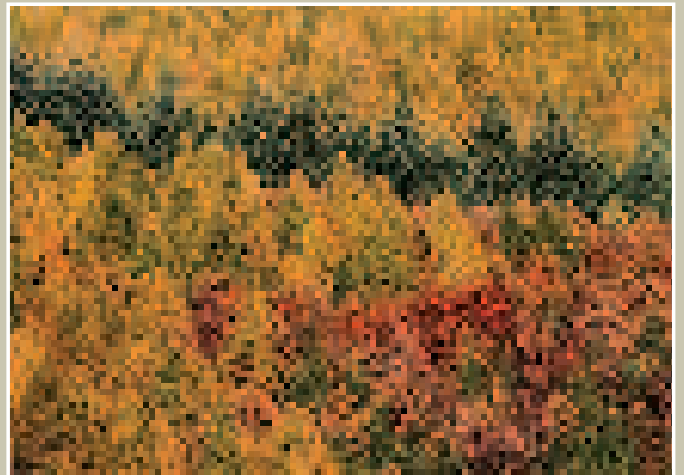
Odvas keltike virágzó „szőnyege” gyertyános-tölgyes alján



Az egykor elterjedt homoki tölgyeseknek mára csupán apró foltjai maradtak

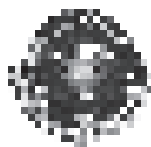


Medvehagymás bükkös a Mecsekben



Telepített elegyes vörösfenyves a Mátrában

# Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ  
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben  
SZILY KÁLMÁN  
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY  
144. ÉVFOLYAMA



2013. 1. sz. JANUÁR

Magyar Örökség-díjas folyóirat

Megjelenik a  
az Országos Tudományos Kutatási  
Alapprogramok (OTKA, PUB-I 106 681),  
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,  
az OTP Bank, valamint a Nemzeti  
Kulturális Alap támogatásával.  
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai  
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



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  
vagy <http://www.chemonet.hu/TermVil/>

Felelős kiadó:  
PIRÓTH ESZTER  
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomtatás:  
Infopress Group Hungary Zrt.

Felelős vezető:  
Lakatos Imre  
vezérigazgató

INDEX 25 807  
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

*Korábbi számok megrendelhetők:*  
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.  
Telefon: 327-8965, fax: 327-8969  
e-mail: [titlap@telc.hu](mailto:titlap@telc.hu)

*Előfizethető:*  
Magyar Posta Zrt. Hírlap üzletág  
06-80-444-444  
[hirlapelofizetes@posta.hu](mailto:hirlapelofizetes@posta.hu)

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

Előfizetési díj:  
fél évre 3240 Ft, egy évre 6480 Ft

# TARTALOM

<b>Bacsárdi László – Imre Sándor:</b> Kommunikáció mélyben és magasban . . . . .	2
<b>Kelemen Kristóf – Mag Zsuzsa – Aszalós Réka – Benedek Zsófia – Czúcz Bálint – Gálhidy László – Kovács Bence – Standovár Tibor – Timár Gábor:</b> Hazai erdők jövője a klímaváltozás tükrében . . . . .	7
<b>Solt György:</b> Miért sötét az éjszakai égbolt? . . . . .	11
<b>Szili István:</b> Táj, tájkép és tájvédelem. Bivalyok a virágos kertben . . . . .	14
Határok nélkül a kultúrában. <b>Schiller Róberttel</b> beszélget <b>Lukácsi Béla</b> . . . . .	18
<b>Schiller Róbert:</b> Az inga és vers (KÖZÖTT) . . . . .	20
<b>Kéri András:</b> Uruguay elfeledett népe. Az első lovas indiánok, a csarrúák . . . . .	21
<b>Varga Péter:</b> Törekvések a földrengéskárok enyhítésére. Szeizmológiai riasztórendszerek . . . . .	25
Kutatások a hatékonyabb immunválaszért. <b>Kacs Kovics Imrével</b> beszélget <b>Kapitány Katalin</b> . . . . .	28
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSEGEK</i> . . . . .	30
<b>Trupka Zoltán:</b> Az Akadémiai Kiadó nivódija A fizika kultúrtörténetének . . . . .	32
<i>ORVOSSZEMMEL</i> (Matos Lajos rovata) . . . . .	33
<b>Bencze Gyula:</b> Egy reneszánsz tudományos életpálya krónikája ( <i>OLVASÓNAPLÓ</i> ) . . . . .	34
<b>Kapronczay Károly:</b> A hazai gyermekgyógyászat megeremtője . . . . .	36
<b>Pátkai Zsolt:</b> 2012 nyarának időjárása . . . . .	38
<b>Radnai Gyula:</b> Bölcsész természettudósok a XVIII–XIX. században. Első rész. . . . .	40
<b>LEVÉLSZEKRÉNY Várkonyi Tibor és Almár Iván</b> hozzászólása az Egyedül vagyunk című összeállításhoz . . . . .	42
<i>E számunk szerzői</i> . . . . .	43
<b>Szabó Péter Gábor:</b> Újabb fejezetek Bolyai János életművéből. Kiss Elemér és Oláh-Gál Róbert könyvéről ( <i>OLVASÓNAPLÓ</i> ) . . . . .	44
<b>Farkas Csaba:</b> Pánikbetegség ( <i>OLVASÓNAPLÓ</i> ) . . . . .	45
<b>Radnai Gyula:</b> Mennyből a hópehely . . . . .	48
<i>FOLYÓIRATOK</i> . . . . .	46
<i>KÖNYVSZEMLE</i> . . . . .	47
<b>Borsa Béla:</b> Egy módszer hókristályok fényképezésére . . . . .	48

*Címképünk:* Hókristály (Borsa Béla felvétele)

*Borítólapunk második oldalán:* Pillanatképek erdeinkről (Kalotás Zsolt felvételei)

*Borítólapunk harmadik oldalán:* Gyulai József fényképalbumából

Mellékletünk: A XXI. Természet-Tudomány Diákpályázat cikkei (Tóth Tamás, Szilágyi Renáta és Marosi Vanda, Fülöp Diana Bernadett, Lőrincz Kincső-Zsófia írása). Makra Zsigmond: Az elektroncső Vermes-egyenlete

## SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, ÁDÁM GYÖRGY, 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](mailto:yka@mail.datanet.hu), 327–8960)  
NÉMETH GÉZA ([n.geza@mail.datanet.hu](mailto:n.geza@mail.datanet.hu), 327–8961)

Tervezőszerkesztő: NÉMETH JÁNOS

Titkárságvezető:  
CZIFRIK-KESZTHELYI BARBARA

BACSÁRDI LÁSZLÓ – IMRE SÁNDOR

# Kommunikáció mélyben és magasban

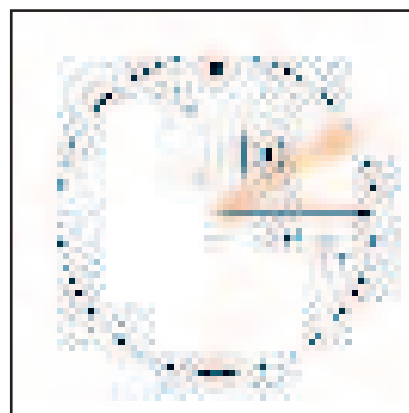
*Faktorizáció, keresés adatbázisokban, véletlenszámok generálása, műveletek párhuzamosítása, kulcsszétosztás. Mindezek olyan informatikai fogalmak, amelyek megvalósítása hatalmas számítási kapacitást vagy különböző trükköket igényel napjaink számítógépeivel. De ha segítségül hívjuk a kvantummechanikát, akkor meglepően gyorsan és hatékonyan megbirkózhatunk a kapcsolódó feladatokkal.*

A kvantummechanika nem csak a matematika és a fizika számára érdekes, az informatikában is megjelent. Azokat a jelenségeket, amelyek még Einsteint is megdöbbentették, fel tudjuk használni ahhoz, hogy olyan kvantum alapú algoritmusokat alkossunk, amelyek a hagyományos társaikhoz képest hatékonyabban (gyorsabban, kevesebb művelettel) oldanak meg számítás-elméleti feladatokat, és biztonságosabbá teszik a kommunikációt. 1985-ben a brit-izraeli *Deutsch* publikálta először a kvantumszámítógép elméleti leírását. Jelenleg a kanadai D-Wave System cég terméke, a D-Wave One a legfejlettebb kereskedelmi forgalomban is kapható kvantumgép. A 2011 májusában elkészült gép egy 128 kvantumbites processzort használ (lásd **1. ábra**), amely tárolásához egy tíz négy-

zetméteres, meglehetősen hidegre hűtött (-150 Celsius-fok alatti) szobát használnak, bizonyos kvantumműveletek elvégzéséhez pedig abszolút nulla közeli hőmérséklet szükséges. Informatikai biztonsági területen pedig három másik cég (az 1999-ben alapított amerikai MagiQ Technologies, a 2001-ben egyetemi spin-off céggént alakult svájci id Quantique és az ausztrál QuintessenceLabs) kínál kereskedelmi forgalomban kapható termékeket. De nézzük meg, milyen előnyei vannak a kvantuminformatikának.

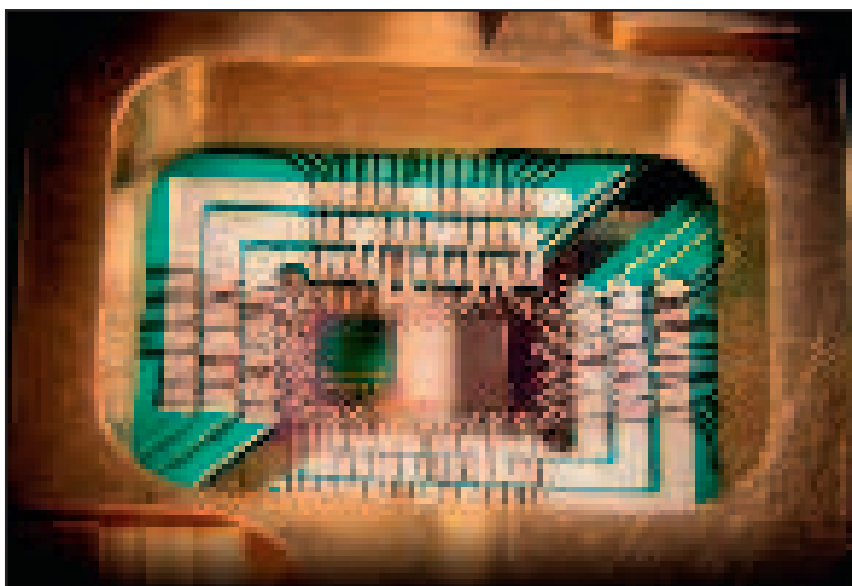
## Kvantummechanikai alapokon

Sok ember számára a kvantummechanika szó régi, homályos emlékeket jelent, bonyolult egyenletekkel és matematikai



**2. ábra. Kvantumbit szemléltetése a Descartes-féle koordináta-rendszer segítségével. A vízszintes tengelyen a „ket nulla”, a függőlegesen a „ket egyes” bázisállapot található. A narancssárgával jelölt vektor az ismeretlen állapotú kvantumbit, amelyet az  $a$  és  $b$  komplex valószínűségi amplitúdóval jellemezhetünk**

**1. ábra. A kanadai D-Wave cég egy kvantumprocesszora (Forrás: Wikipedia)**



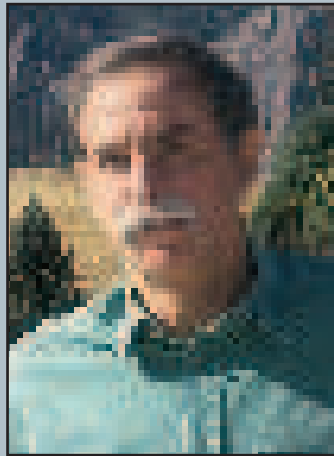
műveletekkel. Mi mérnökként az alkalmazás és alkalmazhatóság oldaláról közelítjük meg ezt a területet, és a *Schrödinger-egyenletek* által leírt világot négy kvantummechanikai posztulátumra helyezzük [1]. (Innentől kezdve a mindennapi világra klasszikus világgént és klasszikus informatikaként fogunk hivatkozni.) Ezek olyan alapfeltevések, amelyeket nem bizonyítunk (nemesak itt a cikkben, hanem egyébként sem), de később minden kapcsolódó levezetésben felhasználunk. Az első a rendszer állapotát írja le, a második az időbeli fejlődésre vonatkozik, és abban segít, hogy a teljes rendszer viselkedését zárt transzformációkkal tudjuk leírni. A harmadik a mérésre vonatkozik, és definiálja a kapcsolatot a kvantumvilág és a

**Nobel-díj a kvantumszámítógép felé vezető úton**

A fizikai Nobel-díjat megosztva kapta 2012-ben a francia *Serge Haroche* és az amerikai *David J. Wineland* az önálló kvantumrendszerek mérésével és manipulálásával kapcsolatos módszerek kidolgozásáért.



**Serge Haroche**



**David Wineland**

A két kitüntetettben közös, hogy mindketten 1944-ben születtek és elismert kvantumfizikusok. Serge Haroche, a Collège de France professzora, a Párizsban található intézmény jelenlegi vezetője. A Francia, az Európai és az Amerikai Fizikai Társaság tagja, a Nobel-díj előtt több kutatói díjjal kitüntették, többek között a legrangosabb francia tudományos elismeréssel, a CNRS (French National Centre for Scientific Research) aranymedáljával. Az amerikai David J. Wineland tanulmányait a Kaliforniai Egyetemen végezte Berkeley-ben, dok-

tori disszertációját a Harvardon írta. A National Institute of Standards and Technology (NIST) kutatója.

A kvantumszámítógépek háttérben álló kvantuminformatikával kapcsolatban az elmúlt harminc évben sok publikáció látott napvilágot. Nagyon sok elméleti algoritmust ismerünk a területen, több algoritmus működését laboratóriumi körülmények között és azon túl is igazolták, és vannak már kereskedelmi forgalomban kapható kvantumeszközök is. A működő kvantumszámítógép megépítéséhez azonban még hosszú út vár a fizikusokra és a mérnökökre. Ahhoz, hogy előbb-utóbb kvantumszámítógépeket készíthessünk, kvantumbitekre és ezekből felépített zárt kvantumrend-

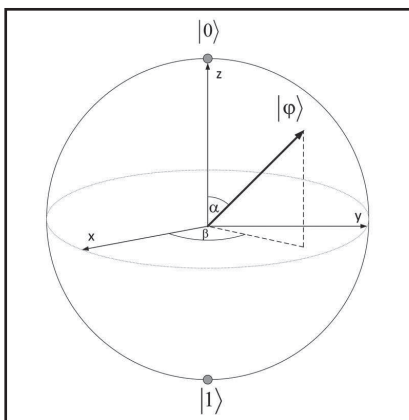
szerekre van szükségünk, amelyeket a környezet hatásaitól elszigetelhetünk, de mégis megfigyelhetünk és módosíthatunk. Nehéz ennek a két, egymásnak ellentmondó feltételnek (környezettől elszigetelt, de adatbevitelkor és adatkiolvasáskor mégis a környezettel kapcsolatba lépő) megfelelő rendszert létrehozni. A 2012. évi fizikai Nobel-díjasok jelentős előrelépést értek el ezen a területen.

A lézerfizikából született kvantumoptika a fény és az anyag kölcsönhatását vizsgálja, Magyarországon ilyen jellegű kutatómunkával az MTA Wigner Fizikai

Kutatóközpont Szilárdtestfizikai és Optikai Intézetében foglalkoznak. Kvantumoptikai kutatást végzett a két 2012-es kitüntetett is. Serge Haroche egy úgynevezett fotoncsapdát hozott létre. Kísérleti berendezésében szupravezető anyagból készült, az abszolút nulla fok közeli hőmérsékletre lehűtött tükrök között mikrohullámú fotonok oda-vissza pattogva több ezer kilométert tettek meg, és a másodperc tizedrészéig megőrizték a hullámmozgásban tárolt információt. Ez az emberi mértékben rövid időpillanat kvantumfizikai szemmel nézve nagyon hosszú időnek tekinthető. Ez alatt az időtartam alatt megfelelően előkészített atomokat küldött át a francia kutató a fotoncsapdán, az atomok állapotváltozásainak a méréséből pedig következtetni tudtak a fotonok állapotváltozására, vagyis ki tudta olvasni azok értékét.

David Wineland egy másik módszert alkalmazva ioncsapdával dolgozott: ionokat tartott fogva elektromágneses mezőben. Az ioncsapdában tartott ionokra nem hat a külső környezet hőmérséklete és sugárzása, a csapdában tartott ionok energiaállapotát pedig lézer segítségével változtatják meg, ezáltal kódolva információt akár az ionok rezgő mozgásába, akár a szinképükbe. Winelandnak az ioncsapdával való kutatásai során sikerült kétféle terelni egy rezgő ion anyaghullámát, majd kutatócsoportjával több bites kvantumműveleteket is el tudtak végezni. Mindkét kitüntetett kutató munkája sokat ígérő lépéseket jelent a működő kvantumszámítógép felé vezető úton. Wineland kutatási eredményeit – egyfajta melléktermékként – a jelenleginél pontosabb atomórák készítéséhez is fel lehet használni.

BACSÁRDI LÁSZLÓ



**3. ábra. A kvantumbit szemléltetése a Bloch-gömbön. A vastagon jelölt vektor az ismeretlen állapotú kvantumbit**



**4. ábra. A kvantumbit szemléltetése fraktál alapú megközelítés segítségével. A fekete sáv rész a 0 értékhez, a fehér az 1-hez tartozik. A sávreszek szélessége a mérési valószínűséget, a rajtuk elhelyezett vízszintes vonal magassága a fázist jelöli**

klasszikus világ között, a negyedik pedig az összetett rendszerekre vonatkozik [1].

Az első posztulátum lehetővé teszi, hogy bevezessük a kvantumbit fogalmát (angolul quantum bit vagy qubit), amely a kvantuminformatika alapvető információegysége. Míg a klasszikus bit esetében

két jól meghatározott értékről beszélünk (0 és 1), addig a kvantumbit az előző két alapállapot tetszőleges kombinációjában (ún. szuperpozíciójában) létezhet, azaz végtelen sok állapotban lehet. Amikor azonban végrehajtjuk a mérést, akkor egy klasszikus 0 vagy 1 értéket kapunk vissza. A kvantumbit a bázisállapotaival és komplex valószínűségi amplitúdóival adjuk meg, az alábbi módon:

$$|\varphi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle$$

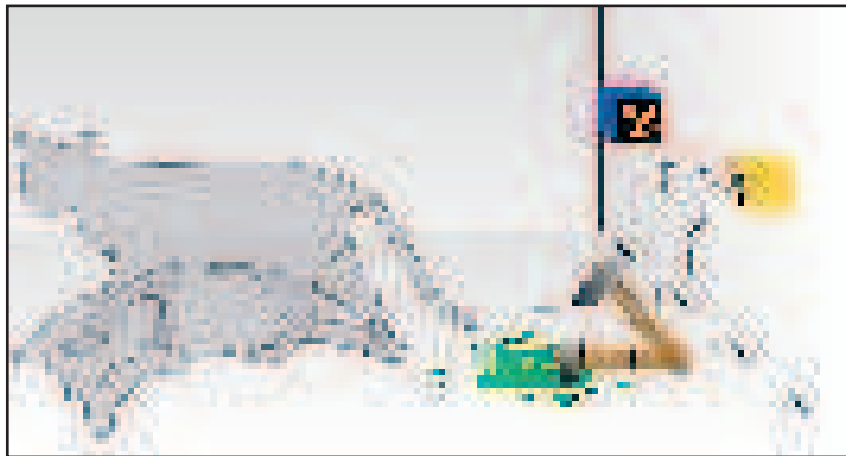
ahol az  $a$  és  $b$  olyan komplex számok, amelyek abszolútérték-négyzete egyet ad. Az  $a$  és  $b$  valószínűségi amplitúdó abszolútértékének négyzete azt mutatja meg, mekkora valószínűséggel mérünk 0-t illetve 1-et (innen származik a valószínűségi amplitúdó elnevezés). A fenti zárójelést a *Dirac-jelölést* követve használjuk, és a fenti kvantumbitot „ket fi”-nek ejtjük (és

ehhez hasonlóan, „ket nulláról” és „ket egyről” beszélünk). A  $|\phi\rangle = 0,6|0\rangle - 0,8|1\rangle$  kvantumbitről például tudjuk, hogy 0,36 valószínűséggel 0-át kapunk a mérés végén, 0,64 valószínűséggel pedig 1-et. Mivel egységnyi hosszú vektorokról beszélünk, a legegyszerűbb egy Descartes-féle koordináta-rendszerben körként elképzelni a kvantumbitét, a körvonal tetszőleges pontja lehet a bitünk értéke. (Ez a kétdimenziós kvantumbit, de tudjuk definiálni magasabb dimenziókra is.) A két tengely pedig a két bázisállapot, a „ket nulla” és a „ket egy”. Természetesen a körvonal csak egy geometriai megfeleltetés, ha szeretnénk, akkor *Felix Bloch* nyomán akár a *Bloch-gömbön* is ábrázolhatjuk a kvantumbitét (ekkor a gömb felületén vehet fel tetszőleges értéket). Egy fiatal magyar fizikushallgató, *Galambos Máté* pedig nemrég fraktál alapú reprezentációt készített, munkájával első helyezést ért el a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Tudományos Diákköri Konferenciáján [2]. Az 2., 3. és 4. ábrán különböző reprezentációkat tüntettük fel.

Fizikailag kvantumbit lehet bármilyen két jól megkülönböztethető állapottal rendelkező kvantumrendszer (pl. elektron spinállapotai, atomi hiperfinom állapotok stb.), a kommunikáció területén a foton különböző polarizációs állapotait (vízszintes, függőleges) feleltethetjük meg a bázisállapotoknak.

A mérési posztulátum egyrészt rámutat arra, hogy a mérőműszerünk csak valamekkora valószínűséggel mutatja a mérés végeredményét. Ha a valós világban ráállunk egy mérlegre, biztosak lehetünk abban, hogy újra és újra megismételve, ráállva a mérlegre ugyanazt az értéket mérjük (kivéve, ha közben elfogyasztottunk egy bőséges vacsorát), és valóban a test-súlyunkat mutatja. A kvantummérlegre ráállva nem lehetünk biztosak abban, hogy a megjelenő hatalmas szám valóban a sok elfogyasztott süteményt tükrözi, vagy éppen nem a helyes értéket látjuk. De ez a posztulátum még egy érdekességet tartogat: a mérés hat a teljes rendszerre, és megváltoztatja annak állapotát. Vagyis azáltal, hogy ráállunk a mérlegre, megváltozunk mi magunk és a mérleg is. Mindezek alapján leszögezhetjük, hogy egy-egy mérési elrendezés megtervezése különösen fontos a kvantuminformatikában. Ha rosszul választjuk ki a mérési operátorokat (vagyis rosszul állítjuk be a mérőműszert), akkor könnyen előfordulhat, hogy nem értelmezhető eredményt kapunk. Szerencsére jól bevált receptek állnak rendelkezésünkre, mint például a projektív mérés (más néven *Neumann-mérés*) vagy a pozitív operátor értékű mérés (az angol positive-operator valued measure elnevezés rövidítéséből POVM).

A kvantumbitek állapotait egyetlen rendszerre egyesítve több bites kvantumregisztereket tudunk készíteni. Ahhoz, hogy kvantumáramkörökről beszéljünk, a mérést elvégző mérőműszerek mellett még kvantumkapukra van szükségünk. Ezek a kvantumkapuk a kvantumrendszert egyik állapotából egy kiválasztott másikba viszik át. Ennek megfelelően az állapot időfejlődését szabályozó második posztulátum segítségével írhatóak le. Ezek a speciális időfejléscsökkentési lépések valamilyen geometriai transzformációt hajtanak végre



5. ábra. Gondolatkísérlet Schrödinger különleges macskájával. (Forrás: Wikipedia)

a bemeneti kvantumbit állapotát jellemző vektoron. Tudjuk a kvantumbitét forgatni, tükrözni, negálni és még nagyon sok más műveletet is elvégezhetünk [3].

## Összefonódás

A negyedik posztulátum az összetett rendszerek részrendszerreinek állapotára vonatkozó leírást adja, amelynek következményei közül az összefonódás sokáig a fizikusok előtt is rejtélyes volt. Ha szeretnénk egy ismerősünk előtt rávilágítani erre, vázoljuk fel neki az alábbi gondolatkísérletet. (Szigorúan csak elméletben, ezért ne gyűjtsük össze a kóbor állatokat!) Vegyünk egy nagy dobozt, amelyet tökéletesen elszigetelünk a külvilágtól, egy zárt rendszert alkotva. Tegyük bele egy élő macskát, egy radioaktív készítményt, egy Geiger-Müller-számlálót, egy kalapácsot, és egy mérlegfiólat. A radioaktív izotóp vagy kibocsát egy alfa-részecskét, vagy nem. Ha igen, akkor a számláló jelez és leengedi a kalapácsot, amely összetöri a mérlegfiólat, a macska pedig meghal. Kérdezzük meg ismerősünktől, hogy szerint-e a macska élő vagy holt állapotban van a teljesen zárt dobozban. Mivel a macska élő / nem élő állapota összefonódott a bomló atom elbomlott / nem bomlott

el állapotával, ezért bizony egyszerűen van élő és holt állapotban szegény állat a Nobel-díjas osztrák fizikus, *Schrödinger* által 1935-ben felvázolt gondolatkísérletben (5. ábra). Ha kinyitom a dobozt (végrehajtok egy mérést), akkor azonban egyértelműen látni fogom, hogy a macska él-e még vagy halott - de egészen odáig élőhalott állapotban létezik. A doboz kinyitásával a macska gyilkosává válnak? Vagy csak választunk egyet a párhuzamos világegyetemek közül? Vagy értelmetlen ebben a formában feszegetni ezt a kérdést? A kvantum-

mechanika különböző iskolái más-más választ kínálnak [4].

1935-ben Einstein annak a meggyőződésének adott hangot, hogy a kvantummechanika elmélete nem teljes, további rejtett változók léteznek. Elég sok időnek el kellett telnie, amíg sikerült kísérletileg is megmutatni, hogy az összefonódásból származó, alább bemutatandó korrelált viselkedés valóban létezik, és a kvantumrendszerek másképp viselkednek, mint az Einstein követői által kidolgozott rejtett paraméteres elméletek. Az összefonódott állapotokat *Einstein*, *Podolsky* és *Rosen* által 1935-ben írt cikk nyomán EPR-pároknak, a kétféle összefonódottakat pedig Bell-pároknak nevezünk az ír fizikus által 1964-ben publikált egyenlőtlenségek előtt tisztelegve. De mi is az az összefonódás (angol szakszóval entanglement)?

Összefonódásról akkor beszélünk, amikor különböző részecskék (fotonok, elektronok, de akár apró gyémántok is) kapcsolatba lépnek egymással, és miután szétválnak, a közöttük lévő kapcsolat eredményeként állapotuk egyetlen korrelált kvantummechanikai állapottal írható le. A legegyszerűbb összefonott állapotban a pár kétállapotú tagjai minden időpillanatban ugyanabban (vagy éppen az „ellentétes” kiegészítő) állapotban vannak, függetlenül a közöttük lévő távolságtól. Ha

a Marsra augusztusban leszállt Curiosity elvitte volna magával a Földről egy bizonyos összefonódott qubit-pár egy tagját, míg a pár másik fele a NASA Sugárhajtás Laboratóriumában (JPL) maradt volna, akkor azt követően, hogy a Curiosity megméri a Marson a pár nála lévő felét, a bármikor később elvégzett mérés során a JPL-nél ugyanazt a mérési értéket kapják a kutatók. Ha a Marson nullát mutat a mérőműszer, akkor függetlenül a két bolygó távolságától és a fénysebességgel kapcsolatos megkötésektől, itt a Földön minden statisztikus szórás nélkül ugyanazt az értéket mutatja a mérőműszer. Természetesen vihetett volna magával olyan összefonódott qubit-párt, amelynél az egyik oldalon nullát mérve a másik oldalon biztosan egyet kapunk, de a lényeg az összefonódáson van. Fénysebességnél gyorsabb kommunikációra azonban nem használhatjuk, mert bármelyik qubit-tagon elvégzett mérés eredménye önmagában teljesen véletlenszerű. Vagyis nem tud a földi pár viselkedését egyértelműen irányító információt küldeni a marsi rover, mert nem tudja befolyásolni, hogy nullát vagy egyest mérjen a mérőműszere – de ettől még nagyon sok mindenre fel tudjuk használni ezt a jelenséget. Például használhatjuk véletlenszám-generátorként, amelyre bizony nagyon sok informatikai eljárásnál szükség van. 2004-ben a világ első olyan banki tranzakcióját valósították meg Bécsben, ahol az összefonódás segítségével állították elő a titkosításhoz szükséges véletlenszámokat. Továbbá nemcsak összefonódott párokról beszélhetünk, hanem további tagokat is hozzáfűzve a rendszerhez létre tudunk hozni összefonódott hármasokat, négyeseket és így tovább.

### Lehetséges kvantuminformaticai alkalmazások

A kommunikáció során két fél továbbít egymásnak üzeneteket egy kommunikációs csatornán, és mindezt úgy, hogy mindez minél hatékonyabban és biztonságosabban történjen. Míután a felek megosztottak az összefonódott párokon, a *Bennett* és *Wiesner* által 1992-ben leírt szupersűrűségű algoritmussal, egy kvantumbit segítségével két klasszikus bitnyi információt tudnak átküldeni a kommunikációs csatornán. (Az algoritmusnak klasszikus esetben két bitet kellene átküldenie, kvantumosan csak egy kvantumbit kerül átküldésre, innen a szupersűrű elnevezés.) A kvantumteleportáció során előre megosztott összefonódott pár használatával egy kvantumbit teleportálunk úgy, hogy a csatornán csak két klasszikus bitet küldünk át. Meghökentő? Bizony, a teleportáció során mindössze két

klasszikus 0 vagy 1 értéket küldünk át a kommunikáló felek között, és a fogadó fél képes előállítani a küldőnél lévő, tetszőleges állapotú kvantumbitét. A *Bennett* által 1993-ban leírt ötlet működését 1997-ben kísérletileg is igazolták, 2010-ben pedig már szabad légkörben 16 kilométeres távolságot hidaltak át vele kínai kutatók. Kvantumbitek másolására nem lehet azonban felhasználni, mert az eredeti kvantumbit megsemmisül az algoritmus során. (A teleportáció szó ellenére nincs szó fénynél gyorsabb kommunikációról, hiszen a két klasszikus bitet át kell küldenünk valahogyan, ezt pedig maximum fénysebességgel tehetjük meg.)

Nem csak a kommunikáció területén használhatunk kvantum alapú megoldásokat. Nincs szükség összefonódott párokra a *Grover* által készített algoritmusban, amely rendezetlen adatbázisban keres, a klasszikus keresőalgoritmusoknál eredményesebben. (Amíg a klasszikus megoldások a rendezetlen adatbázis elemszámával arányos lépésben találják rá a keresett elemre, addig a *Grover*-algoritmus lépésszáma az elemszám gyökével arányos). Az 1996-ban publikált algoritmust 1998-ban már implementálták is. A kvantum-informatika a prímfaktorizációban is áttört jelent. A faktorizáció során egy adott szám törzstényezősz felbontását keressük, és az amerikai *Shor* megoldása kiválóan alkalmas arra, hogy nagyon nagy számok esetében is nagyon gyorsan meghatározza, melyik két prímszám szorzatából állítható el. Az informatikai biztonság területén pedig a nyilvános kulcsú titkosítás elve pont azon alapszik, hogy a faktorizáció egy lassan elvégezhető folyamat. 2009-ben egy 232 számjegyű számot klasszikus számítógépekkel próbáltak meg feltörni, a kísérletre fordított összesített gépiddő 2000 év volt. Ezzel szemben a *Shor*-algoritmus segítségével másodpercek alatt törhetővé válik ez a szám. Azonban a gyakorlati implementációval még számos probléma van, 2009-ben még csak a 15-ös számot feltörő rendszert készítették [5].

### Nehézségek

A kvantummérnökök élete több okból is nehéz. A „No Cloning Theorem” értelmében egy tetszőleges állapotú kvantumbitről nem lehet tökéletes másolatot készíteni. Vagyis a bázisállapotokat (pl. a hagyományos nullának és egynek megfelelő kvantumbit) tudjuk másolni, de a cikkben már többször említett tetszőleges értékű kvantumbit már nem. Másrészt az önálló kvantumbit határozott kvantum-állapotára nagyon hamar hatást gyakorol a környezete (ez a dekoherencia), így a kvantumbitek fizikai megvalósítását két,

egymásnak látszólag ellenmondó szempont is nehezíti. Egyrészt szeretnénk, ha a kvantumbitek nem lépnének kapcsolatba a környezettel, másrészt azonban két kvantumbitnek egymással mégis csak interakcióba kellene lépnie. Továbbá jó lenne, ha a kvantumbitek hosszú ideig megőriznék állapotukat. Az is gond, hogy a qubitek leggyakoribb kvantumoptikai megvalósításában használt fotonpárokat nehéz egymás közelségében tartani.

### Kulcsszétosztás

A szépszájú laboratóriumi kísérleti eredmények ellenére a kvantum-informatika elmélete nagyon sok területen jóval előrébb tart, mint a tényleges implementációk, ugyanakkor a biztonsági oldalon már kulcsrakész kereskedelmi termékek kaphatóak. Ahhoz, hogy a kommunikáció biztonságos legyen, az üzeneteket titkosítani kell. A klasszikus titkosításra igaz a következő: ha mind a két fél ugyanazt a kulcsot használja a kódoláshoz és dekódoláshoz, és a kulcs hossza megegyezik az üzenet hosszával, továbbá egy kulcsot csak egyszer használnak fel, akkor a titkosítás feltörhetetlen. Ezt szimmetrikus kulcsú titkosításnak nevezzük (utalva arra, hogy a titkosításhoz és visszafejtéshez használt kulcs azonos). A kritikus kérdés csupán az, hogyan jutnak hozzá ehhez a kulcshoz a felek. Egy lehetőség, hogy személyesen találkoznak és egyeztetik, de az informatika világában ennél automatizáltabb (és költségkímélőbb) megoldásokra van szükség. Ezek a kulcsszétosztó protokollok, amelyekből nagyon sok létezik a klasszikus világban. Természetesen vigyázni kell, hogy egy támadó ne változtathassa meg a kulcsot miközben egyeztetjük, másrészt ne hallgatózhaszon észrevétel nélkül. Hiszen, ha lehallgatja egy illetéktelen fél a kulcscsere-t, akkor tudni fogja az üzeneteink titkosításához használt kulcsot, és nem lesznek titkaink előtte. Ebben nyújt hatalmas segítséget a kvantum alapú kulcscsere (angol szakszóval quantum key distribution – QKD). Korábban említettük, hogy tetszőleges kvantumbit tökéletes másolása nem lehetséges, és ezt a tulajdonságot alaposan kihasználják a kvantum alapú eljárások. Egy támadó csak úgy tudja lehallgatni a kulcscsere során a kulcsot, ha a két fél közé ékelődve egyesével elkapja a kvantumbitek, majd továbbküldi. Mivel lemásolni nem tudja magának, meg kell mérnie – a mérés azonban (amennyiben nem ismeri a bázisokat, amelyekben mérnie kell) valószínűségi alapon működik csak, így pontatlan eredményt kap, nem fogja megismerni a kulcsot. Ráadásul a támadó jelenlétéről azonnal érte-

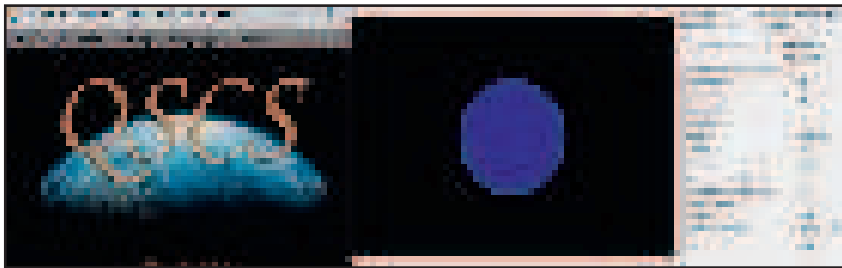
sülnek a kommunikáló felek. Ez a *Bennett* és *Brassard* által 1984-ben publikált BB84 algoritmus alapjaira építve, amelyet azóta további kulcsesetelő protokollok követtek, mint például a szintén *Bennett* által 1992-ben közölt B92, az összefonódást is felhasználó E91 (*Ekert*, 1991) vagy S09 (*Serna*, 2009). BB84 esetén az eddig elért legnagyobb sebesség 1 Mbps volt 2008-ban. 2007-ben egy svájci népszámlálás adatait védték kvantum eszközökkel, míg 2008-ban egy bécsi konfe-

vetező évek egyik legfontosabb áttörésének jelölte meg a kvantum alapú ürkommunikáció sikeres megvalósítását. Ür-ür kommunikáció esetében fontos figyelembe venni a napjainkra rendelkezésre álló ún. egyfoton források tulajdonságait és teljesítményét, a detektorok véges méreteit, a diffrakció miatti fókuszálási hibákat, míg Föld-műhold (illetve műhold-Föld) kommunikáció esetén az előzőekben felsoroltakon túl a légkör gázai által okozott veszteségeket, illetve a

tatócsoportot egy akadémiai doktor vezeti, egy doktorjelölt és egy pár hónapja a kvantum ürkommunikáció területén Ph.D-fokozatot szerzett fiatal kutató mellett még hallgatók és doktoranduszok vesznek részt a munkában.

### Moore nyugodt álma

*Gordon Moore*, az Intel társalapítója 1965-ben publikált cikkében az integrált áramkörökön lévő tranzisztorok száma és a chip mérete közötti összefüggésre mutatott rá. Állítása szerint nagyjából 18 havonta a tranzisztorok száma megduplázódik, míg a chip mérete a felére csökken. A róla elnevezett *Moore-törvény* azóta is működik, és előrejelzése alapján előbb-utóbb el fogjuk érni azt a méret-tartományt, amikor a tranzisztorok mérete az atomi tartomány szintjére csökken. A klasszikus számítástechnikai elemeket megvalósító félvezető eszközök tovább nem sűrítethetők, így kérdésessé válhat a Moore-törvényben megfogalmazott tendencia továbbfolytatása. De mindazok, akik kvantuminformatikával foglalkoznak, tudják, hogy ettől még továbbra is képesek leszünk számítógépeket építeni. Ekkora mérettartományban nem lesznek érvényesek a klasszikus fizikában megszokott Ebers-Moll-egyenletek, helyettük a kvantummechanika törvényeit kell alkalmazni. A kvantumszámítógép egyelőre még a távoli jövő eszköze, de működő kvantuminformatikai megoldások – különösen a kvantumkommunikáció területén – már nemcsak biztató irányokat mutatnak, hanem kereskedelmi forgalomban is kaphatóak. Moore-nak nem kell éjjelente nyugtalanul forgolódnia, a kvantuminformatika egyre felkészültebben várja az eljövendő időszakot. ■



6. ábra. A BME Híradástechnikai Tanszék és az NymE Informatikai és Gazdasági Intézet kutatóinak együttműködésében készülő műholdas kvantumkommunikáció-szimulátor kezdőképnyelve (balra) és egy Föld-űr csatornára vonatkozó szimulációs eredménye (jobbra)

rencián hat pont között hoztak létre egy QKD-val védett számítógéphálózatot. A terület túlmutat az alkalmazott kutatáson is, a cikk elején említett három biztonsági cég QKD-n alapuló eszközöket kínál a kereskedelmi forgalomban.

### Műholdra fel

A jelenlegi céges kulcsesetelő termékeknek azonban van egy nagy hátrányuk: a kvantumbiteket a foton polarizációs állapotaiba kódolják, és a kommunikációhoz optikai szálakat használnak. Ez azt jelenti, hogy ha megvesszük a szükséges eszközöket, be kell szerezni pár tíz kilométernyi optikai szálakat is, amellyel összekötjük a két gépet. Jelismétlőt és jelerősítőt ráadásul nem lehet elhelyezni, hiszen ismeretlen kvantumbiteket nem tudunk másolni (ezáltal erősíteni). A kutatók érdeklődése így már elég korán a szabadlégköri csatornák felé fordult. Az első szabadtéri kvantum alapú kulcsesetelőt 1991-ben hajtották végre *Bennett* vezetésével, 30 centiméteres távon. 1998-ban egy amerikai kutatócsoport elérte az 1 km-es távolságot, 2002-ben pedig a 10 kilométert. 2006-ban egy nemzetközi kutatócsoport a Kanári-szigeteken 144 kilométeres távon demonstrálta a szabadtéri kulcsesetelő létjogosultságát. Ezek a növekvő távolságok azt mutatják, lehetőségünk lesz kilépni a technikával a világűrbe, és akár műhold-műhold, akár Föld-űr kommunikációban alkalmazni. 2008-ban az Európai Űrügynökség a kö-

pára és a por járulékos hatásait is. A légkör alsó rétegeiben mindezek mellett jelentős veszteségeket okoznak az optikai turbulenciák. Mindenesetre a jelenlegi kutatási eredmények biztatóak, és néhány éven belül talán a gyakorlatban is sikerül megvalósítani kvantum alapú kulcsesetelőt műhold-műhold vagy műhold-Föld irányban. (A 6. ábra egy magyar kutatók által készített szimulációs szoftvert mutat, amellyel a kvantum alapú ürkommunikációt vizsgálják.)

### Magyar kutatások

Magyarországon több helyen is foglalkoznak kvantuminformatikához kapcsolódó matematikai, fizikai és mérnöki kutatással, többek között az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontban, a Szegedi Tudományegyetemen, és a Műegyetemen. Utóbbin a Természettudományi Karon a kvantumszámítógép fizikai leírásával és információelmélettel, a Villamosmérnöki és Informatikai Karon pedig a Számítástudományi és Informatikai Tanszéken kvantumalgoritmusokkal foglalkoznak. A kommunikáció terén a BME Híradástechnika Tanszékén működő Mobil Kommunikáció és Kvantumtechnológiák Laboratórium munkatársai folytatnak kutatásokat (többek között jelen cikk szerzői is) kvantumcsatorna szuperaktíválása, kvantum-ismétlők (repeaterk), pilot kvantumtároló alapú csatornákódolás, kvantumhálózat tervezése, kvantum alapú műholdas kommunikáció modellezése és szimulációja területén. A tanszéki ku-

A szerzők köszönetet mondanak Patkós Andrásnak a cikk elkészítésében nyújtott segítségért.

### IRODALOM:

- [1] M. A. Nielsen and I. L. Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information,” Cambridge University Press, 2000
- [2] M. Galambos, S. Imre, „New Method for Representation of Multi-qubit Systems Using Fractals”. ICQNM 2011
- [3] S. Imre, F. Balázs, „Quantum Computing and Communications, An Engineering Approach”, Wiley, 2005
- [4] John Gribbin, Schrödinger macskája - Kvantumfizika és valóság, Akkord, 2001
- [5] J.A. Politi et al, „Shor's quantum factoring on a photonic chip”, Science, Vol 325, p1221, September 2009



# Hazai erdők jövője a klímaváltozás tükrében

**A** globális éghajlatváltozás a jövőben mindannyiunk életét közelről érintheti. Az egyik fontos változás várhatóan a növényzet átalakulása lesz, amelynek első jelei már megfigyelhetők a világban. Miközben a mitigáció (éghajlatváltozás mérséklése) fontosságát és sürgősségét kevesen vitatják, az adaptáció (alkalmazkodás) szerepe ugyancsak nagy jelentőségű lehet a mélyreható változások elkerülésében.

Mi lesz érdeinkkel? Elpusztulnak, átalakulnak, esetleg át kell alakítani őket? Cikkünk bemutatja a klímaváltozás és az erdők lehetséges kölcsönhatásait, valamint azt, hogy ez alapján hogyan tudjuk előre jelezni a növényzetben várható változásokat. Szó lesz érdeink értékeiről, és hogy milyen beavatkozásokat tartunk szükségesnek ezen értékek megőrzése érdekében. Az emberi társadalom felelőssége, hogy kedvező irányba befolyásolja a jövőben valószínűsíthető folyamatokat. Mivel azonban ezeket nem ismerjük kellő részletességgel, nem lehet egyetlen megoldást kínálni a problémára, sokkal inkább a válaszok széles spektrumát kell kidolgozni, és az egyes elemeket a megfelelő arányban alkalmazni.

## A klímaváltozás és az erdős vegetáció kapcsolata

Az éghajlat természetes módon is folyamatosan változik. Az ember környezet-átalakító tevékenysége azonban olyan folyamatokat indított el, amelyek a természetes éghajlatváltozáson túlmutatnak. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) 2007-es jelentése szerint 90%-nál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a jelenleg tapasztalható éghajlatváltozás antropogén eredetű, és elsősorban a kibocsátott üvegházhatású gázok légköri akkumulációja okozza. A jelentés szerint a Föld átlaghőmérséklete 2100-ra az 1990-es értékhez képest 1,1–6,4 °C-al nő majd. Magyarországon a különböző forgatókönyvek 3,3–5,0 °C emelkedést jósolnak ugyanerre az időtávra, az éves csapadékoszszeg 7–18%-os visszaesése mellett.

Az éghajlat és a vegetáció kapcsolata összetett és kétirányú. Az éghajlat hatással van a növényzetre és a növényzet is visszahat az éghajlatra. A két rendszer szoros kapcsolatban áll egymással a lokális skálától a globálisig. Az egyik rendszerben bekövetkező változások

óhatatlanul a másik rendszerben is változásokat indítanak el. Az éghajlatváltozás hatása megnyilvánulhat az egyes egyedek szintjén (pl. életfolyamatok, alaktani jellemzők változása), fajok szintjén (pl. fajvándorlások, kipusztulás, megváltozás) vagy a közösségek szintjén (pl. táplálékhálózatok és dominancia-viszonyok átrendeződése, szerkezet megváltozása). A növényzet, az erdők pedig hatást gyakorolnak a globális éghajlati rendszerre (többek között a légköri széndioxid-koncentráció szabályozásán keresztül), valamint a lokális, helyi mikroklímára is.

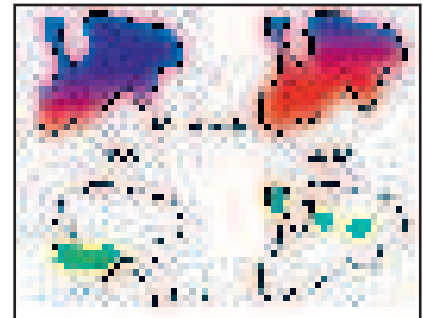
A változó klíma nem egyformán érinti az ökoszisztémákat, vannak sérülékenyebb és kevésbé fenyegetett növényzeti típusok. Magyarország zonális erdőtürsulásai a rendelkezésre álló adatok alapján várhatóan érzékenyen reagálnak az éghajlatváltozásra. Ha feltűnő jeleit nem észleljük egyelőre a klímaváltozásnak az erdők esetében, annak egyik oka az lehet, hogy az erdők igen összetett rendszerek, ezért bennük a változások késleltetve jelentkeznek. Másrészt az erdők maguk is nagy hatással vannak a környezetükre. Kialakítják és fenntartják például a saját belső állományklímájukat, illetve a nagyobb erdőségek táji szinten is kiegyenlítő hatást gyakorolhatnak környezetük éghajlatára és vízgazdálkodására.

## Mennyit érnek erdeink?

Az a lehetőség, hogy az éghajlatváltozás előre láthatóan meg fogja változtatni érdeinket, többségünkre nyomasztóan hat. Ennek egyik oka bizonyára az, hogy érzelmiileg kötődünk jól ismert, szeretett erdeinkhez. Másrészt azonban az erdők által nyújtott javak és szolgáltatások életünk igen fontos részei. Ezen „ökoszisztéma-szolgáltatások” egy része, például a kitermelt faanyag, a vadászatból befolyó haszon, vagy akár az idegenforgalom bevétele, közvetlenül érzékelhető gazdasági hasznot nyújt, ezért e szolgáltatások fenntartására általában jobban odafigyelünk.

Az erdőknek azonban számos olyan fontos funkciója is van, amely csupán közvetett módon, vagy egyáltalán nem jelenik meg a GDP-ben. Az éghajlatváltozás szempontjából igen fontos szolgáltatás például az erdők CO<sub>2</sub>-megkötő képessége. A magyarországi erdők több mint 370 millió tonna szén raktároznak, ami a hazai éves CO<sub>2</sub>-kibocsátás széntartalmának

23-szorosa. Egy-egy település, kistáj, illetve az egész Kárpát-medence szempontjából a jövőben szintén nagyon jelentős szolgáltatás lehet az erdők közvetlen hűtő hatása, klíma- és vízgazdálkodás-szabályozó, kiegyenlítő szerepe is. E téren az erdők nagyobb hatásúak, mint bármely más természetes (vagy mesterséges) rendszer. Fontos szerepük van továbbá ivóvizeink megtisztításában, a termőtalaj megtartásában, illetve regenerálásában, valamint a mindennapi igé-



**1. ábra. A korrelatív modellek sematikus ábrája. Az elterjedési terület éghajlata (pl. hőmérséklet- és csapadékviszonyok) alapján megállapíthatók egy faj klimatikus igényei. Az éghajlat megváltozásával ez a „burok” (climatic envelope) vándorlásba kezd, ha továbbra is a számára kedvező körülmények között akar élni**

nyeinkkel nehezen összeköthető, mégis alapvetően fontos biodiverzitás megőrzésében. Ráadásul nem tudhatjuk előre, hogy a jövőben mely ökoszisztéma-szolgáltatásra lesz égető szükségünk, mely szolgáltatások fognak forintban kifejezhetően is felértékelődni.

## Az előrejelzés biztos eleme: a bizonytalanság

Fontos kérdés tehát, hogyan reagálnak majd az erdők a változásra. Az éghajlatváltozás növényegyüttesek és egyes növényfajok térbeli vándorlására gyakorolt hatásának előrejelzésére számos módszer létezik, legelterjedtebbek az úgynevezett „korrelatív” statisztikai modellek, melyek a fajok elterjedése és az éghajlati változók között statisztikai kapcsolatot keresnek, majd

ezt a vetítik rá a különböző klímamodellek által előre jelzett éghajlati körülményekre (1. ábra).

E módszereslád népszerűsége egyszerűségének és rugalmasságának köszönhető: viszonylag kevés adat szükséges a bemeneti oldalon, a számítások egyszerűek, az eredmények szemléletesek, a szélesebb közönség számára is könnyen értelmezhetők. Egy másik lehetőség megközelítés az úgynevezett „mechanisztikus” modellek használata, melyek idealizált „műnövények” néhány egyszerű típusának növekedését és életfolyamatait szimulálják számítógépek segítségével a változó éghajlati körülmények között. Ez a módszer jellegénél fogva durvább léptékű (pl. kontinensnyi) vizsgálatokra alkalmas.

Bár e módszerek kétségkívül a jelenlegi tudományos eszköztár élvonalába tartoznak, mint minden modellnek, megvannak a maguk korlátai is. A korlátok ismeretének hiányában fennáll az a veszély, hogy az eredményül kapott látványos térképek a bizonyosság hamis illúziójába ringatják a nem szakavatott érdeklődőt. A továbbiakban ezért röviden áttekinthetjük, hogyan is kerülhet bele e modern eszközökkel készített előrejelzésekbe a bizonytalanság (táblázat).

A bizonytalanság első forrása maga az adat. A bemenő adatok hibáit semmilyen modern számítógépes modellezés vagy szimuláció nem képes eltüntetni. Amennyiben az éghajlati modellek, vagy az ökológiai alapadatok, elterjedési adatok bizonytalanságokkal terheltek (márpedig azzal terheltek), akkor ez a bizonytalanság a kapott eredményekben is megjelenik.

További bizonytalanság forrása, hogy az esetek többségében nem feltétlenül a valódi hatást kifejítő éghajlati paramétereket ismerjük: erre lehet példa, hogy megfelelő térbeli felbontásban az éghajlati változók modellezett átlagértékei ismertek, ugyanakkor (ahogy azt sokszor magunkon is tapasztalhatjuk) az élőlények gyakran érzékenyebbek a szélsőségekre. Mindez különösen akkor okoz problémát, ha az átlag és a szélsőségek viszonya megváltozik, márpedig erre várhatóan számítani kell az éghajlatváltozás következtében.

A modellek többségének alapvető feltételezése az, hogy az éghajlati zónák „vándorlását” az élővilág, a növényzet követni fogja. Ennek teljesülése azon múlik, hogy milyen a fajok migrációs potenciálja, valamint hogy az ember által átalakított tájban a vándorlás valóban bekövetkezhet-e. A fő félelem az, hogy az éghajlatváltozás túl gyorsan zajlik le, amelyet a fajok nem tudnak követni. E jogos aggályt enyhítheti, hogy például a bükk utolsó jégkorszak utáni migrációját vizsgálva megállapították, hogy a faj sokkal gyorsabban vándorolt, mint ahogy azt a magterjesztés alapján készített térképek értelmében jóslták volna. Ha valóban képesek is a fajok a kellően gyors terjedésre, ehhez olyan tájat kell létrehozniunk, amelyben ez a folyamat minél kevesebb akadályba ütközik.

A bizonytalanságot tovább növeli, hogy a legtöbb modell nem foglalkozik a populációk genetikai változatosságával, a fajok lehetséges

**Táblázat. A korrelatív (K) és a mechanisztikus (M) megközelítésen alapuló modellek jelentősebb korlátai és gyengeségei (Czucz 2010 alapján). +: a probléma fennáll**

Potenciális problémák	M	K
Extrapoláció okozta tévedések lehetősége		+
Éghajlati egyensúlyt feltételez, tranziens állapotok modellezésére nem alkalmas		+
Nem a valódi éghajlati hatást kifejítő éghajlati paraméterek ismertek	+	+
Nem képes figyelembe venni a mikro/mezoklimatikus refugiumokat	+	+
Nem képes figyelembe venni a terjedési korlátokat	+	+
Nem képes figyelembe venni az evolúciós adaptációt	+	+
Csak korlátozottan képes figyelembe venni a biotikus kölcsönhatásokat	+	+
Csak korlátozottan képes figyelembe venni az emberi tájhasználatot	+	+
Bonyolult parametrizálás, nagy adatigény	+	
Érzékeny a klimatikus szcenáriók hibáira, bizonytalanságaira	+	+

alkalmazkodásával. E tény elhanyagolása különösen a fafajok esetében lehet gond, amelyek sokkal nagyobb genetikai változatosságúak, mint a növényfajok többsége. A nyírfák esetében például kimutattak „hideg- és melegkedvelő” egyedeket, amelyek az adott hőmérsékleten eltérő sebességgel növekedtek. Ezen egyedek egy populáción belül, egymáshoz közel fordultak elő annak ellenére, hogy ezek a szélporozta fák meglehetősen könnyen keresztetődnek egymással. E változatosság révén várhatóan sokkal rugalmasabban tud a faj reagálni az éghajlatváltozásra.

Az eddig említett általános bizonytalanságok mellett vannak olyan problémák is, melyek az egyes modellek sajátosságaiból fakadnak. A mechanisztikus modellek legnagyobb fogyatékossága, hogy irreálisan nagy adatigénnyel rendelkeznek: megbízható futtatásukhoz számos nagyon kevésbé ismert ökológiai folyamatra kellene részletes ismeretekkel rendelkezniük. A korrelatív megközelítés egyik nagy hibája, hogy a fajok jelenlegi elterjedéséből indul ki, vagyis egyensúlyt feltételez a fajok és környezetük között, ami egészen biztosan nem áll fenn. A niche-konceptió értelmében ugyanis az elterjedés nem csupán a faj tűréshatárának, hanem számos egyéb tényezőnek is a következménye, mint amilyenek például a térbeli akadályok, a fajok között meglévő interakciók vagy az ember hatása. Ez utóbbi különösen jelentős mértékben változtatta meg az elterjedési viszonyokat mára. E modelltípusnál fennáll még egy jelentős probléma: nincs megalapozott lehetőség az extrapolációra, azaz a múltbeli és jelenlegi viselkedés alapján nem lehetünk biztosak abban, hogy mi történik egy élőlényközösséggel, ha olyan éghajlati körülmények közé kerül, amelyek a vizsgált területen eddig még nem fordultak elő. Tekintettel az előttünk álló változások mértékére és jellegére, ez sok esetben gondot jelenthet.

A bizonytalanságot legegyszerűbben úgy lehetne csökkenteni, hogy összehasonlítjuk a modellezett eredményeket a természetben megfigyelhetővel, vagyis „validáljuk” a modellt. Ennek lehetőségei azonban az éghajlatváltozás

hatásai kutatásának minden részterületén nagyon korlátozottak, mivel nem nyílik mód kísérletek végzésére.

A bizonytalanságok tehát maradnak. A klímaváltozásra adott alkalmazkodási válaszoknak ezt a bizonytalanságot alapvetésnek kell kezelniük, másként ahelyett, hogy elkerülnék a környezeti katasztrófákat, még nagyobbakat idézhetünk elő. Mindez azonban nem adhat alapot a felkészülés halogatására. Olyan „reziliens” technikákra, felkészülési lépésekre van szükség, melyek nagy biztonsággal hatékonyak maradnak, vagy legalább nem okoznak károkat, akármit hozzon a jövő.

### Hogyan ne okozunk visszafordíthatatlan károkat – elvek és irányok

Mint láhattuk, nagy szükségünk van erdőkre és az általuk nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatásokra. Ezek szerepe a globális éghajlatváltozás miatt még inkább felértékelődik majd, így megőrzésük a következő évtizedek igen fontos feladata lesz. Azonban a konkrét döntések meghozatalát és a hatékony lépések megtételét számos probléma nehezíti. Mint láhattuk, sok a bizonytalanság az éghajlatváltozás mértékével, jellegével, és különösen az erdőkre gyakorolt hatásaival kapcsolatban. De a legtöbb bizonytalanság az emberi tevékenység és a lehetséges beavatkozások hatékonysága, valamint esetleges mellékhatásai kapcsán merül fel. Márpedig erdeink sorsát a jelenleg döntési pozícióban lévő szakemberek – erdészek, vadászok, természetvédelmi szakemberek – sok kis döntése alakítja. Ha egyszer nem tudjuk biztosan, hogy mit hoz a jövő, akkor bármit is csinálunk, csak „kísérletezünk”. Hogyan lehet egy ilyen ismerethiányos helyzetben előremutató „helyes” döntéseket hozni?

A témával foglalkozó nemzetközi szakirodalomban jelenleg kezd körvonalazódni egy irányzat, amelynek célja a bizonytalan helyzetekben is várhatóan működőképes, robusztus megoldások megtalálása. Ez az úgynevezett ökoszisztéma-elvű adaptáció (ecosystem-based

adaptation), mely a természetes rendszerek működéséből próbálja meg ellesni a titkokat, melyek segítségével azok olyan sokféle környezetben, köztük szélsőséges és kiszámíthatatlanul változó körülmények között is működőképesek tudnak maradni. A következőkben ennek a rendszerszemléletű megközelítésnek a legfontosabb alapelveit vesszük sorra.

1. „*Ne rakj minden tojást egyetlen kosárba*” (diverzitás): Mivel a jövőnk súlyos kockázatokot rejtő, elkerülhetetlen bizonytalanságokkal terhes, így az „egyetlen helyes és üdvözítő” megoldás keresése, erőltetése helyett a különböző alternatív megoldási lehetőségek minél szélesebb portfólióját érdemes alkalmazni.

2. *A természetes folyamatokra épülő megoldások keresése (reziliencia)*: Ez az elv azt mondja ki, hogy amennyiben egy problémát egy ökoszisztéma-szolgáltatás fejlesztésével vagy rehabilitációjával is kezelni lehet, érdemes ezt a megoldást előnyben részesíteni a mesterséges, átalakító jellegű megoldásokkal szemben. A természetes rendszerek megújuló képességén (rezilienciáján) alapuló megoldások jellemzően sokkal kisebb beavatkozási igénnyel és külső energiaráfordítással (azaz lényegesen olcsóbban) fenntarthatók. A nagy természetátalakítással járó megoldások rendszerint komoly erőforrásokat kötnek le, emellett sikerük is kétséges.

3. *A folyamatok követése (adaptív menedzsment)*: nem elég egyszer előállnunk egy „megoldással”, hanem a változások folyamatos követésére van szükség. A különböző alternatív megoldásokat rendszeresen újra kell értékelni, és ha szükséges, ennek fényében módosítani kell a stratégián.

4. *A hatások minél szélesebb körének figyelembevétele (rendszerszemlélet)*: Az erdők sok és sokféle szolgáltatást nyújtanak, és nem tudhatjuk biztosan, hogy a jövőben e szolgáltatások melyike lesz létfontosságú számunkra. A klímaváltozás hatásait várhatóan úgy mérsékelhetjük hatékonyan, ha az erdők pénzben kifejezhető értéke mellett a közvetlen hasznot (pillanatnyilag) kevésbé nyújtó ökoszisztéma-szolgáltatásokra is tekintettel vagyunk.

5. *Elővigyázatosság elve, avagy minimalizáljuk a kockázatokat*: Ez a környezetpolitikában is megtalálható elv azt mondja ki, hogy olyan esetekben, amikor a kockázat mértéke kevésbé jósolható egy újítás kapcsán és fennáll a komoly károkozás lehetősége, akkor a tervezést a lehető legnagyobb kockázatra kell elvégezni. Ilyenkor gyakran érdemes az adott újítást (technológiát, eszközt, idegenhonos fafajt) elkerülni és helyette más keresni.

6. *Megelőzés elve*: A károk utólagos felszámolása, illetve folyamatos enyhítése helyett igyekezni kell azokat előre kiküszöbölni.

## A gyakorlati megvalósítás fő irányai

Cikkünk utolsó részében az imént bemutatott elvek mentén megvizsgálunk néhány konkrét helyzetet, így világosan kirajzolódnak azok a lehetséges lépések, amelyekkel alacsony kockázat mellett segíthetjük erdeink éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását. Ugyanezeket az elveket szem előtt tartva, számba vesszük azt is, hogy mely irányokat érdemes elkerülni, mivel igen komoly, illetve előre fel nem becsülhető kockázatokat rejtene.

Vannak-e erdeink között nagy arányban olyanok, amelyek fő fafajai előreláthatóan még sokáig életképesek lesznek az adott termőhelyen? Úgy véljük, hogy zonális erdőtürsulásaink elterjedésének felső határai közelében igen. Remélhető ez mindegyik klímazonára, tehát a leginkább hegyvidéki jellegű bükkösök, a korábbi erdőművelési prioritások okán bükkös termőhelyeken kialakított, vagy természetesen kialakult kocsánytalan tölgy uralta állományok, illetve a gyertyános-tölgyes zónába nyúló cseres-tölgyesek esetében. Ezek klimatikus és vízgazdálkodási szempontból ma az adott erdőalkotó fafajok realizált niche-ének szélén helyezkednek el. A várható felmelegedés és szárazodás révén azonban később átmenetileg még javulhatnak is a feltételek az adott fafajok számára. A fentiek természetesen igazak az intra- és azonális erdőkre, illetve azok fafajaira is, a saját termőhelyi, és az előbbieknél nehezebben meghúzha-

veljük rezilienciájukat. De hogyan tehetjük ezt meg, ha nem tudjuk pontosan, hogy mihez kell alkalmazkodni? Általánosságban megfigyelhető, hogy minél természetesebb egy közösség, annál nagyobb a külső hatásokkal szembeni ellenálló képessége. Napjaink általános erdőgazdálkodási gyakorlatának következtében erdei ökoszisztémáink többségére jelenleg alacsony fajgazdagság és szerkezeti változatosság jellemző. Ha tehát ellenállóbbá kívánjuk tenni erdeinket az éghajlatváltozással szemben, akkor ehhez állományszinten a lehetőségekhez mérten növelni kell természetes változatosságukat. Ha változatos összetételű és szerkezetű állományokat alakítunk ki, illetve hagyunk kifejlődni – eltérő korú fákkal, a lehetőségeknek megfelelően több lombkoronaszinttel, cserjeszinttel, változatos gyepszinttel, nagy mennyiségű holtfával, ép, szerves anyagban gazdag talajjal –, akkor állományaink nagyobb eséllyel állnak ellen a változó klímának. Egy olyan világban, ahol a szélsőséges időjárási események egyre gyakoribbá válnak, az ilyen állományok kialakítása a fatermő képesség megőrzése révén gazdaságilag is megtérülő lehet. Emellett a beavatkozások gazdagabb életközösségeket is eredményeznek, amelyek megtartják az összes, egyelőre nehezen felbecsülhető értékű szolgáltatásukat. Minderre az erdőszakma a hagyományos erdőgazdálkodás keretei között és újszerű technológiák alkalmazásával már ma is jól felkészült.

A fentiekben túl, táji szinten is szükséges van olyan beavatkozásokra, melyek természetes folyamatok segítségével növelik erdeink alkalmazkodási esélyeit. Ilyen lehet a fajok, élőlények, gének áramlását akadályozó fragmentáció csökkentése, illetve felszámolása, de ide tartozik egyes termőhelyi tényezők (különösen a mesterségesen, gyakran drasztikusan leromlott vízellátás) javítása is.

Vannak olyan erdőállományok is, amelyek nagy eséllyel már kisebb szárazodáshoz, illetve melegedéshez sem tudnak majd alkalmazkodni. Ezekben az esetekben remélhető, hogy a jelenlegi állományalkotó fák szerepét más, a Kárpát-medencében (vagy annak közvetlen környezetében) őshonos, jelenleg alárendeltebb szerepű fafajok vehetik át. Várhatóan nehezen lesznek képesek alkalmazkodni például a középhegységeinkben kialakult zonális övek alsó határain található bükkös, gyertyános-tölgyes és cseres-tölgyes állományok.

Hogyan segíthetjük az ilyen veszélyeztetett állományok átalakulását úgy, hogy közben a lehető legkevesebb kockázattal unokáink jövőjét?

Kézenfekvő megoldás a mesterséges fajcseré: az állomány letermelése után, annak helyére életképesebbnek tartott, tájidegen fafajokat kell ültetni. Ez a megoldás azonban rövid távon bizonyosan költségigényes, valamint számos ökoszisztéma-szolgáltatást is ve-



**2. ábra. Gyertyános-tölgyes klímaöbve ültetett cseres állomány. A klímazónák felső határán elterülő erdők életképessége nem változik jelentősen az előrejelzett klímaváltozási forgatókönyvek esetében. Ezen állományok esetében cél a természetesség növelése (Bölöni János felvétele)**

tó földrajzi kereteik között. Ezen állományok is változni fognak a jelenleg zajló éghajlatváltozás hatására, de feltételezhető, hogy azok fő fafajai még sokáig sikeresen tölthetik be funkciójukat (2. ábra).

Ezen állományokban a tervszerű erdő- és vadgazdálkodás hosszú távú nyeresége és az egyéb ökoszisztéma-szolgáltatások magas színvonalra úgy őrizhető meg sikeresen, ha nö-



**3. ábra.** Változatos fajösszetételű újulat a budai Nagy-Hárs-hegy tölgyesében. Ha teret engedünk az elegyfajok számára, akkor megteremtjük a klímaváltozásra adott biológiai választ – a megfelelő összetételű újulat – kialakulásának esélyét (Gálhidy László felvétele)



**4. ábra.** Változatos szerkezetű állomány a visegrádi erdőszet területén található Erdőanya tömbben. A szálaló szerkezet kialakításával biztosítható a folyamatos erdőborítás (Kelemen Kristóf felvétele)

szélezet. Emellett ez a megoldás pusztán mérnöki szempontból is kockázatos: nem lehetünk teljesen biztosak benne, hogy a kiválasztott fafaj a későbbiekben kialakuló (pontosan még nem is ismert) termőhelyen valóban igazolja várakozásainkat. Erre a mai idegenhonos faállományaink is bőséges példával szolgálnak. Az új fajok bevezetése biológiai szempontból is további kockázatokat hordoz, amint ezt a kiirthatatlan és sok kárt okozó inváziós növény- és állatfajok hosszú sora is bizonyítja.

Mi akkor a megoldás? Az előbb vázolt fafajcserét (amennyiben valóban szükséges) meggyőződésünk szerint némi segítséggel a természet maga is el tudja végezni. Ha például szárazságtűrőbb őshonos fafajokat elegyítünk megfelelő arányban és eloszlásban a veszélyeztetett állományokban, azzal megteremtjük a fokozatos térhódítás lehetőségét a fő fafajok gyengülése esetén. Spontán oda-, illetve állományon belüli gyorsabb szétterjedésre elsősorban a könnyen terjedő, rövidebb életű (ún. r-stratégista) fajok alkalmasak. Az elegyesség biztosítja azt is, hogy ha a klímaváltozással összefüggésben be is következnek károk, azok sokkal mérsékeltebbek lesznek. Természetesen az állományok elegyarányai csak abban az esetben képesek dinamikus alakulni az éghajlat változását követve, amennyiben erre lehetőséget kapnak: vagyis ha a nevelővágások vagy a szálaló erdőművelés során is folyamatosan teret engedünk az elegyfajoknak, sőt akár mások rovására segítjük is őket (3. ábra).

Sokan úgy gondolják, hogy azért nem bízhatjuk a váltást természetes folyamatokra, mivel az éghajlatváltozás túl gyors: a jelenleg fel-növekvő csemetéknek 100 év múlva jelentősen eltérő viszonyok között kell majd helyt állniuk, és ha ez nem sikerül, akkor tömeges fapusztulásra számíthatunk a jövőben. Mi azt gondoljuk, hogy ez a probléma elsősorban a szerkezetileg hiányos, kevés fafajból álló állományokat veszélyezteti, így legjobb kivédési mód a minél teljesebb, heterogén állomány szerkezetet kiala-

kító és fenntartó, folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodás. A folyamatos erdőborítás mindemellett további előnyökkel is jár, mivel jellemzően gazdagabb életközösségnek ad otthont, és az ökoszisztéma-szolgáltatások széles körét is időben jobb folytonossággal, fenntarthatóbban biztosítja (4. ábra).

Végül találunk olyan termőhelyeket is, amelyek adottságaiknál fogva jelenleg is csak alig alkalmasak zárt erdő eltartására. Nagyon valószínű, hogy az éghajlatváltozás hatására ezeken a szélsőséges termőhelyeken a Kárpát-medencében őshonos fafajokból álló zárt állományok a jövőben nem maradnak fenn. Várható, hogy ebbe a kategóriába őshonos fafajú erdeinknek csak kis része kerül a jövőben. Ilyeneket középhegységeink szélsőségesen meleg, délies kitétségű lejtőin találunk, és valószínűleg ide sorolhatók a magasabb térszíneken elterülő síkvidéki tölgyeseink is. Utóbbiak egykor az Alföld jelentős részét borították, de az emberi tevékenység (nagygyűrészt a vízlevezetés) hatására mára csak néhány, kis kiterjedésű állomány maradt fenn.

Mit tegyünk ezekkel az erősen veszélyeztetett erdőkkel? Lehetséges megoldásként felmerül a mi fafajainknál szárazságtűrőbb idegenhonos fafajok kultúrerdeinek betelepítése ezekre a termőhelyekre is. Természetvédelmi szempontból ez egyértelműen előnytelen megoldás, előre nem látható veszélyt jelenthet a Kárpát-medence egész élővilágára. Ezért e termőhelyeken – különösen védett területek esetében – jobb stratégiának tartjuk az erdő fellazulását, idővel eltűnésének elfogadását és a keletkező új élőhely más módon (pl. legeltetéssel) történő hasznosítását.

Erdeink az éghajlatváltozás során biztosan meg fognak változni. Úgy gondoljuk, hogy a ciklikus felvázolt irányokat követve, erdeink nagy része tudatos, felelősségteljes szakmai munkával megőrizhető. Ahogyan erdeink is sokfélék, a problémákra adott válaszaink is azok kell, hogy legyenek. Ahhoz, hogy ez lehetővé

váljon, először is szükség van a célok egyértelmű megfogalmazására. Erdeink megőrzése pedig végső soron a témával foglalkozó szakemberek, döntéshozók gondosságán fog múlni.

KELEMEN KRISTÓF, MAG ZSUZSA, ASZALÓS RÉKA, BENEDEK ZSÓFIA, CZÚCZ BÁLINT, GÁLHIDY LÁSZLÓ, KOVÁCS BENCE, STANDOVÁR TIBOR ÉS TIMÁR GÁBOR

#### IRODALOM

- Czucz 2010. Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola.
- Dormann 2007. Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology*, 8(5), 387-397. doi:10.1016/j.baae.2006.11.001
- Hobbs és mtsai 2009. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 24, 599-605.
- Kannan és James 2009. Effects of climate change on global biodiversity: a review of key literature. *Tropical Ecology*, 50, 31-39.
- Meehl és mtsai 2007. Global climate projections. In: Solomon és mtsai (szerk.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 747-845.
- Sinclair és mtsai 2010. How Useful Are Species Distribution Models for Managing Biodiversity under Future Climates? *Ecology and Society*, 15(1), 8.
- Thompson és mtsai 2009. Forest Resilience, Biodiversity and Climate Change. *CBD Technical Series* No. 43.
- Thuiller és mtsai 2008. Predicting global change impacts on plant species' distributions: Future challenges. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 9, 137-152.

SOLT GYÖRGY

# Miért sötét az éjszakai égbolt?

Mitől volna világos, kérdezné az ókori görög tudomány képviselőjében Ptolemaiosz, aki korának csillagászati ismereteit összefoglaló nagy hatású munkájában egyebek között a mediterrán ég minden szabad szemmel látható csillagát helyük és fényességük megjelölésével katalógusba rendezte. A lista 1022 csillagot tartalmaz, és mivel ezek csak elszórt pontokként világítanak az égbolt fekete hátterén és további csillagok létezése fel sem merült, Ptolemaiosz számára a holdtalan éjszaka sötétsége magától értetődött. Ptolemaiosz, akárcsak a csillagok osztályozásában nagy elődje, a kétszáz évvel korábban élt Hipparkhosz, véges, földközéppontú univerzumot képzelt el: az égitestek a Föld körül naponta megforduló, egymásba ágyazott gömbhéjakon (szférákon) vannak elhelyezve, a pályájukon vándorló Hold, Nap és az akkor ismert öt bolygó szféráit nyolcadikként az 1022 mozdulatlan csillagot hordozó kupola veszi körül, ezen túl már csak a világot mozgató misztikus erők és az eget birodalma terül el (1. ábra).



**1. ábra. A ptolemaioszi égbolt egy középkori változata: középen a Föld az elemekkel (víz, levegő, tűz), körülötte a Hold, Merkúr, Vénusz, Nap és a külső bolygók szférái, a nyolcadik szféra hordozza a csillagokat. (C. Clavius, Commentarius in Sphaeram, 1581)**

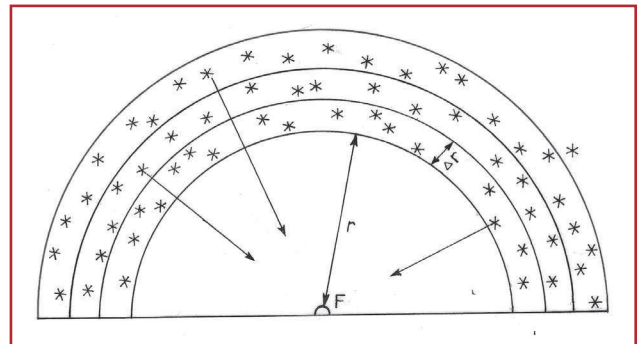
Ezt a világméretet vette át a középkori Európa, ezt tanították az egyetemeken egészen az 1600-as évekig. Igaz, már az antik világban akadtak gondolkodók, mint a természetfilozófában is jártos római költő Lucretius, aki behatárolt világegyetem helyett végtelen kiterjedésű univerzum mellett érvelt. De csak a csillagászat Kopernikusz, Kepler, Galilei nyomán megindult rohamos fejlődése vezetett új, a bővülő ismeretekkel összhangba hozható világmérethez. A távcsövekben csillagok tízezrei, csillagködök váltak láthatóvá, nyilvánvaló lett, hogy létezésünk színtere egy nem sejtett mértékben nagy, feltehetően végtelen kiterjedésű, középpont nélkül való, mindenhol csillagokkal teli világegyetem. Egy ilyen univerzumban azonban a földi éjszaka sötétsége már távolról sem magától értetődő.

## A végtelen univerzum feladja a rejtvényt

Valóban, a távcső felfedezését követő évszázadok során több csillagász gondolkodott el azon, hová tűnik a feltehetően végtelen sok csillag fénye, miért csak a szabad szemmel látható egy-kétezer jól ismert csillag világít a fekete hátterű égbolton. Problémájuk érthetővé válik, ha a kor kozmológiai képének megfelelően abból indulunk ki, hogy az univerzum

1. határtalanul nagy kiterjedésű,
2. benne a csillagok közelítően *egyenletes* sűrűséggel oszlanak el,
3. minden csillag nagyjából olyan fényforrás, mint a Nap, továbbá
4. a világegyetem kortalan, a csillagok is öröktől fogva világítanak.

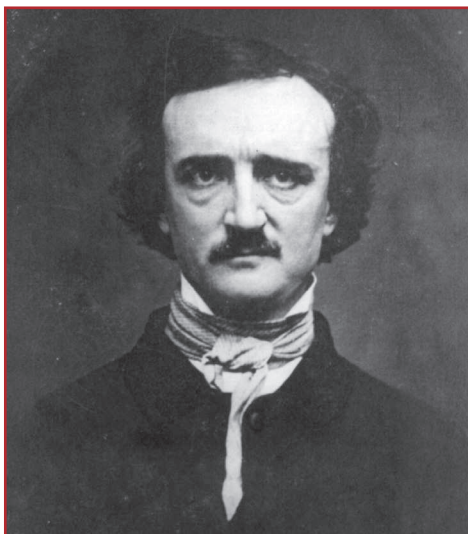
A csillagok ugyan „rövid távon” nem egyenletesen oszlanak el a térben, hanem (ma már tudjuk) halmazokba, galaxisokba tömörülnek, de a galaxisok átlagos méreteinél sokszorta nagyobb térrészekre átlagolva az univerzum anyagának eloszlása mai tudásunk szerint is egyenletes. A csillagokat átlagosan a mi Napunkkal helyettesíteni egyszerűsítés, de nagyságrendi becslésként megfelel, és bár az időtlenül létező univerzum hipotézisét nem támasztotta alá megfigyelés, a kor tudománya nem látott okot arra, hogy ebben kételkedjen. Egy ilyen univerzumban maradva, képzeljünk az  $F$  földi megfigyelő mint középpont fölé egy  $r$  sugarú, és egy kevészel nagyobb,  $r + \Delta r$  sugarú félgömböt (2. ábra).



**2. ábra. A végtelen sok egyforma vastagságú gömbhéj mindegyike ugyanannyi fényt sugároz a földi  $F$  megfigyelőre, mert a távolabbiak éppen annyiszor több csillagot tartalmaznak, ahányszorosan gyengül csillagaik fényárama a nagyobb távolság miatt. Az összegként adódó végtelenül erős éjszakai kivilágítás a kép finomításával ugyan végecssé mérséklődik, de az égbolt az adott feltevések mellett továbbra is vakítóan fényes marad**

Ha  $\Delta r$  sokkal kisebb mint  $r$ ; a két félgömb között lévő  $\Delta r$  vastagságú réteg  $V$  térfogata jó közelítésben  $V \approx 2\pi r^2 \Delta r$ ; tehát az  $r$  távolság *négyzetével* arányos. Az egyenletes eloszlás azt jelenti, hogy egy csillagra átlagosan mindenhol ugyanakkora  $V_0$  térfogat jut, ezért félgömb-rétegünkben  $V/V_0 = 2\pi r^2 \Delta r / V_0$  csillag található, ezek együttes fénye az égbolt fényességéhez (az egységnyi térszögben a Föld felé kibocsátott fényáramhoz) egy meghatározott, mondjuk  $L$  értékkel járul hozzá. Egy ugyanilyen  $\Delta r$  vastagságú, de távolabbi,  $2r$  távolságban lévő félgömb-réteg a távolságtól való négyzetes függés miatt négyszer annyi csillagot tartalmaz, de a fényáram erőssége a fényforrástól mért *távolság négyzetével fordított arányban csökken*, ezért a *négyszer annyi*

csillag fényáramának csak *negyed része* jut el  $F$  távcsövébe. A  $2r$  távolságban lévő csillag-réteg tehát megint csak  $L$ -lel növeli az égbolt fényességét, és ugyanez igaz a  $3r$  vagy bármilyen más távolságban lévő  $\Delta r$  vastagságú félgömb-rétegre is. A határtalan univerzumban a gömbrétegek száma végtelen, ezért akármilyen kicsiny *egyetlen* réteg  $L$  járuléka, a *végtelen sok*  $L$  fényességjárulék összegeként az égboltnak végtelenül fényesnek kellene lennie. Az éjszaka mégis sötét, tehát feltevéseinkben hiba van, vagy valamit figyelmen kívül hagyunk. A problémát elsőként felismerő Kepler az univerzum végtelenségében kételkedett: "ha azok a [Galilei távcsövében újonnan felfedezett] napok is olyanfélék, mint a miénk, együttesen miért nem múlják felül a mi Napunk fényességét?" – tette fel 1610-ben a kérdést, és a választ abban kereste, hogy az univerzumnak valahol határai vannak. A következő két évszázad csillagásza (Halley, de Cheseaux, Olbers) úgy érveltek, hogy még ha az univerzum végtelen is, az 1. ábra gömbhéjának fényjáruléka nem egyforma, hanem a távolsággal fokozatosan csökken, sőt bizonyos távolságon túlról már nem is jut el hozzánk, mert:



**3. ábra. A költő Edgar Allan Poe, aki elsőként fogalmazta meg, hogy az éjszaka sötétségének magyarázatában a fény véges sebességének fontos szerep jut**

a) minél távolabbi egy gömbhéj, annál jobban gyengül a fénye a csillagközi tér részecskéin történő fényelnyelés (abszorpció) miatt;

b) a csillagok nem pontszerűek, messzire nézve tekintetünk előbb-utóbb egy csillag korongjába ütközik. Van tehát egy olyan  $R_c$  távolság, 'befedési-sugár', amelyen már nem látunk túl, mert az  $R_c$ -nél közelebbi nagyszámú csillag teljesen befedi az égboltot, eltakarva a távolabbi fényforrásokat.

Bár a galaxisok és csillaghalmazok *belsejében* a fényelnyelés valóban komoly tényező lehet, a galaxisok *közötti* térben az abszorpció a megfigyelések szerint nem jelentős, problémánk megoldásában nincs szerepe. A második, 'fától-nem-látjuk-az-egész-erdőt' észrevétel már jogos, csak nem megoldás, mert a csillagokkal teljesen befedett éjszakai ég ha nem is végtelenül, de még mindig vakítóan világos volna: a csillag-burkolat annyi Nap fényességével világítana, amennyi elfér az égbolt felületén, ez pedig 92500 Napot jelent. Az  $R_c$  befedési sugár, amely tehát látóhatárunkat geometriai okokból korlátozza, nagyságrendileg könnyen megbecsülhető. Az égbolt sötét foltjainak kitöltéséhez szükséges távolság nyilván annál kisebb, minél nagyobb egy csillag  $F$  keresztmetszete, és annál nagyobb, minél ritkábban áll egy csillag tekintetünk útjába, azaz minél nagyobb  $V_0$  térfogat jut egy csillagra. Könnyű számolással valóban azt kapjuk, hogy  $R_c \geq V_0/F$ . A  $V_0$  térfogat és a Nap keresztmetszete alapján  $R_c \approx 10^{25}$  fényévnek adódik, egy ilyen sugarú félgömbben a csillagok száma  $\approx 10^{69}$ , ami nagyjából  $10^{58}$  Tejútrendszerünkhöz hasonló galaxist jelent. Ezek elképesztően nagy számok, de egy végtelen kiterjedésű univerzumba ez is belefér. Az égbolt sötét háttere viszont azt mutatja, hogy csillagfény valamiért csak egy  $R_c$ -nél sok nagyságrenddel *kisebb* távolságból jut el hozzánk. De mi korlátozza  $R_c$ -nél nagyságrendekkel rövidebbre látóhatárunkat? A Kepler által megfogalmazott probléma, amely később Olbers-paradoxon néven vált ismertté, továbbra is rejtély maradt.

### A költő hozzászól

A megoldásul szolgáló alapgondolat végül is nem csillagász, hanem az első modern science fiction novellák és detektívtörténetek írója, a lírai költő Edgar Poe logikus elméjében született meg. A tudományos haladás iránt szenvedélyesen érdeklődő Poe 1848-

ban *Eureka: egy prózai költemény* című könyvében az univerzumból fejt ki gondolatait, eközben kompetens módon összefoglalja kora természettudományának a csillagok, naprendszerek keletkezéséről és várható sorsáról alkotott elképzeléseit. Poe kitér az égbolt fényességének kérdésére is: "...ha a csillagok száma végtelen volna, az égbolt háttere egyenletesen fénylene ... mivel nem volna egyetlen olyan pont, ahol ne találánk csillagot".

Véges, behatárolt világegyetemet Poe sem tudott elképzelni, ha viszont az univerzum végtelen, akkor „az egyetlen lehetőség annak megértésére, miért találunk távcsöveink megszámlálhatatlanul sok irányban sötét foltot az égbolton, az volna, ha feltételeznénk, hogy a láthatatlan háttér olyan mérhetetlenül messze van, hogy az onnan jövő fény *még*

*nem ért el hozzánk.*” Az éjszakai sötétség magyarázata tehát Poe szerint a fény véges sebességében és abban keresendő, hogy *a csillagok nem öröktől fogva világítanak*, hiszen különben a mégoly távoli 'háttér' csillagainak fénye is ideért volna. Hogy a kor természettudósai mennyire olvasták az Eurekát, nem tudjuk, de a fizikus Kelvin néhány évtizeddel később precíz tudományos érveléssel ugyanezre a következtetésre jutott. Számításai szerint egy csillag energiakészlete legfeljebb 100 millió évig elegendő a fénykibocsátásra, ugyanakkor az égbolt befedéséhez szükséges legtávolabbi csillagok fényének becslése szerint  $3 \cdot 10^{15}$  év volna szükséges ahhoz, hogy ideérjenek. Minthogy ennél a csillagok világító időszaka 30 milliószor rövidebb, *egy időben* csak elenyészően kevés távoli csillag fényét láthatjuk. A világító időszak (a Kelvin korában még ismeretlen nukleáris fűtőanyagoknak köszönhetően) ugyan egy-két nagyságrenddel hosszabb, de a gondolatmenet érvényes marad, a holdtalan éjszaka sötétsége egy olyan világegyetemben is magyarázható volna, amelyben az égitestek egy örök idő 10 óra létező, változatlan (sztatikus) térben a klasszikus, newtoni mechanika szabályai szerint mozognak. Univerzumunk azonban nem sztatikus és nem kortalan. Einstein munkái óta tudjuk, hogy a tér és anyag viselkedését a klasszikus mechanika szabályaitól eltérően az általános relativitáselmélet törvényei szabályozzák, és ez a tény az univerzumból, az égitestek keletkezéséről és mozgásáról, a világűrben terjedő fény viselkedéséről alkotott képünket alapvetően megváltoztatta. Ezt követően a modern kozmológia elméletét az 1920-as években Alexander Friedmann és Georges Lemaître munkái alapozták meg, ennek az univerzum-képnek az alapján kell tehát a csillagos égbolt sötét háttere is magyarázatot találni.

### Fény a táguló térben

Mai tudásunk szerint univerzumunk története a 13,7 milliárd évvel ezelőtti történt ősrobbanással (Big Bang) kezdődött, és mint-hogy a fény ennyi év alatt éppen 13,7 milliárd fényév távolságra tud eljutni, az ennél messzebb kibocsátott fényt még nem láthatjuk. Ez nyilvánvalóan korlátozza látóhatárunkat, de elhamarkodott következtetés volna azt gondolni, hogy ez a 13,7 milliárd fényév éppen ma látható univerzumunk határa, hogy az ezen túl

levő csillagokról semmit sem tudhatunk. A valóság ennél bonyolultabb és egyben sokkal érdekesebb. Világegyetemünk tere az ősrobbanás óta kiterjedőben van, 'tágul', és a táguló térben a fény kibocsátásának pillanatában még  $N$  milliárd fényév távolság a fény utazásának ideje alatt megnövekszik, az út befutásához *több* mint  $N$  milliárd évre van szükség. Egy távcsövünkben megjelenő távoli galaxis tehát fényének kibocsátásakor közelebb kellett legyen, mint 13,7 milliárd fényév, és ugyanez a fényforrás ma már jóval nagyobb távolságban található. A 2010-ben megfigyelt HUDF.YD3 galaxis színeke például elárulja, hogy ma látható fényét 3 milliárd fényév távolságban bocsátotta ki, de a fény érkezéséig mégis 13.1 milliárd év telt el, miközben a galaxis már 30 milliárd fényévnire távolodott. Ebből kitűnik, hogy a tér tágulásával arányosan nő annak a gömbnek az  $R$  sugara, amely valamennyi olyan csillagot, galaxist tartalmaz, amelyekről a HUDF.YD3-hoz hasonlóan fényük révén tudomásunk van (vagy további megfigyelésekkel tudomásunk lehet). Ez az  $R$  sugár a *megfigyelhető univerzum* határa ma, vagy bármely adott időpontban. A növekvő  $R$  azonban még nem biztosítja, hogy a látható galaxisok száma is növekedne vagy akárcsak állandó maradna, mert egy galaxis a látható univerzum határain belül is eltűnhet látóterünkéből. Ez a meglepő tény érthetővé válik, ha figyelembe vesszük, hogy a táguló térben két galaxis egymástól való távolodásának  $v$  sebessége éppen pillanatnyi  $l$  távolságukkal arányos:  $v = H \cdot l$ . Ez Hubble törvénye, a konstans  $H$  neve Hubble-állandó. (Az arányosságot  $v$  és  $l$  között a csillagász Eddington hasonlata teszi szemléletessé: „Olyan ez, mintha a galaxisok egy felfűvődő léggömb felületére lennének felragasztva”). A tér tágulása miatt fellépő 'széthúzó'  $v$  sebesség mellett a galaxisok mechanikai mozgásának sebessége nagy  $l$  esetén elhanyagolható.)

Növekvő távolsággal tehát a távolodás  $v$  sebessége akármilyen nagy lehet, és ha  $l$  nagyobb, mint  $l_H = c/H \approx 14$  milliárd fényév, Hubble törvénye szerint  $v$  felülmúlja a  $c$  fénysebességet is. Ez az  $l_H$  távolság a 'Hubble-sugár', és mivel például a HUDF.YD3 30 milliárd fényév távolsága ennek  $30/14 = 2,1$ -szerese, ezért a galaxis ma *felénk* küldött fotonjai a köztünk lévő tér tágulása miatt pontosan  $v - c = 1,1 \cdot c$  szuper-fénysebességgel *távolodnak* tőlünk! És ez a helyzet nem mai keletű! Az  $l_H$  sugár a korai univerzumban mai értékénél sokszorta kisebb volt, és így a HUDF.YD3 kezdettől fogva a Földtől számított Hubble-sugár *kívül* bocsátotta ki fotonjait. De ha ezeknek a fotonoknak nemcsak ma, de soha nem volt semmi esélyük arra, hogy akárcsak közeledjenek is felénk, miért látjuk mégis őket? És meddig?

### Versenyfutás a Hubble-sugárral

A válasz a táguló tér sajátos dinamikájában rejlik. A Hubble-sugár *kívül* kibocsátott fotonok valóban távolodnak tőlünk, azonban ez a helyzet idővel meg is változhat. A  $H$  állandó ugyanis csak a háromdimenziós térben állandó, az időtől azonban függ,

csökken a tér tágulása során. Ezért a  $H$ -val fordítottan arányos  $l_H$  Hubble-sugár az ősrobbanás óta *növekszik*, növekedésének sebességét a tér tágulásának üteme szabja meg. Az univerzum első néhány milliárd évében a tágulás egyre lassult, ezáltal  $l_H$  növekedése olyan gyors volt, hogy idővel *utolérte* a HUDF.YD3-hez hasonló galaxisok távolodó fotonjait. Az utolért és 'megelőzött',



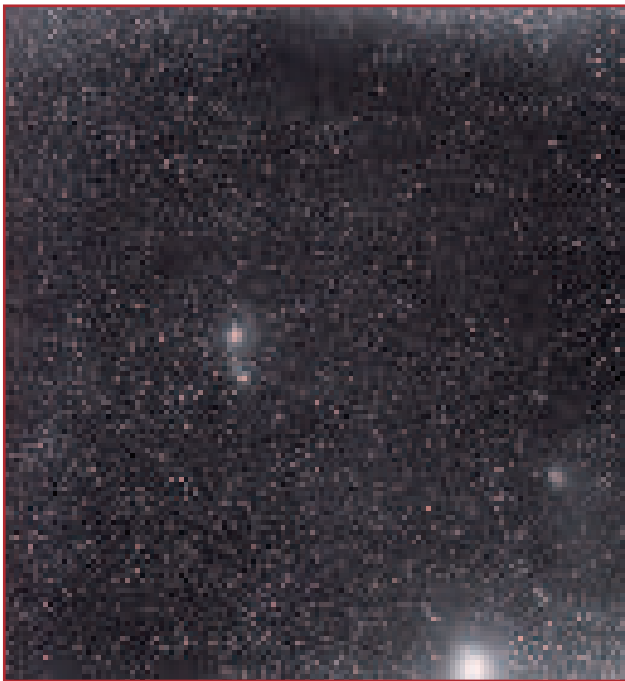
**4. ábra. Einstein és G. Lemaître belga csillagász, a modern kozmológia táguló univerzum-modelljének az orosz A. Friedmann mellett egyik megalkotója. Einstein egyenleteinek időtől függő kozmológiai megoldását keresve Lemaître számításaiban jelent meg először a táguló világegyetemet jellemző sebesség-távolság arányosság, ami az összefüggést pontos mérésekkel igazoló csillagász után Hubble-törvényként ismeretes**

tehát a Földtől mért Hubble-sugár *immár* belülre került fény sugar helyén a 'távolító'  $v$  sebesség már kisebb  $c$ -nél, a fotonok ettől az időtől kezdve már  $c - v > 0$  sebességgel *közelednek* hozzánk. A lassuló tágulás korában kibocsátott fotonok így késve ugyan, de megérkeznek, a kezdettől fogva szuper-fénysebességgel távolodó HUDF.YD3 korai fénye ezért látható, és még sokáig látható is marad. De mégsem örököké, mert a tér tágulásának üteme is változik. Az elmúlt másfél évtized (2011-ben Nobel-díjjal jutalmazott) csillagászati megfigyelései azt mutatják, hogy az utóbbi néhány milliárd évben a tér tágulása gyorsulóvá vált. A Hubble-sugár ugyan azóta is tovább növekszik, de már nem eléggé gyorsan ahhoz, hogy a fénysebességnél gyorsabban távolodó csillagok fotonjait utolérje, ezek az utóbbi néhány milliárd évben már tartósan a Hubble-sugár *kívül* rekedtek. Utolsó, még a Hubble-sugár által utolért fény sugarának érkezése után a HUDF.YD3 és a hozzá hasonló galaxisok későbbi sorsáról már nem lesz tudomásunk.

### A látható univerzum ma és holnap

A kozmológusok számításai szerint a megfigyelhető univerzum táguló sugara ma 46 milliárd fényévre tehető. Ez a szám egyben Kepler problémájának, az Olbers-paradoxonnak is a megoldását jelenti, hiszen egy ilyen horizont-távolság *tizenkét nagyságrenddel* kisebb, mint az  $R_c = 10^{23}$  fényév befedési sugár, amely az égbolt sötét foltjainak kitöltéséhez szükséges csillagmennyiséget tartalmazná. Láttuk, hogy ezek a sötét foltok nem fogynak, hanem egyre növekednek, mert a horizont tágulása ellenére a megfigyelhető galaxisok száma csökkenőben van. Ehhez még hozzá kell vennünk, hogy a még látható távoli galaxisok csillagairól is valójában kevesebb fényenergia jut el hozzánk, mint ezt pusztán a geometriai távolság indokolná, ami a kozmológiai vöröseltolódás következménye.

Ezt a klasszikus fizika Doppler-eltolódásához hasonló jelenséget okozza, hogy a tér tágulásával arányosan a benne terjedő fotonok hullámhossza is 'megnyúlik', a vörös felé tolódik el. Ha a fény sugar terjedésének ideje alatt az univerzum kétszeresére tágul, a fotonok hullámhossza is kétszeresére nő. Minél nagyobb ez a hullámhossz-növekedés (a HUDF.YD3 esetén például 9,6-szeres !), annál kisebb lesz a csillagból ideérkező fényenergia, mivel a fotonok energiája a hullámhosszal fordítottan arányos. A távolodó galaxisok tehát vörösödő fényük mi-



**5. ábra. A Tejút világos csíkja sokmilliárd csillag fényéből tevődik össze. A távcsöves felvétel a Tejút egy részletét mutatja az Orion csillagkép két, szabad szemmel is jól látható csillagának, a  $\gamma$ -Orion (Bellatrix, jobb alsó sarok) és a  $\lambda$ -Orion (középen balra) környezetében**

att is egyre halványabbak, mielőtt végleg eltűnnek távcsöveinkből. (A látható univerzumnak ez a kiürülése természetesen nem földi specialitás, a többi csillagrendszer lakói távcsövéket saját égboltjukra irányítva ugyanezt fogják tapasztalni.) Ilyen körülmények között az éjszakai égbolt legalább a jelenleginek megfelelő kivilágítását egyedül saját galaxisunk, a Tejútrendszer csillagai biztosíthatják. Meg is tehetik (legalábbis ameddig a csillagok energiatartalékaiból telik), mert utódaink szerencséjére ezt a néhány százmilliárd csillagot (amelyekből néhány ezer szabad szemmel is kivehető, míg a többiek fénye a Tejút világos csíkját adja) a tér tágulása nem tudja egymástól elszakítani. Ez a galaxisunkat összetartó gravitációs erőnek köszönhető, amelyek Tejútrendszerünk (és bármely más galaxis) belső dinamikáját meghatározzák, és egyben gondoskodnak arról, hogy a csillaghalmozaton belül a távolságokat a tér tágulása ne változtassa.

Kepler éppen 400 évvel ezelőtt csodálkozott el az éjszaka sötétségén, és ez a mindenki számára érthető 'naív' kérdés négy évszázadon keresztül maradt a tudomány napirendjén. Érthető, miért, hiszen az univerzum szerkezetére, a csillagfejlődés fizikájára vonatkozó alapos tudás nélkül az égbolt sötét háttere érthetetlen 'paradoxon' maradt, a megoldás a megfigyelő csillagászat és az elméleti fizika haladása során csak fokozatosan bontakozott ki. Az általános relativitáselméleten és a műholdas csillagászat adatain alapuló mai kozmológiai világképünk Kepler problémájára is (feltehetően) végleges választ adott, bár nem kizárható, hogy az univerzumra vonatkozó ismereteink jövőbeni bővülésével ez a válasz is további részletekkel gazdagodik. ☾

#### IRODALOM

Csabai I., Purger N., Dobos L., Szalay S., Budavári T., Az univerzum szerkezete, Fizikai Szemle LVII, 2007/12  
E. Harrison, Darkness at Night, Harvard University Press, 1987



**Van Gogh: Provence-i táj**

Nem tudható, hogy ha Vincent van Gogh-ot a sorsa Magyarországra vetette volna, meghihlette volna-e a magyar táj. Németalföldet, vagy a szőlőskertekkel, ciprusokkal tarkított dél-francia tájat jól ismerte, képei mégis sajátos „vangogh-i” karaktert hordoznak: mintha a természethű valóság harmóniái helyett saját belső vívódása gyűrődött volna rá minden egyes képére. A művészettörténet ezt a látásmódot, illetve tájbrázolást önálló stílusnak tekinti, és felruházta az expresszív jelzővel. Jóllehet van Gogh ma már a világ egyik legismertebb festője: képei előtt, akárhol is állítják ki őket, mindig sorok állnak; a legtöbb ember számára a tájkép fogalma mégsem van Gogh-hoz kapcsolódik. Hanem kihez? – kérdezhetnénk, de erre a kérdésre nem adható egyszerű, egyértelmű válasz.

Mindenesetre a magyar táj legsikeresebb megfestői túlnyomórészt magyarok, vagy legalábbis a térséghez kötődők voltak. Legtöbben a XIX. század gyermekei. Jóllehet, már korábban is, és természetesen később is létezett (létezik) hazai tájfestészet. Így hát az iránta megnyilvánuló vonzódás is létezett. Mint ahogyan a valóságos tájak iránti vonzalom (vagy elutasítás) is – gyaníthatóan – már az ősi idők óta meglévő érzés. Amely viszonyulásra mégsem könnyű sem magyarázatot, sem bizonyítékot találni.

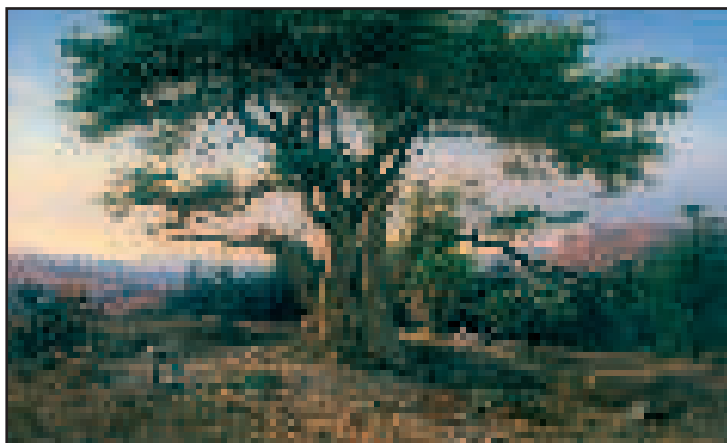
Miért vonzó a táj? Vagy annak festett mása, a tájkép? Avagy miféle érzés az a vonzalom, ami az emberben a táj iránt ébred? E pszichológiai tartalmú kérdésekre régóta keresi az ember a választ. Úgy tűnik, hogy a valós tájak iránti érzelmeink (vonzalom vagy idegenkedés) a bennük való élés-létezés lehetőségét vagy lehetetlenségét sugalló jelzések nyomán alakulnak ki. Ez azonban nem teljesen azonos azzal az érzéssel, amit a tájképek váltanak ki. Részben azért, mert a valós táj mindig háromdimenziós, sőt a negyedik kiterjedés, az idő is tetten érhető benne. Ezzel szemben a festett kép sohasem teljes, mert alkotója szelektáló választásra kényszerül. És éppen e szelektálás miatt válik alkotójától függően egyedivé. Ehhez járul még az ábrázolás módjában (technika és stílus) tapasztalható sokféle különbség is, ami által a kép még kevésbé a valós táj tükröződése, sokkal inkább a szerző lelkületé. Egy képen tehát sohasem a valóságos tájat, hanem annak valamilyen élményét látjuk képben elbeszélve. Ám mind ez azt is jelenti, sőt bizonyítja, hogy szükségünk van a tájélményre, és ha ezt a vágyunkat nem tudjuk kielégíteni, akkor megjelenítő „közve-



SZILI ISTVÁN

# Táj, tájkép és tájvédelem

## Bivalyok a virágos kertben

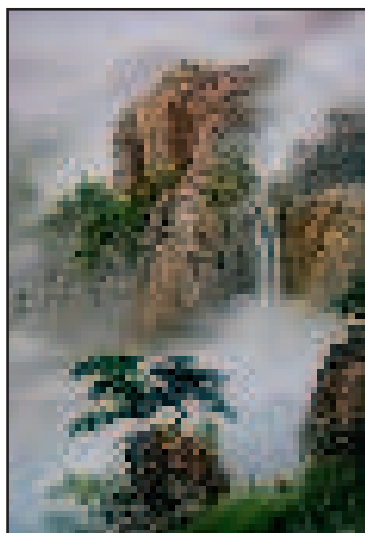


Ligeti Antal: Libanoni cédrus

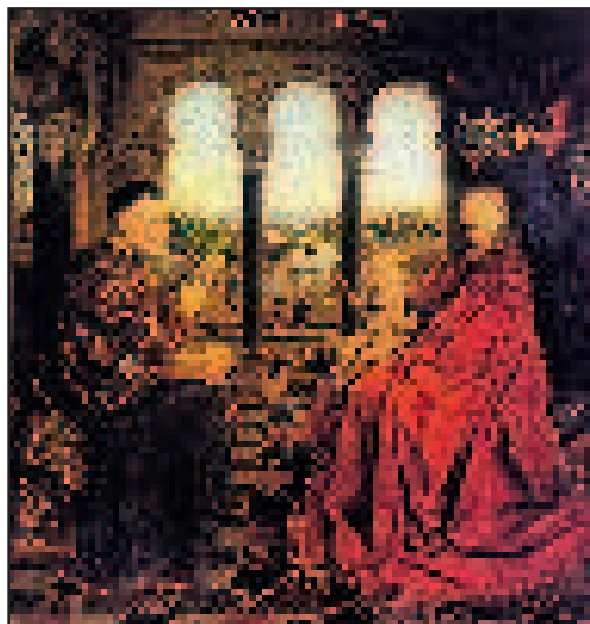
títőt” választunk helyette. (Annak idején a nézőkre megrázó erővel hatott a Bondarcsuk rendezte Solaris c. fantasztikus film egyik jelenete, ahol a távoli úrállomás lakói a számukra merőben idegen, rejtélyes környezetben Breughel-mester németalföldi képeivel[és Bach zenéjével] erősítették magukban a halványuló érzést, hogy hová is tartoznak.)

Noha feltételezzük, hogy a valós tájak iránti vizuális igényünk csakugyan ősi keletű, a tájbrázolásról ez korántsem mondható el. Legkorábbi (ókori) ismert megnyilvánulásai ugyanis kezdetlegesek és szinte kizárólag háttérfunkciójúak. Ezt bizonyítják például a Pompejiben talált falfestmények, amelyek rendszerint (mitológiai, színpadi vagy erotikus) jeleneteket, vagy allegorikus összefüggésű képeket ábrázolnak. A táj néha-néha e jelenetek háttéréül szolgál, ám akkor is csak bizonyos elemei feltüntetése által. Nyilvánvaló, hogy az ókori ember még nap mint nap a fizikai valóságában szembesülhetett a környező tájjal, nem szenvedett hát annak hiányától és nem szorult semmiféle közvetítőre.

Csaknem másfélezer év múlva még mindig hasonló volt a helyzet: a középkori festők (amennyiben egyáltalán ábrázolták) ugyancsak háttérnek tekintették és „használták” a tájat.



Vang Meng: Kínai festmény (1360 körül)



Jan van Eyck: Madonna

Ám mindez csak az európai kultúrkörben érvényes. A civilizáció másik bölcsőjénél, az ősi Kínában már az ókorban megjelent a tájkép, bár az európaiktól merőben különböző felfogásban. Akár annak a tézisnek cáfolataként is, hogy a tájképfestmény megszületése a tájban-élés hiányának a következménye. Valójában a régi kínaiak számára bevallottan és tudatosan, nélkülözhetetlen létfeltételként szolgált a valóságos táj:

**Li Taj-po:** Búcsú (részlet)

Hszünjangnál fut öt patak.  
Felfelé vagy elfelé: mind Vusanba tartanak:  
bérc-vidék, szép vidék!  
Szertehordják szép hírét...

(Nemes Nagy Ágnes)

**Li Taj-po:** Beszélgetés a hegyen

Kérdik, miért élek e zord hegyvidéki földön.  
Mosolygok, hallgatok, szívembe mély öröm jön.  
Mikor hull a virág, mikor a víz rohan,  
nem emberrel kell közösködnöm.

(Illyés Gyula)

A kínai tájkép leginkább egy életérzés filozófiai illusztrációja: a mozdulatlanság és a szüntelen változás két fő letéteményese-ként a hegy és víz adja két elmaradhatatlan elemét. (Nem kevésbé a festményekhez gyakran szorosan hozzá tartozó költeményekben is – tehetnénk hozzá.)

Am létezik másféle meglátás is! Lássuk csak; a XX. század elején az akkor divatba jött freudizmus szellemében Lyka Károly Művészet c. lapjában sajátos, erotikából levezetett indoklásba burkolva így keresték a választ: „Régen ismert tény, hogy a városi kultúra teremti meg a természet utáni vágyakozást. A tájképfestészet csak akkor fejlődhetett ki, mikor már gazdag és nagy városi élet volt... A természethez való visszatérés vágya is túlde-terminált, azaz több egymástól független okra vezethető vissza. Döntő azonban csak egy: a városi étellel járó frusztrán izgalom... Ezer és ezer alkalom korbácsolja fel érzéseinket: az emberek sokasága, a színház, a zene, a festészet, az irodalom és minden látványosság a mindeneket lenyűgöző Erő szolgálatába szegődik, hogy hozzánk közelebb férközzék, és mindeme gyönyörűségek előtt állunk mi Tantalus kínjaival. Ekkor támad fel lelkünkben a vágyaktól való menekülés vágya, mint egyetlen út a fájdalmas érzések elől való szabadulásra... A frusztrán izgalom tehát a megindítója azon folyamatnak, mely az erotika elől való menekülés vágyában áll lényegileg véve; e vágy feszültségi érzései találnak szublimált alakban a tájkép-festészet alkotásaiban feloldást és kielégülést. A nyugalom e vágyából fakadnak az elhagyott kisvárosi utca, a hóborított falu, a homályos erdő képének gyönyörői, mely vágyat ily „ideálisan” azaz a velejáró érzelmek ily tisztaságában, sohasem elégíthet ki maga a valóság.” (Molnár Gyula)<sup>1</sup>

A tájak állapotát, minősítését azonban célravezetőbb tudományos módszerekkel elemezni és jellemezni, noha, mint láttuk – a múltó idő ellenében, de pótcselekvésként is – a művészet eszközeivel is meg lehet örökíteni. A tudományos módszerek azonban jobbára csak a XX. században kezdtek ismertté és egyre fontosabbá válni. Egyik személyes tapasztalatom ezzel kapcsolatban még a hetvenes évek első feléből való. „Változások egy kistáj arculatában” című<sup>2</sup>, főleg antropogén hatásokat detektáló (a hatvanas évek második felére vonatkozó) dolgozatomra sokan értetlenked-

1 [http://www.mke.hu/lyka/muveszet\\_szerzertartalom.htm](http://www.mke.hu/lyka/muveszet_szerzertartalom.htm)

2 1. A „Változások egy kistáj arculatában” közel 40 éve történt megírása óta még jobban átforgálta az ember a szóban forgó vizsgált környezetet. A vasútvonalat felszámolták (nyomvonalán spontán akácfasor kanyargós szalagja díszel, v. nem használják). A szőlőültetvények területe radikálisan összezsugorodott, helyükön legtöbbször gyomtársulások vagy ugyancsak felhagyott, csiricsaré hétvégi házak, illegális személtarakók találhatóak. A régi prэшázak maradványai is eltűntek, a helyükben stílustalan, tájidegen beépítés szörnyűséges példányai pöffeszkednek, újabban már tartós lakhatás céljából is, szinte követelményszerűen nyitvatermőkből álló ligetekkel körülvéve. Betonvillanyoszlopok éktelenkednek az utak mentén szerteszét, még szerencse, hogy a vízvezeték nem látszik. Csatornázásra, a szennyvíz megtisztítására itt sem került sor, mint ahogy a faluban sem, mind a mai napig. Emiatt a talajvíz-kutak elszennyeződtek. A legeltetés több legelőn megszűnt, ezeket elborították a cserjék, özőnővények. A két halastó-medence közül az egyik kisebbre zsugorodott, a másikból vadászati célokat kiszolgáló mocsár lett. A falu körüli erdőben végigsöpört egy tarvágás, a felújulás csenevész telepítvényként szomorodik. Egykori neves hóvirágmezői kis foltokra szakadoztak. A falu, bár lakossága csökkent, kifelé és befelé is terjeszkedik, méghozzá a művelhető terület (kertek) rovására. A kommunális hulladék korábbi (fél-illegális) gyűjtőhelyei közül kettőt felszámoltak, a harmadikon megy a vita és pereskedés. Az egykori híres kenderáztató kiszáradt, mert forrásait elhanyagolták. A régi dűlőutak végleg eltűntek, az újakat silány minőségben szilárd burkolattal látták el. A falu patakját – ki tudja, már hányadszor – újrászabályozták, bár néha már a víz is alig csordogál benne. Az utak menti egykor híres fasorok (hársfasor és vadgesztenyesor) a végüket járják, az elpusztult fákat nem pótolják fiatalokkal. Az elmondottak igazolásához illusztrációként talán ennyi is elég.



Thomas Ender: Vrátna-völgy

ve néztek, csak néhány jövőbelátó, köztük az akadémikus Pécsi Márton dicsérte meg kezdetleges törekvéseimet. Azóta a tájkutatás fontos és sokak által művelt komoly tudománnyá növekedett. Bár időközben eltávolodtam ettől a tudományterületről, érdeklődésem a mai napig megmaradt iránta.

Az egykori, hatvanas évekre vonatkozó vizsgálódás óta csaknem félszáz év telt el. Ekkora idő tájbéli változásait még tudatos odafigyelés nélkül is bárki észrevenné. Számomra ebben a vizuális és funkcionális tapasztalatban nemcsak a szubjektív észlelet eredményei szomorúak, hanem egykori prognózisom, a tájképi degradálódás valóra válása is. Szubjektivitásról beszéllek, a magam meglátásáról, aminek időbeli összehasonlításban még a gyermekkoromban belém vésődött sokféle kép az etalonja. Az a mindig mozgalmas, sokszínű, harmonikusan lüktető táj, ami a paraszti világ összeomlása előtt, utolsó perceit élve akkor még létezett. Méghozzá úgy létezett, hogy egy évezred alatt kevesebbet változott, mint ama említett összeomlás óta eltelt jó fél évszázadban. Csöppet sem vigasztaló, hogy mások, a tájat korábbról nem, vagy nem eléggé ismerők még ilyen elsatnyult állapotában is szépnek, bukolikusnak látják és tartják. Elvégre szép lehet a kitömött páva is, de az élő azért sokkal szebb!

Nem szívesen bocsátkoznék vitába a táj-definíció némely elhivatott kütfőjével, különösen azokkal nem, akik a táj átalakulásában kerek-perec tagadják az emberi közreműködés szerepét, jelentőségét. „A táj anélkül alakul, hogy különösebb befolyást tudnánk gyakorolni rá.”<sup>3</sup> Hát hogyne, hiszen jómagam éppen az ellenkezőjét vallom. Az ember már a történelem előtti, majd a történelmi időszakokban egyre inkább a táj átalakításának aktív részesévé vált, de erre irányuló sokrétű képességei igazán csak az indusztriális korbá érkezve mutatkoztak meg. Az emberi befolyás növekedésével egyenes arányban vagy nagyon is aránytalanul változott, pusztult vagy alakult át a táj, és annak részeként a természeti környezet. Van, aki a pusztulást tagadja, és olyan is, aki elhanyagolhatónak tekinti a természet tájalakító szerepét. Nürnberget, Varsót, Dreždát földig rombolták, ma mégis áll mind-egyik, ha nem is egy az egyben a régi köntösében. Am az Ecsedi-láp, a Kis-Balaton végképp odaveszett, és ne is soroljam tovább, vég nélkül egy táj megismételhetlenségéről szóló példákat.

Vajon miért tapasztalható egyre gyakrabban egyfajta sajnálkozás nélküli észlelő tagadás, ami a pótolhatatlan természeti értékek elvesztéséről hallani sem akar? Számomra rejtély az emberi természetet ilyenfajta elvakulása. Talán annak a gyermekes hitnek anak-

3 Falu város régió – Területfejlesztési és területrendezési szakmai folyóirat; 2006/3 – Keresztes Sándor bevezetője

ronisztikus létezése, túlélése lenne ez, hogy amit tagadunk, az nincs is? Vagy az eredendő büntudat elfojtásának megnyilvánulása? Nem csak a befejezett, visszafordíthatatlan esetekről van most szó. Ez a tagadó magatartás már akkor jelentkezik, amikor a pusztítás még csak tervekben létezik. Bármit is pusztítunk el, az mindig egy adott táj része: megváltozása vagy fizikai hiánya tehát megváltoztatja a tájképet. És nem csak vizuális értelemben: megváltozhat a klíma, a vízhálózat, a domborzat, a tér használhatósága, de még a rá való emlékezés is. Nem vitás, hogy az emberi terjeszkedéssel mindez törvényszerűen együtt jár, de az sem vitás, hogy képesek vagyunk, képesek lehetünk a mérlegelésre. A dolgok teljes körüljárására. Rossz döntésünk felülbírlására. Talán még türelemre is.

Nem példa nélkül álló, de nem is mindennapos Herczegh Ferenc egykori kiállása a Badacsony köfőjtőinek bezárása mellett. Idézett szavai még a múlt század negyvenes éveiből valók, hiszen az ötvenes években (amikor kiáltványa újra aktuálissá vált) a kilencven éves író tetelepítették a Hortobágyra, és behalt a következményeibe. „Mi magyarok ... valami tehetetlen keserűséggel a szívünkben nézzük, ha a magánérdek úgy gázol végig a nemzeten, mint a bivaly a virágos kertben... Van valami, ami szentebb a magántulajdonnál is, és minden szerzett jognál: a nemzeti érdek. Ha nemzeti érdekből meg kell védeni a történelmi műemléket saját birtokosának értelmetlensége, vagy kapzsisága ellen, akkor hogyan szabad eltérni,



A cementgyár éltetője (Malcevszk)

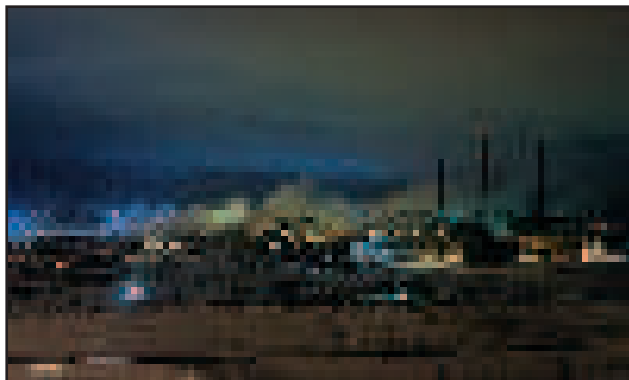
képességeiket, hogy változtassanak rajta. A harmadik csoport a közömböseké: számukra a tájnak nincs igazi jelentősége. Látszólag a második csoportba tartozók, vagyis az aktív tájváltoztatók a veszélyesek. Ám ne feledjük: tájakat nemcsak rombolni, hanem helyreállítani is lehet. Vagyis igazából ez a csoport kettős összetételű és aligha békíthetők ki egymással. Az igazi veszélyt tehát a tájrombolókon kívül a közömbösök tábora rejti, mert ők még az aktív rombolókkal sem szállnak szembe.

Azt, hogy melyik táborban mi a viszonyulás vezérmotívuma, nagyon sokféle dolog befolyásolhatja, ám a lényege egyetlen szóba is belesűrítendő: neveltség. A neveltségen (nem azonos a jól-neveltséggel!), vagyis egy kisközösségben (optimálisan a családban), még fiatal korban elsajátított magatartási állapoton, felfogáson és normarendszeren múlik, hogy életünk során hogyan viszonyulunk a környezetünkhöz. Alaposan dokumentált réges-régi alapigazság ez, mégis mintha nemesfém-csengése devalválódnék mostanában. A XX. század világfelfordulásai mindent összekeverték, feje tetejére állítottak és özönvízeinek zagyos hordalékából nehezen ülepedik ki, válik szét a használható. Herczegh hasonlatához visszatérve, túlon túl sok az elszabadult bivaly.

Herczegh Ferenc felemelt szava egyúttal a legkitűnőbb illusztrációja a ténynek: egészséges, harmonikus létezésünkhöz szükségünk van a tájra. Méghozzá az „egész”-séges, sértetlen, harmonikus tájra. Arra, amelynek világszerte egyre nagyobb hiányát szenvedjük. Ami helyett be kell érünk az elburjánzó antropomorf táji környezettel. És amit – ha már egyszer antropomorf (= emberre szabott) – talán harmonizálni is lehet. Felhasználva a tudomány és művészet felismeréseit, valamelyest vissza lehet „igazítani” egy korábbi természetközeli állapotához. Nem az eredetihez, mert az nyomtalanul megsemmisült.

Tájat rehabilitálni heroikus, sziszifuszi munka. Lerombolni, tönkretenni, megsemmisíteni sokkal egyszerűbb. Mégis, a magunk érdekében is a nehezebb utat kell választanunk.

Idézzük csak lapunk rendszeres cikkíróját, a Brazíliában élő Major István professzort: „...körbetekintve nem látunk ember alkotta építményt, nem halljuk sem autót, sem repülőgép motorjának hangját, nem jelez a mellettünk álló mobiltelefonja, sem a távoli szállodából, kocsmából vagy bisztróból kiszűrődő gépzene. Ez az a hangulat, amelyre tudva vagy tudat alatt valamennyiünknek szüksége lenne ebben a rohanó világban. Legalább néhány percre minden zavaró tényező nélkül érezni azt, hogy a természet részei vagyunk.” (Természet Világa 2012. január – A Gyémánt-hegység) ☒



Fémkombinát a sarkvidéki éjben (Norilszk)

hogy megsemmisítsék az Úristen remekművét, amelynek szépsége közös tulajdona minden magyar embernek.”<sup>4</sup>

Az idők azt bizonyítják, hogy egyre több ilyesfajta hercegferenci kiállításra van szükség. Hiszen manapság furcsa véleményeket (is) hallunk: „...A táj gazdátlan... A tájat senki sem érzi magáénak... A táj spontán módon változik, mert nincs gazdája...” [3] Vagyis a táj senkié. És ami senkié, azzal mindent lehet, mindent szabad...

Úgy tűnik, a tájhoz (hagyjuk most a definíciókat!) az emberek háromféle módon viszonyulnak: egy részük lelkes tájrajongó és főképpen esztétikai értéként gondol rá. A másik csoportba olyanok tartoznak, akik elégedetlenek az adott tájjal, ezért latba vetik

4 A szólásként is ismert szófordulat Herczegh Ferencről való, lapunk egy alkalommal már idézte is Tardy János és Szarvas Imre jóvoltából: A Yellowstone-tól a geoparkokig; Természet Világa 2008. A Föld éve különszám

# Határok nélkül a kultúrában

## Beszélgetés Schiller Róberttel

– Leon Ledermann, Nobel-díjas fizikus „Az isteni a-tom” című könyvében írja, hogy az egyik amerikai egyetemen „Kvantummechanika költőknek” címmel tartott kurzust a diákoknak. Tudjuk, hogy Ledermann rendkívül szellemes, humoros ember, de azt hiszem, ez nem csupán szellemesség. Ebben nyilván benne van az a tapasztalat, hogy a humán érdeklődésű emberekhez másképp lehet és kell közel vinni a természettudományokat. Hosszú pályafutása során biztos voltak Önnek is hasonló tapasztalatai, merthogy az a fajta ismeretterjesztés is gyakorlatilag „költőknek” szól.

– Igen, de érdekes módon a fordítottjába is bele szoktam ütközni, amikor természettudomány szakos hallgatóknak, vegyészeknek beszélök az egyetemen. Próbál az ember picit kitekintgetni a legszűkebb szakmán kívülre, de teljesen értetlen tekintetek fogadják. Persze, költőknek és bálnavadászoknak is szeretné érthetővé tenni az ember azt, amit csinál, vagy csinálnak mások a szakmában. És ez se könnyű, mert mindjárt azt kérdezik, hogy mire jó ez. Nehéz elmagyarázni, hogy a zab etől ugyan nem lesz olcsóbb, de azért mégis jó. Miért jó? Mert érdekes. Fenét érdekes – gondolják –, mert őket nem érdekli. Ezen aztán nagyon nehéz túljutni. De nem könnyebb a másik oldalról sem kitárni a kaput, mert azt sem tudom megmondani, hogy mire jó egy vers.

Mégsem hiszem, hogy az ember nyilván két fej ülne. Egy koponyánk van, s ezzel az eggyel kell gazdálkodnunk, ahogy tudunk. Eléggé új keletű a szellemi munka ma uralkodó rideg kettéválasztása a természeti folyamatok és az emberi jelenségek köre. Newton kora óta van ez így? Newton még irt teológiai traktátust. Később azonban a megtanulni és megérteni valók úgy megszorodtak, hogy valóban a specialisták korának kellett eljőnie. Az egyes, szűkebbnél szűkebb területeken csak a szakember haladhat előre. Akitől azonban lelketlenség volna megvonni azt a lehetőséget, hogy más területeket is ismerjen, és felületesebben bár, de értsen. Hogy – bocsánat a szóért – élvezze a tőle idegenebb vidékeket is. Ez az igény nem abszurd, hiszen ismerünk számos kiváló embert magasan a horizontom fölött, akik mesterei ennek a ke-rekebb szellemi életnek.

– Sokan leírták már, s magam is tapasztaltam, hogy még a legnagyobb tudósok sem

feltétlenül jó előadók, vagy nem tudnak feltétlenül jól írni. Hallottam már azt is, hogy vannak kutatók, akik idegenkedve, vagy legálábbis egyfajta távolságtartással nézik azokat, akik az ismeretterjesztésben is részt vesznek. Talán azért is, mert ez annyira nehéz műfaj, hogy kevesen művelik igazán jól. Lehet, hogy adott esetben nehezebb, mondjuk, a Természet Világának közérthetően megírni egy cikket, mint egy tudományos publikációt.

– Ezt azért szeretném nem hinni. Jó lenne, ha a szakmai munkánkat színvonalasan végeznénk, és minél színvonalasabban, minél többet, annál jobb. De az ember ezt a másikat sem érzi melléktevékenységnek. Ezt is csinálni kell, ami ráadásul szórakoztató is. Természetesen volt a nagy természettudósok között is botrányosan rossz előadó és rossz kommunikátor, például Newton is kudarcot vallott az egyetemi katedrán. Ugyanakkor mindig voltak ragyogó előadók is. Azt hiszem, hogy a két dolog egymástól elég független. Van, aki tud kommunikálni, és van, aki nem. Író is volt olyan, akinek nagyon szép a kézírása, és olyan is, akinek olvashatatlan, de az irodalmi működésüket nem ez határozza meg. Ha valaki jó előadó, az kellemes járulékos adottság, de a tudományos rangja nem ezen múlik.

– A Természet Világa olvasói Öntől mindig olyan témákat, írásokat olvashatnak, amelyek a humán és a természettudományos területek sajátos érintkezései, amelyek valamiféle átjárást tesznek lehetővé a két terület között. Ehhez, persze, hihetetlen felkészültségre, olvasottságra, egyszerűen szólva műveltségre van szükség. Ez a látásmód honnan ered? Valamiféle családi hagyomány, esetleg valamilyen módon az oktatás, a gimnáziumi tanárok hatása, vagy egyik se, egyszerűen csak jött magától.

– Nincsen kellemesebb dolog, mint amikor az embert élve boncolják, legfeljebb kicsit sikoltozik, amikor belevágnak. Nem tudok erre a kérdésre igazán választ adni. Édesanyám muzsikusként volt, apámnak semmi aktív köze nem volt a művészetekhez, de szeretett olvas-

ni, képtárba, hangversenyre járt. Amit humán kultúrának szoktak nevezni, annak az igénye nagyon is jelen volt a családban. Hat éves koromban a Toldit, tizenkét évesen a Tragédiát olvastam apámmal. Anyám Schubert-dalokkal és Erich Kästner regényeivel tanított németül. Ez biztosan meghatározta a gondol-

kodásomat. Aztán igen kiváló középiskolába jártam, ahol nagyon színvonalas volt mind a természettudományos, mind a humán szemlélet...

– Ez a Mintagimnázium volt...

– Ez a Mintagimnázium, köszönöm szépen, hogy ezt is tetszik tudni rólam. Az iskola nagyon fontos volt. Főleg az első, az alakító évek, 10–14 éves korig. Később aztán kicsit más iskola lett belőle, de még mindig igen

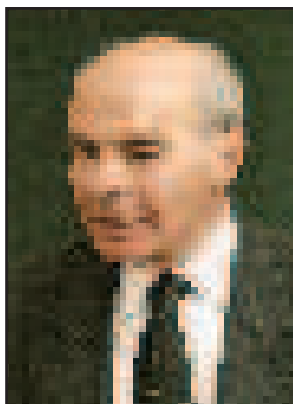
kellemes hely maradt. Valahogy így alakult ki az érdeklődésem. Szomorú, de mivel nincs rá megfelelő magyar szó, csak németül tudom mondani: Bildungsbürger. Ezen nem művelt polgárt értek, hanem olyan embert, aki a műveltsége okán, a műveltsége követésében válik polgárrá. Szeretném, ha ez nemcsak emberi, hanem társadalmi ideál is lenne.

– Ezek szerint a természettudományos inspirációk nem otthonról jöttek?

– Nem, noha volt egy mérmök nagybátyám. Igaz, kiváló kémia tanár volt, mondjuk ki a nevét: Újhelyi Sándor igazgató úr, akitől nagyon sokat kaptunk, de azt hiszem, hogy az érdeklődés már ezt megelőzően, vagy ettől függetlenül alakult ki. Az egzakt megfogalmazások iránti kívánság mindig bennem volt. Nagyon-nagyon gyenge matematikus vagyok, de a matematikailag megfogalmazható állítások mindig erősen vonzottak, és kétbalkeszes matematikus létemre igyekszem azokat a kémiai kijelentéseket, amelyekre ragadtatom magamat, kvantitatív, tehát matematikai formába önteni.

– Mennyi időt tölt olvasással és zenehallgatással? Írásai végén mindig található felhasznált irodalom, olykor több tucat mű is...

– Fogalmam sincs. Egy időben divat volt a „munkaidő-fényképezés”. Ki kellett tenni



egy füzetet az asztalra, és bekönyvelni, hogy most tíz percig gondolkodtam, másfél órát olvastam, két órát udvaroltam a titkárnőnek. Nem fényképezem magamat. Amit ez esetben a javamra tudhatok írni az: büszke múlt időben mondhatom –, hogy a memóriám tűrhető volt, ezért a régebben, a nagyon régen olvasottakra elég jól emlékszem. Azoknak a könyveknek egy részét, amelyekről a cikkeken szó van, már régen fogtam a kezembe, aztán vagy megnéztem őket újra, vagy csak az emlékezetemre hagyatkoztam. Azért, ha tehetem, igyekszem újra belelapozni a dolgokba, de hogy ez mennyi időbe telik? Ha most azt kérdezném tőlem, hogy mikor min gondolkodom, azt se tudnám megválaszolni. Nem vagyok rendszerető ember, se a napomat, se a gondolkodásomat nem tartom szigorú rendben.

– *Visszatérve a Bildungsbürgerhez, tőle tényleg elvárható lenne, hogy tisztában legyen az aktuális természettudományos világkép alapjaival is, ugyanakkor legyen humán műveltsége is. Csakhogy a kettőt egyazon színvonalon művelni borzasztóan nehéz. Úgy vettem észre, hogy akik közelítenek ehhez az ideálhoz, azok általában alapvetően természettudományos emberek. Mert elképzelhető, hogy egy matematikusnak könnyebb Homérosszal megismerkedni, megbarátkozni, mint egy irodalomtudósnak a Higgs-bozon természetrajzával.*

– Igen. Pár évvel ezelőtt beszélgettem egy nagyon kiváló, igen művelt nyelvész, költő ismerőssel, aki azt mondta, könnyű nektek, ti leültök az asztalhoz, olvastok, írtok, de én nem mehetek be egy laborba, hogy ott lemérjek valamit. Ez igaz is, meg nem is. Ha valaki egy tájképet akar festeni, annak az olajfestés technikáját néhány év kemény, keserves munkájával kell elsajátítania. De, ha a tájkép elkészül, azt én már kisebb munka árán nézhetem meg. A természettudós is sok év kemény, keserves munkája árán jut eredményre. De a kívülálló könnyebben érthet el a megértés örömeig. A dudásnak kell a pokolra menni, a hallgatója olcsóbban élvezheti a muzsikát.

– *Nem egészen erre gondoltam...*

– ...hanem, hogy lehet olvasgatni? Olvasgatni lehet, persze, ezt el is várjuk egymástól. Egyébként ezért is érzem teljesen hamisnak a két kultúra dichotómiát. Nem azért, mert meggyőződésem szerint nincs két kultúra, csak egy, hanem, mert mint mondtam, csak egy fejet hordunk a nyakunkon...

– *...de két agyféltekénk van...*

– ...két agyféltekénk van, ez igaz, de szerencsére nem az érdeklődésünk mentén megszotva. Tehát a két kultúra dichotómiát azért is hamisnak tartom, mert ez a két dolog nem összemérhető. Nem csak azért nem, amit mondani szoktak, hogy a természettudományos kutatás additív, a művészi alkotás pedig nem. Az új tudományos eredmény hozzáadódik a korábbiakhoz, azokat továbbfej-

leszti. Egy újabb zenemű, egy újabb vers az elődöké mellett, azokkal együtt jelenik meg. Babisz mondta – de aztán rögtön kijavította magát –, hogy a költészetnek nincs úgy fejlődése, mint az írógépnek. Pontosabban szólva, – mondta következő mondatban, csak úgy van: technikai értelemben. Egy kortárs költő verstechnikája más, mint Sapphóé. De versüket mindketten ugyanazért írták, mi pedig ugyanazért olvassuk. Azonban a két terület főképp azért összemérhető, mert gondolkodásunknak, érzelmeinknek nagyon eltérő vidékeihez szólnak. A görögök tudták, hogy a léleknek van egy mérték szerinti, és egy azt nem ismerő része. A művészetek ezt a másodikat szólítják meg.

– *Hogyan látja ma a kultúra, a kultúráltáság helyzetét, különös tekintettel a fiatalokra? Mert hiszen találkozik fiatalokkal, a legfogékonyabb korban levőkkel. A korszellem hogyan viszonyul ehhez az igényhez, ehhez az elváráshoz, amelyről az előbb beszéltünk?*

– Az öregebb ilyenkor természetesen azt mondja, hogy más volt, bizony más, az ő fiatal korában. Ha azokat a standardokat használnom, amelyek ötven vagy hatvan évvel ezelőtt divatban voltak, akkor azt mondom, hogy a helyzet siralmas, kétségbeejtő, s bele kell ugrani a tengerbe. De egyáltalán nem biztos, hogy standardjaim, és azok a hatvan évvel ezelőttiek ma is jók. Hogy művelődésen, műveltségen manapság egészen mást ért az unokám, mint én, az nyilvánvaló. És nagyon nagy baj is lenne, ha ugyanazt értené. Az olvasás becse tényleg háttérbe szorult, de a Gutenberg-galaxis haláláról beszélni, ahogyan az divat néhány évtizede, csak azért, mert a betűket nem olomba öntjük, hanem egy képernyőn jelenítjük meg, azt erősen túlzottnak érzem. Nem a Gutenberg-galaxis az, amin múlik a kultúra, hanem a Kadmosz-galaxis: a betű, az írás. Itt pedig, legalábbis mennyiség dolgában, nincsen baj. Soha ennyi betűt le nem írtak, soha ennyi betűt el nem olvastak, mint manapság.

– *Nem gondolja, hogy az E-book mint olyan, kicsit segíthet az olvasás népszerűbbé válásában, végső soron esetleg a műveltség válásában? A technika ugyanis csábító, az a kis eszköz, ami a kezében van, hallatlan lehetőségeket ad, akár ötezer könyvet rá tudok tenni....*

– Én ebben rendkívül optimista vagyok. Nem a technika a kérdés, hanem az, hogy mit olvasnak. Ha abban az E-bookban jó áll, akkor jó, ha rossz áll, akkor rossz. Az én ideálképemben persze úgy néz ki az olvasó ember, hogy ül a könyvtár hűvösén, és ódon fóliánsokat lapozgat. Ma meg... ó, de elkorcsosult a világ! Épp annyira, mint amikor a középkor elején észrevették, hogy az emberek nem egy tekercset hajtogatnak ki, mint a régi szép időkben, mint hanem mint egy kódex lapjait forgatják.

– *Megkérdezhetem, hogy tegnap mit olvasott?*

– Egy nagyon-nagyon művelt olvasó, Benedek Marcell írta élete végén magáról, hogy világirodalmár, tehát egész életében iszonyatos mulasztásokat kell pótolnia. Én nem vagyok se világ, se irodalmár, a pótlásról már régen letettem, de régi adósságom volt Mario Vargas Llosanak egyik regénye; évtizedek óta ott van a polcomon, de most vettem le először. A regényolvasás igazi, közvetlen örömet érzem.

– *Mekkora a könyvtára? Számon tartja darab vagy netán folyóméter szerint?*

– Fogalmam sincs. Több, mint amit a feleségemmel le szeretünk porolni.

– *Van olyan szelete a közéletnek, ami különösen foglalkoztatja?*

– Természetesen nagyon érdekel, hogy a kultúra hozzám közelebbi és tőlem távolabbi vidékein mi történik. Az egyetemek finanszírozása, fejlesztésük, átalakításuk közvetlenül is érint. Részben, mert tanítok, részben mert a gyerekeim munkája, unokáim tanulmányai nagyon közelívé teszik e kérdéseket. Persze nagyon fontos nekem az is, hogy kenyéradó gazdám, az Akadémia milyen szerepet vállal a kutatásban, a kultúrában. Meg, hogy hogyan tud megélni.

– *Ha már oktatás, meg egyetemek... Az utóbbi időben olyan elretentő statisztikákról lehetett hallani, hogy kémia tanárnak, fizika tanárnak mindössze egy-két hallgató jelentkezett.*

– Ez egészen kétségbeejtő. Jól tudjuk, ez nem azért van így, mert senki sem akar fizikát tanítani. De bevezették a kétszintű bolognai rendszert, ami azt jelenti, hogy a fiatal ember három évet tanul, majd kap egy diplomát, amivel semmit nem tud kezdeni. A tanári pályán biztosan nem. Remélem, hogy valamilyen megoldás csak lesz, mert hiszen vegyész- és fizikushallgatók léteznek. Belőlük is lehetne tanárokat képezni. Remélem, hogy lesz egy kiskapu, mert különben tényleg becsukhatjuk a boltot. Amint hallom, a kétszintes képzést éppen a tanári szakokon akarják megszüntetni, mert világos már, hogy a dolog így nem működik. Egyébként nem vagyok meggyőződve arról, hogy pedagógiatörténetet is tudni kell ahhoz, hogy valaki megtanítsa az egyeses vonalú egyenletes mozgást. Az tehát, hogy mérnökök, fizikusok, vagy vegyészek fognak középiskolában tanítani anélkül, hogy lenne tanári oklevelük is, talán még nem a világvége. De ha nem fognak a középiskolákban színvonalasan természettudományokat tanítani, az viszont a világvége.

– *Minden nap bejár az Intézetbe?*

– Igen. Pár hónapja hivatalosan kutató professor emeritus vagyok. Nagyon kedves dolog, tessék megnézni a latin szótárban, hogy mit jelent az emeritus: kivénhedt. Nem kell felcíomázni.

Az interjút készítette:  
LUKÁCSI BÉLA

SCHILLER RÓBERT

# Az inga és a vers

...tévednek azok, akik szerint a matematikai tudományok semmit sem mondanak a szépről vagy a jóról.  
Arisztotelész

Ady Endre középiskolás korában eminens tanuló volt. Első eminens. Valahogy nem illik ez bele abba a képbe, amit a nagyívó, mulatozó, nőfaló költőről szokás alkotni. Nem csak mi, a késői utókor gondolkozunk így. Az öreg lapszerkesztő, Vészi József felesége is dühösen tiltakozott már „ennek a részeges Petőfinék” a látogatásai ellen. Persze eminens bizonyítvány és buzgó udvarlás ugyanarról a töről fakadt: „... az elsőséggel volt valamikor nagyon sok asszonyos bajom: templomba, iskolába, hímébe, női szüzességbe elsőnek akartam bejutni.” Ezt írta magáról, és hozzáfűzte, egyedül az iskola nem vitatta el tőle „asszonylelkem örök, beteg, vágyva vágyott örömét, az elsőséget”.

Bajok azért itt is akadhattak. „S később, legényedő diákkoromban egy természettani órán az ingatörvényt, ha meghalok is, igazolni, levezetni nem tudtam. Nem apró eset ez, amikor az első eminens ilyen kudarc éri. [...] Olyan valaki voltam már, aki tudta, hogy az ingatörvény fölségesebb, nagyobb minden nemzeti és eposzi incidensnél.” Nocsak! A természettudományoknak költő ritkán hódolt szebben. És éppen ő, vad szerelmek, kínzó nemzeti és társadalmi gondok és harcok váratlanul megszólaltatója. A századforduló (az előző) természettudományos világgépét ilyen erővel és súllyal tanították a zilahi gimnáziumban? Vagy a nagy ember önmagától is felismerte, hogy egy mozgásegyenlet fontos része az örök dolgoknak?

Akárhogyan is, Adyt megviselte az iskolai kudarc. Vigasztal, mihez egyébe, verses kötetekhez fordult. „S akkor este verseket olvastam, elolvastam a Lévy Mikes-versét, és sírtam, sírtam...” Versek, persze. De épp ez a vers? Lévy József költői hírneve abban az időben már némileg megfogyatkozott (nagyon nagy talán korábban se volt), legalábbis Ady maga egy másik cikkében némi szánakozó jóindulattal emlékszik meg az akkor még élő költőről. Dehogyan lehetett ő Petőfi barátja – kortársa, ismerőse volt ő csak.

Lévynek ez a vers jöszörint az egyetlen, amelyik fennmaradt a mai olvasói köztudatban. Természettörvényről, szabatos megfigyelésekről nincsen benne szó. Annál több a társait, fejedelmét túlélő, elárvult száműzött bánatáról. Így kezdődik:

*Egyedül hallgatom tenger mormolását,  
Tenger habja felett futó szél zúgását,  
Egyedül, egyedül*

*A bujdosók közül  
Nagy Törökországban;  
Hacsak itt nem lebeg sírjában nyugovó  
Rákóczi nagy lelke, az eget csapkodó  
Tenger haragjában.*

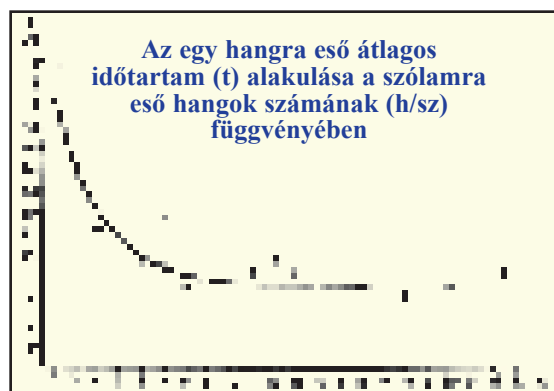
Mind a hat versszaknak ez a formája, a hangsúlyos soroknak ilyen marad a tagolása mindvégig, így rövidülnek majd nyúlnak meg újra végig a versen. A mondat értelme is, a rímek elhelyezése is nagyobb egységekbe fogja a sorokat. Az első két sor kapcsolódik egybe, aztán a második két sor, végül az ötödik magánosan áll. A ritmus lüktetésével kifejezve: az első egység nyolc, a második négy, a harmadik két ütem hosszú.

Az ütemek száma feleződik, azt várnánk tehát, hogy a fennhangon elmondott-elszavalt verssorok kiejtésének az időtartama is így csökken. De hát – nem így mondunk verset. Szüneteket tartunk, egyes részeket gyorsabban, másokat lassabban ejtünk, ahogy tartalom és vers-zene együttesen kívánják. Fónagy Iván írja: „A szünet a szavaltban a megszólaltatott csönd, a beszédes csönd.” Az ejtés sebessége is változik. Fónagy mérésekkel demonstrálta, hogyan ingadozik a szünetek időtartama és a szólamnak nevezett egységek kiejtésének ideje. A szólam, az ő szóhasználatában, a hanglejtés és mondatnyomaték kijelölte egység. Kiváló szavalkó előadta nagy verseken mérte meg a szünetek és szólamok időtartamát. Művészi előadásban kvantitatív törvényszerűségeket fellelni persze bajos, tendenciákat azonban határozottan fel tudott ismerni. „Ami szembeszökő: a szólamok időtartama erősen eltérő, kiegyenlítődéssről nem beszélhetünk. [...] Az is bizonyos azonban, hogy a legrövidebb szólamok viszonylagos időtartama megnövekszik (azaz: a beszédtempó csökken).”

Egy grafikont is szerkesztett, amelyről leolvasható, hogyan lassul a beszéd, ha rövidül a szólam – ha kevés hang jut egy szólamra, azokat lassan ejtjük. Idemácsolom a görbét. Az összefüggés szembeötlően nem-lineáris; hosszú szólamok esetére természetesen aszimptotikus, hiszen végtelen gyorsan senki nem szaval. A rövidebb szólamok tartománya azonban mintha elfogadható módon követne egy kvadratikusszerű függvényt.

Éppen Mikes versét Fónagy nem mérte meg, nekem pedig ehhez se eszközeim, se

művészeim nincsenek. Különben sem várható el egy verstől és előadójától, hogy valamilyen analitikus szigorral leírható törvényt állítson elénk. Szükségünk sincsen rá, hiszen a versolvasó Ady Endre megírta nekünk, merre kereskedjünk. Az inga lengésideje és a fonál hossza: hosszabb fonálhoz hosszabb lengéside tartozik. De



tanultuk, az összefüggés nem lineáris, hanem kvadratikusszerű – negyedrészes hosszhoz feleakkora lengéside tartozik. A szavalt vers esete is ilyen (körülbelül) – negyedrészes hosszú szólamot feleakkora idő alatt mondunk ki.

Ady Endre fejében az ingatörvény csak messziről csenghetett vissza, hiszen épp arról van szó, nem tudta levezetni. De visszaemlékezhetett az órán bemutatott kísérletre, amikor a rövidebb ingák ugyan gyorsabban lengtek, de nem annyival gyorsabban, mint azt a hosszúság mérése alapján az avatatlan szemlélő várta volna. Ahhoz hasonlóan, ahogyan a vers rövidebb szólamait az olvasó még magában is rövidebb idő alatt, de nem annyival rövidebb idő alatt, mint azt az ütemek naiv számlálása alapján a botfüllő olvasó várná.

Az inga „fölséges” törvénye fölött búslik a fiatal versolvasó felismerte a törvényt a vers zenéjében? Nincs efelől kit megkérdezni. És azzal az emberrel se mernék vitába szállni, aki azt mondja, a zágoni harangok konganak a Lévy versében. ☞

## IRODALOM

Ady Endre: Életem nyitott könyv (szerk. Kovalovszky Miklós), Gondolat, Budapest, 1977  
Fónagy Iván: A költői nyelv hangtanából, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989



KÉRI ANDRÁS

# Uruguay elfeledett népe

## Az első lovas indiánok, a csarrúák

**E**gy rövid uruguayi kitérő elég ahhoz, hogy a Latin-Amerika iránt fogékony utazó eredeti terveit megváltoztassa. Ehhez pedig egyetlen montevidói séta már eléggnek is bizonyult. Persze, nem a Kossuth utca látványa – meg a fővárosban élő 26 fős Kossuth-családról szóló hír – lepette meg, mert erről minden felkészült magyar utazó értesülhet, hanem először a Pradón látható, 1938-ban emelt nemzeti emlékmű ejtett gondolkodóba, melyet az utolsó *charrúa* (csarrúa) indiánok négy törzsfőnökének – Vaimaca Perúnak, Laureano Tacuabénak, Senaquénak és Micaela Guyunusának – emeltek. Ugyanis Uruguay „fehér köztársaság”. A hódítók a bennszült-kérdést egyszerűen és hidegvérrel oldották meg: kiirtották őket, így lett az ország a XX. századra a dél-amerikai szubkontinens egyetlen „indiánmentes övezete”. Másodszor pedig az emlékműtől alig száz méterre kifeszített óriásplakát, melyen a „Garras Charrúa” (Hajrá Charrúa) Chile elleni focimeccsét hirdették, azaz a nemzeti válogatott (Los Charrúas) – és a stadion is – a régmúlt indiánjainak nevét viseli. (Sőt, ahogy egy lelkes szurkoló mesélte, a

brazíliai Pôrto Alegreben egy rögbicsapatot is így neveznek.) Ezek után már nem volt min meglepődni, hogy lépten-nyomon az ismeretlen nép nevével találkozunk, legyen az szálloda, étterem, kocsmá, ajándékbolt vagy bármi. Harmadszor pedig az, hogy a csarrúák voltak a kontinens első indián lovas népe, jóval megelőzve az észak-amerikai prérik jól ismert bennszültöiteit, és ezzel ők voltak a gaucsó-elődök.

Uruguay lakosainak fele európaiak leszármazottja, miért ne lehetnének köztük Kossuth Lajos testvérének utódai is? A történet zűrzavaros és még kibogozásra vár, mert a nagy forradalmár rokonai számai elég rejtélyesek. A fáma szerint testvére, Kossuth Tamás családja menekült ide, és az ő leszármazottjai élnek itt. Csakhogy Tamás nevű testvérről nem tudunk, s itt a család őt tartja Kossuth Lajos fiának. Jelenlegi ismereteink szerint három fia utódok nélkül halt meg, ha hihetünk a történészeknek. Közülük pedig egyiket sem hívták Tamásnak. Csak egy biztos, a család hazánkhoz való kötődése.

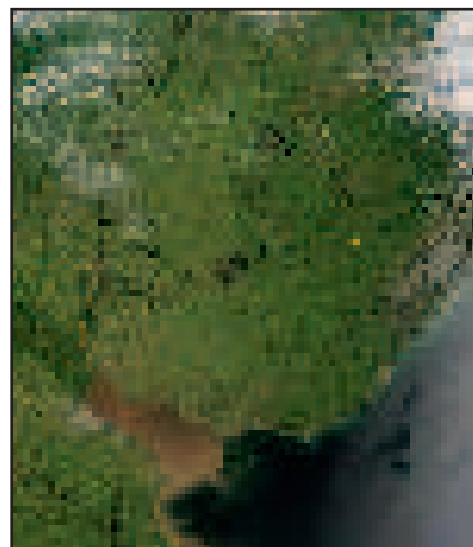
Dél-amerikai méretekhez viszonyítva e parányi ország (176 220 km<sup>2</sup>, 3,8 millió

lakos) nagy része lösszel borított síkság. Legmagasabb pontja az 513 m magas Cerro Catedral, a Cuchilla Grande csúcsa. (A *cuchilla* nevet viseli az országban átvonuló 200–500 m közötti dombvidék.) Az Argentínától keletre fekvő terület a Banda Oriental (Keleti Övezet, ma Uruguay) nevet kapta. Az ország területén számtalan, többnyire pampai eredetű nép, népcsoport, törzs megfordult, de még a legismertebb csarrúákról is igen szerények az ismereteink. Az első emberi jelenlétre utaló nyomok kb. 12 ezer évesek. Az első ismert, a Catalán Chico-folyó partján felfedezett kömeggmunkáló kultúrát, a gyűjtögető-vadászó életmódot folytató *catalanenset* (i. e. 7000) 1955-ben fedezték fel. Az első kezdetleges földművelők, a *cuareimense* kultúra emberei a Cuareim-folyó partján telepedtek le i. e. 5000 körül. Mivel az itt élt indián törzseknek nem volt írásuk és komolyabb nyomot hagyó civilizációjuk, Mexikó, Közép-Amerika és az Andok vidékeinek fejlett kultúráit meg sem közelítették. Híreink róluk csak európai közvetítéssel vannak. A felfedezők érkeztek a Paráná-folyó északi partján éltek a csarrúák és a *chaná-be-*

Uruguayi őslakos golyóslásszóval egy XVII. század eleji ábrázoláson



Uruguay domborzati képe az úrból

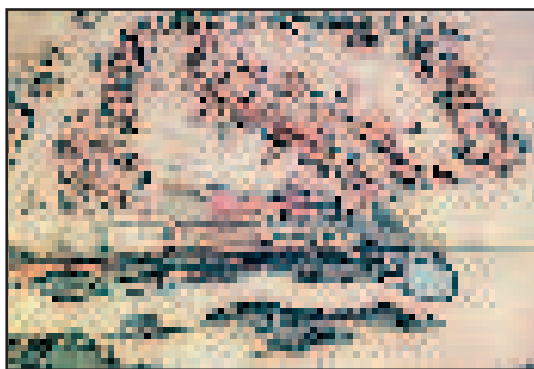


guák (csaná-beguá), mindkettő kenus, halászó-vadászó nép. Szomszédjaik a guaraní népcsoporthoz tartozó *carijók* vagy *cariók* voltak, akik a braziliai Santa Catarina szigettől a Río de La Plata közeléig éltek. A Paran  szigetein is guaranik telepedtek le, akik csak a spanyolok hatására hagytak fel később a rituális kannibalizmussal. Juan Diaz de Solisszal, Uruguay „felfedező-jével”, a portugál származású tengerész – és expedíciós csapatának nagy részével – is így végeztek 1516-ban, amikor a La Plata torkolatának felfedezésekor, Martín Garc  szigeténél elfogták őket. Az indiánok mindenitt ellenálltak. Az első európai, aki behatolt a La Plata torkolatába, a veleneci származású kozmográfus és felfedező, Sebastián Caboto volt, aki 1527-ben felépítette a térség első erd j t a Paran -folyón, a Caracara -folyó torkolatánál. A mindössze két évig álló Sancti S iritus a csan -timb k rombolták le. Pedro de Mendoza 1535-ben vezetett expedíciót a La Plata vidékére és   alapította Buenos Airst is, ahol két évvel később elhal ozott a csarrúák, a querand k, a csan -timb k és a guaranik közös ostromakor.

Az európaiak megjelenésekor kb. 50 ezer indián lakhatott a mai Uruguay területén, z m k pampai eredetű rokon népek volt, akárcsak a csarrúák, akiknek sz m t J. Steward (1949) 6000 főre becs lta. Az indiánok nyilai sokáig megh s s tott k, hogy a spanyolok települést alapítsanak Uruguay területén. A számtalan törzs a folyók mentén telepedett le. A *chan -timb k* a La Plata túlsó, argentin partján  ltek, akárcsak a *querand k*, a csarr  k hoz hasonló kultúrájú nép, akiket – számos szerző szerint – később pampai indiánoknak hívtak. Persze azt is nehéz elképzelni, hogy ezek a rokon, vándorló életmódot folytató t rzsok időnként nem keltek volna  t az országokat elválasztó folyókon. A többnyire közös, pampai eredet, közös sors, szoros rokonsági kapcsolat, azonos kulturális szint, hasonló életmód, valamint az állandó keveredés és összefogás a gyarmatosítók ellen nem teszi lehetővé csupán egyetlen törzs történetének kiemelését. A számtalan  tfed sr l már nem is beszélve, ezért a történelem ismert eseményeinek sorát követve kap kiemelt szerepet Uruguay legismertebb népe.

A *csan k* (vagy csana k) a csarr  khoz közeli rokon nép. 1520-ban Magellán expedíciója említette őket először. A Paran /Uruguay-folyó partvidékén  ltek, s nev k déltől  szak felé változott. Mire az első európaiak megérkeztek, a guaran i nép hatására már egy hosszú tanulási folyamat végén jártak. Átvették tőlük például a földm vel st (kukorica, bab, t k), de csak a caracar k és a timbuk foglalkoztak vele. De

Ők voltak az elsők is, akik eltűntek, mint önálló népcsoport a korai európai kapcsolat miatt. Minden nép kukoricát, húst (nutria, strucc<sup>1</sup>, pampai szarvas)  s halat evett a partvidékén, füstölt és szárított formában is. A timbuk a geof gi t is gyakorolták. A halb l kinyert olajjal földgoly kat sütöttek és kenyérként ezeket nyelt k le. Ők voltak Uruguay első ismert földművesei. 1625-ben 40 f vel alapították meg San Antonio de los Chanaes (később San Juan de Céspedes) redukciót<sup>2</sup> a San Juan folyó partján, akiknek Buenos Aires kormányzója – száz évvel Montevideo alapítása (1726) után –  kr ket és búzát küldött. Persze nem azért, mert megszánta őket, hanem hogy példájukat látva a többi népet is letelepedésre b ztassa, mivel Uruguay területén akkoriban



Guaran  lovasság

nem  ltek európai telepesek. Term nyeiket gyűjtögetéssel eg szített k ki. Egy évvel később már több mint kétszázan voltak, mégis rövid időn belül elhagyták a telepet. A legkorábban  k kerültek kapcsolatba az európaiakkal ezért a meszticiz l d s folyamata is korán elindult. Akárcsak a Paran  deltájánál  l  guaranik,  k is  tt rtek a katolikus hitre, és mint különálló etnikai csoport lassan eltűntek.

A *boh nok*  s a *járókat* a csarr  khoz vagy a *yarok*hoz (j ro) tartoz knak válik. Ez utóbbiakkal együtt beolvadtak az őket legyőző csarr  kba.  ket sem tudták redukci kba zárni. A *guaranik* vagy *cari k* amazóniai eredetű, földm vel  nép volt, de

1 Az afrikai strucchoz hasonló, de annál kisebb, Dél-Amerikában  l  nagytestű fut m d r. Ahogy a kontinens számtalan térségében a jagu rt tigrisnek, a pum t oroszlánnak nevezt k el a spanyolok,  gy lett a nandub l is strucc. Ez a „történelmi” elnevezés még ma is használatos.

2 A redukció a misszió k r  telepedett, közigazgatásilag elkülönült, gazdaságilag önellátó közösség volt. A spanyolok 1588-t l a paraguayi határvidékén a portugál terjeszkedés ellensúlyozására j zsuita és néhány ferences szerzetes betelepítését kezdem nyezt k, akik az első redukciók alapítói lettek.

halásztak és vadásztak is. A felfedezés időszakában a Paran  torkolatvid k n l lévő szigeteken a rituális kannibalizmust gyakorolták. Gyapotk t l l megkötözött elleneségeiket festett agyaged nyeikben f zt k meg. E szokásukkal hamar felhagytak, és barátságos viszonyt alakítottak ki az európaiakkal. Kereskedtek velük, és gyorsan beolvadtak a felfedezés utáni gyarmati társadalomba. A hódítás kezdetén a spanyol felfedezők és hódítók kiváló segit i voltak. A *mby k* is guaran i népcsoport, mely a redukciók szervezése idején az erdőkbe menekült, hogy függetlenségét megőrizze. A *gueno k*  s a *minu nok* a csarrúákkal rokon és szövetséges nép. E két népcsoport gyakorlatilag azonos. A spanyolok azért nevezt k el őket minu noknak, mert el-tűrő régióban  ltek, és mit sem tudtak közös gy ker kr l.  gy lett a közös nev k: *guinuanok*<sup>3</sup>. A minu nok b rb l készült köpenyt viseltek, melyet belül fehér, város és szürkés-kék motívumokkal d szített k. Állítólag nyolc szarvasbőr kellett hozzá. A városba tigrisb rt ( rtsd: jaguár)  s egyéb b r ket hoztak eladni. A nők is  gy  ltz k dtek, b r némelyikük a köpeny alatt szem rm ket is elfedt k.  k varrták a köpenyeket és k szített k mani k b l a *casab t*, a lepény alakú kenyerüket, melyhez a lisztet is jagu rb r tariszny jukban tartották. Telep l seiket az  regek tan cs  irányította. Azokat, akik az Uruguay-folyótól keletre  ltek Brazíliában, Rio Grande do Sult l délnyugatra, északi csarr  kknak nevezik.

A patagóniai eredetű, nomád életmódot folytató *csarr  * nép i.e. 2000-ben tűnt fel Argentína területén. A csarrúákat a XV. században erős guaran i hatás érte. Az első beszámoló róluk Pero Lopes de Sousa (1531) nevezés fűződik, aki meglepődve  rt arról, hogy tutajukon 40 ember állva evezett.  k alkották a legjelentősebb népcsoportot Uruguay területén. A szárazföld belseje volt az   vad szterület k. Kezdetben az Uruguay-folyó mentén  ltek, az Itaip -folyótól a deltavid k ig, majd fokozatosan terjeszkedve jelent s területeket hódítottak meg. Fennhat s guk a mai Uruguay területén, északon az Ibicuy- és a Camaquan-, nyugaton a Gualeguay-folyókig és az argentin Yapey  tartománytól d ltre  s  Corrientes telep l s ig tartott, de  szakkelet-Argentínában  s Dél-Brazíliában is  ltek.

Családokra oszló t rzsai t rsadalmukban a t rzsfn k k irányítottak, akiknek kiv lt s ga a többnejűség volt. A családok között nem volt rangsor. Háború esetén vagy a

3 Barrios Pintos, Anibal: *Aborigenes e indigenas del Uruguay*, Editorial de la Banda Oriental, 126.o.

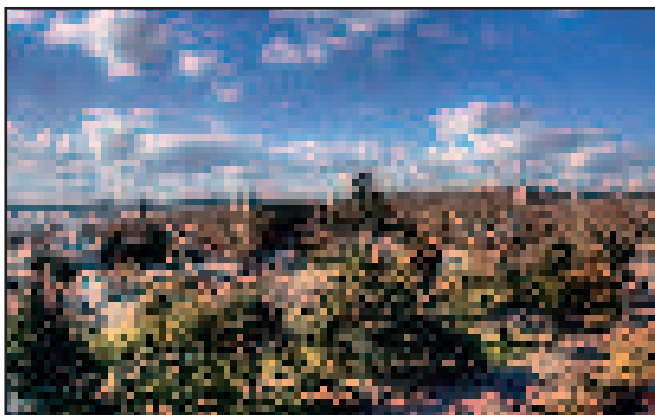


fontos döntések előtt összehívták az öregek tanácsát. A férfiak magasak voltak és szakállt növesztettek, amit a vezetők díszekkel ékesítettek. Háború idején a felső állkapcsukat fehérre festették, ellenségeik fejéből pedig ceremoniális edény lett. Hét-köznapi viseletként az arcukon három hárránt irányú csíkot húztak. A spanyolok érkeztek meztelenül jártak, de a hűvösebb időben főleg szarvas- és nutriabőrből készült köpenyt viseltek. A nők elől köldök-től térdig érő pamut előkét hordtak. Uruguay területén nem volt gyapot, e ruhadarabok csak kereskedelem útján juthattak el ide. Láncokkal és fülkarikával ékesítették magukat, míg a férfiak ünnepi öltözete egy nadrágszerű viselet volt, melyet ma a gaucho hordanak.

A spanyolok jövele után lóhoz és fegyverhez jutottak, amikért cseréskereskedelem során a többi törzstől többek között cserépedényt, mate levelet, gyapotot kaptak. Magának a lónak a története is érdekes, mivel az a mai Észak-Amerika területéről került Ázsiába, bizonyára a Bering-szoroson át, majd Európáig meg sem állt. Közben az amerikai kontinensen kihalt, és csak a spanyolokkal került vissza. A csarrúák nem ijedtek meg tőlük, mint a guaycurúk. 1577-ben, miután Zaratina de San Salvador települést lakói elhagyták, a szabadon maradt lovakat az indiánok befogták. Ettől kezdve az őslakók történelme két időszakra osztható: a ló előtti és utáni, amely életüket, kultúrájukat alapjaiban változtatta meg. A lóval szinte minden megváltozott. Nagy távolságokat járhattak be. Portyázásaik Argentína északi tartományaitól Brazília déli területéig terjedt. A guaycurúk tőlük tanulták meg, hogy a puskagolyóktól védve, a lovak oldalához bújva kell harcolni. Az európaiaknak csak ideig-óráig sikerült barátságos kapcsolatot fenntartaniuk a csarrúákkal és a velük szövetkező törzsekkel. A lovakon vágó és puskával felfegyverzett bennszülöttek sehol máshol nem okoztak annyi fejfájást a kontinensen, mint a La Plata vidékén. Az elfogott európaiakkal – Caboto expedíciójából, Ortiz de Zárate katonáival, Hernando de Arias embereivel – együtt éltek, hogy dolgoztassák őket. Éjszakára megkötözték, hogy el ne szökjenek. Más népekkel is háborúztak. 1665 körül Entre Riosból több törzset is megtámadtak, hogy foglyot ejtsenek, és rabszolgának adják el őket a spanyoloknak fegyverért, lóért, aszszonyokért, gyerekekért, borért cserébe. Így a kezdetek kezdetén is már keveredtek a szomszédos népekkel: csarrúák házasodtak jarókkal, guayantiránokkal, bojánokkal,

balomárokkal, negueguianokkal stb., akár csak a többi törzs is. A csanak pedig csarrúa foglyaikat adott el a spanyoloknak.

Az első feltáró expedíció (1607–1608) Hernando de Arias de Saavedra vezetésével indult az ország belsejébe. Ez után Francisco de Céspedes kormánya elrendelte, hogy területén két redukciót alapítsanak. Ez valódi gyarmatosító vállalkozás volt, melynek fő célja a bennszülöttek pacifikálása és evangelizálása. Persze az is, hogy összegyűjtsék és letelepítsék őket a könnyebb ellenőrzés miatt is. Ezeket a településeket papok irányították és a spanyol *corregidor* (a király képviselője, a főbíró) védelmezte. Az Indiák Törvénye szerint minden redukcióban indián elöljárót választottak, de ha több mint 80 lakója volt, akkor már két elöljárót és két – szintén indián – *regidort*



Colonia do Sacramento óvárosa

(tanácsnok) is választani kellett. Ha a redukció nagyobb jelentőségűvé vált, a két elöljáró mellett négy regidor is működött, akiket a település lakói évente választottak meg. Az Indiák Törvénye még azt is megtiltotta, hogy az indián falvakban és redukciókban spanyolok, feketék, meszticek, mulattok is éljenek, sőt más redukciók indiánjai. A bennszülöttek szabadon alapíthattak falvakat saját vezetőik irányításával, de a misszionáriusok felügyelete alatt. Ilyen volt Santo Domingo Soriano is, amely először redukcióként működött, majd indián falu lett. Az evangelizációban ferencesek, dominikánusok, mercedáriusok vagy fogolykiváltó rendiek vettek részt, de Uruguay területén a redukciók meg sem közelítették a jezsuita missziók fejlődését, színvonalát. Uruguay a szabad világ szimbóluma volt<sup>4</sup>.

4 Az első csarrúa encomienda Juan Alonso de Vera y Aragón birtokán lett (1600), aki Río de la Plata kormányzójától, Fernando de Záratától kapta a jogot. Az encomienda indián település, akiket munkájuk vagy adók fejében az encomendero (az encomienda ura) védelmez és tanított. Az encomienda szolgársaiba kény-

Első településének alapítása a Paraguayból érkező ferencesek nevéhez fűződik. Kiktartásuk eredményeképpen 1624-ben hozták létre az első redukciót Santo Domingo de Soriano néven (ma Soriano), melyet többször áttelepítettek Argentínába a bennszülöttek támadásai miatt, s csak 1702-ben tért vissza véglegesen csanak és csarrúa lakóival. Nyugaton az első két redukciót a ferencesek alapították 1625-ben. E missziók alapítása előtt Francisco de Céspedes kormányzó az indiánoknak kukoricát, búzát, ökröket, ekét, jarmot, fejszét és kapát küldött, hogy elősegítse a földművelést és a letelepedésüket. A redukciók alapítása nem tartozott a sikertörténetek közé Uruguay területén. A többi kísérletet ugyancsak megakadályozták az indiánok. A redukciók kialakulása a missziós tevékenység függvénye volt. A zömében vadászó-gyűjtő életmódot folytató bennszülötteknek nagy területekre volt szükségük, ezért a népsűrűség igen alacsony volt, s így könnyen válhattak az európaiak prédájává, akik a belső területek elfoglalására törekedtek. Ez Uruguayban – európai lakosság hiányában – csak jóval később ment végbe, mint a többi, szomszédos ország területén.

A kormányzó utasítására Buenos Aires-i lakosok egy kicsiny csoportja 1726 őszén partra szállt a 300 m magas Cerro lábánál, s 13 családdal megvetnie Montevideo alapját a Río de la Plata bal partján, amit az indiánok Paranaaguazúnak hívtak. Jelentése: olyan nagy folyó, mint a tenger. Buenos Aires kormányzói többször is próbálkoztak a Banda Oriental indiánjait civilizálni. Montevideo és a portugál alapítású Colonia do Sacramento (1680) létesítése tovább növelte a bennszülöttek és az európaiak közötti feszültséget. Montevideo terjeszkedésével a minúan indiánokat földjeikről egyre beljebb szorították az országban, ezért a csarrúákkal együtt – akikhez később a guaranik is csatlakoztak – rendszeres támadásokkal válaszoltak. Felgyűjtötták a birtokokat, a marhacsoordákat elhajtották, és a portugáloknak adták el. A spanyolok a földjeiket védő bennszülöttek ellen egymás után vezették hadjárataikat és tizedelték meg őket. 1777-ben a portugálokkal kötött San Ildefonso-i békével átmenetileg véget ért a verseny Uruguay területéért, amely a spanyol Río de la Plata Alkiralyság része lett.

A csarrúák még a XIX. század elején is nomádok voltak, és nagy, családi viskóikat

szerítette az őslakókat. Nincs hír arról, hogy Uruguay területén lettek volna ilyenek, mivel a csarrúák végig megtagadták, hogy „gazdáikat” szolgálták.

a vízfolyások és a mezők mentén állították fel, ahol sok volt az állat. A gyékényeiket száraz nádából készítették, melyeket lóbőr kötéllal erősítették egymáshoz, s rögzítették a facölöpökhöz. Nyelvüket többnyire elszigetelt, ismeretlen nyelvcsaládhoz tartozónak vélik. Némiképp a Chaco vidék nyelveihez és a macro-géhez hasonlít, bár több elmélet is van hovatarozásukról. Benito Silva örmester 1826-ban öt hónapig élt közöttük mint katonai előljáró, és lejegyzett néhány szót. Uruguay mai neve a guaraní *uruay* szóból származik, ahol az *uruá* jelentése csiga, az *i* pedig a víz, azaz Uruguay=Csigák vize, mivel az Uruguay-folyó partja bővelkedik bennük. (Uruguay neve régi guaraní nyelven: színes madarak földje.)

1702 februárjában, a hírhedt Yi csatában a kétezer fős spanyol-guaraní erők legyőzték a csarrúákat és a velük szövetséges járó és bohán indiánokat argentin Mezopotámiában, ahol a fegyverforgató férfiak jelentős része odaveszett. Az elesett csarrúák nőit és gyermekeit misszióknak helyezték el. A következő években a missziókból kiáramló guaraníkból 4000 főt spanyol fennhatóság alá vontak az ellenük folytatott harcokhoz, akik közül sokan az üldöztetések miatt argentin területre menekültek.

A XVI. században az íj és nyíl mellett a buzogány, dárda és a csuklóhoz hosszú, fonott szizálszállal erősített, különféle alakú kövekből álló golyóslaszó volt a fegyverzetük. Ez utóbbi volt a térség legtipikusabb fegyvere, melyből később már kétféle is volt: egyik a nanduvadászathoz, a másikat a lovak befogásához kellett.

A csarrúák, akárcsak a csaná-beguák, levágták egyik ujjpercüket, ha közeli családtagjuk meghalt. Ez a szokás egészen 1812-ig folyt. Halottaikat általában a dombok lábához vagy sírhalomba temették, s körülöttük helyezték el személyes tárgyaikat: ékszereiket, fegyvereiket, bőreiket stb. A sírra tették az elhunyt laszszóját, mellé pedig dárdáját, és kikötötték a lovát is, hogy azzal induljon el utolsó útjára.

Az 1811–1820 közötti hőskorszakban José Gervasio Artigas, a gaucsó származású nemzeti hős a néptömegek élére állt a mai Uruguay, valamint az argentinai Santa Fé, Corrientes, Entre Ríos, Misiones és Córdoba tartományok területén. Artigas az egykori Río de la Plata alkirályság határain belül akarta lerakni a „Nagy Haza” gazdasági, társadalmi és politikai alapjait. A függetlenség elérését tűzte ki zászlajára. Harcolt a spa-

nyolok és a portugálok ellen, s végül Buenos Aires és Rio de Janeiro között két tűz közé került. Az előbbi árulása 1811-ben spanyol és portugál kézre adta a mai Uruguayt, amely a lakosságot tömeges kivándorlásra készítette Brazília felé. Ugyanebben az évben Artigas vezetésével felkelés robbant ki, s a lovaspásztorok (gaucsó) forradalma lángba borította a legelőket. 1814-re megszabadultak a spanyol uralomtól. Egy évvel később Artigas, a Szabad Népek Védelmezője elismerte az indiánok földbirtokok szerzéséhez való jogát – ugyanúgy, mint a spanyolokét, vagy a feketékét – „s hogy maguk irányításuk sorsukat. Ilyen körülmények között hozta meg az agrártörvényt, melyben a legtöbb jogot a földjeiktől megfosztott indiánok kapták, hogy „a legszegényebbek legyenek a legkiváltságosabbak”. 1816-ra Uruguay Autonóm Keleti Tartomány lett, mely címerének tetején indián toll díszelgett. A guaraníok hozták a legnagyobb áldozatot a függetlenségért. A missziókban ők voltak a legtanultabbak és számban is felülmúlták a többi indián törzset. Legendás vezértük, Andrés Guacurari Misiones és Corrientes argentin tartományok kormányzója lett. A portugál beavatkozás (1817) azonban mindennek véget vetett, megszállták Banda Orientalt, majd 1820-tól kiköltöztették a földhöz jutott szegényeket. Sőt, a két nagy szomszéd egymás ellen is háborút indított a terület bekebelezéséért, de egyikük sem tudott felülkerekedni, ezért 1825-ben a Rio de Janeiro-i békeben elismerték Uruguay függetlenségét.



Fructuoso Rivera

A csarrúák komoly károkat okoztak a Paysandú megyében élőknek, ezért Laguna Fructuoso Rivera báró elhatározta, hogy a Queguay és a Negro-folyók között egy speciális katonai erőt hoznak létre, a csarrúákat pedig felszólítják, hogy hagyjanak fel vándorló életmódjukkal és kezdjék el a földművelést, és hogy tanítsák meg őket az evangéliumra. Problémát jelentettek a kormányzat számára, amely szabályozni akarta a vidéki életet. A tervet nem hajtották végre, de az is igaz, hogy meg sem próbálták integrálni őket Uruguay lakosai közé. Ők nem kaptak földet és állatokat, mint az európaiak, a kreolok és a csanak. 1828-ban Uruguay területén 30 ezer indián és 70 ezer európai élt.

A guaraníok Artigas hű követői voltak, akik harcoltak a portugálok ellen. Az üldöztetések és a jezsuita missziók<sup>5</sup> bezárása miatt sokan menekültek át spanyol te-

ületre. 1829-ben Rivera a keleti redukciók bevételekor Bella Uniónban 8 ezer guaraní talált. Ez volt Uruguay második legnépesebb települése Montevideo után. A férfiak többsége az ő hadseregében szolgált. Segítségükkel üzték ki a portugálokat Colonia de Sacramentoból és építették fel a montevideói San Felipe erődöt.

1830-ban Rivera tábornok, Uruguay első elnöke háborút indított a csarrúák ellen, hogy nyugalomban éljen az ország és hogy egyszer és mindenkorra kiirtsza az utolsó vad indián törzset. Az 1831-es népirtáshoz szinte mindenki csatlakozott, csak hogy megszabaduljon a szabadságukért harcoló bennszülöttektől. Rivera tábornok cselhez folyamodva tervet dolgozott ki a csarrúák megsemmisítésére. Békeszerződést ajánlva nekik, és hogy a haza védelmére mozgósítsa őket, a Salsipuedes-folyó partján fekvő Queguayba hívta őket, ahol 1200 fős sereg várta a csarrúákat Bernabé Rivera vezetésével. Április 11-én a túlerő lemészárolta a férfiak jelentős részét és 300 foglyot ejtett. Csak egy kisebb csoport tudott elmenekülni. Riverát ma nemzeti hősként tartja számon az ország hivatalos történetírása. Szinte kizárólag asszonyok és gyerekek élték túl a vérengzést, akiket montevideói családoknál osztottak szét cselédnek. Sokuktól még gyermekeiket is elvették. Több csarrúa törzsfőnök is fogságba esett, őket 1833-ban François de Cuel vitt el Párizsba, hogy ottani „Emberi Állatkertekben” mutogassák őket afrikai, ázsiai, polinéz, ausztrál bennszülött társaikkal együtt, európai „törpék és óriások” társaságában. A csarrúák az elsők között voltak, akik idekerültek. Ők voltak a vadak.

A XIX. század végére mindössze ezer csarrúa maradt Uruguay földjén. Állítólag az utolsó életét 1973-ban bekövetkezett haláláig lehetett követni. A csarrúa volt Amerika egyik „legférfinasabb”, legellenállóbb népe. Ezzel gyakorlatilag eltűnt a csarrúa törzs és kultúra. Meszticizálódott leszármazottaik három országban élnek, s számukat 160-300 ezer főre becsülik. A 2001-es argentin népszámlálás során 676 csarrúát írtak össze, akik többnyire meszticek már, s Entre Ríos tartományban élnek<sup>6</sup>. 2002-ben hazahozták Franciaországból Vaimaca Pirú hamvait és az ország Nemzeti Panteonjában helyezték végső nyugalomra. Századunk elején végzett vérvizsgálatokkal kimutatták, hogy Uruguay lakosságának kb. 10%-a anyai ágon bennszülött leszármazott. 2006-ban a lakosság 4,5%-a (115 ezer fő) vallotta magát indiánnak. 2010-től hivatalosan is ünnepnappá nyilvánították április 11-ét, a Csarrúa Ellenállás Napját. 🗨️

5 A jezsuiták kiűzése: 1767-ben III. Károly spanyol király feloszlatta a jezsuita rendet, közönségeiket, redukcióikat felszámolták, lakosságát megfizették vagy kényszermunkára fogták.

6 Drexler András: Az őslakók jogai Argentínában, *Agora*, 2009/4. 110-118. o.

VARGA PÉTER

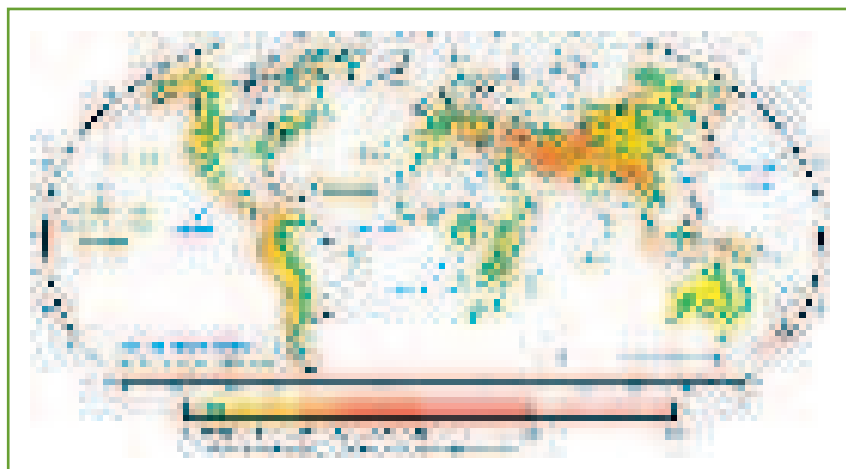
# Törekvések a földrengéskárok enyhítésére

## Szeizmológiai riasztórendszerek

A földrengések várható hatásának, pusztításának meghatározását a valószínűségi és determinisztikus alapon végzett veszélyeztetettségi eljárások teszik lehetővé. Ezek ma már meglehetősen biztos tervezési alapot adnak a mérnökök kezébe. És a veszélyeztetettség meghatározása fontosabb, mint a jövőben egy adott helyen várható földrengés időpontjának és méretének (magnitúdójának) prognózisa. A szeizmológia egy másik napjainkban gyorsan fejlődő ága, mely szintén jelentős mértékben hozzájárul szeizmológiai értelemben vett biztonsághoz a földrengési riasztó rendszerek fejlesztése.

A rengéshullámok beérkezését megelőzően működésbe lépő *szeizmológiai riasztórendszerek* fejlesztése elsősorban a szeizmológiai szempontból legaktívabb területeken fontos. Ez a szeizmológiai biztonságot növelő eljárás szemben a valószínűségi és a determinisztikus veszélyeztetettség meghatározással nem a múltbeli, hanem a már bekövetkezett földrengésekkel kapcsolatos. A riasztás a romboló hatást képező hullámok beérkezése előtt néhányszor tíz másodperccel, esetleg egy-két perccel áll rendelkezésre és lehetővé tesz egy sor óvintézkedést melyek célja az emberi életek és a mérnöki létesítmények védelme. Így például tömegtájékoztató eszközökkel tájékoztatni lehet a lakosságot, és ha az a riasztás esetén szükséges teendőire előzőleg tájékoztatva volt az áldozatok száma radikálisan csökkenthető. A riasztás megléte és a földrengéshullámok beérkezése között rendelkezésre álló rövid idő számos műszaki intézkedés megtételét is lehetővé teszi.

A földrengéskárok enyhítésére irányuló törekvések talán a legújabb és számos esetben és számos országban már több-kevesebé rutinszerűen alkalmazott eszközei a szeizmológiai műszerek felhasználására épülő riasztórendszerek (1. ábra). A fejlesztéseket jelentős részben indokolja, hogy a múltban számos nagyvárost sújtott földrengés katasztrófa és az ilyenekre a jövőben is számítani kell tekintettel azok szeizmotektonikai helyzetére. A földrengéskárok jelentős része kötő-



1. ábra. A földrengési riasztórendszerek 2010 (Allen, R. M. alapján)

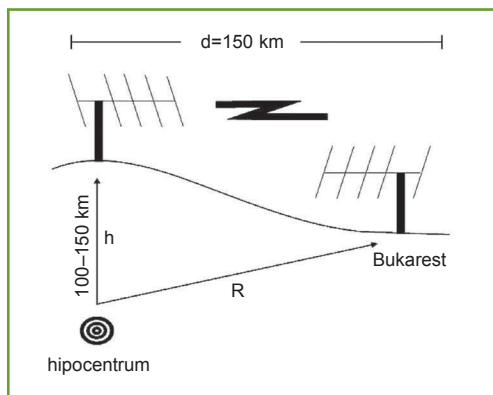
dik földrengések következtében bekövetkező tűzvészekhez (Lisszabon, 1755,  $M=8,5-9,0$ ; San Francisco, 1906,  $M=7,9$ ; Tokió (Great Kanto Earthquake, 1923,  $M=7,9$ ; Kobe, 1995,  $M=6,8$ ), az energiaellátó rendszer összeomlásához (Tajvan, 2010,  $M=6,4$ , Tohoku 2011,  $M=9,0$ ) és ipari létesítmények leállításához (Izmit, 1999,  $M=7,6$ ; Tajvan, 1999,  $M=7,6$ ). Az ilyen típusú károk csökkenthetőek egy olyan rendszer működtetése által, mely közvetlenül a földrengés kattanásakor riasztó jelzést továbbít a veszélyeztetett településeknek, ipari létesítményeknek, még azt megelőzően, hogy azokat a földrengés hullámok elérnék. Így lehetőség nyílik

- az elektromos rendszerek működésébe történő beavatkozásra (lekapcsolás, átírányítás)
- víz- és gázvezetékek lezárására
- nagysebességű vonatok, metrószerelvények fékezésére, leállítására
- repülőgépek le- és felszállásának felfüggesztésére
- vészpartalék generátorok tüzembe helyezésére
- erőművek, veszélyes ipari létesítmények működésének megfelelő módosítására, leállítására

- kórházak, kórházi műtők riasztására
- liftek leállítására
- veszélyes helyeken dolgozó emberek biztonságba helyezésére
- a lakosság hangjelzés, tömegtájékoztató révén történő tájékoztatására

A földrengésekkel kapcsolatos riasztás (earthquake early warning - EEW) természetesen nem földrengés előrejelzés: a cél nem prognosztizálni, hanem figyelmeztetni.

A földrengés-észlelő állomások, illetve azok hálózatai által szolgáltatott jeleket (szeizmogramokat, accelerogramokat) nemcsak földrengések esetében, hanem más természeti katasztrófatípussal kapcsolatban is használják riasztáshoz. A földrengések által keltett cunamik hatására többször tíz perccel vagy akár több órával előbb lehet riasztást kiadni regionális szeizmológiai hálózat segítségével (ilyen céllal fejlesztették ki például a Hawaiiin működő EEW rendszert). Alvó vulkánok ébredésekor közismert, hogy a hegyen és közvetlen környezetében megnő a szeizmikus aktivitás. A tevékenység során, a gáznymás növekedés következtében a rengések jellege változik, megnő a hosszú periódusú hullámok aránya. Ez a jelenség a kitörést megelő-



2. ábra. Példa a földrengészónán kívüli riasztásra. Német, amerikai és román szeizmológusok 1999-ben a Seismological Research Letters című folyóiratban megjelent cikke alapján

ző időszakot jellemzi és erre alapozva már több esetben sikerült kitérőket több órával előre jelezni (Mount Redoubt, Alaszka, 1993; Popocatepetl, Mexikó, 2000). A várható földrengések hatására történő figyelmeztetésre áll a legkevesebb idő rendelkezésre (ez általában kevesebb, mint egy perc).

A földrengések veszélyt hordozó hullámainak beérkezését megelőző riasztás két típusát különböztethetjük meg. Az első a földrengés forrászónában kipattan rengés miatti riasztás a zónán kívüli területeken. Ennek alapja az, hogy a forrás zónában lévő állomások adataiból készült riasztás előbb érhet elektronikus formában a veszélyeztetett területekre, mint a pusztító földrengés hullámok. A másik módszer: egy adott objektum közvetlen védelme a földrengés hatásától. Ennek a lehetőségnek alapja az, hogy a gyorsabb primer (longitudinális) hullámok már tartalmazzák a földrengésre vonatkozó összes fontos szeizmológiai információt, amplitúdókat, spektrumokat, míg a lassabb szekunder (tranzverzális) hullámok pedig az energiát. A primer és a szekunder hullámok sebességei:

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}; V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

ahol  $\mu$  és  $\lambda$  a közetek rugalmas paraméterei,  $\rho$  pedig sűrűsége. Tekintettel arra, hogy a közetek többségében  $\mu \approx \lambda$

$$V_p \approx V_s \times \sqrt{3}$$

Például: a  $V_p$  és  $V_s$  hullámok tipikus sebességkülönbsége gránitok esetében 5km/s-3km/s=2km/s az energia döntő részét hordozó szekunder hullám késése 10 km távolságra a rengés fészekétől 5 másodperc.

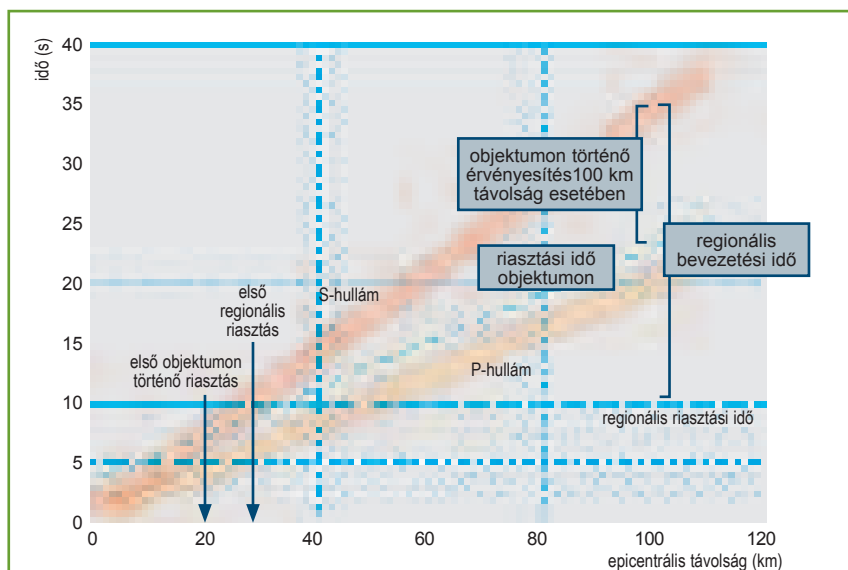
Mindkét esetben a földrengés várható hatására figyelmeztető rendszerek (earthquake early warning systems –EWS) négy fő egységből állnak:

1. észlelő eszközök hálózata
2. valós idejű adatátvitel az érzékelő műszerektől (szeizmométerektől, gyorsulásmérőktől) a számítóközpontig
3. számítóközpont, mely a beérkező szeizmogramokból, accelerogramokból riasztó jelet (jeleket) generál
4. automatikus kommunikációs rendszer, mely a riasztást a megfelelő formában eljuttatja a szükséges helyekre.

A földrengés hatás beérkezését megelőző riasztás ötlete elég régi. Az 1868. október 21-i San Francisco-i ( $M \sim 7$ ) földrengést követően egy J.D. Cooper nevű orvos vetette fel és publikálta a San Francisco Evening Bulletin című újságban. Érzékelők telepítését javasolta a várostól 16 km-től 160 km-ig terjedő távolságokban. Ezeket távírókábelekkel kötötte volna össze a vá-

$$t_{SP} = \frac{1}{V_s} \sqrt{h^2 + d^2} - \frac{h}{V_p}$$

Ha a hullámsebességek  $V_p = 8.0 \text{ km/s}$  és  $V_s = 4.6 \text{ km/s}$  valamint az epicentrális távolság  $d = 130 \text{ km}$  a riasztáshoz rendelkezésre álló idő 23.35 másodperc, ha a hipocentrum mélysége  $h = 150 \text{ km}$  és 26.85 másodperc, ha  $h = 200 \text{ km}$ . A helyzet a gyakorlatban ennél valamivel bonyolultabb. Tekintettel arra, hogy az objektumon történő riasztás elkészültéhez mintegy 10 másodperc szükséges (3. ábra), ~20km-nél kisebb távolságban megelőző riasztás elvileg sem készülhet. Éppen ezért az objektumon történő riasztásra kapott  $t_{SP}$  értéket a regionális bevezetési idő értékével (~10 másodperc) csökkenteni kell. Az automatikus riasztás első lépése a földrengés-detektálás és -lokalizálás. Ez tulajdonképpen standard szeizmológiai feladat. A második lépés koncepcionálisan nehéz feladat, mert a gyorsasági



3. ábra. A földrengés forrászónán kívüli riasztáshoz szükséges idő az epicentrális távolság függvényében

ros közepében lévő haranggal. Ez valamivel a földrengés hullámok beérkezését megelőzően hangjelet tudott volna szolgáltatni.

A regionális földrengészónán kívüli területen történő riasztásra példaként az Európa egyik legveszélyesebb szeizmikus forrásterülete a Kárpát-kanyar külső ívén elhelyezkedő Vrancea megyében (Románia) található rendszert mutatom be. Az itt kipattanó földrengések nagy és viszonylag gyakori veszélyt jelentenek Bukarest számára. Ennek a veszélynek csökkentése érdekében román, német és amerikai szakemberek a 2. ábrán vázlatosan szemléltetett rendszert fejlesztették ki. Abból indultak ki, hogy a hipocentrumból a földrengéshullámok előbb érik el a helyi szeizmométeres állomást, mint a román fővárost. Az S hullám késése a P hullámhoz

igény miatt a magnitúdó becslése a szeizmogram első néhány másodperces szakasza alapján készül, és ezért közelítő eljárások alkalmazása válik szükségessé. Így, elsősorban a nagy ( $M \geq 6$ ) földrengések esetében, a meghatározás pontossága csökken. A harmadik lépésben a talaj maximális vízszintes elmozdulását, sebességét és gyorsulását kell számítani a célobjektumon. Az említett paraméterek elvileg pontosan meghatározhatóak, de az eredmény döntő mértékben függ a föld- vagyis hullámcsillapodás értékének pontos ismeretétől. Ezután kerülhet sor a riasztás küldésére, melynek tartalma függ a földrengés forrásparaméterek meghatározásának pontosságától és a cél objektumon becsült talajmozgás csúcserőtekeitől. Elkészítésekor figyelembe veendő a védendő objektum(ok) memők-szeizmológiai tulajdonságai.

A földrengésriasztás másik lehetősége, mint már említettem, egy adott objektum közvetlen védelmével kapcsolatos. Szakirodalmi elnevezése „valós idejű szeizmológia (real time seismology)”. Alapjául az a  $\tau_0$  minimális időtartam szolgál, mely a primer  $P$  hullám első beérkezésétől a forrás természetének meghatározásához szükséges. Némi egyszerűsítéssel

$$\tau_0 = \frac{1}{\sqrt{\langle f^2 \rangle}}$$

ahol

$$\langle f^2 \rangle$$

az átlagos földrengéshullám frekvencia négyzete a talajelmozdulás spektrumával súlyozva.

A 4. ábra modellszámítás alapján mutatja, hogyan kapcsolódik  $\tau_0$  a magnitúdó értékéhez. A szeizmométer által rögzített szeizmogram alapján az automatikus feldolgozást végző rendszer először azt vizsgálja milyen nagy a primer  $P$  hullám amplitúdója. Amennyiben ez kicsi, akkor kis távoli rengésről van szó, nincs további teendő. Ha  $P$  nagy, akkor kerül sor  $\tau_0$  értékének vizsgálatára. Amennyiben ez az érték kicsi, kis, közeli eseménnyel van dolgunk, de ha  $\tau_0$  nagy, közeli jelentős földrengéssel van dolgunk és a rendszer riasztást küld.

Az ilyen és hasonló rendszerek nagy számban működnek az 1960-as évek óta Japánban. Jelenleg 1000 állomásból áll az országos hálózat, mely messze a legnagyobb a világon (összehasonlításképpen: a területileg valamivel nagyobb Kaliforniában 2008-ban 300 állomás volt üzemben). A fejlődésnek lendületet adott a Kobéban 1995-ben ( $M=6,9$ ) kipattant földrengés. Az erre a célra kifejlesztett UR-EDAS nevű rendszer segítségével már számos esetben sikerült a nagysebességű Sinkanszen vonatokat közeli földrengés esetén lelassítani, leállítani. Ugyancsak Japánban országosan kiépült a lakosságot és a létesítményeket riasztó rendszer. Szükség esetén a lakosság mobiltelefonjaira kerül a földrengés riasztó rendszer figyelmeztető jelzése. A japán riasztó rendszer hatására a 2011. március 11-i tohokui földrengés idején sikerült a térség atomerőműveinek működését a kialakult helyzetnek megfelelően módosítani.

Az 1960–1970-es években az Egyesült Államok Földtani Szolgálat (USGS) a földrengések gyors lokalizálását lehetővé tevő telemetriai állomáshálózatot fejlesztett ki Kalifornia leginkább veszélyeztetett középső részén. A kilencvenes években Kaliforniában további három hálózatot hoztak létre: CUBE (1991), REDI (1996) és TriNet (1998). Ezek integrálásával jött létre 2000 után a Shake Map regionális rendszer, melynek teljes kiépítés még mindig folyamatban van. Hawaiiin a csendes-óceáni cunami riasztási rendszer

tevékenységének alátámasztása céljából folyik fejlesztés.

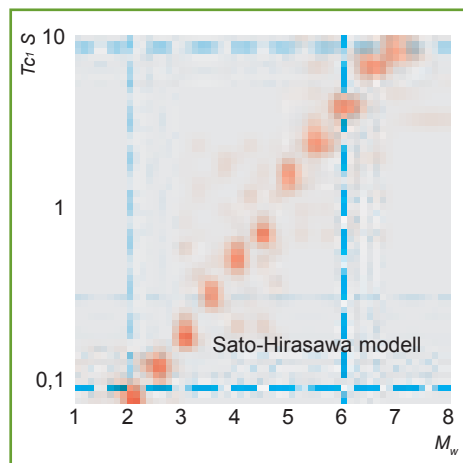
Mexikóváros védelmére a fővárostól 300 km távolságban lévő szeizmikusan aktív Guerrero területére 1991-ben telepítették a SAS nevű rendszert (Seismic Alert System), melyet eredményesen kipróbáltak. 2003 óta a mexikói rendszer további városokra (Toulca, Acapulco és Chilpancingo) is kiterjed. A SASO rendszert Oaxaca város védelmére hozták létre 2003-ban. A két rendszer működését 12, illetve 35 szeizmológia állomás teszi lehetővé. A rendszer segítségével a lakosság rádió útján értesíthető a közeli veszélyre.

Európában kifejlesztés alatt áll Olaszország és Svájc riasztási rendszere és aktív a román és a török is. Ez utóbbi a Márvány-tenger térségében kiépített állomáshálózaton alapul és feladata a különösen veszélyeztetett Isztanbul védelme. Tíz gyorsulásmérőből áll. Amennyiben egy állomáson egy meghatározott rövid időintervallumon belül a szeizmikus gyorsulás értéke egy előre meghatározott szintet meghalad, az állomás jelet küld a központnak. Ha egyidejűleg más állomáson is hasonló jel képződik a rendszer riasztást ad ki.

Az Európai Unió a 6. keretprogram segítségével 2006 és 2009 között a multinacionális SAFER (Seismic Early Warning For Europe) projekt keretében fogott először EEW-rendszert fejlesztésébe. A cél ott európai és mediterrán nagyváros (Athén, Bukarest, Kairó, Isztanbul és Nápoly) mintegy negyvenmillió lakosának védelme volt.

Ázsiában Japán után Tajvan fejlesztett ki a sziget középső részén egy 86 gyorsulásmérőből álló rendszert. Ez riasztást biztosít a feltételezett rengés központjától 70 km-nél távolabb levő települések számára. A rendszer az 1990-es évek vége óta üzemszerűen működik. A hálózat közepén egy 21 km sugarú körön belül a rendszer nem ad ki riasztást. Ilyen néma zónák természetesen más földrengés riasztó rendszerek esetében is kell, hogy legyenek. A zóna nagysága a földrengéshullámoktól az állomásig meglévő távolságtól és a szeizmogram első – a jelfeldolgozáshoz szükséges – szakaszának beérkezéséhez szükséges időtől (általában 3 másodperc) függ. Ezért a forrástól általában 20–25 km távolságon belüli területek nem riaszthatók.

Kína jelenleg fejlesztés alatt álló rendszerének tesztelése 2010 februárjában kezdődött. Nincs megbízható információ arról, hogy ez a rendszer az eltelt több mint két év alatt áttért volna a rutinszerű működésre. Feladata Peking és környékének riasztása. A fejlesztésben tajvani szakemberek is részt vállaltak. A hálózat 94 szélessávú és 68 rövidperiódusú szeizmométerből áll. A pekingi központ akkor ad ki riasztást, ha legalább három állomás küld egyidejűleg eseményjelentést. Az állomások itt is a  $P$  hullám első 3 másodpercig tartó szakaszát használják fel adatfeldolgozáshoz. 2010. feb-



4. ábra.  $\tau_0$  minimális időtartam és a magnitúdó közötti kapcsolat Saito és Hirasawa modellszámítása alapján

ruár elseje után 139 eseményről készült riasztó közlemény, ezek közül a legkisebb  $M=3$  volt.

A földrengésekkel kapcsolatos riasztó rendszerekkel elmondottakat összegezve megállapítható, hogy ezek az 1990-es évek óta már több országban rutinszerűen működnek (sőt Japánban az 1960-as évektől). Napjainkban a rendszerek hatékonysága gyorsan javul a szeizmométer-érzékenység és megbízhatóság növekedése, és a számítástechnikai eszközök tökéletesedése miatt. Ugyanakkor megállapítható az is, hogy az automatizált földrengésriasztás kiépítése és üzemben tartása ma még meglehetősen költséges. Alkalmazása csak földrengések által fokozottan veszélyeztetett térségekben indokolt.

A jelenlegi rendszerek korlátai:

- Az epicentrumtól számított 20–25 km távolságon belül a rendszerek nem működnek.
- A nagy ( $M \geq 7,5$ ) rengések esetében a földrengések magnitúdójának meghatározásából adódó értékek nem megbízhatóak, annak ellenére, hogy a Szumátrai földrengést követően (2004. december 26.,  $M=9,1$ ) több közelítő módszert is kifejlesztettek a magnitúdó értékek gyors meghatározása érdekében.
- A jelenlegi rendszerek nem veszik figyelembe, hogy a célterület földtani szerkezetétől jelentős mértékben függ a beérkező földrengés miatti kár mértéke.
- A jelenleg meglévő rendszerek (tudomásom szerint), kivéve a japánt és a kínait, még nem teszik lehetővé a lakosság közvetlen elérését biztosító tájékoztatósi eszközök (e-mail, SMS). A mexikói rendszer rádióon keresztül ad riasztást.

A földrengésekkel kapcsolatos riasztórendszerek napjainkban gyorsan fejlődnek és feltétlenül nagyon ígéretes eszközt jelentenek az emberi életek megóvása és a károk csökkentése terén.



# Kutatások a hatékonyabb immunválaszért

Beszélgetés Kacs Kovics Imrével,  
az ELTE Immunológiai Tanszékének munkatársával

– A transzgenikus állatokon végzett kísérleteikkel olyan eljárást dolgoztak ki, amelynek segítségével az ellenanyag-termelés hatékonysága javítható. A technika újszerűségét, eredetiségét mi sem bizonyítja jobban, mint az, hogy feltalálói és tudományos munkájuk elismeréseként Akadémiai Szabadalmi Nívódíjban részesültek.

Mi eljárásuk lényege, amit 2007-ben jelentettek be, és amit az Európai és Ausztrál Szabadalmi Hivatalok már szabadalmnak nyilvánítottak?

– Kutatásainkkal a biotechnológia rendkívül fontos szegmensében, az ellenanyagok előállítására terén értünk el ígéretes fejlesztést. Az ellenanyagok az immunválasz során termelődő molekulák, amelyek kórokozók, vagy védőoltások hatására termelődnek a lép, a nyirokcsomók B-limfocitáiban, majd ezt követően a vérben, nyirokban, nyálkahártyák felszínén találhatók meg, és a kórokozókhoz kapcsolódva részt vesznek azok megsemmisítésében.

Több mint 50 éve alkalmaznak emberi és állati vérből kivont ellenanyagokat terápiás célból, ilyenek a veszettség, a tetanusz vagy akár a kígyómérás elleni készítmények. Minthogy egy adott célponttal (antigén) szemben több B-limfocita is aktiválódik és termel ellenanyagot, a vérből kivont preparátum számos különböző molekulát tartalmaz (poliklonális ellenanyag). A poliklonális ellenanyagok fontos reagensai az orvosi diagnosztikának is, és nem hiányozhatnak egyetlen élettudományi laboratóriumból sem. Előnyük, hogy gyorsan előállíthatók, hátrányuk viszont, hogy minden egyedben eltérő az összetételük, azaz, ha egy preparátum

elfogy, akkor pontosan ugyanolyan nem lehet többé előállítani. A 80-as években két kutató olyan eljárást fejlesztett ki, amelynek révén az antigén-specifikus ellenanyagokat termelő B-limfociták mesterséges körülmények között olyan tumoros sejtje (hibridóma) változtathatók, amelyek folyamatosan osztódnak és megőrzik ellenanyag-termelő ké-



pességüket. Ennek köszönhetően mindig ugyanazt az ellenanyagot termelik, szóval monoklonálisak, ráadásul korlátlan mennyiségben. E monoklonális ellenanyagok alkalmazásával olyan áttűtő eredményeket értek el például a terápiában, hogy felfedezőit, George Köhler és César Milsteint 1984-ben felfedezésükért Nobel-díjjal jutalmazták.

Az ellenanyag-termelés attól függ, hogy milyen hatékonysággal ismeri fel az immunrendszer a kórokozót, vagy a vakcinában lévő antigént. Amennyiben a befecskendezett anyag jelentősen eltér a gazdaszervezet molekuláitól, akkor

számos B-limfocita aktiválódik, és viszonylag egyszerű lesz olyan hibridómát azonosítani, ami a kívánt ellenanyagot termeli. Sokszor azonban az antigén és a gazdaszervezet molekulái nagyon hasonlítanak egymásra, és ebben az esetben az immunrendszer csak nagyon kis hatékonysággal, vagy egyáltalán nem képes aktiválódni. Ez az alapja annak, hogy az immunrendszer egészséges emberekben nem támadja meg a saját szervezetet, vagyis immuntoleráns. Az ilyen célpontok ellen nagy nehézségekbe ütközik, sőt sokszor egyáltalán nem sikerül ellenanyagot előállítani, pedig azoktól igen jelentős terápiás hatásokat várnak.

Az általunk kifejlesztett genetikailag módosított (transzgenikus) állatok immunválasza sokkal hatékonyabb, mint a kontrolloké, és ennek köszönhetően nagyobb eséllyel alkalmazhatók akár terápiás ellenanyagok fejlesztésére is. A genetikai módosítás kromoszómális szinten történt, ezért ezek az állatok öröklítik ezt a képességet.

– Milyen transzgenikus fajokkal sikerült a legjobb eredményeket elérniük kísérleteik során?

– Génmódosított, más néven transzgenikus állatokat már az 1980-as évek óta alkalmazzák vizsgálataikhoz a kutatók. A transzgenikus állatba olyan gént vagy géneket ültetnek be, amelyek más élőlényektől származnak. Ezzel az adott állaton tanulmányozhatóvá válik a beültetett gén működése. Így lehet például emberi betegségeket vizsgálni egérmódosított felhasználásával, de a közelmúltban így hoztak létre olyan génmódosított egereket, sőt teheneket is, amelyek gyógyhatású emberi ellenanyagokat termelnek.

Munkatársaimmal korábban azt igyekeztük kideríteni, hogyan jut a tehén főcstejébe az értékes ellenanyag, amelyvel az újszülött borjak immunvédté válnak. E folyamat tisztázása olyan transzgenikus szarvasmarha előállításához vezethet, amelynek teje lényegesen nagyobb mennyiségű ellenanyagot, úgynevezett IgG-t tartalmaz, mint „normális” társaié, ami új, passzív immunterápiás lehetőséget nyújthat például fertőzések által kiváltott hasmenéses betegségek kezelésében. Vizsgálataink során az ellenanyag szervezetben belüli megoszlásában kulcsfontosságú molekula, az IgG-kötő újszülött kori Fc receptor (FcRn) szerepét tanulmányoztuk. Az igen költséges és számos technológiai nehézséget jelentő nagytestű állatok vizsgálata mellett olyan transzgenikus egérmódelleket hoztunk létre, amelyek a szarvasmarha FcRn-t is kifejezik. Ezeket vizsgálva vettük észre, hogy a fokozott mértékű FcRn kifejeződésének hatására az IgG lebomlása csökken, valamint az állatok immunválasz-képessége a sokszorosára fokozódik, amelynek hátterében az antigén-specifikus ellenanyagot termelő B-limfociták nagyfokú aktiválódása áll. Ezekről a felismerésekről szabadalmi bejelentést tettünk, amit időközben több helyen szabadalomnak nyilvánítottak. Az FcRn transzgenikus egérmódellekkel kapcsolatos adataink alapján eközben transzgenikus nyulakat is előállítottunk, és ezekben szintén fokozott ellenanyag-termelést mértünk.

– *Mennyiben hatásosabb az Önök által kidolgozott módszer az ellenanyag-termelésben, mint amit eddig ismerünk?*

– Az ellenanyag-termelés hatékonyságának fokozására korábban már több transzgenikus egeret is előállítottak, azonban a legtöbb ilyen állatban autoimmun betegség alakul ki (a szervezet a saját anyagaival szemben termel ellenanyagot) és ezért nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Kutatásaink során mi nem tapasztaltunk ilyen problémát, ami talán annak köszönhető, hogy nem célzottan az immunválasz fokozása érdekében hoztuk létre ezeket az állatokat, és a véletlen szerencsésen segített (egyebek mellett ezért kaphattunk erre a felismerésre szabadalmi védeltséget is, mert korábban senki sem sejtette, hogy az FcRn részt vesz a B-limfociták aktiválásában). A transzgenikus egerek immunválaszának hatékonysága tehát többszörösére növekszik, azaz a vérben keringő értékes ellenanyag mennyisége 2–10-szeres, a kérdéses ellenanyagot termelő B-limfociták száma akár 3–5-szörös is lehet a kontrollállatok-

ban mért értékhez hasonlítva. Lényeges, hogy különösen akkor látunk nagyfokú különbséget a transzgenikus állatok javára, amikor az antigén az úgynevezett gyengén immunogén kategóriába tartozik, azaz a kontrollállatok nem, vagy alig termelnek ellenanyagot, illetve a monoklonális ellenanyagok előállításának alapját jelentő aktiválódott B-limfocitát. Eredményeinket számos tudományos cikkben publikáltuk és számos konferencián számoltunk be róluk.

Eljárásunk különösen az emberi ellenanyagokat termelő, úgynevezett humanizált állatokban lehet értékes, amelyek alkalmazásával olyan terápiás ellenanyagok állíthatók elő, amelyek az emberi szervezetben nem váltanak ki különféle mellékhatást. (Ha emberbe egérféhéj fecskendeznek, akkor az ember immunrendszere ezt idegennek ismeri fel, és olyan ellenanyagokat termel, amely az egér ellenanyagait megköti, hatásukat semlegesíti.) Ismert, hogy az ilyen humanizált állatok immunválasza meglehetősen gyenge, fejlesztésünk tehát érdemi változást hozhat ezen a területen is.

– *Milyen területet forradalmasíthat eljárásuk a jövőben? A gyakorlati életben hol érezhető majd leginkább eredményeik hatása?*

– Az ellenanyagok, beleértve a monoklonális ellenanyagokat és a poliklonális ellenanyagokat is, több milliárd dolláros nemzetközi piaca folyamatosan és dinamikusabban bővül. Ezen a piacon az állati szervezetekben előállított ellenanyagok dominálnak, és ezért az állatok immunválaszának minősége rendkívül fontos e folyamatok során. Számos esetben az immunválasz mértéke elégtelen, vagyis gyengén immunogén az antigén, és a gyógyszer-, illetve diagnosztikumfejlesztés megakad. Az FcRn kifejeződésének fokozása transzgenikus állatokban jelentősen fokozza a gyengén immunogén antigének esetén is az ellenanyagok kifejlesztésének esélyét. Ez a tulajdonság nemcsak tudományos körökben, hanem a gyógyszeriparban is nagy érdeklődést váltott ki, illetve számos cég jelenleg is teszteli állataikat annak érdekében, hogy a gyengén immunogén terápiás célpontok esetén ellenanyagot tudjanak fejleszteni.

– *Több tudományterület kutatóinak összefogására és pénzre volt szükség ahhoz, hogy eredményes kutatómunkát folytathassanak...*

– A transzgenikus egereket korábbi munkahelyemen, a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Élettani és Biokémiai Tanszékén dolgozó munkacsoportommal és a Mezőgazdasági Biotech-

nológiai Kutatóközpontból Bősze Zsuzsanna munkacsoportjával közösen hoztuk létre egy OMFB pályázat (Biotechnológia 1605/2002) révén. A transzgenikus egereket azután az Eötvös Loránd Tudományegyetem Immunológiai Tanszékén jellemeztük, és itt ismertük fel a szervezetükben zajló fokozott immunválaszt is. Ennek kapcsán tettük meg a szabadalmi bejelentést, amelynek tulajdonosa az ELTE és MBK. Bősze Zsuzsannával megalapítottuk az ImmunoGenes Kft-t, ami kizárólagos hasznosítási jogot kapott a két intézettől találmányunk hasznosítására. Az ötlet gazdasági hasznosítására több hazai és külföldi befektetőt tudtunk meggyőzni, illetve olyan nemzetközi szakemberekből álló menedzsmentet hoztunk létre, amely jelentős szakmai tapasztalattal és kapcsolatrendszerrel rendelkezik a biotechnológiai start-up cégek irányításában. Elnyertünk egy konzorciális NKTH pályázatot transzgenikus nyulak kifejlesztésére (OM-00117-00120/2008), illetve a Tg-nyulak ellenanyag-termelését egy speciális termék kapcsán is igazoltuk (KMOP-1.1.4-11/B-2011-0226). Az FcRn fokozott kifejeződésének pontos hatásmechanizmusát egy jelenleg is futó OTKA pályázat támogatja (K101364).

– *Milyen további kutatási terveik vannak?*

– Transzgenikus egereinket máris több olyan gyógyszeripari vállalat teszteli, amelyek humán terápiás ellenanyagot fejlesztenek, ilyen a Bristol-Myers Squibb, Amgen. Az eddigi eredmények alapján bízunk abban, hogy a továbbiakban a mi állatainkat is alkalmazzák a fontos terápiás fejlesztések során. Nagy az érdeklődés a transzgenikus nyulak iránt is, amelyeket reményeink szerint a közeljövőben tesztelnek majd szintén terápiás monoklonális ellenanyag-fejlesztés (ma már a nyulakból is lehet monoklonális ellenanyagokat előállítani), valamint kutatási reagensek előállítása céljából.

Az elmúlt hónapokban cégünk, az ImmunoGenes Kft ezekre a transzgenikus egerekre és nyulakra alapozva megindította a saját ellenanyag-fejlesztési tevékenységét. Egyfelől kutatóintézetek, például az MTA Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet, illetve cégek számára állítunk elő ellenanyagokat, másfelől kutatási együttműködésben terápiás ellenanyagok előállítását kezdtük meg a New York University-vel.

A skót Roslin Intézettel közösen FcRn transzgenikus juhok létrehozásán dolgozunk, amelyek az egerekhez és nyulakhoz hasonlóan fokozott hatékonysággal termelnek majd ellenanyagokat.

*Az interjút készítette:*  
KAPITÁNY KATALIN

## MOZGÓ DŰNÉK A MARSON

A NASA Mars Reconnaissance Orbiter űrszonda felvételei alapján a közelmúltban kimutatták a Mars dűnéinek vándorlását. Korábban úgy gondolták, hogy a Mars ritka légköre nem tud elegendő erőt kifejteni a nagy tömegű homok mozgásához. Most ez a feltevés megdőlni látszik. A kutatók az űrszonda nagy felbontású kamerája által a Mars egyenlítője közelében fekvő Nili Patera terület homokdűnéiről 105 nap különbséggel készített két felvételt hasonlítottak össze. Megállapították, hogy a dűnéken megfigyelhető „fodrozódások” 105 nap leforgása alatt több méterrel elmozdultak. Ebből kiszámították, hogy maguknak a dűnéknek az átlagos vándorlási sebessége 0,1 méter/(földi) év. Ez 10–100-szor kisebb a hasonló magasságú földi dűnék mozgási sebességénél, de az egységnyi idő alatt egységnyi távolságra továbbított anyag tömege nagyjából ugyanakkora, mint az antarktiszi Viktória-völgy dűnéi esetében.

Az eredmény szerint tehát a Mars szelei elég erősek ahhoz, hogy a felkavart homokszemcséket nagy távolságra továbbítsák. A marsi kisebb felszíni nehézségi gyorsulás következtében a felkapott szemcsék magasabbra emelkednek és hosszabb ideig maradnak a levegőben, mint a Földön, emellett nagyobb sebességre tesznek szert. Ezért a felszínbe csapódva újabb homokszemcsék magasba emelkedését segítik elő. Következésképpen a Marson a mérsékelt erjű szelek is elegendőek a dűnék mozgásban tartásához. Ebből az is következik, hogy a Nili Patera dűnevidéke mintegy 10 000 év alatt alakulhatott ki, ellentétben azzal a korábbi vélekedéssel, miszerint a Mars dűnevidékei a bolygó történetének egy jóval korábbi szakaszában jöttek létre, amikor a Mars légköre még sokkal sűrűbb volt a mostaninál. A dűnék vándorlására talált magyarázat segíthet a Marson kialakuló globális porviharok létrejöttének megfejtésében is. (*Sky and Telescope*, 2012. szeptember)

## HIÁNYZÓ LÖKÉSHULLÁMFRONT

A NASA IBEX (Interstellar Boundary Explorer, csillagközi határfelületet kereső) űrszondájának mérései szerint a Nap nem mozog elég gyorsan a csillagközi térben ahhoz, hogy a teret kitöltő ritka gázban lökeshullámfront alakuljon ki. A kutatók eddig biztosak voltak benne, hogy létezik ez a lökeshullámfront, így az új felfedezés több évtized kutatásait helyezi új megvilágításba. Technikai értelemben azt a felületet tekintjük a Naprendszer határának, ahol a napszél és az általa létrehozott mágneses buborék, az úgyneve-

zett helioszféra beleütközik az ugyancsak mágneses csillagközi anyagba. Minthogy a két mágneses tér iránya nem esik egybe, ezért határfelület alakul ki. A kutatók eddig úgy gondolták, hogy a Nap szuperszonikus sebességgel mozog a környezetéhez képest, ezért a csillagközi anyagba behatoló helioszféra lökeshullámfrontot alakít ki maga előtt. A legújabb mérések szerint azonban a Nap sebessége csak 84 000 km/óra, vagyis 12%-kal alacsonyabb az Ulysses űrszonda mérései alapján feltételezetténél. Az alacsonyabb sebesség azt jelenti, hogy a helioszféra nem szuperszonikus repülőgéppé, hanem hajó módjára nyomul előre a csillagközi közegben. Ezért nem lökeshullámfront, hanem csak sűrűségi hullám alakul ki a helioszféra határán, vagyis olyan tartomány, ahol a gáz sűrűsége csak kis mértékben nő meg. A Naprendszer peremvidékéről alkotott képünk újrajrészlete az új felfedezés fényében a közeljövő feladata. (*Sky and Telescope*, 2012. szeptember)

## FÉMEKBEN SZEGÉNY CSILLAGOK BOLYGÓI

Az exobolygókat tanulmányozó csillagászok megállapították, hogy a négy földtámmérőnél kisebb bolygók a legkülönbözőbb nehézelem-tartalmú csillagok körül kialakulhatnak, még olyanok körül is, amelyek a Napnál négyszer kevesebb héliumnál nehezebb elemet tartalmaznak (a csillagászok ezeket az elemeket összefoglalóan nemes egyszerűséggel „fémeknek” nevezik). Az eredmények ellentmondanak az elmúlt két évtized megfigyeléseinek, amelyek szerint a fémekben gazdag bolygók körül nagyobb valószínűséggel alakulnak ki bolygók, különösen a Jupiterhez hasonló gázóriások. Ez utóbbi megállapításnak azonban az új eredmények sem mondanak ellent. Bár a kutatók megállapították, hogy a kisméretű bolygók a legkülönbözőbb fémtartalmú csillagok körül keringhetnek (amelyek átlagos fémtartalma a Napéhoz közel esik), a gázóriások csillagainak ezzel szemben az átlagos fémtartalma mintegy 40%-ban meghaladja a Napét.

A fémek többnyire a csillagok belsejében keletkeznek. Minthogy a csillagok és a bolygók ugyanabból a gázfelhőből keletkeznek, ezért a csillagászok feltételezték, hogy a korai, fémekben szegény csillagoknak valószínűleg nem voltak bolygói. A bolygók csak később jelenhettek meg, amikor a csillagokban már elég szén, szilícium és oxigén termelődött – vagyis rendelkezésre álltak a kőzetbolygókat felépítő leggyakoribb elemek. Ha viszont a kisebb bolygók létrejöttéhez nincs szükség magas fémtartalomra, akkor a bolygók kialakulása a feltételezetténél hamarabb in-

dulhatott meg a Tejútrendszer történetében. Ez azt jelentheti, hogy összességében több bolygó van a Tejútrendszerben, egyúttal több olyan, amelyen elég hosszú idő állt rendelkezésre a magasabb rendű élet kialakulásához. A kutatók 226 bolygót vizsgáltak meg, amelyek mindegyikét a Kepler-űrszonda fedezte fel. Többségük 0,5 cse-nél közelebb kering csillagához. Sok csillag esetében azonban az ilyen közel keringő bolygók már a lakható zónán belül tartózkodnak. Mindamelllett, a kutatók bíznak benne, hogy „lakható” bolygók fedezhetnek fel. (*Sky and Telescope*, 2012. szeptember)

## RENDKÍVÜLI ŐSTEKNŐS-LELŐHELY KÍNÁBAN

Magyar kutató is részt vett egy ritka őslénytani lelőhely kutatásában. Rabi Márton egy német-kínai kutatócsoport tagjaként tanulmányozta az ÉNy-kínai Turfánmedence „Mesa Chelonia” névre keresztelt lelőhelyének páratlan leletanyagát. Az összes mai teknőscsoport ősei a jura időszakban alakultak ki, viszont eddig nagyon ritkák voltak a jura leletek. A mintegy 1800 középső-jura példányt szolgáltató kínai lelőhely ezért egyedülálló lehetőséget kínál a teknősök korai evolúciójának vizsgálatára. Ráadásul itt a példányok jelentős része szinte hiánytalan, teljes csontvázakból áll. A maradványok az Annemys nemzetség egyetlen fajához tartoznak.

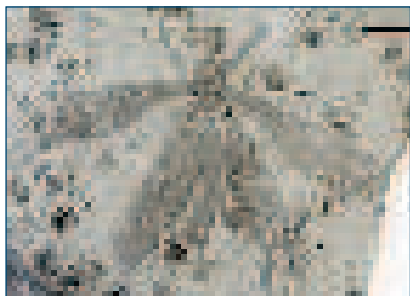


Az ősmaradványok egy 10–20 cm vastag rétegben fordulnak elő, amelyek oldalirányú kiterjedése maximum 100 méter. A teljes csontvázak még ennél is kisebb területre koncentrálnak. Helyenként 36 teknős fordul elő egyetlen négyzetméternyi területen. Mintegy 160 millió évvel ezelőtt szezonálisan kiszáradó tavak és folyók borították a vidéket. A szárazság idején a teknősök összegyűlekeztek azokon a területeken, ahol maradt valamennyi víz egyes mélyedésekben. Amikor azonban ezek a részek is kiszáradtak, akkor valamennyi teknős ott helyben elpusztult. A később érkező monszunszerű esőzés betemette a példányokat, sőt még össze is sodorta a maradványokat. (*Naturwissenschaften*, 2012. november)



## JURA IDŐSZAKI MIMIKRI

Nem újdonság a kutatók számára, hogy a rovarok és a növények esetenként rendkívül hasonló megjelenésűek, mind a recens, mind a fosszilis fajok esetében. A mimikri elsősorban a védekezést szolgálja a ragadozók ellen. A közelmúltban egy 165 millió éves, 38 mm hosszú skorpió-légy fossziliájára bukkantak a paleontológusok Belső-Mongóliában, amely annyira hasonlított a gazdanövényhez, hogy kezdetben a páfrányfenyő egyik levelének vélték a kínai szakemberek. A skorpiólégy elnevezés arra utal, hogy a hímek potrohának utolsó szelvénye a skorpiók méregtüskéjéhez hasonlóan felfelé hajló kampóban végződik. A Juracimbrophlebia ginkgofolia egy nagy kiterjedésű, sekély tő erdőkkel és cserjékkel borított partvidéken élt 165 millió évvel ezelőtt.



A tülevelűek, a páfrányfenyők és a zsurlók jól alkalmazkodtak a szezonális, száraz éghajlathoz. A kiterjesztett szárnyú légy a mára kihalt Yimaia capituliformis nevű páfrányfenyő őtágú leveleihez hasonlított. Ez a mimikri nagyon fontos lehetett számára, hiszen nagy természetével és gyenge szárnyaival ideális zsákmányt jelentett a ragadozók számára. A skorpiólégy cserébe valószínűleg megtisztította a növényt a leveleit rácsáló rovaroktól. A lelet jelentőségét az adja, hogy az eddig ismert fosszilis rovar mimikri elsősorban virágos növényekhez, vagyis a zárvatermőkhöz kapcsolódtak az elmúlt 100 millió évben képződött leleteknél. A kínai maradvány azt bizonyítja, hogy ez az alkalmazkodás a páfrányfenyőknél már jóval azelőtt kialakult, hogy a virágos növények egyáltalán megjelentek volna. (PNAS, 2012, november)

## MEGFEJTETTÉK A TEA JÓTÉKONY HATÁSAINAK TITKÁT

Az már régóta ismert, hogy a teában rengeteg, a szervezetre jótékony hatású vegyület van. Az viszont, hogy ezek a vegyületek miképpen fejtik ki hatásukat, ez idáig feltáratlan maradt. Német kutatók sejtenyészeteket vizsgálva derítették



fényt a tea hatóanyagainak működése hátterében meghúzódó folyamatokra.

Mind a zöld, mind pedig a fekete tea körülbelül harmincezer féle hatóanyagot tartalmaz, amelyek közül számtalanról bizonyított, hogy például csökkentik a szív- és érrendszeri betegségek kialakulásának valószínűségét, vagy például enyhítik a gyulladást. Ezek a hatóanyagok in vitro, azaz sejtkultúrában mesterségesen fenntartott sejtek esetében a sejtmagban akumulálódnak. A sejtmag tartalmazza többek között az örökítő anyagot, azaz a DNS-molekulákat. A német tudósok azt vizsgálták, hogy a mesterségesen fenntartott sejtkultúrákat teakivonattal kezelve, milyen szerepe lehet a felgyülemelő hatóanyagoknak a sejtmagban?

A kutatók azt találták, hogy a tea hatóanyagai a sejtmagban a DNS úgynevezett telomer régiójához kötődnek. A telomer régió védi a DNS-molekulákat a lebomlástól. A teában található hatóanyagok közül kettő kötődik a telomerekhez, stabilizálva azokat, azaz plusz védelmet adva az örökítő anyag számára.

Az emberi szervezetben a tea hatóanyagai kismértékben szívódnak fel, és azok gyorsan le is bomlanak. Az, hogy ezek a hatóanyagok vajon az emberi sejtek magjában is felgyülemel-e a szervezetben belül, egyelőre nem ismert. A kutatók ezért most speciális, teás diétát tartó önkéntesek vizsgálatát is tervezik. (www.rsc.org, 2012. november 14.)

## HA A NAP GYENGÜL

Hogyan függ össze a csökkenő naptevékenység és az éghajlatváltozás? A potsdami Német Földkutatás Központban sikerült a két tényező kapcsolatát ugyanabban az üledékanyagban kimutatni.

Achim Brauer kutatócsoportja az Eifel-hegységben egy vulkanikus tó üledékéből vett mintákat vizsgálta. A tóban az üledék évszakok szerint rétegződve rakódott le, ami lehetővé tette a rövid lejáratú éghajlatváltozások rekonstrukcióját. Az derült ki, hogy 2800 évvel ezelőtt különösen alacsony volt a Nap aktivitása. Ennek következtében az éghajlat hidegebbre, nedvessebbre és szelesebbre fordult. Brauer ezt azzal magyarázza, hogy a troposzférikus

szélrendszerek erősödése oksági kapcsolatban van a sztratoszférában lejátszódó folyamatokkal, amiket viszont erősen befolyásol a szoláris ultraibolya-sugárzás. Brauer szerint ez a mechanizmus magyarázza, hogy a Nap sugárzásának ingadozása miatt okoz legalábbis regionális éghajlatváltozásokat.

A kutatóknak nem áll szándékukban eredményeiket a naptevékenység mostani ingadozásának lehetséges következményeire is kiterjeszteni, mert a klímaváltozásra az emberi tevékenységnek is komoly hatása van. Brauer most a napsugárzás különböző hullámhosszú összetevőinek hatásmechanizmusát vizsgálja. Csak ezek ismeretében lehet majd tudományosan megalapozott előrejelzést tenni a legközelebbi szoláris minimum éghajlatunkra gyakorolt hatásáról. (Bild der Wissenschaft, 2012. 10. szám)

## ÁSÍTÁS AZ ANYAMÉHBE

Ultrahangfelvételek bizonyítják, hogy az ember már magzatkorában jellemző módon nyitja száját. Ezt már korábban is megfigyelték, eddig azonban még tisztázatlan maradt, hogy ennél a viselkedésnél ásitásról vagy a száj egyszerű kinyitásáról van szó. A közelmúltban ennek tisztázására célzott vizsgálatokat végeztek.

Kutatók 15 magzat ultrahangvizsgálata során készített videofelvételeket értékelték. A 20 perces felvételeket minden magzat esetében 4 fejlődési stádiumban, a 24., 28., 32. és 36. terhességi héten készítették, melynek során célzottan a szájmozgásra koncentráltak.

A megfigyelések bizonyították, hogy az ásitás egyértelműen elkülöníthető a sima szájnýtástól. A szájnýtás kezdetétől a maximális szájnagyság eléréséig és az azt követő szájjárásig eltelt idő nagyon jellemző az ásitásra. Az ásitási gyakoriság átlaga kb. 6 ásitás óránként. A 24. terhességi héten megfigyelt szájnýtások több mint fele ásitás. A 28. terhességi héttől az ásitások gyakorisága valamelyest csökken.

Az ásitás oka ugyanakkor nem tisztázott. Hiszen az ásitás ugyan az emberi viselkedés magától értetődő része, viszonylag tisztázatlan, mire szolgál az ásitást kísérő kényszerű szájnýtás. Jelen vizsgálat nem ad választ erre a kérdésre, bizonyítja ugyanakkor, milyen mélyen gyökerezik ez a viselkedésünk. Ismeretes, hogy a 24. terhességi héten kezdődik a magzatnál az idegi fejlődés, amelyen az ásitás is alapul. A kutatók szerint az ultrahangvizsgálat során a magzatnál észlelt ásitást az egészséges fejlődés jeleként is értékelhetjük. (www.bdw.de 2012. november 21.)

SZIMULÁLT AGY

Kutatók számítógépes modell segítségével próbálnak meg rájönni a központi idegrendszer működésére. Az emberi agy idegsejtjeihez hasonlóan a szimulált agy (SPAUN) virtuális idegsejtjei is különböző működési területekre oszlanak, különböző feladatokat kell elvégezniük: képingereket feldolgozni, memorizálni, mozgást irányítani. A különböző működési területek virtuálisan egymással összeköttetésben állnak, s kommunikálnak is egy, az idegi transzmitterek szerepét betöltő rendszeren keresztül. Az agy szimulálására már korábban is történtek kísérletek, de még egyszer sem sikerült ingerekkel olyan komplex viselkedési módokat kiváltani, mint a SPAUN-nál. A SPAUN ugyanis „gondolkodik”.

A virtuális agy megérti a képinformációt, megjegyez jeleket és virtuális karjával még feladatok eredményeit is le tudja írni. Például a SPAUN „látja” a következő számsort: 1, 2, 3 és 5, 6, 7. Majd a virtuális agy azt a feladatot kapja, hogy a 3, 4, ? sorban a logika alapján a kérdőjel helyét egészítse ki. Rövid gondolkodási időt követően a SPAUN egy 5-ös számot „ír” a rendszer virtuális táblájára. A kutatók elmondása szerint különösen izgalmas, hogy a virtuális agynak még emberi gyengeségekre való hajlama is van: egy számsorban az első és az utolsó számot könnyebben megjegyzezi, mint a középsőt.

A modell az IQ-teszt néhány feladatánál hasonlóan jó eredményt ért el, mint az emberek. Az emberi agynak azonban még töredékében sem jelent konkurenciát: nem rendelkezik – legalábbis eddig – az emberi agy alkalmazkodó-képességével, és nem képes új képességeket elsajátítására. Ugyanakkor új lehetőséget, ötletet adhat az emberi gondolkodás biológiai alapjainak vizsgálatához. Az azonban, hogy a komplex értelem, sőt tudatunk a kereken 86 milliárd emberi idegsejtből hogyan tevődik össze, valószínűleg még sokáig rejtély marad. (www.bdw.de. 2012. november 30.)

FEBRUÁRI SZÁMUNK TARTALMÁBÓL

Dinnyés András – Rzepl Andrea – Vas Virág:

Orvosi Nobel-díj, 2012

Schewing István: A mikrobák védelmében

Küttel Ágnes: Beszélgetés Marsha Ivins amerikai űrhajóssal

Wészely Tibor: A hiányzó Bolyai-kép

Kalotás Zsolt: Fiatal természetfotósok

Albert Gáspár: A Kópataak völgye

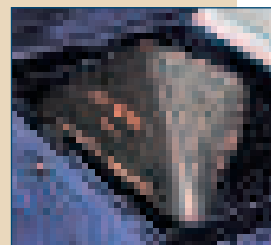
Szili István: Gombák télen

Farkas Csaba: Személyre szabott gyógyítás

Abonyi Iván: A fizikai megismerés kalandjai

Gitár és asztrofizika

Az Akadémia Kiadó nívódíja  
A fizika kultúrtörténetének



Az Akadémiai Kiadó nívódíjait ünnepélyes keretek között Paládi-Kovács Attila, az MTA Könyv-és Folyóirat Bizottságának elnöke adta át 2011. november 14-én az MTA könyvtárában.

A tudományos osztályok jelölései alapján tizennégy kiadvány, illetve szerző valamint három folyóirat részesült nívódíjban, köztük Simonyi Károlynak, a Természet Világa egykori szerkesztőbizottsági tagjának *A fizika kultúrtörténete* című monumentális műve.

Simonyi Károly könyve először 1978-ban látott napvilágot. A mű eddig csaknem száz-ezer példányban fogyott el és nemrégiben jelent meg az 5. bővített, magyar nyelvű kiadása az Akadémiai Kiadó gondozásában. A 2001-ben elhunyt Simonyi Károly utóljára egy német kiadás számára dolgozott könyvében, s az akkor keletkezett szövegrészek már a XX. század utolsó évtizedét is átfogták. Az így kibővített kiadás révén ezek a részletek csak most jutottak el a magyar olvasókhoz Patkós András fordításának köszönhetően.

Ez a kötet 2012-ben megkapta Akadémiai Kiadó nívódíját. Az ünnepségen elhangzott méltatás szerint: „Az izgalmas történetet, a mérföldköveket jelentő kísérletek, elméletek és bizonyítások könnyen érthető leírásán túl a fizikával sokszor szorosan összefonódva kibontakozó egyetemes bölcsélet és művészet alkotásaiból választott szemelvények illusztrálják. A mű népszerűségét az adja, hogy mindenki, aki a kultúra értékei iránt fogékony, értékes olvasmányként forgathatja.”

A nívódíjat Simonyi Tamás, a szerző kisebbik fia vette át, akinek néhány rövid kérdést tettünk fel.

– *Olvasók nevében is megköszönjük mindazt a munkát, amit A fizika kultúrtörténete érdekében tettek. Mit jelent az Önök számára ennek a hagyatéknak a gondozása?*

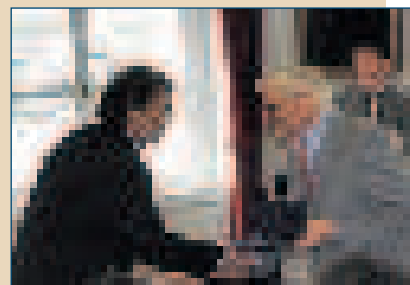
– Mindenképpen nagy örömet jelent, hogy még annyi év után is ilyen nagy sikere van Édesapám könyvének. Nem is álltunk meg a magyar és a német kiadásoknál, hanem bátyám, Charles Simonyi közreműködésével létrejött az angol nyelvű kiadás, amelyet tulajdonképpen az egész művelt világnak szántunk. Az angol a modern világ eszperantója, így a könyv az egész világon mindenkire eljuthat, aki bírja az angol nyelvet. Bátyám tulajdonképpen az egyetlen olyan személy, akinek a felügyelete alatt jó minőségű angol fordítás készülhetett, hiszen egyedül ő volt az, aki egyrészt nagyon jól ismerte a szerző eredeti szándékait, másrészt felül tudta bírni a különböző félreértésekből eredő fordítási hibákat. Kijavította a németből angolra fordítás során adódó félreértéseket, három évig dolgozott rajta, nagyon szorgalmasan. Számos visszajelzést kapott már különböző angolszász országok oktatási intézményeiből, ahol várják a műnek az elektronikus változatát is, hogy fölhasználhassák az oktatásban. Ebben az elismerésben sok ember munkája is benne foglaltatik. Elsősorban Csurgayné Ildikó szerkesztőnek és az Akadémiai Kiadónak, a nyomdának és mindenkinek, aki ezzel dolgozott, köszönjük az új kiadás érdekében tett erőfeszítéseiket.

– *Mit gondol, ugyanolyan lehet az angol nyelvű kiadás célközönsége, mint az itthoni?*

– Nem tudom, van-e olyan, hogy célközönség, mert, ahogy a játékokra ráírják, hogy 9-től 99 éves korig, tulajdonképpen erre is rá lehetne írni, hiszen képeskönyvként egy érdeklődő kisdíák is lapozgathatja. Ez egy olyan könyv, amit általában nem az első oldalról az utolsóig haladva olvasnak, hanem bele-bele lehet olvasni, és mindig talál benne az ember újabb és újabb gondolatokat, érdekességeket. Például a bátyám a twitteren közli a nagyszámú közönségével, követőivel, ha egy ilyen mondatra lel.

– *Önöknek, az utódoknak előny vagy hátrány volt a Simonyi név? Az, hogy egy ilyen kiemelkedő személyiség árnyékában (vagy fényében) nőttek fel és tevékenykedtek?*

– Mindenképpen előnynek érzem. Az elvárások biztos nagyobbak voltak velünk szemben. Bár a bátyámmal szemben nem, hiszen ahol ő folytatta a felsőfokú tanulmányait, ott nem annyira volt ismert a Simonyi név. Bennem volt egy kis félelem, ezért eleve más pályát választottam. Építőmérnök vagyok, engem valahogy nem vonzott a villamosmérnöki pálya. Időben fölmértem, hogy fizikusként az Édesapám teremtette nagy elvárásoknak biztos nem tudnék megfelelni.



Simonyi Tamás átveszi édesapja nívódíját

TRUPKA ZOLTÁN

# Orvosszemmel

## Mágneses őssejtek

Párizsban *Philippe Menasche* és munkatársai évek óta foglalkoznak az elpusztult szívizomsejtek őssejtekkel történő kezelésével. Állatkísérleteikben azt tanulmányozták, hogyan lehetne a szívinfarktus következtében elpusztult sejtszövetet őssejtekkel pótolni. Előző kísérleteik azt jelezték, hogy a véráramba bejuttatott őssejtekből nagyon kevés épül be a szívizom azon helyére, ahol ténylegesen szükség volna rájuk. Úgy vélték, ha sikerülne az őssejteket mágnesessé tenni, a szív fölé bevarrt mágnes odavonáná a sejteket, ahol az elhaltakat pótolni kellene. A patkányszív egy-egy koszorúérének lekötésével szívinfarktushoz hasonló helyzetet hoztak létre, és a mellkas bőre alá, a szív fölé kis mágneset varrtak, majd beadták a különleges őssejteket.

Az őssejtek azért voltak különlegesek, mert vas-oxid nanorészecskékkel mágnesessé tették őket. A kísérleti állatok szívét egy nap múlva tanulmányozták az egyik legérzékenyebb vizsgálati technikával, a mágneses rezonancia képalkotással. Ez

bizonyította, hogy a mágnesessé tett őssejtek a külső mágnes hatására tízszer nagyobb mennyiségben jutottak el a szív azon területére, ahová a kutatók beültetni kívánták.

A munkacsoport, amelynek tanulmányát a Cell Transplantation legújabb száma közölte, hangsúlyozta, hogy további vizsgálatokra van szükség. Mivel ebben az első kísérletben aránylag kevés sejtet adtak be, ezért nagyobb adaggal a hatás valószínűleg növelhető. Ha igazolták, hogy a módszernek nincs hátránya, viszont segíti az elhalt szívizom gyógyulását, elindulhatnak az emberen történő vizsgálatok is.

## Nem mindegy, hogyan iszunk

Sokan a mindennapi ebédhez vagy vacsorához isznak valamilyen szeszesitalt, de főleg a mai fiatalok körében eluralkodott az ivásroham, amikor csak a hétvégén isznak alkoholt, de akkor annyit, amennyit csak bírnak. Ha valaki mértékletesen iszik valamilyen szeszt, gyakran nemcsak úgy érzi, hanem ténylegesen szelleme-sebb, gyorsabb észjárású is lesz. Több tudományos tanulmány is bizonyította agyunk képességei és a szeszívás közötti kapcsolatot, de kimutatták a súlyos alkoholiztás elbutulását is.

Nem véletlen, hogy az alkohol elfogyasztásának módja és az agyi teljesítmény közötti kapcsolattal foglalkozó újabb vizsgálatok eredményeit a nemzetközi Alzheimer Társaság idei kongresszusán ismertették. *Lang A. Ian* és munkatársai az angliai Exeteri Egyetemen foglalkoztak ezzel a kérdéssel. „Az emberek azt tartják mértékletes ivónak, aki heti hét italt tölt magába, de nem gondolnak arra: ez úgy is lehetséges, hogy nem minden főétkezéshez iszik egy pohárral, hanem a hét pohár szeszt gyors ütemben, szombaton vedeli be. A hatás azonban rendkívül különböző” – hangoztatta a munkacsoport vezetője.

Az angol kutatók amerikai nyugdíjasok vizsgálatának eredményeit elemezték. A 65 évesnél idősebb emberekből 5075 személy pontos életmódi adatait emelték ki és alkoholfogyasztási szokásaikat nyolc éven át követték. Azokat tekintették rohamivónak, akik egy alkalommal legalább négy italt magukba döntöttek.

Az idős amerikai férfiak között nyolc százalék ivott havonta egyszer ilyen módon, a nők között ezek aránya másfél százalék volt. Fele ennyi volt azok száma, akik ezt havonta legalább kétszer megtették.

Az iskolázottság, a jövedelem és számos egyéb, társadalmi jellemző figyelembe vétele után a számszerű értékelés azt bizonyította, hogy a rohamivók agyi képessége tíz százalékkal nagyobb mértékben romlott, mint az ugyanennyit mértékletesen ivóké. A memóriájuk két és félszer lett rosszabb a nyolc év alatt.

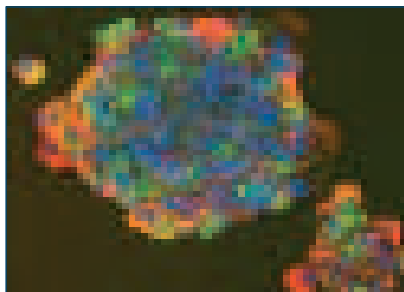
## A nanotechnológia új orvostudományi lehetősége

*Giordana Vitaliano*, a McLean Kórház agyi képalkotással foglalkozó nanotechnológiai csoport vezetője és munkacsoportja a klatrin nevű fehérjét tanulmányozták, mely mind az emberi, mind az állati, sőt a növényi és a baktériumsejtekben is megtalálható. A klatrin olyan szállítómolekula, mely igen különböző anyagokat juttat át a biológiai sejtfalakon. Mind a vizsgálati technikák, mind a gyógyítási lehetőségek fontos tétele, hogy változás nélkül vigyenek különböző anyagokat a vér-agy gáton át. A kutatóknak már sikerült klatrin nanorészecskék segítségével állatokban keresztüljuttatni a vérből az agyszövetbe különböző anyagokat.

Igen ígéretes lehetőség a klatrinnanorészecskék használatára a mágneses rezonancia képalkotás. Annak érdekében, hogy minél jobb képeket kaphassanak az orvosok a diagnosztizáláshoz, gadolinium kontrasztanyagokat alkalmaznak az eljárás során. A munkacsoport igazolta, hogy a gadolinium klatrin nanorészecskék segítségével nyolcezerszer jobb minőségi felvételeket kaptak, mint a jelenleg engedélyezett kontrasztanyaggal, a gadopentát dimegluminnal. „Ez azt jelenti, hogy a jó minőségű mágneses rezonancia képekhez nyolcezerszer kevesebb gadoliniumra van szükség. Ezzel a módszerrel lényegesen kisebb esélye van a kontrasztanyag okozta toxicitásnak, mint a korábbi változat esetén, és ez igen nagy eredmény” – hangsúlyozta Vitaliano professzor.

A tisztított klatrin nanorészecskék a diagnosztikus kontrasztanyagok szállításán túl ígéretes lehetőséget jelentenek a gyógyszer-molekulák agyszövetbe juttatására is.

Forrás: *Weborvos*



# Egy reneszánsz tudományos életpálya krónikája

BENCZE GYULA

**K**iemelkedő és sikeres tudósok, feltalálók gyakran írnak visszaemlékezéseket, amelyek áttekintik pályájuk számukra legemlékezetesebb és legörömtelibb momentumait és felidéznek azokról a körülményeiről. Ilyen munkának indult Gyulai József akadémikus *Iffan – Éretten – Éltesen* című műve, amely azonban rendhagyó több tekintetben is.

Gyulai József akadémikus a magyarországi műszaki fizikai kutatások egyik kiemelkedő egyénisége. Szakterülete a félvezetők fizikája, valamint a modern anyagtudomány és nanotechnológia. Nevéhez fűződik a félvezetőkön és vékonyrétegeken alkalmazott ionimplantációs eljárások hazai meghonosítása, valamint neki is köszönhető, hogy az ionimplantációs adalékolás a fizikai tudomány kísérleti eszközből a félvezető-technológiában ipari eljárás lett.

A mű első felében Gyulai József professzor kollégája, Tóth László, a Debreceni Egyetem tanára, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány Logisztikai és Gyártástechnológiai Intézetének korábbi igazgatója kérdéseire válaszolva idézi fel pályájának mozzanatait szinte „*nanoskálán*” személyes, azonban rendkívül szemléletes módon, hogy az olvasó szinte maga előtt látja az felidézett szereplőket, körülményeket és történelmi időket. A könyv fennmaradó része dokumentálja szinte egy személyzeti anyag pontosságával és részletességével a szerző életét, tudományos munkásságát, valamint egy terjedelmes fotógyűjteményt a visszaemlékezésekben szereplő személyekről, eseményekről és helyszínekről.

Erről az Epilógusban a következőket jegyzi meg: „*A Függelékben szereplő dokumentumok válogatását aszerint végeztem, hogy melyek okoztak különös örömet – ez nem jelenti azt, hogy a 'hivatalos' kitüntetésemre ne lennék büszke, de például az utódom által meglepetésként szervezett nemzetközi szimpózium, ahová jó néhány szakmai barátom is eljött – a saját költségén, nagyon messziről is – az életem egyik csúcspontjává vált. Ezért is tettünk be képeket az eseményről és az én köszöntőszavaim föléit.*”

Gyulai József sokat szerepelt már a médiában is, rendhagyó életpályája miatt. Sokat is lehet tudni róla, köszönhetően annak, hogy személyében ötvöződik a professzionális szintű természettudományos műveltség, valamint a zenei és humán tanulmányoknak eredményeképpen kialakult művészeti kreativitás – zenei, zeneszerzési és karmesteri tanulmányok után váltott a matematika és fizika megszokottabb területeire. Ez a visszaemlékezés azonban a Gyulai professzort már ismerők részére is tartalmaz újdonságokat, vagy részletesebben megvilágít egyes mozzanatokat.

Azok kedvéért, akik csak keveset tudnak Gyulai Józseféről, a könyv elolvasása előtt röviden annyit, hogy polgári családban nőtt fel, végzetes munkaszolgálatába bevonuló apja édesanyját arra kérte: „*Jóskának mindent adj meg, kiváltképpen a nyelvtudást!*” Ennek megfelelően, ahogy visszaemlékszik: „*Hároméve-*

*sen már osztrák nevelőnőm volt, 5–6 évesen kezdtek el angolra taníttatni, egy nyáron elküldtek Szlovákiába nyelvet tanulni, szóval 9 évesen már több nyelven beszéltem*”. Hódmezővásárhelyen, a híres Bethlen Gábor Gimnáziumban tanult, ahol tanára volt Németh László is. A gimnázium mellett zongorázni is tanult, valamint a szegedi Konzervatóriumban zeneszerzés szakra is járt. Felvételt nyert a budapesti Zeneakadémiára is, mivel karmester is szeretett volna lenni. A körülmények szerencsétlen (?) összejátszása miatt végül a szegedi tudományegyetem matematika-fizika szakára jelentkezett és szerzett tanári diplomát. Régi alma materében is tanított, majd Budó Ágoston fizikaprofesszor tanácsára a szegedi egyetemen a félvezetők kutatásával kezdett foglalkozni. Egy szentpétervári (leningrádi) és amerikai (kaliforniai) tanulmányút során kapcsolatba került a tudományterület vezető tudósaival és hamarosan a szakma kiemelkedő kutatójává vált. Itt most nincs mód e diadalút részletes ismertetésére, ami Széchenyi-díjhoz és akadémiai tagsághoz vezetett, ehhez el kell olvasni a könyvet.

Tóth László a következő rövid kérdéssel kezdi a dialógust: „*Kedves Barátom, Professzor Úr, Te, mint természettudós, biztosan el tudod fogadni azt, hogy az 'élet' mindig valahol, valahogyan, valamilyen körülmények között 'kezdődik' és egyszer véget is ér. Kérlek, beszélj, mesélj egy általad átélt, megélt élet kezdeteiről.*”

A rövid kérdésre hosszú válasz következik, amely bepillantást enged egy sikeres tudományos életpálya részleteibe. Tóth László meg is kérdezi a beszélgetés folyamán: „*Kiknek is szól ez a könyv? A 'nagyközönségnek' vagy a 'vájtfülűeknek'? Szerintem mindkét tábornak. Kérlek, mesélj most valamit a 'vájtfülűeknek'.*”

A könyvhöz rendhagyó módon tartozik egy audio-CD is, amelyről a szerző az Epilógusban a következőket mondja: „*Az, hogy a pályám kanyargósan indult, míg végül a műszaki területen állapodott meg, juttatta eszünkbe, hogy legyen egy audio-CD melléklete is a könyvnek. Ebbe a mellékletbe bevalogatott zenei és irodalmi próbálkozásaim előadói hálás köszönet illeti, nevelik a belső borítón szerepelnek. Néhány különös történetet, verset magam mondok el.*”

Az irodalmi próbálkozások közül illusztrációként érdemes kiemelni az igen személyes hangvételű, 1958-ban született *Óda a legényéletemről* című verset, amelynek ihletője az alkotó házassága:

*Óh, te kedves kollégista lánycsapat,  
amely ablakomnál  
reggelente elhaladt  
s kacagva kacsintott  
szobám magányára fel,  
sírjatok, nem látlak már titeket.  
Óh, te kedves kék kabát,*

melynek arcát s illatát  
nem láttam és nem érezhettem én.  
csak reggelente erre járva  
ringása lett enyém.  
Sírj, nem látlak már tégedet.  
Óh, minden magányos lányok,  
kik orcátok  
párnába fűjjátok,  
hűtlen bánok véletek –  
megbocsássatok –  
és sírjatok, nem látlak már titeket.  
Ha kérditek miért,  
ha sorsom érdekel.  
megmondom: gazdaggá lettem én.  
Nem kincset, értékeket értek ezen,  
csak egy lányt,  
ki kincseket ér s megkérte kezem.

Az 1956. november 4-én bekövetkezett tragikus események Gyulait egy zenedarab megírására készítették, amely megtalálható az CD-mellékleten. A szerző által „*Marche Funebre-szerű torzónak*” minősített zenedarab évtizedekig a fiókban maradt, csak 2004-ben került először a nyilvánosság elé a Duna TV-ben. A zenemű kottáját azóta a vásárhelyi Emlékpont Múzeumban őrzik. Ezzel a megtiszteltetéssel kapcsolatban Gyulai professzor a következőket fogalmazta meg: „*Ha egyetlen kívánságom lehetne az utókortól, azt kérném, hogy ez a zene legyen és maradjon annak a nemzetvesztő napnak a szignálja ...*”.

A szerzőnek kiváló humorérzéke is van. A könyvből kiderül, hogy az érettségi után nevet változtatott. Ez a tény önmagában jelentéktelen életrajzi adat, azonban az Epilógusban erre a következő mosolyogtató magyarázat található: „*Van még egy téma, amely biztosan felvetődött benned is, Laci, meg valószínűleg a Tisztelt Olvasóban is, az pedig a nevem megváltoztatásának kérdése. Történt, hogy érettségi után, amikor már a muzsikusi pálya – előbb a zeneszerzés, de talán a karmesterség – iránt teljesen elköteleződtem, amikor az 'utcaról beesve' fel is vettek a Zeneakadémia zeneszerzés szakára, akkor állt elő édesanyám a névváltozási javaslatlaltal. Én pedig elfogadtam kívánságát, a „Gyulai” nevet. Ez a név azonban – a pár hónappal későbbi kényszerű szakmaváltásom miatt – már nem lett közömbös választás. Fizikuskörökben ugyanis nagy tisztességet és ismertséget szerzett nekem, teljesen érdemtelenül. Az emlékének, szakmai tekintélyének adózó nagy tisztelettel kell megkövetnem nagyhírű tanszéki elődömet, Gyulai Zoltán professzort emiatt. Megkövetem továbbá mindazokat, akiket a nevem megtévesztett. Gyulai Zoltán, amikor fiatalon bemutatkoztam neki, azt mondta: 'Kolléga Úr, figyelni fogom a karrierjét. Szeretném hinni, hogy meg is tette és úgy nem hoztam ségységet a nevére.'”*

A könyv elolvasásához kedvcsinálóknak még egy részlet a „*vájtfülüeknek*”, akik ismerik Pál Lénárd professzort, a KFKI egykori igazgatóját: „*Az év elején egy, a múltamból egyáltalán nem következő esemény miatt is emlékezetes. Pál Lénárdot nagyon érdekelték a tudományos szervezés amerikai módszerei. Egy nap behívtattam: „Jóska, szeretném a KFKI tudományos irányítását modern alapokra helyezni, de a sok primitív párttag le fog szavazni. Szükségem van a szavazatodra, légy szíves, lépj be a pártba.” Lebénuultam. Elképzelttem az inkriminált párttagokat, amint megkérdezik tőlem, mi tartott negyvenegy évig a közlekedésben. Otthon két hétig agonizáltunk, de Lénárd kedvéért „igen” lett a válasz. Feleslegesem, mert ő OMFb elnökké avasztált – és én ott maradtam egyszerű párttagként a szakmai munkámmal „pártmunkaként”. Kilépni azonban nem mertem.”*

Gyulai József könyvéből egy különleges tehetségű tudóst ismerünk meg, aki „*kanyargós pályán*” ugyan, de végül szakterü-

letén, a mikroelektronikában és nanotechnológiában nemzetközi szaktekintéllyé avasztált, miközben megőrizte a zenével és a költéssel való bensőséges kapcsolatát. A szerző az Epilógusban hozzáfűzi: „*Egy ilyen önéletrajzi feladat... azt a – feltehetően igaz – legendát idézi, hogy az embernek az utolsó perceiben leperreg az élete. Ennek a könyvnek az írása azért okozott szintelen felhőtlen örömet, mert azokat az emlékeket rendeztem sorba,*



amelyek mások által esetleg megérthetők, olvashatók, a saját életükkel párhuzamba állítva, arra asszociálva netán élvezetes eseményeket, humort sugallóak is.”

Az érdekes és élvezetes olvasmány több gondolatot is felidéz az olvasóban. Az idősebbek még emlékezhetnek az akkori időkre jellemző bölcs tanácsra: „*amit az ember megtanult, azt többé nem vehetik el tőle*”. Ez a tanács ma különösen aktuális, amikor az oktatás mindentudó szakértői azon vitatkoznak, mit nem kell egentül tanítani az iskolákban. Gyulai József tudományos pályafutása erre ad frappáns választ, ezenkívül illusztrációja annak a bonmot-nak: *A tehetségem nem vész el, csak átalakul.* 🐾

(Gyulai József: *IFJAN – ÉRETTEEN - ÉLTESÉN*, Technika Alapítvány, Budapest-Miskolc, 2012)

Az érdeklődők az alábbi címen juthatnak hozzá Gyulai akadémikus, korlátozott példányban rendelkezésre álló könyvéhez: MTA Természettudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet (1121 Budapest, Konkoly Thege M. út 29-33. Sass Éva, telefon: 1-392-2224, fax: 1-392-2226, email: [sass@mfa.kfki.hu](mailto:sass@mfa.kfki.hu).)

# A hazai gyermekgyógyászat megteremtője

## Schoepf-Merei Ágoston

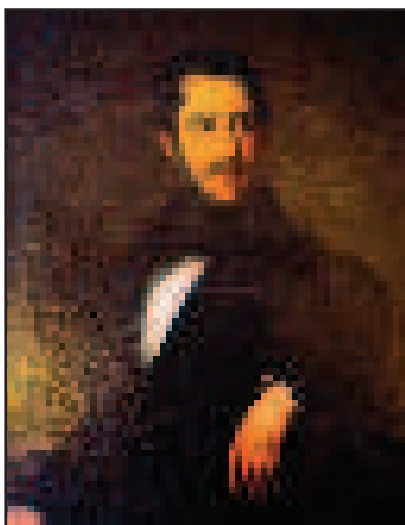
KAPRONCZAY KÁROLY

*A „Helyünk szelleme”, a múlt év januárjában útjára indított sorozatunk szerkesztőségünk szűkebb környezetének természettudományial összefonódó emlékeiről ad képet.*

A Puskin utcában, az ELTE Trefort-kertje mögött, emeletes épület látható, melynek oldalfalán emléktábla őrzi az első magyar gyermekkórháznak és alapítójának, *Schöpf-Merei Ágoston*nak, a hazai gyermekgyógyászat megteremtőjének emlékét. Az épület a nagy pesti (1838) árvíz után épült lakóház, amelynek egy részében a professzor (1839–1845 között) 12 beteg gyermek gyógyítására bérelt férőhelyet. Az utcát akkor Ötpacsirta utcának hívták, maga is itt élt, lakásának egyik szobájában volt a rendelője, itt foglalkozott tanítványaival is.

Schöpf-Merei Ágoston Győrben született 1804. szeptember 24-én. Apja molnármester volt, aki – a városi német polgárság legnagyobb erényét követve – gyermekeit taníttatta, így Ágoston fia – a győri előtanulmányok után – orvosi pályára lépett. Egy ideig tanult a közeli bécsi egyetemen is, orvosi oklevelét 1828-ban Padovában szerezte meg. Ezt követően majd hat esztendeig Bécsben gyakorló orvos volt, itt szerezte meg a kötelező sebészti szakképesítését is.

Az 1834. évi orvosképzési reform következtében a pesti egyetemen is „bevezették” a rendkívüli tanári intézményt, olyan tantárgyak esetében, amelyek még nem szerepeltek a tényleges tanrendben, de szükséges lehetett az orvosi gyakorlat szempontjából. Ilyen lett a diétetika, az orvostörténelem, az ortopédia. Ezt az új rendszert Bécsben is bevezették az orvosi karon, de Schöpf-Merei kezdettől fogva vagy ortopédiával, vagy gyermekgyógyászattal kívánt foglalkozni. Orvosi gyakorlatában sok volt a mozgásukban korlátozott vagy testi hibás gyermek, amely problémának az akkori orvosképzés nem szentelt nagy figyelmet. Amikor letelepedett Pesten, az orvosi karon ilyen szakok nem léteztek, így 1836-ban megpályázta a pesti egyetem orvostörténet rendkívüli tanár posztját. Tudta, hogy ez nem sok jövedelmet biztosít számára, így még ebben az évben megalapította Pesten az orto-



**Schöpf-Merei Ágoston**  
(ismeretlen festő alkotása)

pédiai intézetet a Dohány utcában „A Pesti orthopaedi Prívát-Intézet a mirigykór s elgörbülések gyógyítására” névvel. Az épületet valahol a mai Madách Imre tér területén állhatott, amelyet 1838-ban a nevezetes téli árvíz romba döntött. Az épületet Schöpf-Merei Ágoston vásárolta, amit az intézet sajátos céljainak megfelelően átépíttetett. Kertjében különleges gyógytornához szükséges eszközök és felszerelések voltak. Az árvíz a kórház épületét teljesen szétrombolta, Schöpf-Merei feljegyzése szerint még építőanyagot sem volt érdemes a romokból kibányászni. Nem építette újjá, hanem egy esztendő múlva megalapította a Szegénysorú Gyermek Kórházat, a már említett Ötpacsirta utca 12. szám alatt épült bérház első emeletén 12 betegágygal. Később maga is beköltözött az épületbe, földszinti lakásának ebédlőjében, jobb időjárásor a kertben tartotta egyetemi előadásait, bár hallgatóinak száma mindig 10 fő lehetett. Nevéhez fűződik az első magyar nyelvű gyermekgyógyászati és orvostörténeti egyetemi jegyzet megírása is. Latin nyelvű 16 oldalas füzetében az ortopédiát a következőkben fogalmazta meg: „Figyelmemet azokra az eltorzulásokra irányoztam, melyek leggyakrabban támadják meg és csúfítják el a

gyöngye és ifjú testeket. „A sebészet feladatának ezek helyreállítását tartja, mind operációval, mind valamiféle segédeszközzel. Előtérbe helyezte a segédeszközökkel történő gyógytomát, így intézetében tomaeszközök és uszoda is volt. Arra törekedett, hogy sem a kórházi körülmények, sem a gyógyítás ne keltsen fájdalmat a betegeknek.

Már régi kórházában is elsősorban gyerekekkel foglalkozott. Kórházának nyomtatott évkönyvében több műtét leírását is találunk tőle, például egy kétéves gyermeken végzett csontrezekcióét, amely során meghosszabbította a bicepsz inát, ami kilencven fokos tengelyeltéréssel gyógyult. A műtét 16 percig tartott, de operált dongalábat, néha kancsalságot, bár ezt nem tekintette intézete feladatának. Különböző fajtájú rögzítéseket ajánlott, fontosnak tartotta a gyógyulási folyamat közben végzett testgyakorlatokat, így az úszást. A gyermekkórház alapítását Kossuth Lajos és Széchenyi István is támogatta. E kórházban csak részben folytatta rehabilitáló ortopédiai tevékenységét, elsősorban gyermekbetegségek kezelésével foglalkozott. A gyermekkórházban a hazai gyermekgyógyászati iskola alapjait vetette meg. Legközvetlenebb munkatársa Bókai János volt, akinek sokoldalú tevékenysége révén Schöpf-Merei gyermekgyógyászati gondolatai valóban iskolává terebélyesedtek. 1842 júliusáig 3500 gyereket kezeltek itt, közülük 650 fekvő beteg volt. A nagy betegforgalom miatt ez a helyiség szűkölnék bizonyult, ezért 1845 nyarán a közeli Ósz utcában (a mai Szentkirályi utca) egy nagyobb épületrészt bérelt, ahol 30 betegágy elfért külön műtővel, rendelővel és egy olyan szobával, ahol a messziről érkezett édesanyák tudtak tartózkodni. Ő továbbra is az Ötpacsirta utcában lakott, illetve itt élt a segítségére álló személyzet is.

Az új kórházépületben is folytatta ortopédiai tevékenységét, sőt úttörő volt az altatás alkalmazásában is: 1847. február 9-én – Horváth Antal segédorvos segítségével – kipróbálta a kénégenként nevezett szerrel történő altatást. Ezt így írta le évkönyvében: „1847. február 9-én 4 éves fiúcska, nagyon makacs czombizomszabában szenvedvén, s 21 hónap óta sikertelenül orvosoltatván a pesti gyermekkórházban, miután pár percig a kénégeny ter-



A Pesti Szegénygyermek-kórház (korabeli metszet)

hes léget lehelé, tökéletes tompa érzéketlenség jeleit nyilvánítá, főképp az által, hogy egyszerre feje mintegy lerogyott. A kisded szabadon senki által sem tartatva feküdt a műtőasztalon, számos nézőktől kömyezve, kik feszült szemekkel várták az eredményt. Ekkor a fehér izzóvasat hathatósan alkalmazván czombize fölött. Senki közülünk azon éles fájdalom alatt csak egy izommozgást sem látott rajta. Tüstént jeges borogatások alkalmaztattak. 3 percz után magához kezdett térni, de csak 6 percz után nyéré vissza tökéletes eszméletét. Ekkor már ágyába vissza volt helyezve...” Ezután már rendszeresen alkalmazta a bódítást, bár a Pesti Hírlap 1848. február 8-i számában felhívta a figyelmet a nem szakember által végzett altatás veszélyére.

Schöpf-Merei Ágoston nevéhez fűződik az orvostörténelem rendkívüli tantárgyként való oktatása a pesti egyetemen. Már az orvosi kar 1803-ban kezdeményezte az orvostörténeti tanszék felállítását, amit akkor a Helytartótanács nem engedélyezett. 1827-ben különbizottságot rendeltek ki az orvostörténelem oktatásának megvizsgálására, de (a lassú ügyintézés ellenére is), az orvostörténelem oktatását 1834-ben – külön díjazás nélkül – Schöpf-Merei Ágoston rendkívüli tanárra bízták. Beadványához részletes tervet is mellékelte, amely felölelte a medicina történetének teljes korszakait, megjelölte forrásait és azokat az alampunkákat, amiből az előadásokat megtartani kívánta. Az új szemléletű, úgynevezett oknyomozó orvostörténelemnek volt a híve.

Schöpf-Merei Ágoston 1835 őszén meghirdette előadásait, de már 1835 decemberében kérte a gyermekbetegségek c. tantárgy előadásának jogát, amiért szívesen feladta volna az orvostörténelmet. Lenhossék Mihály karigazgató mindegyik kérelmet támogatta, majd pedig az orvostörténelem meghagyásával – a kar döntését követve – ellenezte Schoepf-Merei később keltezett kérvényét. Schoepf-Merei 1843 őszéig tanította az orvostörténelmet,

majd – az orvostanári kar ellenzése ellenére – lemondott a rendkívüli orvostörténeti tanár tisztségéről, önként abba hagyta az előadásait. Ezután valóban csak a gyermekgyógyászattal foglalkozott, minden figyelmét az Ótpacsirta utcai kórház fejlesztésére összpontosította: a bérelt épületet megvásárolta, helyébe saját költségen emeletes épületet emeltetett. Az új épület zárókövét Mária Dorottya főhercegnő, a nádor feleségének jelenlétében helyezték el. Az itt ápolott 8700 beteg betegségre épült az 1847-ben kiadott gyermekgyógyászati tankönyve, amelyet három kötetre tervezett, de csak az első kötete látott nyomdai napvilágot. Kísérletet tett egy gyermekgyógyászati folyóirat – Magyar sebészi évkönyvek a gyermekgyógyászat tükrében – elindítására, de néhány szám megjelentetése után – a közöny miatt – feladta terveit.

A márciusi forradalom hatására változtatni meg Schöpf Ágoston a nevét Schöpf-Meireire, az elsőők között csatlakozott a honvéderorvosi karhoz, és mint kitünő sebész, előbb a váci, majd a debreceni honvédkórházban lett főorvos. Amikor megalakult a magyar honvédség keretében az Olasz Légio, Schöpf-Merei Ágostont – törzsorvosi ranggal – az olasz katonai egységhez vezényelték. Mindvégig itt szolgált, majd Kossuth Lajos kíséretében Törökországba menekült. Hosszabb ideig tartózkodott Vidinben, a bécsi hadparancsnokság kiadatását kérte a török államtól. Nehéz helyzetben volt, mert menekülése közben meghalt a felesége, két fia vele volt, így nyugodtabb körülmények közé akart kerülni. Beléphetett volna a török hadseregbe, de akkor el kellett volna szakadni gyermekeitől. Az angol követ és két angol kollegájának (James Clark és Charles West) segítségével előbb Párizsba, majd Londonba távozott, végül Menchersterben telepedett le és kitünő gyermekórházat alapított. Itt halt meg 1858-ban. Egykori kórházára épült a város nagy gyermekórháza, de a Schöpf-

Merei által alapított „ősi magot” nem olyan régen lebontották.

Mielőtt Schöpf-Merei távozott volna kórháza éléről, az egész intézményt id. Bókai János másodorvosra bízta, aki – nagy bánatára – nem csatlakozhatott a honvédsereghez. Eredeti neve Bock volt, de 1849. május 21-e után, Budavár bevételét követő napokban Bókaira változtatta. Van egy anekdota: Bókai mielőtt eredeti családnevét megváltoztatta volna, sok barát és ismerős véleményét kikérte. Állítólag Jókai mondta Bókainak: „Én Jókai vagyok, Te legyél Bókai!”. A gyermekórház a szabadságharc idején alig működött, súlyos anyagi gondokkal küzdöttek, a szegény gyermekek költségeit fizető jótékonyági egyletek szinte megsemmisültek. 1849. május közepén, amikor a honvédsereg a Budai Várat ostromolta, Hentzi tábornok a védtelen Pest városát ágyúzta a Gellért-hegyről. A tüzérségi lövegek a Kerepesi úton (mai Rákóczi út) is nagy pusztítást végeztek, az Ősz utca sarkán (mai Szentkirályi utca) állt híres Mátyás-kávéházat is szétlőtték. Ennek közvetlen szomszédságában állt a gyermekórház, így Bókai János kénytelen volt a betegeket és az ápolónőket egy ismerőse városligeti kertes házába menekíteni. Itt maradtak Buda felszabadításáig. A visszaköltözés után a szegénygyermekórház vezetése Bókai Jánosra hárult, de a jó szakmai vezetés ellenére a nyomasztó pénzügyi helyzet nem egyszer a teljes megszűnéssel fenyegette az intézetet. Ez a válságos állapot 1852-ig tartott, amikor a Pesti Szegénygyermeket gondozó Nőegylet pénzügyi helyzete rendeződött, sőt Bókai János ügyes szervezésével, újabb adományokkal és támogatókkal gazdagodott a kórház fenntartása.

Ekkora már olyan igényes gyógyító munka folyt a gyermekórházban, hogy a rendelkezésre álló jótékonyági pénzek elégtelenek voltak, sőt a kiegészítés idején már külön állami segílyt kellett kérni.

Ismét Bókai János kiváló szervező munkájának lett köszönhető, hogy 1883-ra felépült az Üllői út – Gólya utca (ma Bókai János utca) – Tömő utca által határolt telken a 148 ágyas gyermekórház, amely Rudolf trónörökös feleségének nevét vette fel (Stefánia Szegénygyermek Kórház), amint a fenntartó Pesti Szegénygyermek Kórház-Egylet is tette ezt. Ez az Egylet a fenntartási költség felét-kétharmadát biztosította, az itt ápolott gyermekek száma állandóan 1200–1600 fő körül mozgott.

Az első világháború alatt a fenntartási pénzügyi alapok elértéktelenedtek, a kórház az állam kezelésébe került. A gyermekgyógyászat 1910-ben lett kötelező tantárgy az orvosképzésen, a klinika vezetője ifjabb Bókay János volt, így az épület lett a budapesti orvosi kar gyermekgyógyászati klinikája. Az egykor 12 ágyas Ótpacsirta utcai gyermekórház – kalandos történetekkel – a hazai gyermekgyógyászat fellegvárává vált. 8

# 2012 nyarának időjárása

PÁTKAI ZSOLT

**2012** nyara meleg és száraz volt. A három nyári hónap átlaghőmérséklete közel 2 fokkal haladta meg az elmúlt harminc év klímaátlagát, illetve átlagosan 70 mm-rel kevesebb eső esett az ilyenkor megszokottnál. Mivel az év korábbi hónapjait is a csapadékhiány jellemezte, így nem meglepő, hogy a nyár végére sokféle kritikussá vált a csapadékhiány.

Tartós, hűvös időszakok nem igazán fordultak elő a nyár során, többnyire csak néhány nap volt hűvösebb, csupán augusztus közepén – 10–16 között – mértek tartósabban átlag alatti hőmérsékletet.

Röviden tekintsük át a három hónap történéseit!

## Június

A hónap első napjaiban több ciklon frontjai is áthaladtak a Kárpát-medencén zápor, zivatar kíséretében. Június 4-én ország-szerte 1–10, Baranyában és az Északi-középhegységben több mint 20, sőt Jósvalfőn 40 mm csapadékot regisztráltak. Néhány nappal később egy következő hidegfront mentén sokféle alakult ki zivatar. Június 9-én a délutáni órákban rendkívül heves zivatarok érték el a Dél-Dunántúlt Horvátország felől. A Pécs-Baja-Szeged-Békéscsaba vonal mentén intenzív csapadék, viharos szél, valamint 3–4 cm átmérőjű jég is előfordult. A jégeső szerencsére csak kismértékben, illetve kisebb körzetekben hullhatott, hiszen komoly károkról nem érkezett híradás. A lassú mozgású hidegfront előtt Szeged és Békéscsaba térségében még 32 fokra melegedett a levegő, ugyanakkor a front hátoldalán az Észak-Dunántúlon délután már csupán 16 fokot mértek. A délen kialakult záporok, zivatarok kis területen jelentős (15–35 mm) csapadékot okoztak, míg az ország északi, északnyugati felén nagy területen az eső esett (10–23 mm). Összességében tehát ország-szerte hullott több-kevesebb csapadék.

A következő napokban délnyugat felől anticiklon erősödött meg térségünkben. Bár számottevő melegadvekciónak nem zajlott, a sok napsütés és a rövid éjszakák következményeként napról-napra emelkedett a levegő hőmérséklete. A forróság csúcspontja 21-én volt, a csúcshőmérséklet ekkor több mérőállomáson meghaladta a 36 fokot, sőt Bugacon 36,9 fokot mértek. A hőhullámot egy lassan mozgó hidegfront szüntette meg. A front első hulláma mentén 21-én éjszaka egy mezoleptékú konvektív rendszer (MKR) alakult ki többfelé felhőszakadással (20–50 mm csapadék). A fővárost is érintette a zivataros rendszer, ahol kisebb körzetekben rövid, 1–2 percig tartó lezuhatok (downburst) is kialakultak 100 km/h-s szállókésekkel. Ezt leszámítva csaknem szélcsend „kísérte” a zivatarokat. Heves volt a villámtevékenység is – ez általában a szupercellás zivatarokra jellemző. A hidegfront második hulláma 25-én többfelé jelentős csapadékhullással járt. Főként az Észak-Dunántúlon, valamint a főváros térségében hullott 10–25 mm eső.

A frontot követő 25 fokos, kellemesnek mondható időjárás nem tartott sokáig, ugyanis a hónap utolsó napjaitól kezdődően a 2012-es szezon leghosszabb ideig tartó hőhulláma ala-

kult ki. A hőmérséklet csúcserőke mintegy 10 napon keresztül nagy területen meghaladta a 35 fokot. A hőhullámok eredményeként a hónap országosan 1,9 fokkal melegebbnek adódott az 1980–2010 évek átlagánál. Csapadékot tekintve a sokévi átlag 50–100%-a hullott, de a Dél-Alföldön ennél kevesebbet mértek (30–50%).

## Július

Júniusról áthúzódóan folytatódott a forróság. Ez a légtömeg ellentétben a június közepével már alapvetően szaharai eredetű volt. Több napi melegrekord is megdőlt a napok során. Az időszak legmagasabb csúcshőmérsékletét 6-án Tiszaroffon mérték (39,5 fok). A meglehetősen hosszú nyúltság a városlakókat még jobban megviselte, hiszen ilyen hosszú idő alatt a beépített területek magukba szívják a hőt. Ilyenkor a belvárosokban mérhető hőmérséklet akár 5–10 fokkal is meghaladhatja a felszín fölött mért értékeket.

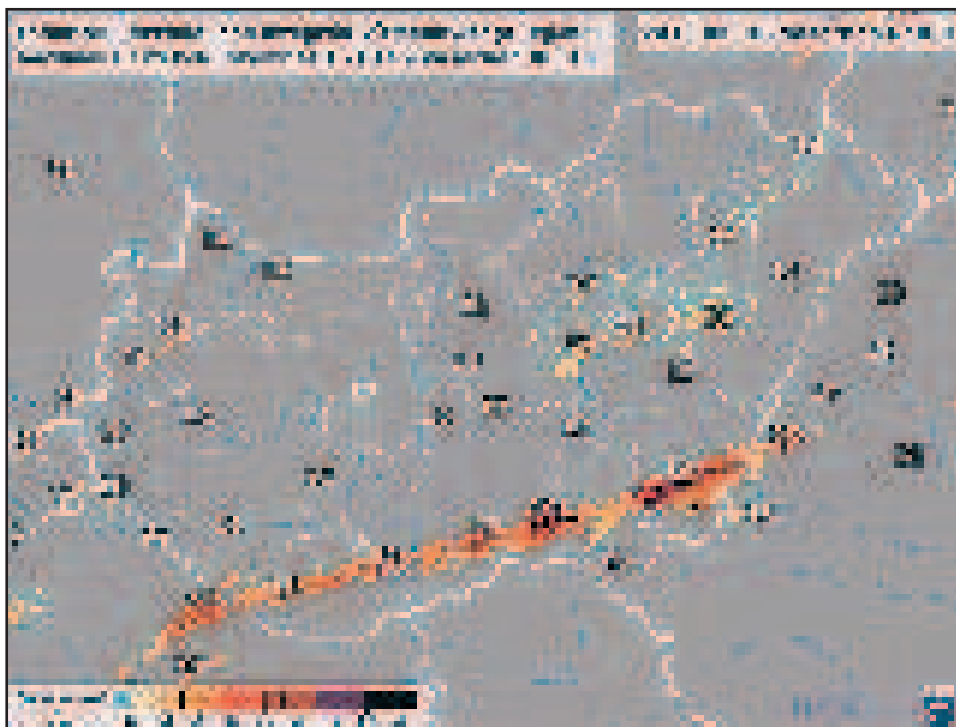
A forró időt okozó magassági gerinc gyengülésével párhuzamosan nedvesebb légtömegek helyeződtek Közép-Európa fölé, így a délutáni órákban megjelentek a záporok, zivatarok. Számottevő magassági áramlás híján a zivatarok egy helyben állva adták le terhüket. Ez a jelentős nedvességtartalommal együttesen – a kihullható víz értéke 40 mm körül alakult – lokálisan komoly felhőszakadásokat eredményezett. Sopron térségében például egy héten belül három alkalommal fordult elő heves esőzés. Az első felhőszakadásból július 5-én 59,9 mm-t regisztráltak a városban, majd másnap a Soproni-hegység térségére zúdult az égi áldás. A harmadik zivatar július 10-én az előző kettőhöz képest mérsékelt volt, „csupán” 17,6 mm hullott Sopron-Kurucdomb főállomásunkon.

A nagy meleget fokozatosan mérsékelte a nyugat felől beszivárgó hűvösebb levegő. 11-én egy hidegfront érkezett, átmenetileg mérsékelve a nagy meleget. A front térségünkben hullámot vetett, így csak részlegesen vonult át fölöttünk. 13-án gyökeres eltérés mutatkozott a délkeleti és az északnyugati országrész időjárása között, hiszen amíg Orosháza napos idő volt 32 fokos csúcshőmérséklet mellett, addig Sopronban a borongós, csapadékos időjárás mellett csupán 15 fokra emelkedett a hőmérséklet. A melegfronti szakasz után 14-én estefelé nagy erővel a hidegfronti szakasz is átvonult. A front vonala mentén többfelé alakultak ki zivatarok. Az egyik legnagyobb erejű és leghosszabb ideig fennálló zivatargóc Szentgotthárdtól Budapesten át egészen Fehérgyarmatig „átszelt” az egész országot. A zivatarcella élethossza szupercellás jellegére utal, de komoly károkról nem érkeztek hírek. Számottevő lehűléssel ez a front sem járt, így a hőmérséklet csúcserőke továbbra is jellemzően 30 fok körül változott.

A hónap második dekádjában ugyan előfordult szórványosan kisebb-nagyobb zápor, ám jelentősebb csapadékhullásra egészen a hónap harmadik dekádjáig kellett várni. Július 24–27. között magassági hidegcsepp alakította az időjárást, eredményeképp több alkalommal és több helyen alakult ki záporos zivatarral, helyenként



jelentős csapadékkal. 25-én az Alföld keleti, északkeleti régiójában intenzív, nagy csapadékot adó zivatarrendszer alakult ki. A radaros csapadébecslés alapján néhol 30–50 mm eső is eshetett. Eközben Sopron is újabb felhőszakadást élt át, mintegy 40 mm csapadék zúdult a városra. Azonban nem ez volt a nap egyedüli érdekessége. A csúcshőmérséklet területi eloszlása is érdekes képet mutatott. Amíg az ország területének mintegy 90–95%-án kellemesnek mondható 23, 28 fokot mértek, addig Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében 30 fok fölé kúszott a hőmérséklet, sőt a Szatmári-síkon található Milotán 36,1 fokot mértek, kis híján megdöntve a maximumhőmérséklet napi rekordját (36,9, Budapest, 1894). A szokatlan meleghez



Heves zivatarok útvonala június 9-én (készítette Kolláth Kornél)

a derült, szélszemes időn túl a fönhatás is hozzájárult – hasonlóan meleg volt a határ túloldalán; Szatmárnémetiben és Nagybányán is 37 fokig melegedett a levegő.

Néhány átmenetileg szárazabb, meleg nap után 29-én megérkezett a következő hidegfront. Erőteljes meleg, nedves szállítószalag alakult ki a front előterében, így a létrejövő frontális zivatarok több helyen heves felhőszakadással jártak együtt. A jellemző napi csapadék 10 és 50 mm között változott – főként az ország középső harmadában.

Július hónap 2,1 fokkal melegebbnek adódott az átlagnál. Átlagot elérő vagy meghaladó csapadék csupán az északi megyékben hullott, azonban az Alföldön, valamint a Dél-Dunántúlon az aszály erősödött. A hónap szélsősége a Sopron környéki csapadék volt: Sopron-Kurucdomb 280,3 mm, Brennbergbánya 346,5 mm, valamint Hermesén 373,9 mm havi csapadékkal. Bár a csapadék mennyisége szélsőséges, mégsem közelítette meg a Dobogókőn 1958 júniusában mért 444 mm-t.

## Augusztus

A hónap első dekádjában a nyár negyedik hőhulláma tombolt. Augusztus 5-én Tiszaroffon 38,0 fokot mértek, majd 6-án Pakson 39,7 fokot. A forróságnak egy hidegfront vetett véget.

Az Alpok fölött elfekvő fronton heves zivatarzóna képződött hazánktól nyugatra. A hideg levegő a zivataros kifutószéllel együtt indult meg a Kárpát-medence belseje felé. A levegő nedvességtartalma alacsony volt, amelyet jól jelez a 25–27 fokot is elérő harmatpont-deficit, így csapadék nem, csupán viharos északnyugati szél és a hőmérséklet csökkenése jelezte a front átvonulását.

A hidegfront után egy magassági hideg légörvény helyeződött fölénk. Az általa kiváltott északias áramlásban napról napra tovább csökkent a hőmérséklet, de számottevő csapadék nem fordult elő. A nyár leghűvösebb periódusának mélypontja

augusztus 12-én volt, ekkor a hajnali órák hőmérséklete sokfelé 10 fok alatt alakult, és a délutánban is csupán 19, 24 fokig melegedett fel a levegő. A légörvény a Fekete-tenger irányába távolodott, majd a meleg vízfelszín felett megerősödve retrográd mozgással a Kelet-európai-síkság fölé helyeződött át. A frissen keletkezett talajciklon felhőzetéből és csapadékából az északkeleti tájak fölé is jutott. Eredményeként 14-én gyökeresen eltért az északkeleti és a többi országrész időjárása. Míg előbbi helyen erősen felhős, borult volt az ég, a hőmérséklet csúcserőke 18, 20 fok között változott, addig az ország túlnyomó részében szikrázóan napos idő volt 24, 28 fok közötti csúcshőmérséklettel.

Senki sem gondolta ekkor, hogy a nyár legforróbb napjai még előttünk állnak, ugyanis a hónap utolsó dekádjában a Közép-Európa felett kialakuló anticiklonban a mediterrán térségből forró, száraz levegő

érkezett fölénk. A hőség 20-án erősödött meg igazán, ekkor már nagy területen 35 fok fölötti maximumot regisztráltak, és az azt követő 6–7 nap során végig ezen érték felett is maradt. A forróság 24-én tetőzött a Baján mért 40,4 fokos maximumhőmérsékleti értékkel. Érdekes, hogy a mérések kezdete óta ez volt a legkésőbbi, 40 fokot meghaladó csúcshőmérséklet. További érdekesség, hogy a múlt téli szezon leghidegebb éjszakáját is Baján mérték (-26,1, február 9.), sőt a tavaly nyári szezonrekordot is Baja állította fel 39,2 fokos értékkel. Így tehát az éves hőingás maximuma egy állomásra nézve 66,5 foknak adódott – amennyiben nem lesz decemberben rendkívül kemény hideg, bár ennek statisztikailag kicsi az esélye.

Az augusztus rendkívül száraz volt, a sokévi átlagnak csupán a 2–30%-a hullott le (országos átlagban 7 mm), súlyosan károsítva a késői betakarítású terményeket (kukorica, szőlő) és az őszi vetést. A szárazsághoz hőség is társult, így a hónap 1,8 fokkal lett melegebb a sokéves átlagnál.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy bár lokálisan előfordultak ugyan kiadós esőzések, az ország nagy részén – főként a mezőgazdaságilag fontos alföldi és Dél-Dunántúli régióban – igen száraz és meleg volt a nyár. A két tényező együttes hatásaként súlyos károk keletkeztek a mezőgazdaságban. ❁

# Bölcsész természettudósok a XVIII. és a XIX. században\*

Első rész

RADNAI GYULA

Az 1635-ben alapított bölcseleti karon kezdetben nem tanítottak természettudósok. Tudósok se nagyon, inkább csak jezsuita szerzetesek, akik a képzés három éve alatt felmenő rendszerben vezettek végig egy-egy évfolyamot, azután áthelyezték őket következő állomáshe-lyükre. Pázmány Péter számára a grazi jezsuita egyetem volt a példa, ahol az 1600-as években maga is tanított. Ugyanarra az 1599-ben kiadott Ratio Studiorumra alapozott tanulmányi rendszert honosított meg Nagyszombatban, mint ami Grazban is működött. Arisztotelész filozófiai rendszerére építve az első éves hallgatók voltak a logicusok, a másodévesek a physicusok, a harmadévesek a metaphysicusok. (Ez a rendszer annyira beépült a köztudatba, hogy még több mint 250 évvel később is az egyik kolozsvári másodéves egyetemi hallgató így írta alá az Eötvös Lorándhoz címzett gratuláló iratot: *Kacsóh Pongrácz physicus*. Mint tudjuk, ő nem lett fizikus, bár – és ez már nem annyira közismert – fizikából doktorált később Kolozsváron.)



Az egyetem modernizálása Mária Terézia uralkodása idején indult meg. Az első európai hírű természettudós, akit Mária Terézia felkért a közreműködésre, Hell Miksa (1720–1792) volt.

Az ő tanácsára és irányításával kezdődött meg a csillagászati obszervatórium építése Nagyszombatban. Az épület alsó traktusain külön helyiséget terveztek a fizikai-matematikai múzeumnak – ma úgy mondanánk: szertárnak. Különösen felgyorsult a modernizálódás 1769-70-től kezdve, amikor Mária Terézia „oltalma alá vette” az egyetemet és orvosi kart rendelt hozzá. 1773-ban XIV. Kelemen pápa „a keresztény világ békéjének s nyugalmanak megszerzése, táplálása s megerősítése végett” feloszlatta a jezsuita rendet. Mária Terézia ekkor a nagyszom-

bati jezsuita kollégium ingatlanait és tőkéjét az egyetemnek adományozta, majd 1777-ben a bölcész és a jogi kart átköltöztette Budára, a volt királyi palotába. A bölcseleti karon nyolc új tanszéket alapított, közte egy matematikai és egy kísérleti fizikai tanszéket. A királyi palota kupolájába került a csillagászati obszervatórium, amelyet újra Hell Miksa tanácsai alapján építettek meg.



Az obszervatórium adjunktusa lett Hell Miksa kutató csillagász jezsuita társa, Sajnovics János (1733–1785), aki nem mellesleg először hívta fel a figyelmet a magyar és a lapp nyelv hasonlóságára, a finn-

ugor nyelvrokonságra.

1777-ben az egyetem Budára költöztetését Kempelen Farkas (1734–1804) szervezte meg. A bútorok, eszközök legnagyobb részét olyan hajókon úsztatták le a Vágon, majd a Dunán, amik felfelé söt szállítottak és üresen mentek volna vissza. (Kempelen Farkas már 25 éves korában a magyarországi sóbányák igazgatója volt.) 1777. november 3-án nyitották meg Budán az egyetemet, a teljes átköltözés azonban csak 1780-ra fejeződött be. A csillagászati műszereket először csak megosztották Nagyszombat és Buda között, hogy a nagyszombati obszervatóriumban is lehessen folytatni az észleléseket.

A budai bölcseleti kar első igazgatója Makó Pál (1723–1793) lett, aki jezsuita polihistor volt. 1758-ban lett a nagyszombati egyetem oktatója. Szakmai tankönyveket, emellett elégiákat írt latinul, neve hamar ismertté vált Bécsben.



Gerard van Swieten báró (1700-1772) áthívta a Collegium Theresianumba, hogy a Mária Terézia alapította akadémián tanítson ma-

tematikát és kísérleti fizikát latinul, mechanikát pedig



németül. Itt működött 1763-tól 1777-ig. A Collegium Theresianumban Makó Pál egyik leghíresebb tanítványa volt Festetics György (1755–1819), a keszthelyi Helikon későbbi alapítója.



1777-ben közreműködött a Ratio Educationis megfogalmazásában, neki köszönhetjük a latin fordítás gördülékeny szövegét. Kitűnő nyelvérzéke volt, a magyaron kívül németül, latinul, franciául, olaszul, görögül és héberül is beszélt.

Széleskörűen tájékozott volt a természettudományokban, ismerte az akkori tudományos világ legjobb szerzőinek munkáit Franklintól Lomonoszovig. Miután a bölcseleti kar igazgatója lett 1777-ben, az egyetem Budára áthozott nyomdájában újra kinyomatta saját legfontosabb tankönyveit és ismeretterjesztő munkáit. Matematikából felső szintű tankönyvet írt többek között az infinitezimális számításról, fizikából kétkötetes kompendiumban foglalta össze korának legfontosabb ismereteit, legnépszerűbb munkája pedig a vilámlámokról szól. Ez utóbbi könyvét németül is kiadta, sőt, a piarista nyelvtudós, Révai Miklós (1750–1807) fordításában magyarul is, az alábbi, sokat sejtető címmel: „A mennykőnek mivoltáról, s eltávolztatásáról való böltsekkedés”. Makó Pál valóban bölcész természettudós volt.



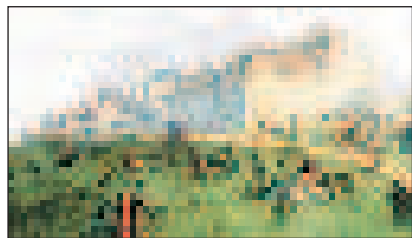
Ki tanította a fizikát Makó Pál idejében? Horváth Ker. János (1732–1799) jezsuita kísérleti fizikus Nagyszombatban végezte el az egyetemet, majd ugyanitt kezdte meg tanári munkáját. Akkor már megszűnt az erőltetett fluktuáció a tanári karban és Horváth Ker. János itt maradt a jezsuita rend feloszlása után is. Ő szintén írt tankönyveket fizikából (*Physica Generalis, Physica Particularis*), melyek az ország határain túlra is elkerültek, még a természettudományok iránt érdeklődő német költő, Goethe könyvtárába is eljutottak. Amikor II. József 1782-ben elindította az egyetemen az Institutum Geometricum keretében a mérnökképzést, Horváth Ker. János tartotta itt a fizika előadásokat. Ezzel hagyományt teremtett, az

\* 2010-ben, az egyetem alapításának 375. évfordulója alkalmából az ELTE Bölcsészettudományi Karán szervezett ünnepi ülésen tartott előadás szerkesztett változata.

öt követő fizika előadók is aktívan részt vettek a mérnökök képzésében, egészen az önálló József Polytechnikum megalakulásáig. Horváth Ker. János 1773/74-ben dékán volt a karon, 1784/85-ben rektor volt az egyetemen.



Ki volt az asztronómus? Weiss Ferenc (1717–1785) jezsuita csillagász szintén Nagyszombatban végzett. 1752-től vezette itt a matematikai repetenciát (tanárképzést) és 1765-ben nevezték ki a vezetésével felépült obszervatórium igazgatójának. Az 1770-es tanügyi reformot követően ő lett a nagyszombati bölcsészkar első választott dékánja. A jezsuita rend eltörlése után királyi csillagásznak nevezték ki, 1774/75-ben az egyetem rektora volt. Ő vezette a budai csillagvizsgáló építését is, melyhez barátja, Hell Miksa adott hasznos tanácsokat. Sajnos a tervezésben nem kaptak szabad kezet: alkalmazkodniuk kellett a királyi palota tornyának négyzetes jellegéhez. Weiss Ferenc halála után az egyetemi csillagászat ügye a XIX. század elején lendült fel újra egy rövid időre, amikor Pasquich János (1754–1829) került a csillagászati tanszékre. Neki sikerült elérnie, hogy 1815-re felépüljön a Gellért-hegyen, a mai Citadella helyén egy új, egyetemi obszervatórium.



Pasquich-nak kiváló nemzetközi kapcsolatai voltak, az ő idejében Európa tudósai számon tartották ezt az obszervatóriumot, amit az utódok már inkább csak itthon népszerűsítettek. A szép épület sem ért meg hosszú kort, az 1849-es ostrom során megsemmisült. Újabb obszervatórium építésére és berendezésére 1919-ig nem került sor. (Ekkor épült fel a svábhgyi csillagda, ide mentették át Ógyalláról Konkoly Thege Miklós (1842–1916) legfontosabb csillagászati műszereit.)

Kik folytatták az egyetem bölcsészkarán a Makó Pál által elkezdett, de igazgatói teendői miatt kényszerűen félbehagyott matematikai kutatásokat? Érdekes sorsokra bukkanunk, ha erre a kérdésre is megpróbálunk válaszolni.



Dugonics András (1740–1818) Szegeden született, itt lépett be a piarista rendbe. Középiskolai tanárkodás után, a jezsuita rend feloszlását követően, pályázat útján nyerte

el (Makó Pál támogatásával) Nagyszombatban a matematika tanszékét. 1777-ben az egyetemmel együtt költözött Budára, ahol az irodalmi élete is bekapcsolódott, megismerkedett Kazinczyval, Csokonaival. 1801-ben Révai Miklóssal együtt pályázott az egyetem magyar irodalmi tanszékére, de sikertelenül. Nem a matematika tudománya, hanem a matematika mai magyar szókincse köszönhet viszonylag sokat Dugonics Andrásnak. Valószínűleg irodalmi működése révén lett 1779-ben és 1792-ben a bölcsészeti kar dékánja, az 1787/88-as tanévben pedig az egyetem rektora.

Hadaly Károly (1743–1834) Dugonics András nyugalmába vonulása és jóval Makó Pál halála után lett és maradt 1831-ig az egyetemen az elemi matematika tanára. Előtte a győri, a pécsi és a pozsonyi akadémián tanított matematikát. (Az akadémiák főiskolai szintű oktatási intézmények voltak.) Ő már világi tanár volt, tankönyvei azonban ugyanúgy latin és német nyelven jelentek meg, mint elődeié. 1810-től kezdve két éven át volt dékán a bölcsészeti karon. Európa matematikusai előtt ismeretlen maradt a működése.

Hadaly Károlyt Wolfstein József (1773–1859) követte a tanszéken, aki a Páduai Egyetemen végezte matematikai tanulmányait. Gimnáziumi, majd akadémiai tanárkodás után 1832-ben a felsőbb mennyiségtan rendes tanára lett az egyetemen. Több mint tíz nyelven tudott, leginkább ezzel vívta ki kollegái elismerését. Ő is világi tanár volt. Az 1820-as években több alkalommal volt a bölcsészkar dékánja, 1838/39-ben még rektor-nak is megválasztották. Új, jelentős matematikai eredményei azonban neki se voltak.

Tény, hogy a Mária Teréziát követő Habsburg-uralkodók kevesebb figyelmet fordítottak és sokkal kevesebb pénzt költöttek a magyar egyetemen folyó matematikai, fizikai, természettudományos kutatásra és képzésre, mint Mária Terézia. II. József átköltöztette az egyetemet Budáról Pestre és a német tanszékét pártolta, I. Ferenc pedig a francia és az olasz tanszékét. Ő is elköltöztette az egyetemet, egyik pesti helyéről a másikra, a Ferenciek teréről a Szerb utcába, a Központi Szeminárium épületébe. Komoly, új egyetemi épületek emelésére a kiegyezésig nem került sor. Igaz, a reformkorban egyébként is olyan volt az országban a légkör, hogy sokkal inkább kedvezett a politikai mozgalmaknak az egyetem falain kívül, mint a természettudományoknak a falakon belül.

Dugonics, Hadaly, Wolfstein neve tehát ismeretlen maradt a külföldi matematikusok előtt, és ugyanez elmondható a fizika tanszék betöltőiről is. Horváth Ker. Jánost Domin József (1754–1819), őt pedig Tomcsányi Ádám (1755–1831) követte a tanszéken. Domin József eredetileg jezsuita volt, Tomcsá-



ny Ádám azonban világi. Amikor nyugdíjba ment, évekig nem találtak megfelelő embert a fizika tanszékére, míg végül 1839-ben hosszú huzavona után kinevezték a „természet- és erőműtan” tanszékére egy bencés szerzetest.



Jedlik Ányos (1800–1895) kinevezése tudományos szempontból és az egyetem működése szempontjából kiváló választás volt, azonban a hazai tudomány külföldi elismertségét Jedlik sem tudta elérni. Hiába találta fel a villanymotort, a szóda vizet hazai előállítás módját, az áramfejlesztésnél nélkülözhetetlen dinamóval, egyedülálló optikai körrácsokat is előállítani tudó gépét, számos találmányát már csak az utókor tudta megfelelően értékelni. Szerencsétlenségére 1848-ban ő volt a bölcsészeti kar dékánja. Március 15-én bölcsészek és leendő mérnökök közösen vonultak ki a Szerb utcából a Kálvin térre, a Nemzeti Múzeum elé – őket kellett volna a dékánnak megállítania, maradásra bírnia... A szabadságharc idején katonai kiképző vívótermet rendeztek be a fizika szertárban, Jedlik pedig népfelkelő felszerelést vásárolt magának és az egyetemi épület pincéjébe mentette a legfontosabb fizikai és csillagászati műszereket. A szabadságharc leverése után ugyanolyan igazolóbizottság elé állították, amilyen például unokaöccsét, Czuczor Gergelyt egy forradalmi verséért több évi, Kufsteinben letöltendő várfogságra ítélte. Jedlik megmenekült, visszatérhetett a tanszékére. Dékánságot többé nem vállalt, de akadémikussá választása után már nem tudott kitérni az 1863/64. évi rektorság elől.

Jedlik Ányos 1878-ban ment nyugdíjba, 39 évi sikeres egyetemi tanári működés után. Hasonlóan hosszú és itthon elismert pályafutást mondhatott magáénak a bölcsészeti karon Petzval Ottó (1809–1883) matematikus, Petzval József (1807–1891) bécsi egyetemi tanár öccse. A II. József által alapított Institutum Geometricum et Hydromechanicum hallgatójaként végezte el az egyetemet. Matematikai korrepetitorként maradhatott bent az intézetben, míg végül 1839-ben, amikor Jedliket az egyetem kísérleti fizika tanszékének tanárává, őt a felsőbb mennyiségtan tanszék tanárává nevezték ki. Egyetemi pályafutásuk a továbbiakban is párhuzamosan alakult, Jedliket közvetlenül megelőzően ő volt a bölcsészkar dékánja. Így 1848/49-ben nem kényszerült politikai szerepvállalásra, ezért 1858-ban, amikor a Magyar Tudományos Akadémia összes ülését a szabadságharc után először összehívták, Jedlikkel együtt őt is az Akadémia tagjai közé választhatták. 1872-től 1883-ban bekövetkeztét haláláig az egyetem csillagászati tanszékét is betöltötte, helyettes tanári minőségben.

(A második, befejező részt a februári számunkban közzéljük)

# Egyedül lennénk?

## Hozzászólások az „Egyedül vagyunk!” összeállításhoz

*A Természet Világa 2012. októberi számában Both Előd által készített előzetes összeállítás olvasható John Gribbin „Egyedül vagyunk!” című, az Akkord Kiadónál megjelenő könyvéből, amelynek alapvető mondanivalója, hogy egyetlen intelligens faj vagyunk a Tejútrendszerben. A kedvcsináló válogatás felkeltette Várkonyi Tibor orvos-biológusnak, lapunk egyik korábbi szerzőjének, valamint Almár Iván csillagász, SETI kutatónak az érdeklődését, akik az alábbiakban közölt hozzászólásokat küldték lapunknak.*

**Várkonyi Tibor:**

**Élet – galaktikus léptékben**

(Az Asztrobiológia Első és Második Tétéle)

Még az 1950-es években is szokásos volt az életet az életjelenségek felsorolásával definiálni. Élő az, ami életjelenségeket mutat: mozog, érzékel, anyagcserét folytat, növekszik, szaporodik. Csak a lényeg hiányzik: mi okból, milyen módon? És talán hozzátehetjük: mi célból? Pár évtizede, hogy kezdjük megérteni a lényegét. A termodinamika hatáskörébe tartozik a világ néhány „alapszabálya”, mint pl. az Első Főtétel, az energia-megmaradás törvénye. Közismerten: energia nem keletkezik, nem vész el, csak átalakul. Az Univerzum összenergiájának mennyisége tehát állandó. (Az anyag és energia egyenrangú fogalmak:  $E = mc^2$ )

1865-ben jött *Clausius*, aki felismerte, hogy szükség van egy olyan mérőszámra, mely az anyag belső rendezettségére, összetettségére vonatkozik, és ezáltal megmutatja annak „fizikai értékét”, további átalakulásokra való képességét. Megalkotta tehát az *entrópia-törvényt*, mely olyan fontos és olyan általános érvényű a világ működési rendjében, hogy a Második Főtétel nevet nyerte. Ez kimondja: környezetüktől elszigetelt rendszerekben csak olyan folyamatok mennek végbe önként, melyek során a *rendezettség* nő. Az általunk ismert Univerzum is önmagában „elszigetelt rendszernek” tekinthető, össz-anyaga egyre „egyszerűbb” formába megy át, végül minden anyag és energia hővé alakul. Az entrópia (a káosz) megállíthatatlanul növekszik.

Vagyis amíg az energia *mennyisége* a világban állandó, az energia *minősége* törvényszerűen csökken. Manapság kiderült, hogy az entrópia az információtartalomnak is kiváló mérőszáma. Minél összetettebb valami, annál több információt tartalmaz, mint ahogyan a teljes káosz információtartalma minimális.

Van itt azonban egy fontos dolog. *J. Monod* írja a *Véletlen és szükségszerűség*

c. könyvében: – „A Második Főtétel csak egy statisztikai előrejelzést fogalmaz meg, de ezzel természetesen nem zárja ki, hogy egy tetszőleges makroszkopikus rendszer valamilyen igen kis hatótávolságú és igen rövid időtartamú változás során ne haladhasson az entrópia-emelkedőn felfelé”. Vagyis a káosz ellenében a nagyobb rend felé. Mert nyilvánvaló, hogy a dolgok itt a Földön is gyakorta válnak összetettebbé. Amikor egy bonyolult vegyület, egy sejt, egy élőlény keletkezik, amikor egy számítógép információt állít elő, csökken a rendtelenség, az anyag értékesebbé válik

*Bichot* (+1802) szerint: „Az élet az, ami a halálnak ellenáll.” Ebben a primitívnek tűnő meghatározásban mély igazság rejlik, amit napjaink termodinamikai alapú élet-definíciója mutat meg számunkra. Csillagrendszerek, napok, alig elképzelhető méretű energia-kisugárzása igazolja *Clausius*-t: az anyag bomlása, leépülése megállíthatatlanul folyik körülöttünk. Ebben a folyamatban itt-ott kis örvények keletkeznek: a felépülési folyamatok: az *élővilágok*, az *előlények*. Az élet, szembe szegülve egy alapvető természeti törvénnyel, rendezettséget (az entrópia ellentétét: *negentrópiát*) állít elő.

Az élet tehát a termodinamika szempontjából az anyagnak az a tulajdonsága és képessége, hogy minél rendezettebb, szervezettebb formát öltön. *Az élet az anyag negentrópia (rendezettség) termelőképessége*. Az élet valóban az, ami a káosz ellen dolgozik, ami a halálnak ellenáll.

De fussunk végig a folyamaton. *Newton* felfedezte a gravitációs erőt, mely megmagyarázta, miért végeznék rendezett mozgást a bolygók. *Frankland*, *Lewis*, *Kossel* felismerték a kémiai erőket, melyek érthetővé tették, miért állnak össze az atomok „önként” molekulákká, vegyületekké. *Dirac*, *Pauli*, *Heisenberg*, *Yukawa* egyenletekbe foglalták a magerőket, melylyel értelmezhetővé vált az a misztikum, ami atomokká rendezi az elemi részecskéket. A természetben tehát vannak bizonyos tulajdonságok, működnek bizonyos „hajlamok”, léteznek „törekvések”, az anyag

részéről. Ezeket nevezzük természeti törvényeknek.

Vajon miért kellene az *élettel* kivélt tennünk? Az élet is az anyag tulajdonsága. Az a képessége, hogy ne csak szép szabályos kristályok, bonyolult molekulacsoportok álljanak össze „maguktól”, hanem még összetettebb rendszerek is. Ezeket neveztük el koacervátumnak, szemipermeabilis hártának, fehérjének, DNS-molekulának, mitokondriumnak. Aztán sejtnek, amőbának, növénynek, állatnak. Az élet az anyagnak abból a hajlamából, képességéből fakad, hogy egyre összetettebb „értékesebb” rendszereket hozzon létre. Ez ugyanolyan tulajdonság, mint a hópehelyek ezerféle, mértanilag tökéletes kristályformája, a víz felszíni feszültsége, melyen a csikbogar korcsolyázik, avagy a DNS másolódása, mely lehetővé teszi az öröklődés nemrég még érthetetlen, de ma már megismert folyamatait.

*Az alapvető hiba abban a szemléletben gyökerezik, miszerint az élet valami véletlen folyamán jön létre*. Fogalmazzuk meg a tételt: *az élettelen anyag szükségszerűen élő anyaggá fejlődik, ahol a feltételek ezt lehetővé teszik*. Gondoljunk csak az utóbbi években tucatszám felfedezett extrém életformákra a mélytengerek fenekén, forró közegben, vagy a sarki jég alatti tavakban.

És ezzel már el is hagytuk a Földet. Mert ez a tétel – természetesen – nem csak a mi bolygónkra érvényes. Senki nem vonja kétségbe, hogy a kőso (ha megfelelőek a körülmények) bárhol az Univerzumban kristályokká rendeződik. Senki nem kételkedik benne, hogy (ha a környezeti feltételek megfelelőek) bármely égítesen képződhetnek aminosavak. Nem kétséges, hogy (megfelelő környezetben) az Univerzum bármely csücskében kialakulhatnak szemipermeabilis membránok. Miért feltételeznék tehát, hogy a fejlődés további szakaszaiban valamiféle törésnek kellene bekövetkeznie? Hogy ettől a ponttól kezdve más természeti törvények lennének érvényesek itt és ott? Hogy a földi anyag másképpen viselkedik, mint a Galaxis anyaga? Semmi alapunk sincs, hogy ezt feltételezzük, hiszen

a tudomány az ellenkezőjét igazolja. Nyugodt lelkiismerettel kiterjeszhetjük tételünket a kozmosz egészére: *az élet törvényszerűen létrejön mindenütt, ahol alapanyag, elegendő idő és megfelelő környezet áll rendelkezésére.* Ezt a törvényszerűséget pedig bizvást nevezhetjük el az *Asztrobiológia Elsősorú Tételének.*

Mivel pedig a Világegyetemben (a fogalom laikus értelmében), végtelen nagyszámú égitest létezik, mondhatjuk Giordano Brunóval: az Univerzumban végtelen nagy számú lakott világ létezik.

Egy angol kollégám, amikor egy szimpóziumon a 28 fokalosságra panaszkodtunk talpig szmokingban, azt mondta: – Nincs rossz klíma, csak nem megfelelő ruházat. Mi pedig, kis túlzással, mondhatjuk: – *Nincs rossz környezet, csak nem megfelelő életforma.*

*És az értelem?* Nyilvánvaló, hogy a fentiek alól ez sem képez kivételt. Hol a határ az élettelen molekula és az élő sejt között: a karbamidnál, a DNS-nél, a géneknél, a kromozómánál, vagy a sejtmagnál? Az „értelmes élet” sem köthető valami önkényes ismérvhez. A mimóza nasztiája, a hal utódgondozása, a papagáj „beszéde”, a kutya tanulékonyága és hűsége nem hordozza-e magában az értelem jegyeit? Avagy hol az intelligencia határvonala a kigyerek beszédtanulása és a filozófus elvont gondolatvilága között? Ha valahol kifejlődik egy földi állathoz hasonló „intelligenciájú” lény, vajon nincs esélye az evolúciójának? Miért keresnénk határt ott, ahol folyamat van? Ha kialakul egy ökoszféra, a komplexitásra való hajlam nem torpan meg egy szinten. Gaia is, amint tapasztaljuk, „törekszik” a fejlődésre. (Figyelem, nem csak földi típusú, technikai intelligencia létezhet!)

*Gribbin* szerint lehet, hogy vannak más élővilágok, de intelligens élet nem létezhet rajtuk kívül. Valóban, általános vélemény, hogy az értelmes életnek kevesebb az esélye az Univerzumban. Könnyen tévedhetünk! Mert tényleg van valami, ami fontos különbséget jelent az élet és az értelmes élet esélye között, ez pedig a *tudatos alkalmazkodás.* Lépései az alábbiak:

- az élet kialakulása döntő mértékben a környezet függvénye,

- az élet fejlődése is függ ugyan a környezettől, de ebben már nagy szerepet játszanak az adott élővilág saját képességei (evolúció, alkalmazkodás, intelligencia),

- ezek a képességek a kedvezőtlen környezetben kerülnek előtérbe, és fokozatosan nagyobb szerephez juthatnak, mint a környezeti tényezők.

Az értelmes élet kialakulásához a környezeti állapot mellett a már jelenlévő élővilág nyújthat jelentős előnyöket, már megszerzett alkalmazkodási készség,

szervkezdemények, genetikai alkalmazkodás, stb. formájában. Fejlettebb lények élete során azonban egyre inkább dominálónak válik a tudatos alkalmazkodás. Ez a képesség döntővé válik, amikor az élet környezeti feltételei romlanak. Legnagyobb életesélyük éppen a legértelmebbeknek lehet, melyek sikeresen tudják megoldani az rosszabb körülmények közti fennmaradást (pl. primer produkció mesterséges pótlásával, genetikai beavatkozással, technológiával). Semmi érv nem szól az ellen, hogy *ahol ökoszféra jön létre, ott az idő és környezet függvényében, az intelligencia is kialakul. Ezt nevezhetjük az Asztrobiológia Második Tételének.*

A probléma természetesen a fentieknél bővebb kifejtést igényel, esetleg kissé tudományosabb alapokon, mint *Gribbinnek* a piaci érdeklődést megcélzó könyve. Első közelítésben, hamarjában ennyi hozzászólást azért megérdemel az ügy.

#### Almár Iván:

A magam részéről két idézettel és egy megjegyzéssel szeretnék hozzászólni a kialakuló vitához (amely témának egyébként évtizedes, könyvtárnyi irodalma van). Mindekelőtt idézném Paul Davies „Az ötödik csoda” (Vince Kiadó 2000) könyvének befejezését, amely költőien fogalmazza meg a probléma lényegét: *„Az élet keresése az univerzum más tájain ilyenformán két egymással homlokegyenest szemben álló világnézet küzdőtere. Az egyik az ortodox tudományé, mely a céltalan mindenség nihilisztikus filozófiáját vonultatja fel, egy kozmoszt, ahol az élet és az értelem, a tudomány és a művészet, a remény és a félelem csupán a viszályforráhatatlan kozmikus felbomlás kárpitjára hímzett szerencsés véletlenek. Másfelől létezik egy alternatív szemlélet, kétségkívül romantikus, de talán igaz. Ez az önszervező és önkomplexizáló mindenség látomása, amelynek szellemes törvényei úgy kormányozzák az anyagot, hogy az az élet és a tudatosság felé fejlődjön. Egy olyan univerzumé, ahol a gondolkodó lények megjelenése a dolgok átfogó rendjének alapvető és elválaszthatatlan része. Egy univerzumé, ahol nem vagyunk egyedül.”*

A másik idézet Cocconi és Morrison 1959-ben a Nature-ben megjelent, a modern SETI-kutatásokat megalapozó híres cikkének befejezése: *„Kevesen tagadhatják, hogy a csillagközi kommunikáció felfedezésének óriási gyakorlati és filozófiai jelentősége volna. Ezért úgy véljük, hogy az ilyen jelek külön kutatása figyelemre méltó erőfeszítéseket érdemelne meg. A siker esélyeit nehéz meghatározni; ám ha sohasem kutatunk, esélyeink a nullával egyenlők.”*

Ez, véleményem szerint, azt is jelenti, hogy

tudományos kutatásokkal csak a „Nem vagyunk egyedül!” állítás igazolható. A siker persze egyben az „Egyedül vagyunk!” hipotézis cáfolata is lenne. Az eddig végzett hézagos, sikertelen megfigyelésekkel, valamint a Föld és a Naprendszer történetének hozzávetőleges ismeretén alapuló spekulációkkal az „Egyedül vagyunk!” hipotézist szerintem bizonyítani nem lehet, ugyanúgy ahogy például egy hipotetikus, valamely bolygó mély óceánjának fenekén kifejlődő civilizáció legokosabb filozófusainak sem lehetne fogalma a kozmosz sokféleségéről és méreteiről.

#### E számunk szerzői

DR. ASZALÓS RÉKA erdőökológus, a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság munkatársa, Budapest; DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudomány doktora, Wigner Intézet, Budapest; DR. BACSÁRDI LÁSZLÓ intézetigazgató, egyetemi docens, Nyugat-magyarországi Egyetem, Informatikai és Gazdasági Intézet, Sopron; DR. BENEDEK ZSÓFIA biológus-közgazdász, az MTA közgazdaságtudományi Intézet Agrár-gazdaságtan és vidékfejlesztés kutatócsoport tudományos segédmunkatársa, Budapest; DR. CZÜCZ BÁLINT ökológus, az MTA Ökológiai Kutatóközpont tudományos munkatársa, Vácraát; FARKAS CSABA újságíró, Szeged; DR. GÁLHIDY LÁSZLÓ erdőökológus, a WWF Magyarország munkatársa, Budapest; DR. IMRE SÁNDOR egyetemi tanár, tanszékvezető, BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék (volt BME Híradástechnikai Tanszék), Budapest; KAPITÁNY KATALIN szerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. KÉRI ANDRÁS főiskolai docens, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest; DR. KAPRONCZAY KÁROLY orvostörténész, a Ssemelweis Orvostörténeti Múzeum ny. igazgatója, Budapest; KELEMEN KRISTÓF okleveles biológus, doktor jelölt, az ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék tudományos segédmunkatársa, Budapest; KOVÁCS BENCE okleveles környezetkutató, az ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék tudományos segédmunkatársa, Budapest; DR. LUKÁCSI BÉLA tudományos újságíró, Budapest; MAG ZSUZSA okleveles biológus, doktor jelölt, ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék, Budapest; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; DR. RADNAI GYULA egyetemi docens, ELTE TTK Anyagfizika Tanszék, Budapest; DR. SCHILLER RÓBERT, a kémiai tudomány doktora, professor emeritus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. STANDOVÁR TIBOR természetvédelmi ökológus, az ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszékének docense, Budapest; DR. SZABÓ PÉTER GÁBOR matematikus, egyetemi adjunktus, Szegedi Tudományegyetem, Szeged; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár; DR. TÍMÁR GÁBOR erdőtervező, HMKH Erdészeti Igazgatóság, Vác; DR. VARGA PÉTER geofizikus, a földtudományok doktora, Budapest;

# Újabb fejezetek Bolyai János életművéből

Kiss Elemér és Oláh-Gál Róbert könyvéről

A Magyar Tudománytörténeti Intézet Magyar Tudománytörténeti Szemle Könyvtára sorozatában (szerkesztője: *Gazda István*) több olyan kötet jelent már meg, amelyek részben vagy egészében a matematikus Bolyaiak életével és életművével foglalkoztak. *Egy halhatatlan erdélyi tudós, Bolyai Farkas* címmel Oláh Anna Bolyai-kutató közreműködésével Gazda István állított össze egy minden korábbi hasonló munkánál tartalmasabb és hatalmas jegyzetanyaggal ellátott kötetet, amelyet az Akadémiai Kiadó nívódíjjal is elismert. Ács Tibor hadtörténész két évtizedes kutatói munkájának eredményeként készült el a *Bolyai János új arca – a hadi mérnök* című műve, amely hazai és külföldi levéltárakban talált dokumentumok egész seregének feltárásával, köztük százhusz, a Bolyai-kutatás számára is teljesen ismeretlen irat közlésével mutatta be Bolyai János mérnökakadémiai éveit, hadi mérnöki pályafutását és mérnökkari működését.

A Magyar Tudománytörténeti Intézet nemrég egy újabb Bolyai-kötettel lepte meg a matematikátörténet iránt érdeklődőket, amely elsődleges levéltári források alapján Bolyai János életrajzát ismét sok tekintetben kiegészíti. A két jeles erdélyi Bolyai-kutató, néhai Kiss Elemér (1929–2006) és Oláh-Gál Róbert közös munkájaként megjelent *Újabb fejezetek Bolyai János életművéből* című kötet elsősorban Bolyai János gyermekkoráról, Domáldon eltöltött idejéről és nyugdíjas éveiről közöl számos eddig nem ismert adatot. Az olvasó a könyvből választ kaphat arra, hogy milyen volt Bolyai János gyermekkor, miért lett mérnöktiszt, de arra is, hogy miért helyezték őt oly hamar nyugállományba. Ahogyan olvashatunk arról is, hogy – a korábbi vélekedést pontosítva és javítva – mikor is élt és gazdálkodott Bolyai Domáldon, milyen volt a családi élete, milyenek voltak az életkörülményei, igaz-e az a sokat hangoztatott, főleg szépirodalmi művekben elterjedt nézet, miszerint zárkózott, emberkerülő volt. Szó esik a könyvben arról – Gazda István véleményére alapozva –, hogy az a sok betegség, amely Bolyait gyötörte, valójában egy 1828-ban átvészelt maláriájának voltak a mellékhatásai, amit sajnos egyetlen orvosa sem ismert fel, így nem véletlen, hogy sokszor érezte rosszul magát, és ez a leveleiből is kitérünk.

A kötetben helyet kapott egy matematikai tárgyú fejezet is, amely Bolyai János kéziratok hagyatékából mutat be szemelvényeket. Szó esik itt a klasszikus görög szerkesztési problémák mellett Bolyai későbbi számelméleti vizsgálatairól is. A könyv a Bolyai-geometria tárgyalásával kapcsolatosan szintén közöl egy érdekes kéziratot, nevezetesen Székely Károly cisztercita paptanár munkáját. Tartalma ugyan nem éri fel Vályi Gyula egyetemi előadásait, mégis „érdekes elgondolkodni azon a látásmódon, ahogy Székely Károly megértette és kommentálta a Bolyai-geometriát” – olvashatjuk a könyvben.

Habár a kötetben nagyon sok tudománytörténeti érdekesség található, e sorok írójának legjobban a Bolyai János matematikai olvasmányairól szóló rész tetszett. A matematikátörténeti kutatások számára ugyanis rendkívül hasznosak az olyan információk,

amelyek feltárják, hogy egy-egy kutató mit ismert, mit ismerhetett, vagy mi az, ami biztosan nem jutott el hozzá. Milyen könyveket és cikkeket olvasott, látta-e valamelyik tudós kollégájának esetleg hasonló eredményét, mint amivel ő is foglalkozott. Jól ismert például, hogy Bolyai János olvasta Lobacsevszkij könyvét, sőt azt észrevételekkel és jegyzetekkel látta el, viszont tudomásunk szerint Lobacsevszkijt soha senki nem tájékoztatta Bolyai munkájáról. A jelen kötet egyik kuriózumának tartom azt a kis cédulát, amelyet Thierry nagyszombeni könyvkereskedő írt Bolyai Jánosnak, és amelyen meg-

írja neki, hogy a Bolyai úr által rendelt könyvek közül melyek azok, amelyek üzletében hiányoznak. Ott van e művek között Gauss *Disquisitiones generales circa superficies curvas* (1827) című műve is. A kötet szerzői ezt írják róla: „Ez az a munka, amelyről számos szerző sajnálattal megjegyzi: milyen kár, hogy Bolyai János nem olvashatta. E kis cédula megtalálásával most már bizonyossá vált, hogy valóban nem olvasta ezt a munkát, de ami leginkább meglepő – s csak most derült erre fény –, hogy tudott a létezéséről. Vajon honnan szerzett erről tudomást?” Ez is egyike még a Bolyai-kutatás rejtélyeinek, ahogyan a kötet végén szereplő a Bolyai-kutatás megoldott és nyitott problémái című fejezetben olvasható sok érdekes kérdés is, amelyek még bőven adnak feladatot a Bolyaiak életművében bűvárokodók számára.

Ki kell emelnünk a könyv gazdag jegyzet és irodalmi hivatkozásait is, mivel köztük nemcsak a már klasszikus források jelennek meg, hanem egészen a napjainkban kiadott legújabb könyvek és cikkek hivatkozásai is ott vannak köztük. Ahogyan külön kiemelendő Gazda István összeállítású a digitalizált Bolyai-irodalomról, amely a világhálón is feltehető munkák elérhetőségét tartalmazza.

Végezetül szólnunk kell arról a szomorú tényről, hogy Kiss Elemér sajnos már nem érthette meg ennek a kötetnek a megjelenését. Szerzőtársa, Oláh-Gál Róbert nagyon szépen emlékezik meg róla is a könyv bevezetőjében. Ezt írja: „Kiss Elemér hegyi embernek született. Aki mindenért keményen megdolgozott. Csak a betevő falatért is meg kellett, hogy járjon két havast, egy kis borvizért át kellett mennie a hágón. A Bolyai-kéziratok megfejtéséért át kellett néznie 14 ezer oldalnyi összekuszált kéziratot. Ki kellett olvasnia Bolyai János hierogliféit. Ez teljes mértékben eddig csak neki sikerült. Mert konok, makacs székely, hegyi embernek született, aki tudta, hogy a sziklás székelyföldet is csak kemény munkával lehet termékkennyé tenni. Ezért nyíltak meg előtte a Bolyai-ládák titkai.”

(Kiss Elemér – Oláh-Gál Róbert, *Újabb fejezetek Bolyai János életművéből, Magyar Tudománytörténeti Intézet, Jedlik Ányos Társaság, Pannon Egyetem, Budapest – Veszprém, 2011.*)

SZABÓ PÉTER GÁBOR

# Pánikbetegség

„A pánikbetegségben szenvedőknek a pánikbetegség a foglalkozása.” E frappáns mondattal mutat rá a szerző arra: ez a kór képes az emberi élet egészét átészni; a vele való törődés, illetve a tőle való félelem révén leköti az egyén összes energiáját. A pánikbetegség a „lelki betegségek” közé tartozik, s mint ilyen, az agy betegsége, amit, akár bármely egyéb szervünk betegségét, gyógyítani lehet és kell – hívja fel a figyelmet Gábor S. Pál a laikus érdeklődőknek és orvostársadalomnak egyaránt szánt kötetében.

Maga a kór nem új, annak ellenére, hogy az utóbbi években, évtizedekben került be a köztudatba – voltaképpen egydíós az emberiséggel. A „pánik”-állapot a nevét az ógörög mondavilágbeli, félig ember, félig szamár Pán istentől nyerte, aki ordítással „páni félelembe” kergette a nőket, ha délutáni álmában megzavarták. A pánikbetegség persze nemcsak a nőket érinti: mindenkit elérhet. A kór első leírója Donald F. Klein amerikai pszichiáter, aki a szorongásos rohamokkal járó kórnak a pánikbetegség elnevezést adta 1964-ben. E névvel kívánta jellemezni azt a katasztrófa-hangulatot, melyet a beteg megél szorongásos rosszulletei alkalmával, mikor a „legnagyobb bizonyosság erejével érzi, hogy pillanatokon belül meghal; hogy mellkasi nyomása csak szívinfarktustól lehet, és hogy remegése, verejtékezés, fulladása, halálfélelme halódó testének utolsó megnyilvánulását jelenti”. A pánikbetegség „hivatalosan” mintegy három évtizede létezik önálló kórfórmaként. Az 1980-ban megjelent Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-III), a Mentális rendellenességek körmeghatározó és statisztikai kézikönyve az addig egységesen kezelt szorongásos neurózis kórfórmát két részre bontotta: pánikbetegségre és generalizált szorongásra.

A pánikbetegség rendkívül megtévesztő, hívja fel a figyelmet a szerző: képes a legkülönfélébb szervi megbetegedések tüneteit produkálni, anélkül, hogy az illető szervnek bármiféle baja lenne. Ilyenkor a beteg azt az orvost keresi fel, aki a pánikbetegség által utánzott kórt gyógyítja. Mindenütt más-más – a feltételezett betegség kezelésére egyébként megfelelő – gyógyszert ajánlanak neki, s végül a beteg maréknyi gyógyszert szed, eredmény nélkül. A tünetek minduntalan jelentkeznek, s – amikor már sokadjára fordult orvoshoz a beteg, s az nem találja a feltételezett betegség semmi nyomát – a gyógyító olykor szimulánsnak bélyegezi a beteget, „jó esetben” neurotikusnak. Háta mögött akaratyengének tartja; nőbeteg esetében arra gondol: „egy század katona meggyógyítaná”. És mert a pánikbetegségben szenvedők fele depressziós is, a depresszióval küzdők nagy hányada pedig öngyilkosságot is megkísérel – az említett orvosi hozzáállás a szuicidium felé lökheti a beteget. Ez a két kór együttes jelentkezése esetén 26 százaléknál nagyobb öngyilkossági kísérletet jelent, s minden harmadik kísérlet halálalal végződik.

De mi is a pánikbetegség? Jól körülírható időszak intenzív félelemmel vagy diszkomfortérzettel, melyben a következő tünetek közül legalább négy hirtelen kifejődik s maximális intenzitását tíz perc alatt eléri: heves szívdobogás, szapora szívverés, izzadás, remegés vagy reszketés, fulladás vagy légszomjérzés, mellkasi fájdalom, hányinger, szédülés, bizonytalanság vagy ájulásérzés, realitás elvesztés-érzés, elszemélytelenedés érzése, félelem a megőrüléstől vagy az önkontroll elvesztésétől, zsibbadás, „hangyamászás”-érzés, bizsergés, hidegrázás

zás vagy kipirulás, hevelés, halálfélelem – tudható meg a kötetből. Az említett tünetek közül a hasi diszkomfortérzettel járó hasi pánikot Gábor S. Pál fedezte fel és írta le először; az ideggyógyászati pánikról, illetve annak differenciáldiagnosztikájáról pedig számos külföldi előadásán beszélt. Tartam és súlyosság szempontjából a pánikbetegség nagy egyéni különbségeket mutat. A mérsékelt fokú négy hét alatt egy pánikrohamot feltételez, a súlyos fokú heti legalább négy pánikrohamot jelent, négy héten át.

Kialakulása a legkülönözőbb életkorokban történhet. Sokszor már a bölcsődében felismerhető a pánikra hajlamos gyermek: félénk, nehezen vonható közösségbe. Az is előfordul, hogy az első rohamra a hatvanadik életévben kerül sor, látszólag beállíthatatlan magas vérnyomás kíséretében. Létrejötté legtöbbször más betegségekkel együtt következik be. A szerző idézi Szádóczky Erika vizsgálatait, melyek szerint a pánikbetegség önállóan csak a betegek 16 százalékában fordul elő; a leggyakoribb társult kórkép az agorá-, és a szociális fóbia. Amerikai kutatók szerint a major depresszió a leggyakoribb társult kórkép, 60–70 százalék, más kutatások a depresszió

sziónak a pánikbetegséghez társulását 80-90 százalékra teszik. A pánikbetegség – bár számos zsenit is érintett korábbi korszakokból, így például említhető Brahms, Churchill, Goethe, Newton, Rousseau, Schopenhauer, nagymértékben csökkent az életminőséget és kiszolgáltatottá tesz. Ha a cégnél elbocsátás van, először a pánikbetegtől szabadulnak meg, mert gyakran képtelenek bemenni a munkahelyére, sokszor kerül kórházba és igényel betegállományba vételt. Pánikbetegség hatására az ember könnyen válik alkoholistává, gyógyszerfüggővé, vagy kombinálja a gyógyszert az itallal, ami nem a sokat emlegetett „akaratyengés” következménye, hanem a kór által megnehezített életet teszi – látszólag és időlegesen – elviselhetőbbé.

A betegség kezelésére sokféle gyógyszer, elsősorban antidepresszív készítmény alkalmas. A pszichoterápia is megemlíthető a pánikbetegség gyógyítására alkalmazott módzatok között, de ez is gyógyszerrel „megerősítve” fejt ki hatását. A hatáskifejtésre szükség is van, részint a beteg szenvedéseinek elmulasztása, életminőségének javítása, részint a betegség félreismeréséből adódó felesleges költségek megelőzése céljából. A szerző kutatásai alapján és az általa javasolt szer alkalmazásával annak valószínűsége, hogy a kór gyógyítására használt első gyógyszer hatékony, 90 százalék – ellentétben az amerikai 50 százalékkal. A szerző rendezőelve alapján a pánikbetegség és a társbetegségek kialakulásának valószínűsége jelentősen csökkenthető. A pánikbetegség s a hozzá gyakran társuló depresszió, szociális fóbia, agorafóbia egyetlenféle gyógyszerrel gyógyítható, ily módon töredékére lehet csökkenteni a gyógyítás költségét.

Számos eseteírás is található a kötetben a szerző praxisából. Idézi Moldova Györgyöt, aki szerint a tizedik emeletről való leugrással mindenki képes, arra viszont, hogy visszaugorjon, senki. Kivéve – képletesen – a gyógyult pánikbeteget. Akinek oly mértékben javul az életminősége, olyannyira jól érzi magát a korábbi állapotához képest, hogy az akár a tizedik emeletre történő felugrásként is értékelhető.

(Gábor S. Pál: *A pánikbetegség felismerése és kezelése. Vox Medica Kiadói Kft., Budapest, 2012*)

FARKAS CSABA



(2012. 10. szám)

## 250 EZER EURÓS HAMBURGER

Mark Post tulajdonképpen a véredények szakértője a maastrichti egyetemen, de az emberi táplálkozás megváltoztatásának is elharcosa. A szükséges húst nem az állatok leölésével, a vágóhidról, hanem Petri-csészéből akarja nyerni. Az ötlet egyszerű: állatoktól vett törzssejteket akar szaporítani, amelyek izomsejteké, majd rostokká alakulnak, s mind nagyobbak és erősebbek lesznek, végül húsdarálóra kerülnek. Vannak tudósok, akik ebben látják az egyre szaporodó emberiség húsellátásának megoldását.

Az ENSZ mezőgazdasági szervezete szerint ugyanis a világ hús fogyasztása 2002-től 2050-ig az évi 228 millióról évi 465 milliő tonnára fog növekedni. Az állatok jogait védő szervezet, a „Peta” egymilliárd dolláros jutalmat tűzött ki annak, aki elsőnek készít piacképes műhúst. A díjat azonban senki sem fogja elnyerni, mert a nyertesnek a műhúst 2013. január elsejéig tíz amerikai államban piacképes áron forgalomba is kell hoznia, amire senki nem lesz képes.

A műhús kifejlesztése és fogyasztásának elterjedése nagyon pozitív hatással lenne a környezetünkre. A Föld jégmentes felületének 30 százalékát direkt vagy indirekt módon az emberiség hússzükségletének kielégítése veszi igénybe. Oxfordi kutatók szerint a műhús laboratóriumi előállítás a természetes húsnál 36–60 százalékkal kevesebb energiát igényel, gyártása során 80–95 százalékkal kevesebb üvegházhatású gáz keletkezik és 98 százalékkal kisebb területet foglal el.

A laboratóriumban előállított hús ötlete nem új. 1907 óta tudott dolog, hogy a testből kivett sejteket életben lehet tartani, sőt osztódhatnak és növekedhetnek. Ezután hetven évig nem történt semmi. A mostani kutatások hátterében a ma 88 éves Willem van Eelen áll, aki tinédzser korában harcolt a japánok ellen és hadifogolyként hónapokon át éhezett egy lágerben.

Amikor később orvosi tanulmányai folyamán látta az izomsejtek növekedését a Petri-csészében, arra gondolt, mi lenne, ha a húst is így tenyésztene. Hollandiában és az USA-ban szabadalmat jelentett be, és végül sikerült a holland szervezettől kétfélmillió euró támogatást szereznie.

A törzssejtek szaporítása azonban nem egyszerű. Az emberek, egerek, patkányok és rhesusmajmok törzssejtjeitől eltérően, a tehének és a disznók embrionális törzssejt-

jei azonnal differenciálódni kezdenek és elveszítik továbbosztódási képességüket. A második nehézség, hogy az sejteknek csak 20–30 százalékra fejlődik a kívánt irányba, a többitől csont- és főleg zsírsejtek keletkeznek. A harmadik gond, hogy a tápoldal fetális borjuszérum. Ez ellentmond az állatmentes hús gondolatának és nagyon drága. Végül pedig itt van az edzés kérdése: az izmok csak aktiválás, használat során erősödnek. Ám ha mindezeket a kérdéseket sikerül is megoldani, még hátra van az erek, izomszálak, zsírsejtek és csontok komplikált szövetyenyésztése, aminek megvalósítása még évtizedeket vesz igénybe.

Post ezért a vagdalt hús mellett döntött. Mivel jól látja a média fontosságát, többször kijelentette az újságíróknak, hogy egy éven belül in vitro húsból készült kolbászt fog készíteni, ami egyelőre 250 ezer euróba fog kerülni. Egy névtelen amerikai milliárdos már hajlandó rendelkezésre bocsátani a kutatásaihoz szükséges negyedmilliót. Csak egyetlen kikötése van: a kolbász (hamburger) kizárólag marhahúsból készülhet, semmi esetre sem disznóhúsból.

A holland kormány, mielőtt újabb pénzt adna a kutatásra, meg akar győződni, hogy az emberek el is fogadják az újfajta húst. A fogyasztók első reagálása idegenkedő lesz, de meg kell értetni velük, hogy ez nem genetikailag megváltoztatott hús és mekkora előnyei vannak. Nemcsak kisebb területet, kevesebb energiát és vizet igényel, hanem elkerülhető vele a nagy állattelepeken fellépő járványok és járulékos tápanyagokat is hozzá lehet adni. Az újfajta hússal szembeni kezdeti ellenállás természetes és evolúciós okai vannak. Amikor majd elfogadottá válik, akkor a húst nem Petri-csészében, hanem nagy bioreaktorokban fogják előállítani.

Persze fennáll a veszély, hogy valaki megbetegszik tőle, ami az egész iparág végét is jelentené. A hollandok, ha már ennyi pénzt szántak erre a programra, nem tökéletes, de legalább ehető húst várnak a kutatóktól. A 250 ezer eurós hamburgerért ez nem is túlzott elvárás.



(2012. november)

## MIÉRT ÉPPEN A GALE?

Augusztus 6-án sikeresen leszállt a Marsra a NASA legújabb mozgó laboratóriuma, a Curiosity (Kíváncsiság). A különleges és

újszerű leszállás (lásd Természet Világa, 2012. augusztus) részleteit, az eseménydús utolsó perceket a MARDI kamera több mint 800 felvételtől álló sorozaton örökítette meg. A 2,5 milliárd dolláros Curiosity küldetése logikus folytatása annak a nemzetközi kutatásnak, amelynek eddigi csúcspontjait két sikeresen keringő szonda, a Mars Express és a Mars Reconnaissance Orbiter, illetve a legutóbbi két marsjáró, a Spirit és az Opportunity jelentette, jöllehet a Curiosity jó kétszer akkora, mint az utóbbi két szerkezet együttvéve. A szerkezet áramforrása egy radioizotópos termoelektromos generátor, amely a radioaktív bomlás hőjét alakítja jelenleg 115 watt elektromos teljesítménnyé. A megoldás előnye, hogy nem kell a napelemtáblák beporosodásától tartani. A radioaktív anyag bomlása miatt persze a teljesítmény így is csökken, de számítások szerint még 14 földi év múlva is elegendő elektromosságot szolgáltat a műszerek működtetéséhez. A Curiosity alapküldetését 2 évre tervezik.

A szonda tehát sikeresen leszállt, még hozzá igen pontosan, mindössze 2 kilométerre a 7 km széles és 20 km hosszú, ellipszis alakú célterület középpontjától, a 154 km átmérőjű Gale-kráter egy sík területén. A küldetés fő célja a kráter közepén lévő, 5,5 kilométer magas hegy, az Aeolis Mons megmászása és alapos geológiai vizsgálata.

De vajon miért éppen a Gale-kráterre esett a kutatók választása? Nos, a döntés egyáltalán nem volt egyszerű. Több száz kutató éveken át elemzte a korábbi négy, a Mars körül keringő űrszonda (a már említettek közül a Mars Global Surveyor és a Mars Odyssey) felvételeinek tömegét, hogy kiválasszák a kutatás szempontjából legérdekesebb és a leszállásra legmegfelelőbb helyszínt. A válogatás folyamatában volt egy időszak, amikor a Gale kiesett a legígéretesebb jelöltek közül, mert nem találtak meggyőző bizonyítékot arra, hogy a kráterben jelen vannak víz jelenlétében keletkezett ásványok. Később mégis újra felkerült a listára, mert a jelöltek között nem volt elég alacsonyan fekvő helyszín. Továbbra sem tartozott azonban a komoly esélyesek közé.

A helyzet akkor változott meg, amikor a NASA Sugárhajtás Laboratóriuma (JPL) egyik fiatal munkatársa, Ralph Milliken a nontronitnak nevezett agyagásvány jelenlétére utaló nyomokat talált az MRO adataiban. Ezután a Gale-kráter régi hívének számító Jim Bell (akkor a Cornell Egyetemen) megbízta egyik végzős hallgatóját azzal, hogy az MRO nagy felbontású felvételei alapján próbálja összerakni a kráter geológiai történetét. A Gale egy rendkívül mély gödör a Mars felszínében, amelyben – kifolyása nem lévén – összegyűlhetett a hordalék, amely teljes egészében kitöltötte a krátert. Később a vízfolyások elapadtak, a



szél pedig kivájta a lazább szerkezetű üledéket, csak középen, a kráter mai pereme fölé magasodó hegy maradt meg. Ennek réteges szerkezete a kráterben lerakódott üledék rétegeit, és ezen keresztül a Mars teljes kémiai történelmét őrizheti.

Jelenlegi tudásunk szerint a Mars felszínén vagy annak közelében valaha sok víz lehetett. A víznek kezdetben semleges volt a kémhatása. Az évmilliók során azonban a felszíni víz a kőzetekkel kölcsönhatásba lépve agyagásványokat hozhatott létre. Amikor azonban a Mars eredetileg vastagabb, széndioxidban gazdag légköre megritkult, a felszín kiszáradt. A Tharsis terület óriás vulkánjaiból jelentős mennyiségű kén került a légkörbe, a megmaradt víz savas kémhatá-

súvá vált és megtámadta a kőzeteket. Sós oldat keletkezett, amelyből szulfátokban gazdag sókőzetek (evaporitok) maradtak vissza. (Ilyen szulfátokban gazdag kőzeteket a Spirit és az Opportunity is vizsgált.) Ha ez a történet igaz, akkor az agyagásványoknak a szulfátok alá temetve meg kellett őrződniük. Az Aeolis Mons lábánál tehát agyagásványokra számíthatnak a kutatók, míg ezek egy bizonyos magasságban átadják a helyüket a szulfátos kőzeteknek. Ez teszi igazán izgalmas célponttá a Gale közepén magasodó hegyet.

Magyarázatot keresnek a kutatók arra is, hová tűnhetett az egykor a Gale belsejét kitöltő anyag. A keringő szondák felvételein nincs nyoma annak, hogy a víz kifolyhatott volna a kráterből. Feltételezik, hogy a kémiai mállás

és a fizikai erózió együttes hatására töredezhettek az üledék olyan apró szemcsékké, amelyeket a szél már ki tudott fújni a kráterből.

A Curiosity a hegy lábától 8 kilométerre szállt le. Ezt a távolságot akár néhány nap alatt is megtehetné, de természetesen útközben is sok helyen hosszabb-rövidebb időre megáll, hogy vizsgálatokat végezzen. Sőt, közvetlenül a leszállás után a kutatókat nehézség dilemma elé állította az a felismerés, hogy a leszállóhelytől alig 400 méterre fekszik az a Glenelgnek nevezett terület, ahol három különböző kőzettípus találkozik. Sajnos a Glenelg éppen ellenkező irányban található, mint a Curiosity fő célpontja. Ennek ellenére a kutatók úgy döntöttek, hogy érdemes megtenni a kitérőt.

## KÖNYVSZEMLE

**Meteor csillagászati évkönyv 2013.** Szerkesztette Benkő József és Mizser Attila (Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 2012)

Az égbolt szerelmesei mindig nagy izgalommal várják a következő esztendőre vonatkozó csillagászati előrejelzéseket. Ennek legjobb összefoglalóját a Meteor csillagászati évkönyv tartalmazza, melyet 1990 óta a Magyar Csillagászati Egyesület (MCSE) ad ki. A kötet hasznos információkat nyújt azoknak is, akik most kezdenek érdeklődni az égbolt tudományáért, és azok számára is, akik már több tapasztalattal szereztek ezen a téren.

A könyv első harmada olyan, széles körű érdeklődésre is számot tartó információkat tartalmaz havi bontásban, mint a Nap és a Hold kelése, nyugvása, a bolygók és más fényesebb égitestek láthatósága. A Kalendáriumi rész nem csak adatok halmazából áll, hanem kiegészítő írásokat, háttérinformációkat tartalmaz az aktuális látványokról, csillagászártörténeti évfordulókról és más érdekességekről. Újítás az előző évekhez képest, hogy egy kis nyomdai trükkkel könnyebben kereshetünk, illetve lapozhatunk a havi előrejelzések között.

Az „égiek” 2013-ban sem kényeztetnek el bennünket túl sok látványos, hazánkban is megfigyelhető jelenséggel. Ne várjunk se hold-, se napfogyatkozást, sőt azon ritka eset áll elő, hogy az egész világon szűkében lesznek az érdeklődők ilyen égi eseményeknek. Ennek ellenére nevezetes esztendő elé nézünk, mivel – várhatóan – két, szabad szemel üstökösben lehet részünk. Március végén a PANSTARRS, november végétől az ISON lesz megfigyelhető Magyarországról is. Különösen a második kométa érkezését előzi meg nagy várakozás, mivel az előzetes számítások szerint

fényessége és helyzete alapján a nappali égen is látható lesz, csóvája pedig átívelhet fél égbolton. Sajnos ezek az égitestek gyakran megrézfáltak már a csillagászokat. Kis tömegük révén könnyen befolyásolják pályájukat a nagybolygók, laza, különleges szerkezetük miatt nem mindegyik fényesedett fel az „elvárt” módon, sőt számos üstökös esett már szét menet közben. Reméljük most nem így lesz.

A kötet második harmada hosszabb, alaposabb tanulmányokat közöl egy-egy szakterület újabb eredményeiről vagy azok háttéréről, mint a napisajtóban megjelenő híradások, beleértve a különböző online fórumokat is. Ezek azok a cikkek, amelyek miatt hosszú évek múltán is érdemes elővenni egy-egy korábbi kiadást. Aki kézbe veszi a legújabb kötetet, egy rendkívül látványos napkitörés fotójával találkozik a borítón. 2013 ugyanis a naptevékenység maximumának éve is lesz, így központi csillagunk kutatásának eredményei nem hiányozhattak a kiadványból. Szintén aktuális és nagy közérdeklődésre számot tartó terület az exobolygók keresése, melyben a Kepler-űrtávcső jár az élen évek óta. Olvashatunk továbbá a szupernóvák nemrégiben felfedezett új típusáról, és a készülő óriástávcsövekről is, amelyek újabb nagy ugrást jelentenek majd a csillagászat fejlődésében. Valamennyi cikket a témakör neves szakértője írt, és azt is ki kell emelnünk, hogy minden évkönyv megjelenését alapos szakmai és nyelvi ellenőrzés előzi meg.

Az évkönyv harmadik része hagyományosan a beszámolóké. Az MCSE mellett a hazai kutatóhelyek tevékenységének ismertetése szerepel ezeken az oldalakon. Egy szomorú aktualitás zárja a kötetet, a nemrégiben elhunyt Szécsényi-Nagy Gábor csillagászra emlékeznek az évkönyv összeállítói.

A kiadvány kereskedelmi forgalomban is megvásárolható, de az Egyesület tagjai illetményként kapják. A kötet nagy része a téma iránt nagyobb elhivatottságot, és némi alapismeretet is megkövetel olvasójától, de cserébe valóban megbízható forrást nyújt a felhasználó számára.

**Trupka Zoltán**

**JACEK DUKAJ: Extensa – Regény az EPR-paradoxonra;** Fordította Mihályi Zsuzsa; (Typotex Elektronikus Kiadó Kft., Budapest, 2012)

Az emberi fantázia végképp földhözragadt, még az úrkorszak beköszöntése ellenére is. Hiába választ magának egy író olyan témát, mint az EPR-paradoxon\*, illetve a körülötte kialakult tudósi okoskodások. Egrészt, mert belénk ivódott valamennyi tapasztalatunk genetikailag is földi, másrészt, mert aki ezzel kapcsolatban meg akar értetni valamit, csakis földi dolgokhoz kötheti. Valójában a fantázia is csak ebben a környezetben csaponghat. Van, akinek a csapongása együttműködőket toboroz, és olyan is van, akie elutasító. Dukaj elképzelései a két véglet között mozognak. A szimpatikusnak tűnő írói meglátásait gondosan lerontják azok a zagyvaságok, amiket az olvasó egyszerűen nem tud követni. Egy ilyesfajta próbálkozásnak, mint a szóban forgó, egyáltalán nem árt az idő. Ez úgy értendő, hogy a szerző fekteti a művét, majd időnként újra előveszi és csi-szolja. Egészen addig, amíg egy beavatatlan is megérti. Máskülönben csak szenvedést okoz – elsősorban az olvasónak.

(\*egy állítás arról, hogy a kvantummechanika nem lehet egyszerre lokális, realista és teljes elmélet – <http://hu.wikipedia.org/wiki/EPR-paradoxon>)

**Sz. I.**

# Címképünk

## Mennyből a hópehely

Ötven évvel ezelőtt hunyt el Ukichiro Nakaya japán fizikus, aki életének jelentős részét a hókristályok kutatásának és a természettudományos ismeretterjesztésnek szentelte. Ő volt az első, aki mesterséges úton, laboratóriumban is tudott hópehelyeket előállítani. Vízgőzzel telített levegőt hűtött le hirtelen. Hosszas kísérletezgetés után talált rá a legjobb megoldásra: egyetlen szál nyúlászor hegye bizonyult a legjobb magnak, amin a hókristály képződése megindulhatott.

Természetes hóesés esetén a véletlenszerűen találkozók két vízmolekulából állhat össze olyan tetraéderes szerkezet, amely még két szabad vegyértékkel is rendelkezik, s így további vízmolekulák kapcsolódhatnak hozzá. Megszületik az a szabályos hatszöges szimmetriát mutató alakzat, amely meghatározó egy-egy hópehely kialakulásakor. A főágakból mellékágak, majd azokból is újabb és újabb mellékágak nőnek ki, megőrizvén a 60°-os kapcsolódási szögeket. A hópehely felépülését a helyi, véletlenszerűen változó mikrokörnyezet befolyásolja, ezért nincs két egyforma hópehely! Lassan lefelé hullva a légellenállás valamennyire fel is hajthatja, akár le is törheti a hópehely széleit, s az egymással való ütközések közben is változhat a pehely alakja. Hópehelycsoportok képződhetnek, így alakulhat ki és hullhat a jól ismert (nagy) pelyhes fehér hó.

A hópehelyek keletkezése kiváló példa a szublimációra, a gáz-szilárd fázisátala-

kulásra, halmazállapot-változásra. Ezért is olyan nehéz lencsevégre kapni őket, mert hamar elpárolognak. Az első, aki fényképeket készített fekete bársonyra hullott hópehelyekről, Wilson Bentley (1865–1931) amerikai fényképész volt. Fagypontra alatti szobában dolgozott kalapban, kabátban, és speciális mikroszkópon át fényképezte a hópehelyeket. Halála évében megjelent Snow Crystals (Hókristályok) című könyve nagy hatással volt Ukichiro Nakaya (1900–1962) kutatásaira, aki azután több mint 3000 saját felvételt készített, s hét nagyobb, valamint számos kisebb osztályba sorolta a hókristályokat. Tőle származik a mondás: „A hópehelyek a mennyekből küldött levelek.”

Óvodástól nyugdíjasig mindenkit lenyűgöz a hópehelyek szépsége, változatossága. Mentovics Éva verset írt a hópihérről a kicsik számára. Itt olvashatjuk többek között az alábbi sorokat:

*Jéghegyek csúcsán imbolygó felleg,  
Éled a szellő, ringnak a pelyhek.  
Várnak a dombok, hívnak a rétek,  
Szél karján lengek, szállok felétek.*

Kiss Manyi közismert dalát pedig így költötte át egy óvodás:

*...Hogy jön egy királyfi tán,  
Hópihé paripán...*

RADNAI GYULA

## Egy módszer hókristályok fényképezésére

A hókristályok gyűjtéséhez a hóesésbe kihelyezett hideg és lehetőleg vastag üveglap, vagy sötét ruhadarab egyaránt alkalmas. Irányadó méret a ~20cm x 20cm. Ajánlatos csak addig „exponálni”, amíg ritkán – négyzetcentiméterenként néhány kristály – megjelenik. Nem a hókristályokból összeragadt hópehelyt gyűjtjük – bármilyen hóesés nem is alkalmas céljainkra –, hanem egyetlen „hóvirágra” vadászunk. A kristály megfogásához a vékony ecset jól használható, mert a szálaiba a cizellált határú jégkristály könnyen beleakad. Általános szabály, hogy a hókristálynak akár csak a közelébe kerülő bármely eszköz is hideg legyen. Jól működik az a megoldás, amikor az említett üveglap egyben a fényképezőgép alá kerülő tárgylemez. A lehullott hókristályok között több érdekes is akadhat: a környezetüket az érdek-

telenektől ecsettel megtisztíthatjuk. Az objektív előtt tologatva többről is készíthetünk fényképet anélkül, hogy az áthelyezéssel kockázatot vállalnánk. Voltaképp az üveglapot módszeresen mozgatva a fényképezőgép kinagyított élőképén amolyan kirándulás történik: a nagyon kevés 'hibátlan' kristály mellett e más-világi kószálás igen sok egyéb látnivalóján is fennakadhat mind a szemünk, mind az értelmünk.

A hóvirágok fényképezése ZD-50/2,0 fix objektívvel (Olympus) történt, előtétlencseként bevált a Raynox M-250. Az objektív két db kétszerezővel (EX-25) csatlakozott a fényképezőgéphez (4/3-os rendszer, E-30°, Olympus). Az aktív közgyűrűk nem sorolhatók, ám kettőre is szükség van, ha a szabályos, de jellemzően kisméretű 1-3 mm-es hóvirágokat fotózzuk. Az egyik közgyűrű ezért megfelelő alakítás után csak „hosszabbítóként” szolgál.

A kamera az állványmenete és egy közdarab segítségével (barkács) fűrőállványra került, s ezzel a tárgy távolság durva állítása egyszerűvé vált. A rezgések elkerülésére célszerű robusztus, merev rendszert építeni. A kézi élességállításnál a függőlegesen lefelé néző kamera kihajtható LCD-je és az élőkép részletének nagyítási lehetősége igen hasznos. Ajánlott mind az előzetes tükörfelcsapás, mind a 2–3 másodperces várakozási idő. Az exponálást előnyös távirányítóval indítani. A megvilágításra – jellemzően oldalfény formájában – hőt alig termelő LED-es lámpák alkalmazhatók, a beállított színhőmérséklet 7000°K. A fénysugár irányának változtatása segít a kristály láthatóságának szerkezetének kiemelésében: érdemes próbálgatni! A háttér színei ízlés szerint alakíthatók. Ennek módja, hogy a hókristályt tartó üveg alá a háttér elmosás érdekében néhány centiméternyi távolságban pl. színes kartont, szövettarabot stb. helyezünk, amit egy másik lámpával világítunk meg. ISO200 és 6,7-8-as rekesz-előválasztás mellett néhány másodperces expozíciók adódtak. A fénymérés módja legtöbbször pontszerű (spot). Egy havazás órára adhat munkát, ezért tanácsos hálózati adapter alkalmazása: bevált egy 2 amperes stabilizált (költséghatár) tápegység 7,5 V-os állásban.

Kis ügyességgel a tárgyüveg tartójául is szolgáló papírdobozba helyezett jégakkukkal megoldható az üveglap és környezetének hidegen tartása. Ez a nyugodt munka feltétele, erre érdemes nagy gondot fordítani: még a ki-és belégzéssel is vigyázzunk!

A képfeldolgozáskor a hókristály környezetét rendszerint meg kell tisztítani. Az Olympus Master, a Photoshop, a Windows



XP Office Picture Manager és a Noiseware Standard Edition programok segítettek, melyekkel vágás, szintállítás, kontraszt és képzéptónus megváltoztatása, valamint retusálás, élesítés és zajsűrés történt.

BORSA BÉLA

# XXI. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Szellemi Tulajdon  
Nemzeti Hivatala

Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

## Első az egészség

TÓTH TAMÁS

Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely, Románia

Egészségesebb világot szeretnék magam körül, ahol az emberek öntudatosabbak, és jobban értékelik egészségüket. Hogy valóra váltsam álmomat, orvos szeretnék lenni, gyermekorvos. A múlt értékei közül a legrégebbi forrás – amelyre a leginkább szükségem van – a kolozsvári magyar egyetem kialakulása. Báró Eötvös József és Pauler Tivadar kultuszminiszterek törvényjavaslata szerint 1872-ben megalapították a Kolozsvári Tudományegyetemet, ahol bölcsészetet, matematikát, természettudományt, jogot, orvostudományt lehetett tanulni. Az 1872-ben beiratkozott 284 hallgatót 40 tanár és 11 tanársegéd oktatta. 1881-től a Magyar Királyi Ferenc József Tudományegyetem nevet kapta a felsőoktatási tanintézmény. Az első világháború alatt a köztársasági kormány elrendelte, hogy az egyetem címéből Ferenc József nevét, épületéből a király képét és szobrát, címeréből a szent koronát el kell távolítani. A felsőoktatási intézmény vezetősége azonban csak részben teljesítette a kérést.

1919 májusában Kolozsváron létrehozták a „Daciei Superioare” román tannyelvű felsőoktatási intézményt, kinevezve Iulian Hațieganu-t az egyetem első dékánjának. Az egyetemet 1920-ban átnevezték I. Ferdinánd egyetemnek. Első rektora Sextil Pușcariu volt, a „Dacorománia” egyetemi folyóirat szerkesztője.

1920 májusában az erdélyi román kormányzat megbízásából átvették a magyar egyetemet Schneller István rektortól, ezért

a kolozsvári magyar állami egyetem megszűnt. Először Budapestre, végül Szegedre költözött, ahol megalapozta a mai Szegedi Tudományegyetemet.

1940 szeptemberében a második bécsi döntés nyomán Észak-Erdélyt visszacsatolták Magyarországhoz, ezért a kolozsvári román tanintézmény Nagyszebenbe és Temesvárra költözött. 1940. szeptember 12-én Kristóf György felmutatta a megbízólevelet, és jelképesen átadta Molnár Andornak a rektorhivatal és az egyetem főkapujának a kulcsait. A románok elvitték a sterilizáló készülékeket, 51 írógépet, lecsavarták a mikroszkópokról az objektíveket. A klinikát megfosztották a röntgenkészülékektől, így az ott maradt betegeket a magyar orvosok a saját műszereikkel gyógyították. A nagy mennyiségű kárt 10 millió pengőre lehetett becsülni.

A Szegedről visszatért magyar állami egyetem újjászervezésében Magyarország miniszterelnökének, Teleki Pálnak, Hóman Bálint kultuszminiszternek és Szily Kálmán felsőoktatást irányító kultuszminiszteri államtitkárnak volt fontos szerepe. Hármójuknak köszönhető, hogy a Kolozsvár felszabadításától számított hat héten belül a kulturális intézmény alapvető szervezési munkálatait sikerült megvalósítani. A Farkas utcai épületben október 23-án az egyetemi tanárok letették az esküt, majd az egyetem tanárai karonként elvonultak, és dékánt választottak. Rektorválasztásra nem volt szükség, mert a Ferenc József Tudományegyetem rektora, Bartók György



**A Magyar Királyi Ferenc József  
Tudományegyetem, Kolozsvár**

visszatért Kolozsvárra. Az Orvostudományi Kar dékánja Berde Károly lett.

1940-ben Miskolczi Dezső vette át a kolozsvári ideg- és elmeklinika vezetését. 1941-ben megszervezte az akkori Magyarország első önálló idegsebészeti osztályát, amelyet Környei István vezetett.

Schaffer Környeit a következőképpen jellemzi: „... ő olyan tudományos egyéniség, aki magasabb rendű elméleti és gyakorlati kutatói munkára termett; dolgozatait Cajal, Stöhr és mások idézik. Előadásai nem sablonosak, hanem tartalmak, gondolatokat keltők.”

A történelmi események miatt 1944. szeptember 16-án – a front közeledésének hírére – az ötödévet végzett hallgatókat előzetes készülődések nélkül, az óvóhelyen doktorrá avatták, annak ellenére, hogy a kórházi gyakorlatukat még nem végezték el teljesen. Az újdonsült orvos-

kat napokon belül besorozták katonaoorvosnak. Visszatérésük után kiegészítették a kórházi gyakorlatot, azonban a bizonylatot már a Bolyai Tudományegyetem orvoskarának a tagjai írták alá.

Az 1944. szeptember 15-én felvett jegyzőkönyv szerint az erdélyiek arra kérték Miskolczy Dezső professzort, hogy „...az egyetem még ellenséges megszállás esetén se hagyja el Kolozsvárt, tartsa ki az ősi székhelyen, mert Erdély magyarságának szüksége van arra a kulturális tőkére, melyet az Egyetem képvisel.” Október 11-én, amikor a szovjet hadsereg bevonult Kolozsvárra, Miskolczy Dezső megtagadta a román egyetemi tanács vezetői előtt az egyetem kulcsainak átadását, még jelképesen is. Az 1945. január 1-jén tartott ülés alapján Miskolczy Dezső az Országos Demokrata Párt Arcvonal észak-erdélyi tanácsnak tudomására hozta, hogy támogatná a román nyelvű oktatást, esetleg a román nyelvű egyetem szervezését is.

### Marosvásárhelyre költözik az egyetem

A Groza-kormány hivatalba lépése után megkezdődtek a tárgyalások a szebeni román egyetem visszatéréséről, amely királyi törvényrendelet alapján 1945-ben visszaköltözött Kolozsvárra. Ugyanez év januárjában megjelent Vasile Păuceanu Kolozs megyei főispán rendelete az egyetemi oktatás átszervezéséről, miszerint egyesítette a Ferenc Tudományegyetemet a Kolozsvári Mezőgazdasági Főiskolával, és az összevont intézmény élére a főiskola addigi rektorát, Farkas Árpádot nevezte ki. Ezzel egyidejűleg román egyetemet létesített, s a karok élére baloldali román személyiségeket jelölt ki. A magyar nyelvű egyetemen az orvostudományi kar dékánjának Haynal Imre egyetemi tanárt, míg Csögör Lajost az orvostudományi kar prodékánjának nevezte ki. Mivel a visszatért román egyetem tanácsa egyetlen épületet sem volt hajlandó a magyar egyetem használatára átadni – csak az ideg-és elmegyógyászati, szemészeti és klinikai épületek közös használatába egyezett bele – felmerült az a kérdés, hogy a magyar egyetem orvosi kara átköltözzön Marosvásárhelyre vagy Nagyváradra. A kérdés eldöntésében legfőbb szerepe Csögör Lajosnak, az egyetemi bizottság elnökének volt. 1945. március 31-én Dóczy Pál, Pápai Zoltán és Henter Kálmán adjunktusok terepszemléjük során kedvezőbb feltételeket találtak az egyetem számára Marosvásárhelyen, mint Nagyváradon,

egyrészt, mert Marosvásárhely 35 000 lakósu színmagyar város volt, másrészt, mert alkalmasnak találták a Bernády György polgármester idejében épült Magyar Királyi Hadapródiskolát központi épületnek.

Ludány György professzor úgy kezd-



Orvosi és gyógyszerészeti egyetem, Marosvásárhely

te beszámolóját hazatérésük után, hogy „valóságos Cambridge” alakul majd meg, de Klimkó Dezső professzor szokásos humorával kijelentette, hogy majd jól „oxfordon” rúgja kollégáját. Miután megszületett a döntés, hogy az orvostudományi kar Marosvásárhelyre költözik, a helyszíni szemle alapján a szakemberek megállapították, hogy a volt hadapródiskola, a hozzá tartozó tisztú lakások, a kórház, a lovarda, a garázsépületek és a még nem teljesen befejezett új legénységi laktanya épületei alkalmasak lesznek az elméleti intézmények és a klinikák elhelyezésére is. Ezen épületek mellett szükségesnek találták még az egyetemhez csatolni a Czákó Szanatóriumot, a Szent György utcai régi Kórházat, a gyermekmenhely épületét, és a jelenlegi Dózsa György utcában található Fertőző Kórház épületét.

### A kórház története

Szotyori József 1807-ben kérvényezte a kórház létrehozásának engedélyezését, amit jóváhagytak, de nem támogatták elegendő pénzzel. A nyelvmívelő társaság, a köznemesség és a város lakossága felka-

rolta a kórház ügyét, és pénzadományokkal támogatta.

Erdély egyik első kórházával Marosvásárhely büszkélkedhetett, mivel 1812. január 21-én megnyílt a 12 kórházi ágygal rendelkező Országos Polgári Gyógyintézet a Kövecses (a mai Rákóczi) utcában. Az első feljegyzett betegek Fazekas Zirischke János és Csizmadia Áts István volt. Az itt dolgozó orvosok: Horváth Mátyás, Gecse Dániel, Szotyori József, Csíki János. Az intézet sebésze: Bojta Miklós gyögmester volt. Az épület kis befogadóképessége miatt 1821-ben a kórházat átköltöztették a Kövecses és a Palásköz utca sarkán levő épületbe. 1852-ben Knöpfler Vilmos javaslatára eladták a kórházat, és a Szent György utcában megvásárolt telkes ház átalakításával 1853-ban megnyílt az új egészségügyi létesítmény, amelynek a befogadóképessége növekedett, mivel 16 kórtermet sikerült létesíteni, 80 ágygal. 1854-ben az anyagi lehetőségek szerint nyílt egy 12 ágyas szemkórház, amely 21 évi működés után beolvadt a kórházba. 1922-ben megnyílt a fertőző betegségek kórháza a Dózsa György utcában, 1934-ben az ideg-elmé és nőgyógyászati osztály a Kossuth Lajos utcában, a volt Munkásotthon helyén. 1927–1928-ban épült a Czákó Szanatórium, amely a mostani 2. szülészeti klinika. 1940-ben felépítették meg az Újkórházat, amelyben egyesült a belgyógyászat, a sebészet, a bőrgyógyászat, a nőgyógyászat és az orr-fül-gégészet.

A hosszasan tűnő költözködés és átalakítási munkálatok után a Bolyai Tudományegyetem 1946. február 11-én nyitotta meg kapuit mind Marosvásárhelyen, mind Kolozsváron. A 32 nemzetközileg is elismert egyetemi tanár közül 10-en az orvosi karon oktattak (Miskolczy Dezső, Környey István, Dezső Loránt, Klimkó Dezső, Mórítz Dénes, Haranghy László, Ludány György, Beöthy Konrád, Láng István, Obál Ferenc). A Marosvásárhelyre költözött főiskola dékánja, Feszt György a röntgen tanszék vezető egyetemi tanára maradt, Csögör Lajos pedig a az egyetem rektora. 1948-ban a magyar oktatási nyelvű Orvosi és Gyógyszerészeti Intézetben általános orvosi, gyermekgyógyászati, közegészségügyi, fogászati karok működtek.

A Obál Ferenc által összegyűjtött adatok szerint a hadapródiskola a Somostető északra tekintő lejtőjén körülbelül közép-magasságban terült el, háromemeletes főépület volt, nyugatra néző fronttal. Az első emelet fronti részén volt a kórtan, a hátsó szárnyban helyezkedett el az élettani intézet és orvostudomány. A második, harmadik emeleten eredetileg a hadapródok 25

ágyas, 6 ablakos hálótermei voltak, közöttük egy-egy kétablakos mosdó-tusolóhelyiséggel. Az átalakítások után a második emelet frontszárnyánál a gyógyszerintézet, míg a hátsó szárnyánál a bio- és orvos vegytani intézet, a nyugati fronton a biológiai és szövettani intézet helyezkedett el.

### Gyermekgyógyászati klinika

Mivel gyerekorvos szeretnék lenni, fontos számomra, hogy ismerjem a klinika történetét is. Talán úgy még felemelőbb érzés lesz átlépni a küszöbét. A klinika 1945 őszén alakult, az Egyetem (mai Gheorghe Marinescu) utca 5. szám alatt a volt Állami Gyermekmenhely épületében, ahol ma a Tüdőklinika működik. 1948-ban a jelenlegi elmeosztály épületében dol-

orvosnő segítségét kértem a betegségek felkutatásában, és meglepő eredményekre tettem szert. Az egyik doktornő a negyvenes években tevékenykedett, míg a másik doktornő a hatvanas évektől kezdődően munkálkodott három évtizeden keresztül a gyermekek egészségének megőrzésében.

A XX. század elején az antibiotikum feltalálása előtt gyakori volt a fertőzések, illetve vírusos megbetegedés. Akkoriban rendkívül magas volt a gyermekhalandóság. A nem megfelelő életviszonyok (helytelen táplálkozás, orvosi ellátás hiánya) között élő gyermekek jobban ki voltak téve a megbetegedéseknek. A XX. század elején a tuberkulózis sok gyermek életét vette el a megfelelő gyógyszerkezelés hiánya miatt. Akkoriban az orvosok elsősorban megfelelő életmód ajánlásával próbálták gyógyítani a betegséget, pihenést, káliumtartós táplálkozást javasoltak.

biotikumok, vitaminok megjelenése egyes betegségek eltűnéséhez vezetett. Annak a doktornőnek a praxisában, aki a hatvanas években gyógyította a betegeket, gyakori volt a felső légúti hurut és annak szövődésményei. Mielőtt megjelent volna a kanyaró elleni oltás, a betegség leggyakrabban súlyos lefolyású volt, gyakran eredményezett szövődményeket, pl. középfülgyulladást és tüdőgyulladást.

A korábban antibiotikummal nem kezelt mandulagyulladások tipikus szövődménye a reumás poliarthritis, illetve az úgynevezett szívreuma volt. A megfelelő spektrumú és mennyiségű antibiotikum beadása ezek kockázatát megszünteti.

A TBC primer fertőzése gyógyíthatóvá vált az antibiotikumok megjelenésével, azon kívül jól működő preventívum-hálózat működött a veszélyeztetett környezetből származók számára, így a TBC-s páciensek száma erősen csökkent. Az utóbbi években felszámolták ezt a hálózatot, a tüdőszűrő vizsgálatok sem kötelezőek, ezért ismét sok a TBC-s beteg.

Egyes betegségeket a kötelező oltások teljesen „kiirtottak”, a 34 év munkája során nem találkozott diftériás megbetegedéssel. Olyan eset is előfordult, hogy valaki nem engedte, hogy a katonaságnál belovassák tetanusz ellen, hazatérése után meghalt egy szeg okozta szúrás miatt.

Mindkét doktornő megjegyezte azt, hogy a vitamindús étkezés fontos a gyermek szervezetének.

Az antibiotikumok megjelenése és különösen a védőoltások kötelezővé tétele erőteljesen hozzájárult az egészségesebb népesség kialakulásához, annál is inkább, hogy a legtöbb ember most tudatosan vitamindús táplálkozik, s ez kedvezőbb gyógyulási feltételeket teremt.

Reménykedem abban, hogy a jövőben tudatosul az emberekben, hogy az egészség az első, és látva azt, hogy a végtelennek tűnő lépcsőt előttem már megmászták, hittel tudom megtenni az első lépést. 📖

*Az írás szerzője az Ernst Grote professzor által alapított Orvostudományi kategóriában II. díjat kapott.*

### KÖNYVÉSZET

1. A marosvásárhelyi magyar nyelvű orvos- és gyógyszerészképzés 50 éve, Teleki László Alapítvány, Budapest, 1995
2. Szöllösi Árpád: A Marosvásárhelyi Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetem 1945–1995, Mentor Kiadó, 1995
3. Obál Ferenc: Erdély és orvostudomány szolgálatában, Státus Könyvkiadó, Csíkszereda 2003
4. Jung János és Egyed Zs. Imre: Viharban, Procardia Kiadó, Marosvásárhely, 1994
5. www.wikipedia.hu
6. www.kfki.hu
7. www.bolyai.eu



A Szegedi Tudományegyetem

goztak, míg 1949-ben a Hadapródiskola beteggondozójának egyetemes épületébe költöznek az egyetem területén belül (Gheorghe Marinescu u. 38.). A klinika vezetői: Móricz Dénes egyetemi tanár, Puskás György docens, Pap Zoltán egyetemi tanár voltak.

### Gyakori gyermekkori betegségek régen és ma

Fontosnak tartom az Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetem és a marosvásárhelyi gyermekgyógyászati klinika történetét, így áttanulmányoztam az elmúlt század gyakori betegségeit. Két gyerek-

A gyermekparalízis- (Heine–Medin-kór) járvány a családok réme volt. Azok a gyerekek, akik elkapták a betegséget, azoknak életre szóló részleges bénulásuk lett. Így történt ez azokkal a gyerekekkel is, akiket az idősebb doktornő kezelte.

A gyermekparalízisnek megelőzéséért volt, az oltással történő megelőzés révén tűnt el. Célzott hatású gyógyszerek hiányában gyakran javasoltak vitaminokat. Sok esetben próbálták meg az életmódváltással való gyógyítást, ami egyes betegségekre kitűnő hatással volt. Ilyen az enteritis, vagyis a bélhurut. Természetes gyógyszerként a banánt használták, mivel nagy a cukortartalma.

Az orvostudomány fejlődésével az anti-

# Bableves ólommal, avagy élelmiszereink nehézfém-szennyezettsége

SZILÁGYI RENÁTA

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia

Egy diáktársam dolgozatából értesültem arról, hogy a szülőfalumban, Magyarlapádon termelt zöldségek igen nagy mennyiségben tartalmaznak ólmot. A hír meglepett, fölháborított, elgondolkodtatott, és arra készítetett, hogy utána járjak a dolognak. A faluból igen sokan a megtermelt zöldségek jó részét a nagyenyedi zöldségpiacon forgalmazzák, tehát Nagyenyed lakosságát is érinti a dolog.

Dolgozatom célja annak kimutatása, hogy szülőfalum talaja és a benne termelt zöldségek mennyire kitéttek a nehézfém-szennyezésnek, kiemelten az ólom-szennyezésnek. Ha a talajba közvetlenül vagy levegővel és/vagy vízzel közvetítve a termőképességet csökkentő szennyező anyagok jutnak, és ezek mennyisége meghaladja a talaj elbontó-képességét, akkor talajszennyezésről van szó. A határozottan mérgező (toxikus) nehézfémek egyike, az ólom sok gabona-, zöldség- és gyümölcs-félébe beépül.

## A talaj és funkciói

A talaj a földtani közet legfelső rétege, amely ásványi részecskékből, szerves anyagokból, vízből és élő szervezetekből áll. A talaj ökológiai funkciói a biomassa termelése, szűrő, kiegyenlítő, átalakító, raktározó szerep, ökológiai élettér és genetikai tartalék. A talaj termékenységén azt értjük, hogy legfontosabb tulajdonsága, hogy képes a növényeket szerves anyagokkal és vízzel ellátni. Talajdegradációnak számít minden olyan folyamat, amely a talaj termékenységét csökkenti, minőségét rontja, illetve a funkcióképességét korlátozza (például víz- és szélérozió, elsősodás, szikesedés, talajsavanyodás, talajszerkezet romlása, elmcocarasodás, talajszennyeződés). A talajszennyeződés az a folyamat, amelynek során a talaj természetes viszonyok között kialakult fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai jelentős mértékben és kedvezőtlen arányban változnak meg, az ökológiai talajfunkciók károsodnak. A kémiai összetevők eloszlásának megváltozásakor mérgező elemek, vegyületek halmozódhatnak föl a talajban.

## A talaj nehézfém-szennyezésének okai

- Fosszilis energiahordozók (például szén, olaj) elégetése.
- Ipari létesítmények szennyezőanyag-kibocsátása.
- Közlekedés légszennyezés.
- Bányászat (meddőhányók), kohászat, fémfeldolgozás.
- Ipari és kommunális hulladékok gondatlan kezelése.
- Mezőgazdasági termelés.

A talajt szennyező anyagok közül a legkárosabbak a nehézfémionok (Pb, Cd, Cu, Cr, Hg stb.) és a kémhatást megváltoztató savak, illetve lúgok.

## A talajok nehézfém-szennyeződésének veszélyei

- A nehézfémek általában a felső talajrétegekben dúsulnak föl.
- A talajsavanyodással a nehézfémek mobilizálódnak, és bekerülnek a talaj-oldat–talajvíz–mikroorganizmus–növény–állat–ember táplálékláncba.
- A növényekben igen nagy mennyiségű nehézfém halmozódhat föl látható mérgezési tünetek nélkül.

## Környezetszennyező nehézfémek ártalmatlanítása növényekkel

A talajból növények segítségével is ki lehet vonni a nehézfémeket, ezt az eljárást növényi kivonásnak (fitoextrakciónak) nevezzük. A növényi kivonás során magasabb rendű növényeket alkalmaznak a fémekkel (illetve egyes szerves anyagokkal) szennyezett talajok megtisztítására. A nehézfémeket nagymérvű fölhalmozásra (hiperakkumulációra) képes növényekkel vonják ki a talajból (folyamatos növényi kivonás), illetve kelátképzők talajba juttatásával teszik a fémeket könnyen fölvehetővé nagy biomasszát képező növényfajok számára (indukált növényi kivonás).

Hiperakkumulátor fajok például a *Thlaspi*, *Alyssum*, *Sebertia*, *Berkheya* fajok, nagy biomasszát képező növények

pedig például a *Populus*, *Salix* fajok. A szennyezett biomasszát ellenőrzött körülmények között dolgozzák föl. A talajból főként a növények gyökerei segítségével lehet kivonni a nehézfémeket (talajtisztítás), ezt az eljárást gyökérszűrésnek (rizofiltrációnak) nevezzük. A fémeket a gyökerek megkötik, fölhalmozzák, vagy kicsapják. Gyökérszűrésre elsősorban nagy gyökértömegű növények alkalmasak, ilyenek például a napraforgó, mustár és a fűfélék. A folyamat igen költséges és időigényes. A gombák és a génmanipulált baktériumok is alkalmasak a szennyezések lebontására, a talaj megtisztítására. A gombák sejtfalában található amintartalmú poliszacharidhoz (kitin, kitozán) kelát formájában kötődnek a nehézfémek. Génmanipulációval olyan baktériumtörzset hoztak létre, amely a nehézfémeket megkötő és a klórozott oldószereket is elbontja.

## Nhézfémek az élő szervezetben

A nehézfémek azok a fémek, melyek sűrűsége 5 g/cm<sup>3</sup>-nél, rendszámuk pedig 20-nál nagyobb. A legkritikusabb hatású, a bioszférába nagy mennyiségben kerülő nehézfémek a Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Zn és Ni. Egyes nehézfémek kis mennyiségben szükségesek az élővilág – a növények, az állatok és az ember számára. Az életfolyamatokhoz szükséges nehézfémek mellett megkülönböztethetők azok, amelyek hiánya nem jár következményekkel. A túladagolás mindkét esetben az életfunkciók megszűnéséhez vezet. Az emberi fogyasztásra kerülő táplálék, ivóvíz minőségi követelményeire vonatkozó különböző előírások általában 19 nehézfém fontosságát említik. Ebből 9 létfontosságú elem, amelyek közt szerepel a réz. A határozottan mérgező, élőszervezet-idegen nehézfém a kadmium és az ólom. Több szennyezőanyag esetén a káros hatás csak hetek, hónapok vagy évek múltán jelentkezik (krónikus toxicitás), vagyis nem okoznak korai pusztulást, hanem rendszerint csak változást, rendellenességet az anyagszere-folyamatokban, idegrendszerben és más életfunkciókban. A tényleges káros hatás csak jóval később, a gének átalakulása során jelentkezik.

### Az ólom

- Fehéres-szürkés színű fém,
- levegővel érintkezve oxidálódik (szürkés-feketévé válik),
- könnyen megmunkálható, puha, hajlítható,
- legtöbb savval szemben ellenálló,
- legfontosabb érce a galenit (PbS),
- vegyületeiben főleg Pb<sup>2+</sup>, ritkábban Pb<sup>4+</sup>-ion formájában fordul elő.

Az ólom aeroszol-részecskékhez kötődik a levegőben, ahová több forrásból és több formában kerülhet: a kőolaj és annak termékeinek égetése során főleg PbO-ként, a színesfém-feldolgozás során PbSO<sub>4</sub> és PbO formájában, a szén égetésekor zömében PbCl<sub>2</sub> formájában (AMAP, 1998). Az ólom a légáramlatokkal nagy távolságokra eljuthat, több száz vagy ezer kilométerre is. Ezt a tényt bizonyítja a Grönlandon vett jégmintákból kimutatott ólom (AMAP, 1998). A levegőből nedves kihullással (eső, hó) vagy száraz ülepedéssel kerül a felszínre (növényekre és talajra). Az ólom sok gabona-, zöldség- és gyümölcsfélébe is beépül. Az Egészségügyi Világszervezet (World Health Organization, WHO) 1995-ös felmérése szerint az ólomtartalom a következőképpen változott: a gabonafélékben 2-136 mg/kg, a zöldségfélékben 5-649 mg/kg (WHO/IPCS, 1995). A zöldségfélék a talajban levő ólomot nagyon kis mennyiségben veszik föl, ezzel magyarázható a nagyon alacsony ólomtartalom a gyökéres zöldségekben. Az ólom mennyisége jelentősen nagyobb a leveles zöldségekben, aminek az a magyarázata, hogy az ólom a levelek szintjén kötődik meg (de Temmerman és Hoenig, 2004).

### Ólom az emberi szervezetben

Jelen tudásunk szerint az ólom nem szükséges az emberi és állati szervezet számára. Krónikus mérgezőképessége jelentős már napi 1 mg alatti fölvétel esetén is, mert fölhalmozódik a csontban és más szövetekben. Ólomból nagyobb a fölvétel az élelmiszerekből, mint az ivóvízből. Az emésztőrendszerbe jutott ólomnak mintegy 10%-a felszívódik a szervezetben. Fölvétele a levegőből különösen nagyvárosokban jelentős. A szervezetet károsító hatása a vérképzésben, a központi és perifériális idegrendszerben és a vesében jelentkezik. A tünetek rendszerint lassan alakulnak ki. Gyerekek gyakrabban kapnak ólommérgezést, mint a felnőttek. Gyermekeknél a felszívódás mértéke elérheti az 50%-ot is. Az ólom kevés ideig marad a vérben, hamar beépül a csontokba a Ca helyére, a fogakba és a fogínybe.

Súlyos esetben sérül a vese és az agy szürkeállománya (ami gyermekeknél korai elbutuláshoz vezet).

### Kutatás

Mindenki úgy tartja, hogy a falun termesztett zöldségek sokkal egészségesebbek, ízletesebbek, mint a zöldségesnél vásároltak. Valójában nem mindig igaz ez. Kutatni kezdtem, hogy szülőfalum, Magyarlapád talaja és zöldségei mennyire vannak kitéve az ólomszennyezésnek, mivel a nagyenyedi fémfeldolgozó gyár kéményéből származó füst a széljárás eredményeként ide is eljut.

A mintavétel helyszíne Magyarlapád (Fehér megye), amely Erdély középső részén, a Maros és a Küküllő összefolyásánál fekszik. A falu Nagyenyedtől keletre, attól 10 km-re található. A próbák begyűjtésének időpontja 2010. december 10-17-e közötti időszak. A mintavételi pontok meghatározása térkép segítségével történt. A falu térképét 30 egyenlő négyzetből álló rácsra osztottuk, majd mindegyik négyzetben kijelöltünk egy mintavételi pontot, egy zöldségeskertet. Minden kertből talajmintát és 4 zöldségmintát gyűjtöttünk. A 30 mintát (minden minta

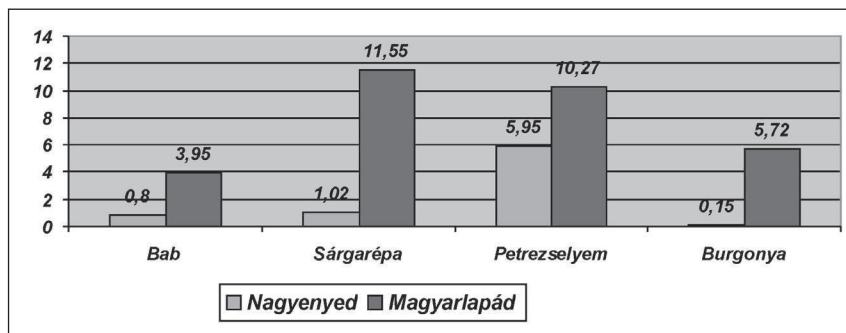
tartalmazott 1 talajmintát, 5 szelet murkot, ugyanannyi petrezselymet és burgonyát, valamint 10 szem babot), a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem kolozsvári karának laboratóriumában vizsgáltuk meg.

### A minták elemzése

A méréseket Zsigmond Andrea kémikussal együtt végeztem, aki a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Környezettudományi Tanszékének egyetemi adjunktusa. A kiszáritott mintákat porítottuk, majd 1 g mintát gömblombikba tettünk, amit melegítő fészekbe helyeztünk. Ezt követően tömény salétromsavat adagoltunk hozzá, fokozatos melegítéssel elektromosan fűtöttük, majd két órát hagytuk főni, miközben nitrogén-dioxid szabadult föl. Ezután 2 ml, 30%-os hidrogén-peroxidot adtunk hozzá, majd ugyancsak 2 órát főtt. A négyórás előkészítést követően egy mérőlombikba szűrtük le, 25 mm-ig feltöltöttük desztillált vízzel, amit a térfogatszámítás követett. A kísérletsort a voltametrias meghatározás zárta, a voltaméter (polarográf) segítségével megállapítottuk az ólomkoncentrációt.

A műszeres mérések eredményei szárazanyagra számítva (2009-es adatok)

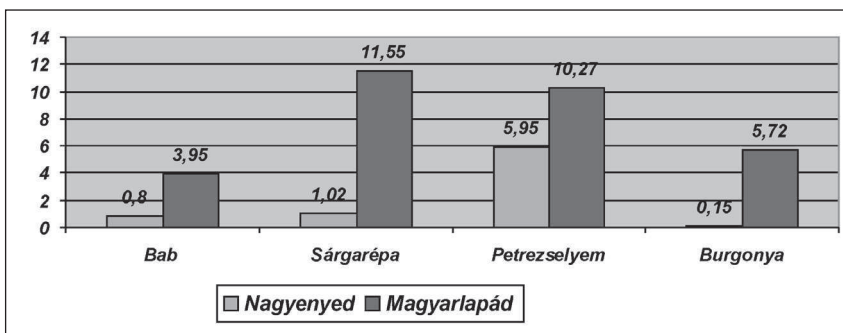
Sorszám	Minta	Begyűjtési hely	Ólomtartalom (mg/kg)
1.	Sárgarépa	Nagyenyed	1,02
2.	Sárgarépa	Magyarlapád	11,55
3.	Bab	Nagyenyed	0,80
4.	Bab	Magyarlapád	3,95
5.	Burgonya	Nagyenyednyed	0,15
6.	Burgonya	Magyarlapád	5,72
7.	Petrezselyem	Nagyenyed	5,95
8.	Petrezselyem	Magyarlapád	10,27



Zöldségek ólomtartalma (mg/kg) Nagyenyeden és Magyarlapádon (2009)

**A műszeres mérések eredményei szárazanyagra számítva (2010-es adatok)**

Minta sorszám	ólomtartalom (mg/kg)			
	Petrezselyem	Sárgarépa	Burgonya	Bab
2.	0.607	1.38	0.222	0.047
4.	–	0	0.537	0
7.	0.608	1.12	1.08	0
11.	0.361	0.901	0.268	0.361
12.	0.665	0.956	0.253	0
15.	0.608	0.971	0.568	0.036
19.	0.608	0.971	0.595	0.026
22.	1.18	2.38	0.351	0
25.	0.607	0.901	0	0
27.	0.865	0.98	0.01	0.338



**A különböző zöldségek ólomtartalma (mg/kg) (2010-es adatok)**

**A mérési eredmények értelmezése**

Habár a vizsgált zöldségek 2010-ben mért ólomtartalma megnyugtató, mivel az jóval alacsonyabb, mint 2009-ben, az értékek mégis elgondolkoztatóak, tudván, hogy mennyire káros az élő szervezetre az ólom. Azt a kérdést is megfogalmazhatjuk, hogy e kisebb mértékben jelen levő ólom mennyiben károsíthatja a falu lakosainak egészségét. A széljárás eredményeként ide is eljut a nagyenyedi fémföldelő vállalat kéményéből származó ólom-

tartalmú gáz, mivel a nagyenyedi meteorológiai állomás adatai szerint az év 254 napján a szél iránya ÉNy. Számításokat is végeztünk, amelyekben a következőt tételeztük föl: Ha egy ember, például a 15. próba kerttulajdonosa, egy évben 50 kg burgonyát, 7 kg sárgarépát, 3 kg petre-

**A terye hiperakkumulátor növényfaj**



zselymet és 7 kg babot fogyaszt el, akkor szervezetébe naponta 0,669 mg ólom kerül. E mennyiség is elegendő a krónikus mérgezés kialakulásához! A mérések eredményeiből az is kitűnt, hogy a legtöbb ólmot a vizsgált növények közül a sárgarépa tartalmazta, tehát fogyasztása a leginkább

veszélyes. A vizsgált zöldségfajták közül a legkevésbé ólomföhalmozó a bab, tehát annak fogyasztása ajánlott.

**Következtetésem**

1. A szennyezés nem mindig a szennyező forrás közelében érvényesül.
2. Nem biztos, hogy a falun termelt zöldségek mindig egészségesek.
3. A 2010. évi mérések is igazolják, hogy a faluban termelt zöldségek tartalmazzak szennyezőanyagot, de annak mennyisége jóval kisebb a 2009. évi adatokhoz képest.
4. A gyökérszöldségek nagyobb mennyiségű ólmot vesznek föl környezetükből, a magtermők pedig a legkevesebbet.

Az édesanyám bablevesében tehát nincsen ólom, ha nem tesz bele sárgarépát! Remélem, hogy írással felhívom a figyelmet arra, hogy jobban oda kell figyelni az egészséges táplálkozásra. Munkámat tavasszal folytatom, amikor ugyanezen kertekből zöldségleveleket gyűjtök. ©

*Az írás szerzője az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriában III. díjat kapott.*

**IRODALOM**

Ander Zoltán (1986) *Ember és egészség*. Dácia Könyvkiadó, Kolozsvár

Baka Judit, Kónya Hamar Zsuzsanna (2004) *Ép test-ép lélek*. Erdélyi Tankönyvtanács, Kolozsvár

Gheorghe-Eugeniu Bucur, Octavian Popescu (1999) *Educația pentru sănătate în școală*. Editura Fiat Lux, Bukarest

Fodorpataki László, Kis Erika, Fehér Judit, Kiss Tünde (2002) *Biológia tankönyv a X. osztály számára*. Ábel Kiadó, Kolozsvár

Literáthy Péter (szerk.) (1982) *Felszíni vizek nehézfém szennyezései*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Löwy Károly (2002) *A tanci mindent tud*. Erdélyi Tankönyvtanács, Kolozsvár

Szilágyi István (1983) *Mindenki orvostudománya*. Tudományos és Enciklopédiai Könyvkiadó, Bukarest

Vofkori László (2003) *Iskolaegészségtan*. Főiskolai jegyzet, Székelyudvarhely

AMAP (1998) *Arctic Monitoring and Assessment Programme assessment report: Arctic pollution issues*. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (<http://www.amap.no>, megtekintve 2007. szeptember 16).

de Temmerman, L., Hoenig, M. (2004) Vegetable crops for biomonitoring lead and cadmium deposition. *Journal of Atmospheric Chemistry* 49: 121-135

WHO/IPCS (1995) *Inorganic lead*. Geneva, WHO World Health Organization Environmental Health Criteria, No. 165



**Veteménybab**



# Természet adta „mérőberendezések”

MAROSI VANDA

Veres Pálné Gimnázium, Budapest

*„A zuzmókban a gombák valamely más, fotoszintézisre képes élőlényvel (zöldalga vagy cianobaktérium) együtt alkotnak az evolúció során állandósult, változó vízviszonyok között életképes telepet. Találkozhatunk velük szinte mindenütt az egész földön, ahol viszonylag háborítatlan körülmények biztosítottak számukra.”*

Bizonyára sokan hallottak már a zuzmókról, de korántsem sok azok száma, akik tisztában lennének azzal, milyen élőlények is egyáltalán. A zuzmók legtöbbször a szimbiózis fogalmára felhozott példaként kerülnek elő a tankönyvekben. Nem tartoznak a növényekhez, de a gombákhoz sem sorolhatjuk őket. Messziről olyannyira jelentéktelennek tűnnek, hogy nem is vesszük észre, és mégis szinte mindenhol találkozunk velük. Ha valahogyan mégis felkeltenék a figyelmünket egy sziklán, avagy fakérgen, közelebb hajolva hozzájuk, az élővilág kis méreteiben is megmutatkozó rendkívül aprólékos részletességében és változatosságában gyönyörködhetnénk. Tapasztalatom szerint a zuzmók a köztudatban még kevésbé ismertek. Ezért szeretném pályázatomban felhívni a figyelmet ezekre az élőlényekre, és rávilágítani arra, hogy néha a legapróbb dolgok segítenek megérteni a nagyobb léptékű folyamatokat vagy jelenségeket.

## A zuzmókról általában

Talán épp a zuzmók kis mérete okozza, hogy a lichenológia (a zuzmók tudományága) még igencsak fejlődő tudományág a biológiában. A zuzmók alapvető szerkezete egyben bonyolult és egyszerű, köszönhetően az algák és a gombák együttélésének, amelyeknek az evolúció során kialakult testszerveződési szintjük egyszerű, telepes (az algáké sejtjes, a gombáké fonalas szerkezetű). Növekedési formájuk alapján megkülönböztetünk kéregtelepű, lombos telepű, és bokros telepű zuzmókat. Az algák fotoszintetizálnak, a vizet a gombafonalak szívják magukba leginkább a levegő páratartalmából. A hőmérsékleti hatásokkal szemben rendkívül ellenállóak (a sivatagban és a sarkvidéken egyaránt vannak képviselőik), viszont a levegő összetevőire, következésképp annak szennyezettségére különösen érzékenyek. Mivel érzékenységük adottságaiktól függően eltérő,

két csoportjukat különböztetjük meg: a levegőszennyezettséget tűrő toxitoleráns, és a levegőszennyezettségre érzékeny, vagyis szenzitív zuzmókat. Az eltérés oka a felépítésükben rejlik: például bizonyos fajok víz-taszító zuzmóanyagot termelnek, más fajoknál viszont nincs akadálya a szennyezőanyagok szabad bejutásának. Emellett több ökológiai és fiziológiai tényező is befolyásolja az érzékenység mértékét (Farkas, 2007). A toxitoleráns fajokat további két csoportba lehet sorolni az alapján, hogy a savasodást (vagyis a kén-dioxid-szennyezést), vagy a nitrogén-szennyezést (elsősorban az ammóniát) viselik el jobban a légkörben. Tehát a zuzmók jelenlétével kitűnően vizsgálható egy terület levegőjének minősége.

Ezt a tulajdonságukat kihasználva mértem fel egy erdő zuzmófajait, és készítettem térképet két kiválasztott faj előfordulásáról.

## Kutatásom helyszíne

Vizsgálati területem a Péterhalmi-erdő (1. ábra) volt, ami Budapest negyedik, míg a pesti oldalnak az első legnagyobb kiterjedésű erdeje. Ez a 206,8 hektáros terület törvényes védettséget nem élvez, jelenléte mégis kiemelkedően fontos a város élhető környezetének szempontjából. Az évek során parkerdővé alakították, ami azt jelenti, hogy a helyi lakosság számára élvezhetővé tették azáltal, hogy tornapályákat és játszótereket építettek ki benne. A legnagyobb probléma, hogy az ilyen „szabad” területek igen gyakran áldozatul esnek a fokozatos beépítésnek, majd a végleges felmorzsolódásnak. Ez fenyegeti a Péterhalmi-erdőt is, aminek a területén vidámparkot, sugárutat, lakóparkot és személtelpet kívántak létrehozni. Az 1960-as években építették meg az erdő közepén fekvő darugyár telephelyét, ami ma is iparilag hasznosított terület. Ez erősen rontja az összképet, és nem mellékesen veszélyezteti a természeti értékeket is.

Mindezek ellenére a terület biodiverzitása figyelemre méltóan magas. Jellemző fafajai az akác, a feketefenyő, a csertölgy, a korai juhar és a fehér nyár. Főként a tölgye-

sek cserje- és gyepszintje igen fajgazdag egy városi erdőhöz képest. Az itt élő állatfajok, az erdő elhatároltsága miatt elsősorban a kismeslősök, madarak, gyíkok, békák és ízeltlábúak csoportjaira korlátozódtak.

A terület Pest tüdejeként üzemel, hiszen egy ekkora erdő már képes elnyelni a levegő szilárd szennyező anyagait, és a fotoszintézissel tetemes mennyiségű oxigént termel. Ezzel az itt élő emberek életére is pozitív befolyással van, amellett, hogy kiváló kikapcsolódási lehetőséget nyújt. A környék lakossága többnyire szabadidős tevékenységekre használja (biciklizés, futás, kutyasétáltatás stb.), de az emberek többsége nem is sejtí, mi mindent köszönhet a zöldsomszédságnak (2. ábra). Az erdő fontosságát és levegőtisztító hatását szeret-



1. ábra. Péterhalmi-erdő légifelvétele

tem volna igazolni, ezért a területen előforduló zuzmófajokat mint bioindikátorokat használtam. Ezeknek az élőlényeknek ideális élőhelyet jelent a napos és több éven át háborítatlan környezet. Ezért a kéreglakó fajok főleg a fák felső részén, a napfényben fűdőző ágakon, illetve az öregedő erdő nyíltabb és fényben gazdagabb tisztásain terjednek el.

## Fajfelmérés

2011 áprilisában az erdőt bejárva, fakérgen található zuzmófajokat gyűjtöttem és határoztam meg képes határozók és mikroszkóp segítségével (Kremer–Muhle



2. ábra. Kiváló kikapcsolódási lehetőség a környék lakóinak a Péterhalmi-erdő

Kéregtelepű zuzmók	Lombos telepű zuzmók	Bokros telepű zuzmók
Phlyctis argena	Flavoparmelia caperata	Cladonia coniocraea
	Hypogymnia tubulosa	Cladonia fimbriata
	Melanelia fuliginosa	Evernia prunastri
	Physconia perisidiosa	Pseudevernia furfuracea

1. táblázat. Szenzitív zuzmófajok

Kéregtelepű zuzmók		Lombos telepű zuzmók	
kén-dioxid-szennyezettséget-tűrő	nitrogén-szennyezettséget-tűrő	kén-dioxid-szennyezettséget-tűrő	nitrogén-szennyezettséget-tűrő
Lecanora conizaeoides	Amandinea punctata	Hypogymnia physodes	Hyperphycia adglutinata
Lepraria incana	Caloplaca holocarpa	Parmelia sulcata	Melanelia subaurifera
Scoliciosporum chlorococcum	Candelariella reflexa		Phaeophycia nigricans
	Candelariella xanthostigma		Phaeophycia orbicularis
	Catillaria nigroclavata		Physcia adscendens
	Lecania cyrtella		Physcia stellaris
	Lecania naegelii		Physcia tenella
			Physconia grisea
			Xanthoria parietina

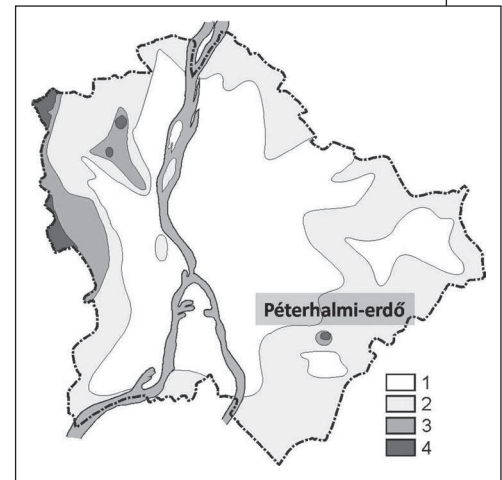
2. táblázat. Toxitoleráns zuzmófajok

2000, Wirth 1995). Ennek során szakmai segítséget kaptam Farkas Edit és Lőkös László lichenológusoktól. Ezután a megtalált fajokat az előbbieken leírt szenzitív (1. táblázat) és toxitoleráns (2. táblázat) csoportokba osztottam.

A toxitoleráns fajok alaktani csoportjait további két csoportra osztottam aszerint, hogy a kén-dioxid-, vagy a nitrogén-szennyezést tűrik-e jobban.

Kutatásom során lehetőségem nyílt felmérésem adatait összehasonlítani egy há-

rom évtizeddel korábbi zuzmófelmére-  
sel a Péterhalmi-erdő területéről (Farkas 1982). Az 1982-es vizsgálat során megtalált fajokat (amelyek kivétel nélkül ma is megtalálhatóak) a táblázatokban vastagítva jelöltem. Mindebből jól látszik, hogy az 1982-es felmérés (3. ábra) idején csupán 10 zuzmófaj fordult elő a területen, míg a mostani felmérés során ennek a háromszorosát, azaz – a korábbiakkal együtt – 30 faj jelenlétét sikerült kimutatnom.



3. ábra Budapest zuzmótérképe 1982-ből (Farkas 1982)  
(1: zuzmósivatag, 2: belső küzdelmi zóna, 3: külső küzdelmi zóna, 4: normál zóna)



4. ábra. *Parmelia sulcata*

Különösen a toxitoleráns fajok táblázatában látszik jól, hogy a korábbi felmérésben megtalált fajoknál a kén-dioxid-szennyezettséget tűrők, míg ma a nitrogén-szennyezettséget tűrő fajok vannak jelentős többségben. Fontos tudnunk, hogy három évtizede Budapest legnagyobb része



5. ábra. *Flavoparmelia caperata*



6. ábra. *Phaeophyscia orbicularis*



9. ábra. Sétaút a Péterhalmi-erdőben

zuzmósivatagnak számított, és az akkori tíz faj előfordulása is különlegesség volt. Emiatt a Péterhalmi-erdő „normál-zóna” minősítést kapott (5. ábra, Farkas 1982).



7. ábra. *Parmelia sulcata* előfordulása



8. ábra. *Phaeophyscia orbicularis* előfordulása

Az azóta tapasztalható visszatelepedés, a fajszámnövekedéssel együtt városi méretű. A kén-dioxid-tűrő zuzmófajok számának csökkenése részben azzal magyarázható, hogy a széntüzelésű fűtés helyett az évek során elterjedtebbé vált a gázfűtés. Míg a nitrogén-szennyeztséget tűrő fajok jelenlétének többsége az erdőt kettészelő szennyvízleeresztő csatornával, továbbá a rendszeres és tömeges kutyasétáltatások-

ból adódó állati ürülék kipárolgásával magyarázható.

Az erdőben megtalált igen érzékeny szenzitív fajok különösen ritkák Budapest pesti oldalán, ezeknek és főként a bokros telepű zuzmóknak az itteni jelenléte jó minőségű levegőt jelez, ami az erdő nagy kiterjedésének köszönhető (6–7. ábra).

Tehát felméréseimből arra lehet következtetni, hogy az erdőnek köszönhetően a


levegőminőség a Péterhalmi-erdő környezetében kiemelkedően jó a város többi részéhez képest. Ezt bizonyítva, újabb indokot adhatunk az ilyen városi zöld szigetnek fokozottabb védelmére, hiszen ennek az erdőnek nemcsak a magas biodiverzitás fenntartásában, hanem egyúttal zöldfolyosóként is fontos szerepe van az élővilág számára.

### Zuzmóterképezés

A fajok felmérése után kíváncsi voltam, hogy egy-egy zuzmófaj milyen arányban fordul elő egymáshoz képest az erdő területén. Ezért kiválasztottam két különböző fajt a toxitoleráns csoport, savasodást és nitrogénzennyezést tűrő alcsoportjaiból. A *Parmelia sulcata*-t (a savasodást tűrő csoportból, **4. 6. ábra**) könnyű felismerni levélkéinek márványosságáról, míg a *Phaeophyscia orbicularis*-t (a nitrogénzennyezést tűrő csoportból, **5. 7. ábra**) telepének zöldes szorédiumairól (szaporító képleteiről). Heteken át járva az erdő (**9. ábra**), e két faj egyedeit térképeztem fel. GPS-készülékkel (HTC 7500 típus)

kerestem meg az egymástól legalább tíz méter távolságra megtalálható két zuzmófaj egyedeit. Elsősorban a fák törzsét vizsgáltam a földtől számított két méteres magasságig. A több hétig tartó terepmunka során a GPS segítségével jegyzőkönyveztem az előfordulások koordinátáit. A lejegyzett adatokat a Google Earth program segítségével jelöltem az erdő légi felvételén. Tapasztalataim és az elkészült térképek alapján megállapíthatom, hogy a *Parmelia sulcata* kevesebb helyen fordult elő, és kisebb borítású telepít figyeltem meg, mint a *Phaeophyscia orbicularis*-nál. Vagyis a térképezés is alátámasztja a fajfelmérés során tapasztaltakat, miszerint a savasodást tűrő fajok visszaszorulóban vannak a nitrogénzennyezést tűrő fajokkal szemben (a már korábban említett okok miatt).

Mint kutatásaim eredményéből is jól látszik, érdemes figyelemmel kísérni ezeket az apró bioindikátorokat, amelyek jelenlétükkel, vagy épp jelenlétük hiányával tájékoztatnak bennünket egy-egy terület levegőminőségéről. Így akár bonyolult mérések elvégzése nélkül is képet kaphatunk környezetünk állapotáról.

Köszönöm a kutatásomhoz nyújtott szakmai segítségét Farkas Edit és Lőkös László lichenológusoknak. 

*Az írás szerzője diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriájában az Élet és Tudomány folyóirat szerkesztőségének különdíját kapta.*

### FELHASZNÁLT IRODALOM:

- Farkas Edit: *Légszennyeződési vizsgálatok Budapest területén zuzmó-bioindikátorokkal*, Budapest, ELTE TTK Növényrendszertani és -ökológiai Tanszék, szakdolgozat, 1982
- Farkas Edit: *Lichenológia – a zuzmók tudománya*, Vácrátót, MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, 2007
- Bruno P. Kremer–Hermann Muhle: *Zuzmók, mohák és harasztok*, Budapest, Magyar Könyvklub, 2000
- Volkmar Wirth: *Die Flechten-Baden-Württembergs*, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 1995
- <http://www.zuzmo.hu/>
- [http://www.pezi.eu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=44&Itemid=95](http://www.pezi.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=95)

## Forradalmi lehetőségek a nanovilágban

FÜLÖP DIANA BERNADETT – LŐRINCZ KINCŐ-ZSÓFIA

Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia

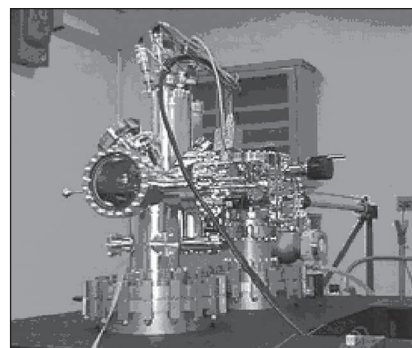
**K**i ne hallott volna már a nanotechnológiáról? A nanotechnológia napjaink egyik legnépszerűbb tudományává nőtte ki magát, ami a fizika terén már nagy változásokat hozott. Ám a törpe méretek világa nemcsak a tudósok figyelmét ragadta meg, hanem minket is közelebbi megismerésére készítetett.

Lázasan hozzáláttunk az információ-szerzéshez, azonban hamarosan rá kellett jönnünk, hogy a nanotechnológia fogalma sokkal bonyolultabb és összetettebb, mint ahogyan azt gondoltuk. Ez az új tudományág az élet szinte minden területén alkalmazható, és minden tudományágból tartalmaz valamit, ezért kiismerése szinte lehetetlen. Ezért egy általános kép kialakítása után figyelmünket csupán egyetlen területére igyekeztünk fókuszálni, ami nem más, mint a *fotonikus kristályok* tanulmányozása.

Annak ellenére, hogy a nanotechnológia múltja csak néhány évtizedes, máris

nagy port kavart a tudományok körében. A *miniatürizáció* fontossága azzal magyarázható, hogy az emberiség létszáma és az abból eredő energiagondok elkerülhetlenül teszik valamennyi termelési-fogyasztási folyamat újragondolását.

A nanotechnológia vezérelveit alapjában térnek el az úgymond klasszikus technológiáktól. Ezek a technikák az első őskori szerszám előállításától napjaink integrált áramköréig a „kifaragás” elvet alkalmazták, tehát egy nagyobb darab nyersanyagból a „felesleg” eltávolításával állították elő a kívánt javakat. A nanotechnológia különlegessége azon alapszik, hogy atomonként próbálja összerakni a dolgokat, veszteség nélkül. Ebben az értelemben a nanotechnológia magában foglalja a 100 nanométernél kisebb skálán szervezett anyag létrehozását, precíz kezelését és tervszerű elrendezését, mérését és modellezését. Ezekkel a folyamatokkal a molekulákat oda helyezzük, aho-

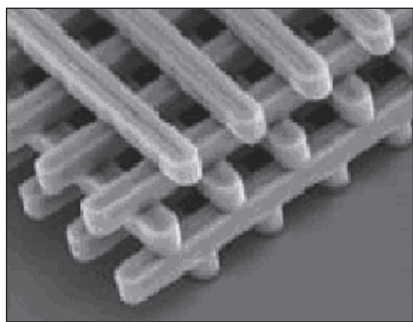


1. ábra. Pászttázó alagútmikroszkóp

va és amikor akarjuk, hogy segítségükkel megvalósítsuk az előre eltervezett működést [1].

Az ilyen kicsi méretek világában azonban az anyagok viselkedése megváltozik, tehát furcsa, újszerű tulajdon-

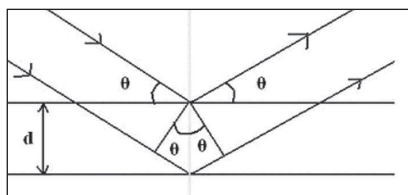
ságokra tesznek szert. Ilyen például a nanokristályok olvadáspontjának csökkenése, az elemi cella rácsállandójának értéke csökken a kevés felületi atom miatt, megszűnhet a ferromágneses és ferroelektromos tulajdonság, illetve katalitikus hatás alakulhat ki (pl. az arany nanokristályként katalitikusan aktív lesz) [2]. A szokatlan tulajdonságok megnyilvánulásának tulajdonképpen két fizikai oka van. A testek felületén elhelyezkedő atomok másként rendeződnek el, mint tömbi társaik, viszont a nanoméretű anyagok esetében a felületi/tömbi atomok számának aránya megfordul ahhoz képest, ami a makroszkopikus világban megszokott. Figyelembe kell venni a kvantumos hatásokat, mivelhogy a 10 nm körüli méretek összemérhetőek az elektron szabadúthosszával, tehát az elektonszerkezet módosulhat [3].



2. ábra. A fotonikus kristály periodikus térbeli szerkezet

Természetesen a kémiai és biológiai hatások is változnak, tehát a nanotechnológia nem sorolható be egyetlen szaktudomány területére, ugyanis itt a fizika, kémia és biológia határai egyre inkább elmosódní látszanak. Az új utak keresésében szinte minden természettudomány összefogására szükség van a számítástudománytól kezdve a fizikán, kémián át az élettudományokig és a védelmi kutatásokig, vagyis az egyik leginkább multidiszciplináris tudományterület jött létre.

A törpe méretek világa nem új felfedezés, valójában több ezer éve ismert. I. e. 400-ban Démokritosz már úgy vélte, hogy az atomok a látható világ építőkövei. A kutatók érdeklődését a mikrovilág iránt Albert Einstein ébresztette fel 1905-ben, amikor megállapította, hogy egy cukormolekula 1nm. Így 1974-ben Norio Taniguchi bevezette a nanotechnológia fogalmát, és 1981-ben megépült az első STM<sup>1</sup>-berendezés, avagy közismertebb nevén a pásztázó alagútmikroszkóp (1. ábra). 1960-ban William McLellan elkészítette az első 1/64 méretű műkö-



3. ábra. A fotonikus kristályok fehér fényel megvilágítva színesek, ami fizikai szín – a rácsállandó (d) a fény hullámhosszával (λ) összemérhető

dő motort, és 1985-ben Thomas Newman e-nyaláb-litográfiával leírta Dickens egyik regényének első oldalát 6,25 mm<sup>2</sup> területre, mindössze 50 nm széles betűkkel. Azóta Japánban létrejött egy emberi vörösvértest méretű bika (10 mikrométer hosszú, 7 mikrométer széles), valamint a világ legkisebb gőzgépe, 5 mikronos dugattyúkkal, és egy mikrozár is [2]. 1947-ben John Bardeen és Walter Brattain a Bell Laboratóriumokban elkészítették az első germánium-tranzisztort, amely működött, és amiért Nobel-díjat kaptak.

A szén nanocső felfedezése egészen új fejezetet nyitott a nanotechnológiában. A szén nanoszerkezetek családjának első tagját, az 1 nm átmérőjű fullerént (C<sub>60</sub>) 1985-ben mutatták ki Sir Harry Kroto és munkatársai, majd 1996-ban Nobel-díjat kaptak érte. A család következő tagját, a szén nanocsövet 1991-ben fedezte fel Sumio Iijima kis nyomású, He-légkörben létrehozott egyenáramú elektromos ívben előállított fullerén „koromban”. Ezek a felismerések, főként a nanocsövek, óriási érdeklődésre tettek szert világszerte. A különleges nanoszerkezet szilárdsága százszorosa a megfelelő méretű acélszálnak, míg tömege csupán hatoda az acél tömegének. Az egyfalú szén nanocső tökéletes hengerré tekert egyetlen atom vastag grafitréteg, melynek átmérője egy nanométer, míg hossza több mikrométer is lehet. A többfalú szén nanocső körkörös egymásba helyezett egyfalú szén nanocsövekből áll, melyek között a távolság megegyezik a grafitrétegek közötti távolsággal (0,34 nm) [1]. A szén nanocsövek szerves részét alkotó grafén felfedezése Andre Geim és Konstantin Novoselov orosz kutatóknak tulajdonítható, akik munkájuk publikálása után hat évvel, 2010-ben elnyerték a fizikai Nobel-díjat.

Számos új innováció robbant be a technika világába, például a Luxterra cég által kifejlesztett chip, amely optikai vezetőt és fotonokat használ, így tízszer gyorsabb sebességgel működik a hagyományos vezetőknl. Egy másik rendkívüli fejlesztés a funkcionalizált szén nanocsövek előállítás, melyek segítségével elektromágneses hullámokat szigetelő műanyagot lehet létrehozni [4].

A közeljövőben talán „tetoválható” mobiltelefon és számítógép is lesz, amelyek bőrben kialakított áramkörökkel működnek, és energiaforrásként biokémiai elemeket használnak. Nem kevésbé meglepő az űrlift gondolata sem, ami bár egyelőre még megvalósíthatatlannak tűnik, de a NASA már két kísérletet hajtott végre hagyományos kábelben felbocsátott súlyokkal, és tervezi a különleges szén nanocsőkábel, valamint nanogépek kifejlesztését [1, 5].

A szén nanocsövek mellett egy ugyancsak széles területet lefedő ágazat a fotonikus kristályok tanulmányozása, amelyek „új korszakot nyithatnak a fénytávközlés, és szélesebb értelemben a fotonika területén. (Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület)

### Fotonikus kristályok

A fotonikus kristályok (2. ábra) olyan periodikus térbeli szerkezetek, amelyek 1, 2 vagy 3 dimenzióban ismétlődő elemi cellamérete a mikrométeres (10<sup>-6</sup> m) tartományba esik. Az ilyen kristályszerkezetekben a fényhullám ahhoz hasonlóan viselkedik, mint az elektronhullámok az atomi periódusú kristályokban, ahol a cellaméret 10<sup>-10</sup> m (Å) tartományba esik. Az első ilyen Eli Yablonovitch, a Kaliforniai Egyetem professzora készítette el 1990-ban. Fehér fényel megvilágítva színesek, amely szín nem fényelnyelésen alapszik, és nem is színyanyagok okozzák, hanem úgynevezett „fizikai szín”. Ennek az a feltétele, hogy a rácsállandó (d) a fény hullámhosszával (λ) összemérhető nagyságrendű legyen. A Bragg-törvény értelmében 2 · d · sinθ = n · λ, azaz ha 400 nm < λ < 700 nm, akkor 200 nm < d < 350 nm (3. ábra).

A fotonkristályok bizonyos fajta felhasználási lehetőségei a félvezetőkkel való hasonlatosság alapján érthetőek meg. Ahogyan a félvezetők tulajdonságait befolyásolják a szennyező atomok, hasonló szerepet tölthetnek be a különféle rácshibák és diszlokációk. A tökéletes fotonkristály a tiltott sávjába eső frekvenciájú fotonokat nem enged át. De ha például az egyébként tökéletes fotonkristályba egy vonalhibát visznek be (4. ábra), akkor az már úgy működik, mint egy hullámvezető. A vonalhiba mentén az egyébként tiltott frekvenciájú fotonok is terjedhetnek. [6]

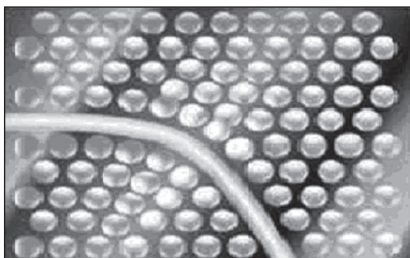
Míg a fotonikus kristály megnevezést hivatalosan először 1987-ben alkalmazták, a természet ezeket a komplex struktúrákat évmilliók óta ismeri.

Ilyen kristályok előfordulnak az élővilágban is tengeri állatok, rovarok szervezetében. Egyes lepkefajok gyönyörű színe csak részben tulajdonítható a bennük található pigmenteknek (ezek a felelősek

1 Scanning tunneling microscope

a barna, fekete, sárga és piros színért), az igazi csillogást különös szárnystruktúrájuknak köszönhetik (kék, ibolya, zöld). A szárnyat borító pikkelyek felső felülete nagyon komplex, háromdimenziós szerkezet, hosszanti gerincek és keresztbordák mikrocellákat, ablakokat képeznek (5. ábra). A pikkelyek színe attól függ, hogy mi található a mikrocellák belsejében.

Egy másik előfordulás, a geológiai



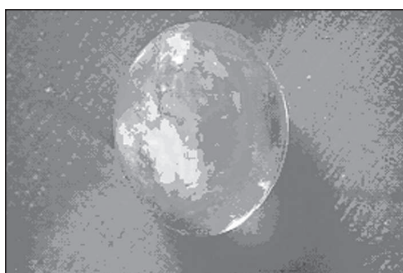
4. ábra Vonalhiba a fotonkristályban

ai szempontból nagyon érdekes, opálnak nevezett ritka féldrágakő, ami hidrotermális folyamatok során kivált, alakatlan  $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  formájában van jelen (6. ábra). Leggyakrabban Ausztráliában és az amerikai Nevadában fordul elő, főbb lelőhelyei közé tartozik Szlovákia, Magyarország, Indonézia, Etiópia, de a NASA kutatói 2008-ban közölték, hogy már a Marson is találtak [7].

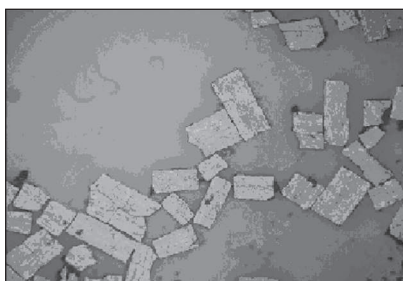
A természettől inspirálva mára már mes-

volt, melyekből több méret is rendelkezésünkre állt. Különböző mintákat készítettünk: 190, 220 és 240 nanométer átmérőjűeket használtunk fel.

A vizes szuszpenziókat hőálló edényekben készítettük el, majd mindegyikükbe behelyeztünk két-két üveglapot úgy, hogy ezek alsó szélei az edény alján közepén találkozzanak, a felső széleik pedig az ellentétes falakon támaszkodjanak. Az edényeket nagy teljesítményű kemencébe helyeztük, amit percenként 2 fokkal 300 °C-ra fölfűtöttünk, majd 300 °C-on 3 órát hagytuk működni. Ezt követően ugyancsak percenként 2 fokkal 550 °C-ra emeltük a hőmérsékletet, így a kemence még 8 órán keresztül üzemelt. A fűtést kikapcsolva hagytuk a mintákat kihűlni. A víz



6. ábra Mesterséges opál



7. ábra A minta optikai mikroszkópius képe

párolgásának következtében a gömböcskék lerakódtak az üveglapok felületére. A folyamat segítségével sikerült néhány száz bogyrétegnyi, azaz pár száz mikrométeres vastagságú, háromdimenziós fotonikus kristálynak számító opált előállítani.

Ezt követte a minták alapos vizsgálata, amelynek során különböző segédanyagokat használtunk: optikai mikroszkópot, elektronmikroszkópot, atomerő-mikroszkópot és spektroszkópot.

Optikai mikroszkóp segítségével a minták reflexiós és transzmissziós képét vizsgáltuk 2,5-től 50-szeres nagyításokig kiterjesztve. Fotókat is készítettünk, melyeket gömbátmérő és nagyítás szerint csoportosítottunk.

A következő lépésben a mintánkat pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgál-

tuk meg, így sikerült még  $10^4$ -szeres nagyításban is tiszta képet kapni (7. ábra), melyeken jól kivehető az opált alkotó, a lecsapódás során szabályos struktúrába szerveződött gömbök.

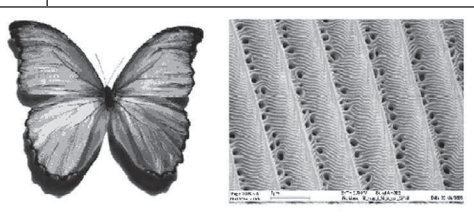
Az atomerő-mikroszkópban vékony, a csúcán egyetlen molekulányi tű pásztázta végig a tőle csupán néhány angstromnyi távolságban lévő mintát, ez a műszer a vizsgált atomok között fellépő lokális kölcsönhatást (vonzerőt) méri. Ez az eljárás akár a molekulák fényképezésére is alkalmas. Ilyen műszerrel nekünk is volt alkalmunk vizsgálni. A minta háromdimenziós modelljén kivehető az opált alkotó gömbök (rúcskös felület), a nagyobb dudorok pedig a kristályszerkezet hibái. A keresztmetszeti képen megmértük 5 egymás melletti gömb külső pontjai közti távolságot.

Az opál optikai tulajdonságait nagyban befolyásolja a gömbök mérete. Különböző minták más-más módon verik vissza, illetve engedik át a fényt, ezért spektroszkóppal is megvizsgáltuk őket. Az alkalmazott gömbök méretére az utal, hogy a reflexiós maximumok és transzmissziós minimumok a rácsállandó duplájával megegyező hullámhosszoknál alakultak ki, ez a 8. ábrán látható.

A nanostruktúrák előállításának egyik módja az alulról történő építkezés, az önszerveződés, amelyben olyan stabil építőelemek vesznek részt, mint a molekulák, vagy akár a nanogömbök. Ezek előállításának egyik akadálya, hogy az itt szerepet kapó adhéziós és kohéziós erők miatt a nanovilág nagyon furcsán viselkedik. Ezt úgy kell értenünk, hogy ha bármilyen eszközzel megpróbáljuk összerakni a nanoszerkezeteket, az építőelemek inkább az eszközünkhöz ragadnak, mintsem oda kerülnének, ahova szeretnénk. Ezért olyan nanostruktúrákat kell tervezni, melyek közvetlen emberi beavatkozás nélkül, önszerveződő módon alakulnak ki. Éppen ebből a megfontolásból kiindulva néztünk utána az önszerveződő nanostruktúrák kialakulásával kapcsolatos elméleti kutatásoknak és ezek számítógépes modellezésének [8].

Az önszerveződő rendszerek esetén is alkalmas rugó-tömb típusú modellt elsőnek Burrige és Knopff 1976-ban tette közzé [9]. Azóta a modellt felhasználják a földregécek modellezésétől, a ferromágneses anyagok mágnesezési folyamatának, a száradó granulás anyagok töredezéséinek (sár, agyag, festékréteg, sósivatag), valamint a nanogömbrendszerek mintázatképződéseinek a leírására.

A rugó-tömb típusú alapmodell alkotóelemei a különböző alakú tömbök és az ezeket összekötő rugók. Ha egy testet egy rugó segítségével húzunk, akkor a rugó egy ideig nyúlik, majd amikor a rugóban fellépő rugalmas erő nagyobb lesz a test



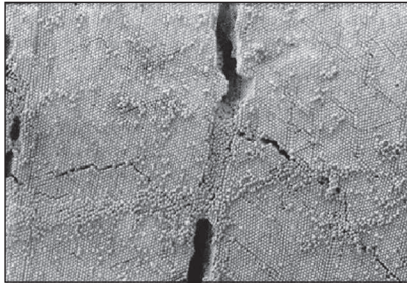
5. ábra Egyes lepkefajok szárnyának csillogását a pigmentek mellett a szárny struktúrája okozza

terséges úton is hozzájuthatunk ezekhez a gyönyörű kövekhez az ülepítés vagy függőleges lerakódás módszerét használva. Gyakorlati munkánk során mi is megpróbáltunk az előállítással, az utóbbit alkalmazva. A tevékenység az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet egyik laboratóriumában zajlott.

Első lépésként előkészítettük a minta „talajaként” szolgáló üveglapokat. Miután egy éjszakán keresztül krómkénsavban álltak, lemostuk őket ultratiszta vízzel, hogy minden lehetséges szennyeződést eltávolíthassunk. Az alapanyag vízben szuszpendáltatott poliszitirén gömbökből

és a felület közti tapadási súrlódási erő maximális értékénél, a test megcsúszik, és egyenes vonalban elkezd mozogni.

Bonyolódik a helyzet, ha több testet helyezünk el egymás mellé, és ezeket rugóval kötjük össze, valamint a testeket más rugók segítségével egy, a testek fölött levő laphoz rögzítjük. Ebben az esetben, ha a testek fölötti lapot egyenletes sebességgel húzni kezdjük, akkor egy ideig a testek nyuga-



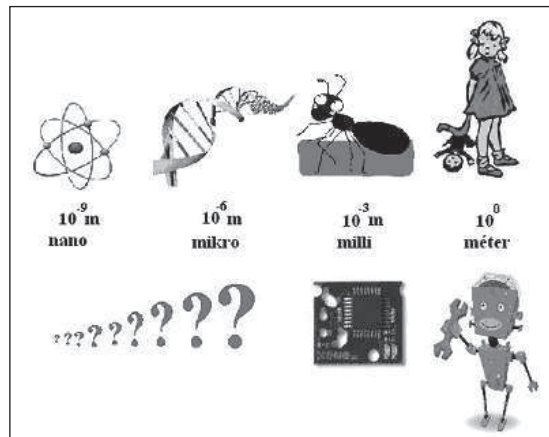
8. ábra. Az opál optikai tulajdonságait nagyban befolyásolja a gömbök mérete

lomban maradnak és csak az őket a lappal összekötő rugók nyúlnak meg. Ha hirtelen az egyik test megcsúszik, akkor ez lavinászerű jelenséget idéz elő a rendszerben, ugyanis magával rántja a közvetlen szomszédjait, azok az ő szomszédjaikat és így tovább. Az itt leírt folyamat tipikus példa egy kritikusan önszerveződő folyamatra.

Tanulmányoztuk egy poliszitíren nanogömbökből készített *szuszpenzió száradása során kialakuló mintázatképződés modellezését* [10]. Ez a modell kétdimenziós, amelyben a tömbök egy súrlódásos felületen elmozdulható nanogömbök jelképezik, a víz hajszálcsövésségének hatását pedig a közöttük levő rugók jelentik. Az önszerveződő folyamatot szabályozó erők: a rugók hosszával arányos kapilláris erő<sup>2</sup> ( $F_k$ ), egy Lennard-Jones típusú kölcsönhatási erő<sup>3</sup> ( $F_l$ ), valamint a súrlódási erő ( $F_s$ ). Amennyiben a lemezre ható eredő erő meghaladja a súrlódási erőt, a lemez túlszillapított mozgással csúszni kezd. Ha a mozgás során a rugókban felépülő feszültségek meghaladják a törésküszöb értékét, akkor ezeket eltávolítjuk a rendszerből. Ez magyarázza a törésvonal-struktúrák kialakulását, melyek kisebb méretű tömör területeket határolnak el.

Ezzel a *számítógépes szimulációval* kialakuló mintázatok összevethetők a kísérletileg kapott mintázatokkal [11].

Az itt bemutatott jellegzetes példák arra engednek következtetni, hogy a modellcsalád alkalmas a jelenségek leírására. Ezt a modellt használva elsődleges képet kap-



hatunk a nano-dinamikai folyamatokról, ugyanakkor lehetőség van arra is, hogy a kísérleti úton változtatható paraméterek hatását elemezzük ezeken a gyakorlatban rendkívül fontos szerkezeteken.

### Megalehetőségek

Az opál előállításának és tanulmányozásának témáját nemcsak a gyönyörű látványért találtuk vonzónak, hanem azért is, mert a fotonikus kristályok egy újabb technológiai forradalom küszöbére taszították a tudományt.

Az elektronikai ipar egyik legnépszerűbb lehetősége során a „lomha” elektronok és „fürgébb” fotonok felváltják egymást, hasonló környezetet biztosítva. A fotonikus kristályokban a fotonok terjedését tiltott energiasávok létrehozásával befolyásolni lehet – akárcsak a félvezetők elektronjainak mozgását –, mivel ezekben nem tartózkodhatnak fényrészecskék. A félvezetőkben éppen a tiltott sáv jelenléte miatt lehetett tranzistorokat, diódákat, fényemittáló diódákat és lézereket létrehozni, ezért felmerült a kérdés, hogy nem lehetne-e ezek optikai megfelelőjét kifejleszteni. Ilyet mind két, mind három dimenzióban sikerült felépíteni, sőt már a fényrel hajtott mikrogépek alkalmazása is gyakorlati lehetőség [12].

Ákár a *távközlésben* is újításokat hozhatnak, hiszen az optikai szál egy nagyobb hatásfokot ígérő, bővebb alkalmazási területet lefedő anyaggal helyettesíthető. Ennek következtében kétféle szerkezetű, eltérő mechanizmussal működő, mikrostrukturált szálakat állítottak elő. Az első típusban lévő szálak belsejében egy lyukakból álló szabályos rács van, melynek közepén egy üreg tölti ki az onnan hiányzó lyuk helyét. Ez magába zárva a fényt, tömör mag hullámvezetőként viselkedik és vezetett módust hoz létre, mivel hogy nagyobb törésmutatójú, mint az őt körülvevő köpeny. A második típusú szálak belsejében egy levegővel telt cső ta-

lálható, ami szintén kiváló fényvezető. Ezek segítségével akár kontinensek közötti távolságok is áthidalhatóak lennének, a hibalehetőség minimálisra csökkenne.

Ugyancsak különleges fejlesztés a rugalmas *elektronikus papír* feltalálása is, amely képes a teljes színspektrum megjelenítésére. Ez akár a képernyőkre is alkalmazható, ugyanis az ezt alkotó fotonikus kristályok lehetővé teszik, hogy minden egyes képpont saját szintet vegyen fel és jelenítsen meg. Bár a szí-

nes képek megjelenítése egyelőre fejlesztésre szorul, már több cég is gyártja az újfajta képernyőt, és néhány éven belül akár piacra is kerülhet a különleges termék [14].

Ami csak néhány megvalósítást említettünk meg a fotonikus kristályok felhasználási lehetőségei közül. A világ számos országában folynak kutatások, és a birtokunkba kerülő egyre több információ újabb és újabb ajtókat nyit meg, számtalan fejlesztést ígérve. ©

*Az írás szerzői diákpályázatukon az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriában a Tudományos Újságírók Klubja különdíját kapták.*

### FELHASZNÁLT IRODALOM

1. <http://www.mfa.kfki.hu/int/nano/magyarul/Nanotech-BLP.html>
2. [www.matsci.uni-miskolc.hu/nanotech/.../nanodiszpergalas-eloadas01.ppt](http://www.matsci.uni-miskolc.hu/nanotech/.../nanodiszpergalas-eloadas01.ppt)
3. <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0311/hiro0311.html>
4. <http://index.hu/tudomany/trmi070801/>
5. <http://www.mfa.kfki.hu/int/nano/magyarul/Nanotechnologia.html> <http://www.hwsz.hu/hirek/28592/feny-a-gepben--villogo-chipek-mar-jovore.html>
6. <http://www.berzsenyi.hu/~dibusz/comenius/present/Fotonikus%20krist%e1lyok.ppt>
7. <http://hu.wikipedia.org/wiki/Opál>
8. E. Horváth, F. Járasi-Szabó, Z. Néda, ETDK dolgozat (2008)
9. R. Burridge, L. Knopff, Bull. Seism. Soc. Am 57, 341 (1967)
10. <http://atom.ubbcluj.ro/jferenc/nanospheres/>
11. <http://atom.ubbcluj.ro/springblock/index.php?menuId=82> [http://www.origo.hu/attached/20050607kroo\\_050606.rtf](http://www.origo.hu/attached/20050607kroo_050606.rtf)
12. Takács Sándor, Új korszak küszöbén az optikai távközlés c. dolgozat
14. [http://www.sg.hu/cikkek/54847/elektronikus\\_papir\\_kristalyokbol](http://www.sg.hu/cikkek/54847/elektronikus_papir_kristalyokbol)
15. Ferenc Járasi-Szabó, Simion Astilean, Zoltán Néda: Understanding self-assembled nanosphere patterns. Chemical Physics Letters 408 (2005) 241–246

2 a hajszálcsövekben a folyadékok viselkedését meghatározó erő

3 a molekulák között ható eredő kölcsönhatási erő

## Az elektroncső Vermes-egyenlete

A Budapest-Fasori Evangélikus Gimnázium kertjében 2012. szeptember 29-én leleplezték az iskola egykori tanárának, Vermes Miklósnak (1905–1990) a szobrát. Erről folyóiratunk múlt év decemberi számában részletesen beszámoltunk. A most következő írás Vermes Miklósnak egy kevésbé ismert eredményéről közöl érdekes részleteket.

A címet olvasva sokan felkaphatják a fejüket: „Vermes-egyenlet? Az meg mi fán terem? Erről még soha nem hallottam!” Fizikatanár, kutató fizikus megállapítván, hogy a (kétségtelenül kiváló oktató, kísérletező, tankönyvíró) tanár úrról elnevezett egyenlettel még soha életében nem találkozott, kételkedhet ennek létezésében, de ha talán volt (van) is ilyesmi, bizonyára nem nagy dolog, gondolhatja.

A fenti aggodalmak jogos voltát elismerve, mégis megkérem az elektroncsövek fizikájára, illetve Vermes tanár úr életműve iránt érdeklődőket: próbáljuk meg nyomon követni a tanár úr munkásságának ezt az elfeledett fejezetét.

Mindenki, aki érdeklődött Vermes Miklós iránt, tudhatja, hogy jeles szerepe volt a múlt század húszas éveinek végétől kezdve a rádióra vonatkozó ismeretek népszerűsítésében. A rádió működéséről írt dolgozatai szabatosak, szakmailag kifogástalanok voltak (amit sok, más szerzőtől származó írásról nem mindig lehetett elmondani), de tárgyalásmódjuk erősen népszerű volt. Abban az időben még a Természettudományi Közlönyben sem lett volna célszerű olyan szinten írni, mint pl. fél évszázad múlva az utódlapban, a Természet Világában. A Természettudományi Közlöny 1930-as évfolyamában jelent meg a rádióról szóló öt-részes cikksorozata. Azóta számtalan helyen hivatkoztak már ennek a sorozatnak rendkívüli sikerére.

Vermes tanár úrnak a rádió iránti vonzódása közismert volt. No de, hogy valami nevezeteseget, valami alapvetőt alkotott volna az elektroncsövek elmélete terén?

Doktori dolgozata, *Az elektroncsövek erősítésének és egyenirányításának általános tárgyalása* az MTA Matematikai és Természettudományi Értesítőjének 1929. évi kötetében jelent meg, 45 oldal terjedelemben. Ahhoz, hogy ennek a rendkívül alapos munkának az értékét felmérhessük, célszerű néhány észrevételt tennünk a rádiótechnika akkori állapotának a jellemzésére. A mű két nagy fejezetre oszlik; elméleti és kísérleti részre. Hogyan is álltak akkoriban ezek a szakterületek?

A Vermes-cikksorozattal nagyjából egy időben, majd a következő évtizedben is számos könyv tárgyalta az elektroncső működését. Ezek a művek a kérdéssről a következő elméleti megfontolásokat ismertették: a *meredekség*, az *áthatás* és a *belső ellenállás* fogalma, ezen említett cső-

jellemzők jelentősége, továbbá a közöttük fennálló *Barkhausen-összefüggés*, vagyis, hogy a három csőjellemező szorzata egyenlő eggyel. Az elektroncsövek elméletének tárgyalása nagyjából ki is merült az említettekkel.

És hogyan állt a gyakorlat? A rádiómesterek és a rádióamatőrök – ha feszültségmérésről esett szó – gyakran mondták, hogy: „kis feszültség, kis szikra, nagy feszültség, nagy szikra”. Igényesebb helyeken azért használtak műszert is, de az akkori műszerek minősége pontos mérést nemigen tett lehetővé, nem is beszélve arról, hogy a rácskörben gyakorlatilag egyáltalán nem tudtak mérni.

Térjünk vissza ezután a fiatal Vermes Miklóshoz. (Amikor hozzáfogott a dolgozatához, még nem töltötte be a 24. évét.) A munka elméleti részének részletekbe menő ismertetését a terjedelme (18 oldal) sem teszi lehetővé, másrészt az összefüggések oly bonyolultak, hogy az értelmezésük (nem vagyunk mindnyájan rádiószakemberek) több helyet igényelne, mint maga a dolgozat, de azért megpróbáljuk gondolatmenete lényegét felvázolni.

A tárgyalás triódára vonatkozik, azt vizsgáljuk, hogy a rácsra kapcsolt elektromotoros erő az anódon lévő feszültségben milyen változást okoz. Az alkalmazott formula a következő: az  $e$  anódfeszültség változása az  $E$  elektromotoros erő kvadratikusan függvénye:

$$de = c_1 \cdot dE + c_2 \cdot (dE)^2$$

Itt a  $c_1$  neve erősítési szorzó, a  $c_2$ -é pedig egyenirányítási szorzó. A formulában pusztán az jut kifejezésre, hogy nem a legegyszerűbb (lineáris) közelítést, hanem a pontosabb, lineáris+kvadratikusan függvényre való közelítést alkalmazzuk. Mivel erősítéshez lehetőség szerint lineáris karakterisztikát kívánunk meg (ekkor nem torzít az erősítő), egyenirányítani viszont csak nemlineáris eszközzel lehet, a tárgyalás fel fogja ölelni az elektroncsőnek mindkét funkcióját.

A továbbiakban a levezetésben szerepel az említett három (parciális) differenciálhányados (meredekség, áthatás, belső ellenállás), de szerepel ezen túl hat második parciális differenciálhányados is. A kapott összefüggések rendkívül bonyolultak, de a gyakorlati esetekre elhanyagolásokkal olyan formulákat kapunk, amik már kezel-

hetők. (Az elhanyagolt tagok járuléka csak 1% körüli, de néha még ennél is kisebb 1–2 nagyságrenddel. A kapott eredményeket minden esetben geometriai szemléltetés is kíséri, általában három dimenzióban ábrázolt felületeket kapunk, a közismert karakterisztika görbéket ezeknek bizonyos metszetei (amik térgörbék, illetve síkgörbék) adják. Az eredmény szépségének szemléltetésére bemutatjuk az erősítési szorzóra és az egyenirányítási szorzóra nyert eredményt.

Vermes dolgozatában kimutatta, hogy a gyakorlatban az erősítés a következő kifejezéssel számítható:

$$C_1 = \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{1}{1 + r_g S_g}$$

Itt a  $D$  és az  $R_{ia}$  csőkatalógusbeli adat (áthatás, belső ellenállás)  $r_a$  és  $r_g$  az anód, illetve rácsellenállás.  $S_g$  a rácsáram meredekség (ezt mérni kell, de hát egy gyári laboratóriumban mégiscsak találhatóunk mikroampermérőt).

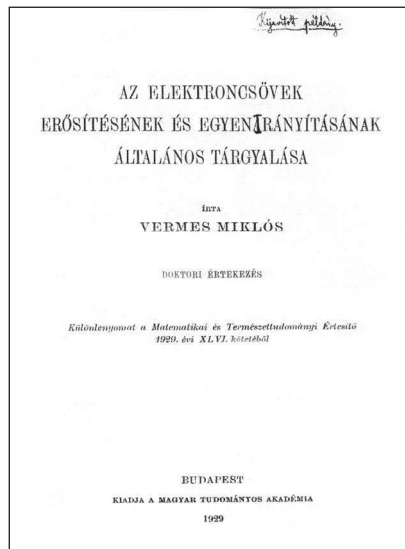
Térjünk most át a kísérleti részre. Mint már említettük, a rádióiparnak ebben az időben nem volt éppen erőssége a szabatos mérés. Vermes Miklós a Pázmány Péter Tudományegyetem (ma ELTE) gyakorlati fizikai intézetében igen szabatos méréseket végzett. Feszültségmérésre sztatikus voltmérőt, galvanométert, árammérésre mikroampermérőt használt, az anódfeszültség kismértékű változását kompenzációs eljárással mérte. Olyan mérőeszközök, olyan mérési módszer, ami – bizást kijelenthetjük – akkor teljesen szokatlan volt a rádiótechnikában.

Doktori értekezésben szabatosan meg kell fogalmazni, hogy a munkában mi az újdonság. „Elsőként állapítottam meg”, „felismertem azt, hogy...”, „nagyságrenddel pontosabb mérést végeztem...” – szokásos formulák, amikkel ugyancsak gyakran találkozhat, aki értekezéseket véleményez. Vermes Miklós közmondásosan szerény volta nem engedhetett meg ilyen megfogalmazásokat. A figyelmes olvasó azonban ezek híján is egyértelműen megállapíthatja a munka horderejét. A bevezetésben a szerző 33 forrásra hivatkozik. Nem akármilyen szerzőkre. Schottky négy hivatkozással szerepel (az ő nevét ma is mindenki ismeri, aki csak tanult fizikát). Barkhausen (az 1920-ban megalkotott *Barkhausen-Kurz*-oszillátorral lehetett akkoriban a legrövidebb hullám-





A fiatal Vermes Miklós és doktori értekezése



hosszúságú, mintegy 30 cm-es rezgéseket előállítani.), és Heising is a szakma nagyjai között foglal helyet, Breit nevét a Nobel-díjas hazánkfiával, Wigner Jenővel összekapcsoló Breit-Wigner-formula őrzi. A dolgozat rámutat, hogy csak Heising és Breit eredményei tekinthetők bizonyos mértékig általánosnak, de Heising (nevét a Heising-modulátor őrzi) csak speciális alakú (parabolával közelíthető) karakterisztikával számol, Breit összefüggése pedig csak váltóáramra érvényes. A dolgozat végző konklúziója – szerényen bár – kiemeli a munka úttörő voltát: „A számítás és a kísérlet összehasonlítása tehát arra az eredményre vezet, hogy egyes speciális képletek gyakran előforduló esetekben a valóságtól nagyon eltérő adatokat szolgáltatnak, míg az itt levezetett (25) és (26) alatti általános képletek a tapasztalattal mindenkor megegyezésben vannak, tehát helyeseknek tekinthetők.” Egy példa: a Tungstram G 405-ös típusú csővel végzett mérések az erősítési szorzóra -0,1798 értéket, a számítások pedig -0,1477-et adtak. (A számítás és a mérés közti eltérés mintegy 20%) És mit adott az irodalomból ismert Schottky-Barkhausen-formula? -0,008-at, vagyis Vermes értékénél 200-szor kevesebbet!

Próbáljuk meg ezek után mi is összefoglalni a dolgozat eredményeit! Ez egy – képzelt – opponensi vélemény formájában így hangzik. A jelölt igen időszerű téma – a rádiólámpa (trióda) jellemzőinek tárgyalását választotta. Úgy véljük, hogy e kérdés jelentősége a jövőben csak növekedni fog. Azok a vizsgálatok, amelyek eddig e tárgyban történtek a trióda erősítésével – ami lineáris jelenség – továbbá az egyenirányítással – ez nemlineáris folyamat – foglalkoztak. E két, ez ideig egymástól elkülönítetten tárgyalt kérdéskör egysé-

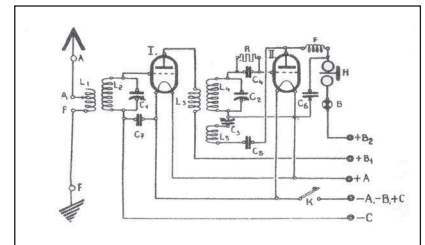
ges tárgyalása a munka legfőbb érdeme. A tárgyalás a kétféle, úgymint anód-, illetve rács-egyenirányítást egységiesen vizsgálva mind ezen egyenirányításokra, mind az erősítésre (hiszen a vázolt folyamatok ugyanazon trióda-ban történnek) értékes eredményekre jut. Az erősítést vizsgálva megállapítja, hogy a nemlinearitás folytán a moduláló hullám (hangrezgés) mellett a következő rezgések is fellépnek: a hangrezgés kétszerese, a hordozóhullám kétszerese, ugyanaz modulálva a hangrezgéssel, ugyanaz modulálva a hang oktávjával. A jelölt tárgyalását kiterjesztve a második parciális differenciálhányadosokra, elsőnek alkotott olyan konzisztens elméletet, amely a trióda működésének minden olyan kérdését, amely a gyakorlati alkalmazások számára fontos lehet, egységiesen tárgyalja.

Ez – természetesen – csak képzelt opponensi vélemény, hiszen e sorok írója éppen húsz évvel a szóban forgó dolgozat elkészülte után kezdett ismerkedni a rádióval. Ma, háromnegyed évszázad távlatából, talán jogunk van megállapítani, hogy a fiatal Vermes Miklós az elektroncsövekre vonatkozó széteső ismereteket tökéletesen szabatos matematikai tárgyalásával szerves egységbe foglalta, majd ennek alapján olyan formulákat is levezetett, amelyek eléggé egyszerűek a gyakorlati számítások számára is.

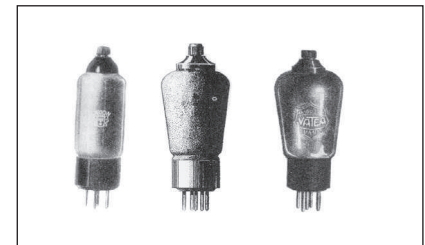
Hazánkban az Orion, valamint az Egyesült Izzó 1926-tól gyártott rádiót, ekkor már sokan, lelkes rádióamatőrök, rádiójavító mesterek is foglalkoztak rádióval. A nagyközönség szaktudása meglehetősen szerény volt, úgy tűnik, nemcsak műszaki téren, hanem az elemi számolási készség terén is. (Erre egy apró példa: az 1933-ban megjelent, nagy népszerűsége szert tett

Molnár-Jovitz-féle Rádiósok könyvének első fejezete a *Hogyan olvassunk képleteket* címet viselte. Itt megtaláljuk az algebrai jelek (egyenlőségjel stb.) magyarázatát, tárgyalja a négyzet és a köb fogalmát (négyzetlap, kocka), elmagyarázza a koordináta-rendszer fogalmát, majd szól a reciprok értékről. Az amatőrök között találhattunk trafikost, csendőr altisztet, falusi főjegyzőt, jogászt, orvost stb. Rádiómester jogosítványért villanyszerelő és optikus folyamodhatott. Ők a trióda munkaellenállását próbálkozásokkal „optimalizálták”; addig cserélgették az ellenállásokat, amíg – halás után – megállapíthatták, hogy „a rádió a legjobban szól”. No de a gyárak mérnökei, ők igazán számolhattak volna egy matematikai képlettel, a Vermes-egyenletből kapható egyszerű formulával.

„Vermes-egyenlet!” Ha valaki, akkor Vermes Miklós lett volna az, aki ilyen öntelt megnevezésre álmában sem gondol. A felfedező nevét persze mások szokták a felfedezéshez kapcsolni. Esetünkben

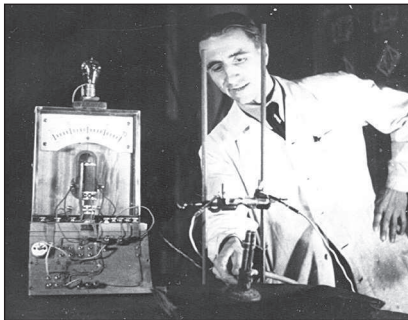


Kétsöves teleses rádió kapcsolási rajza az 1920-as évekből



„Rádiólampák” (elektroncsövek): Orion, Philips és Vatea gyártmányú, arnyékolt rácsú csövek. Ezekre is jól volt alkalmazható Vermes triódákra kidolgozott egyenlete

ilyesmi nem történt, Vermes eredményei visszhangtalanok maradtak. Miért? Ugyan kit érdekelt volna, ki értette volna ezeket 1929-ben az Akadémián? Munkája az *Annalen der Physik*-ben (akkor az egyik legismertebb, legrangosabb folyóiratban) is megjelent: Eine allgemeine Behandlung der Verstärkung und Gleichrichtung von Elektronenröhren. (Az 1970-es, 1980-as években, amikor megélénkült az érdeklődés a nagyhűségű hangvisszaadás, és ezzel egyidejűleg a korábban már szinte elfelej-



Vermes Miklós fizikaórája a Fisorban

tett elektroncső iránt, hasznot hozhattak volna eredményei.)

Vermes Miklósról, a tanárról, a kísérletezőről, az emberről már sokan és sokat írtak. Én talán még az átlagnál is markánsabban fogalmaztam, amikor róla szóló írásomnak az *Évszázadunk legjelesebb fizikatanára* (Forrás, 1991. május, 52–56) címet adtam. Arról viszont, hogy valaki is írt volna róla „Vermes Miklós, a kutató”, „Vermes Miklós, a tudós”, vagy bármi más, hasonló címen, nincs tudomásom. A cikkünkben ismertetett eredményei azonban azt mutatják, hogy tudományos pályán is megállta volna a helyét. Tudjuk, hogy végzése után keresett állást az Egyesült Izzó laboratóriumában is, de elutasították. Ha másként alakul sora, most talán hazánk legkiválóbb rádiómérnökei közt tartanánk számon. Úgy véljük, hogy a doktori munkájában szereplő eredmények is erre mutatnak. Emellett érdemes áttekintnünk tudományos dolgozatainak összességét is.

Tanári pályára lépése előtt, amikor hét éven át kémikus tanársegédként dolgozott, a következő tudományos publikációi láttak napvilágot: az említett doktori értekezés, ugyanez az *Annalen der Physik*ben, majd itt még egy cikk, egy a *Zeitschrift für Physik*ben, három közlemény a *Radiowelt*ben, azaz összesen hat német nyelvű publikáció, továbbá 21 közlemény a *Természettudományi Közlöny*ben.

Végezetül legyen szabad minden kedves, a kérdés után érdeklődő fizikatanár kollégám figyelmét felhívni a következőre. Ma már több iskolának a falát díszíti Vermes Miklós portréja, emlékszekrény, emlékszoba őrzi eszközeit, kísérleti összeállításait. E tárgyi emlékek között helyet kaphatna a „Vermes-egyenlet”, esetleg az általa használt „rádiólámpák”, karakterisztika ábráik, korabeli mérőműszerek kíséretében. A Vermes-emlékversenyen talán helyet kaphatna olyan feladat is, amely kapcsolódik a tanár úr alapvető elektronikai eredményéhez.

E gondolatok jegyében javaslom, hogy Vermes tanár úr sokszínű egyéniségének képét gazdagítsuk még egy összetevővel; az elektroncső tudós ismerőjének megőrkítésével.

MAKRA ZSIGMOND

## Végtelen játékok és stratégiák

Keleti Tamás

2013. január 15-én kedden 16<sup>00</sup>-tól kb. 18<sup>00</sup>-ig  
a Fővárosi Fazekas Mihály Gimnáziumban

Friss információk a <http://matek.fazekas.hu/portal/eloadas/>  
linken találhatóak.

Az iskola címe: 1082, Budapest, Horváth Mihály tér 8.

*Hraskó András*

Az előadás beharangozója: Végtelen játékon leggyakrabban olyan játékot értünk, melyben ketten játszanak egymás ellen, felváltva lépnek, és a játék végtelen sok lépésig is eltarthat. Ilyen például az alábbi feladatban szereplő játék.

**1. feladat:** *Hanga és Doma a következő játékot játsszák. Egy  $[0, 1]$ -beli számot írnak le úgy, hogy kettes számrendszerbeli alakjának számjegyeit adják meg felváltva: Hanga leírja az első számjegyet, aztán Doma a másodikat, Hanga a harmadikat, és így tovább. Hanga nyer, ha racionális számot kapnak, Doma nyer, ha irracionális. Kinek van nyerő stratégiája?*

Ilyen jellegű játékokban fogjuk vizsgálni, hogy melyik játékosnak van nyerő stratégiája, és hogy van-e egyáltalán mindig valakinek nyerő stratégiája.

A következő feladat egészen más típusú, itt a játékosok száma végtelen, ráadásul itt nem egymás ellen játszanak, hanem együtt vannak.

**2. feladat:** *Végtelen sok ember kap a fejére egy fekete vagy fehér kalapot. Mindenki látja az összes ember kalapját, kivéve a sajátját. Egymástól teljesen függetlenül (azaz mondjuk egyszerre és titkosan) minden ember tippelhet, hogy milyen színű kalap van a fején. Még a fejfedők kiosztása előtt összebeszélhetnek, utána viszont már nem kommunikálhatnak semmilyen módon egymással.*

Bizonyítsuk be, hogy ennek ellenére, alkalmas stratégiát követve biztosítani tudják, hogy bárhogy teszik föl rájuk a kalapokat, mindenképpen csak véges sokan fognak tévedni!

Látni fogjuk, hogy ugyan már ennek a feladatnak az állítása is teljes képtelenségnek tűnik, a játékot tovább variálva akár még sokkal vadabb állításokat is bizonyíthatunk.

# Gyulai József fényképalbumából



Tizenévesen, Vásárhelyen, a pianó mellett, 1948.



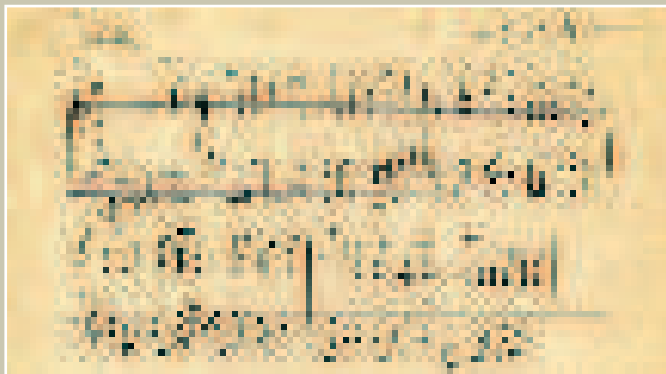
Szegedi egyetemi éveink, 1953. A képen Pócsik György, később az ELTE professzora, Wiegandt Richárd, világhírű „algéber”, Mag Mihály, később békési tanár, és Gyulai József. Pócsik György és Mag Mihály már „elment”.



A kandidátusi értekezés egyik opponensével, Fogarassy Bálinttal (1971)



Tudományok doktora értekezés vitája, Szép Iván, MFKI igazgatóhelyettes, titkár, Tarján Imre akadémikus, elnök, Lukács József akadémikus (1979)



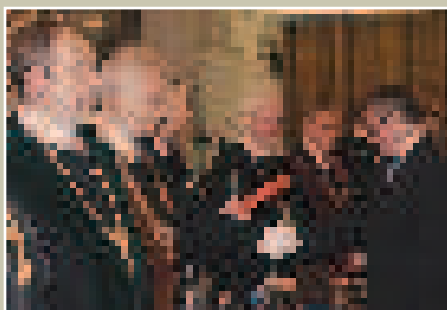
Kottalap részlet, mely az 1956. november 4-i szovjet támadás reggelén készült. Komponálásba menekültem, ekkor született a torzó Gyászinduló. A kottát a vásárhelyi Emlékpont Múzeum őrzi.



Kutatóként a Lumineszcencia és Félvezető Tanszéki Kutatócsoportban – a Nobel-díjas Raman professor látogatásakor. A képen balról Szalay László docens, Budó Ágoston professor, Sir Raman, Gyulai József, Jedlicska Antal műszerész, Horváth János az Elméleti Fizika Tanszék vezetője. (1960, 61?)



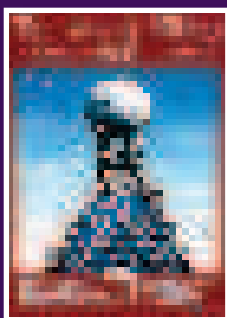
A kandidátusi bizottságának már minden tagja elment: Kiss József, BME tanszékvezető, Szigeti György akadémikus, Kedves Ferenc, fizikus, Kovács István, ELTE professor, Pataki György, MFKI kutató (1971)



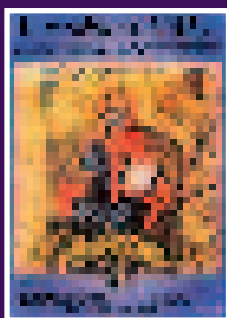
Díszdoktori avatás a Miskolci Egyetemen, 2012, Patkó Gyula rektor „doktorrá fogadja”

# A Természet Világa különszámai

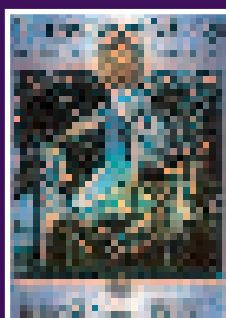
(melyek még megvásárolhatók)



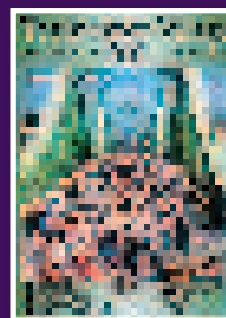
**Geológia**  
(1998) Ára: 300 Ft



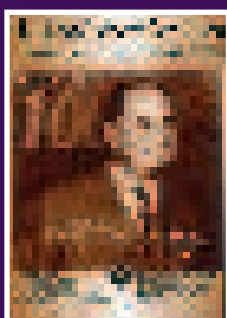
**Orvostudomány**  
(2000) Ára: 300 Ft



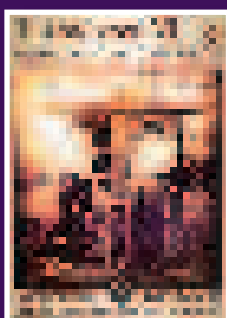
**Bolyai-émlékszáma**  
(2003) Ára: 500 Ft



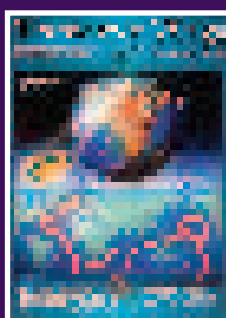
**Életmód – Egészség**  
(2003) Ára: 400 Ft



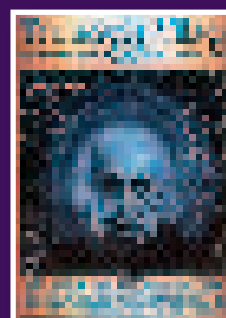
**Neumann-émlékszáma**  
(2003) Ára: 400 Ft



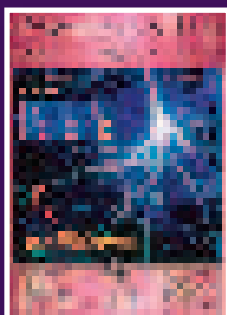
**Együtt – V. L.  
köszöntése**  
(2004) Ára: 400 Ft



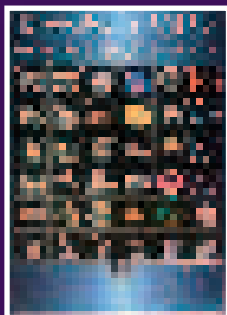
**Klimaváltozás – hazai  
hatások**  
(2004) Ára: 400 Ft



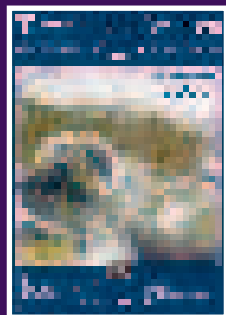
**A fizika százada**  
(2005) Ára: 400 Ft



**Idegtudomány**  
Vizi E. Szilveszter  
köszöntése  
(2006) Ára: 400 Ft



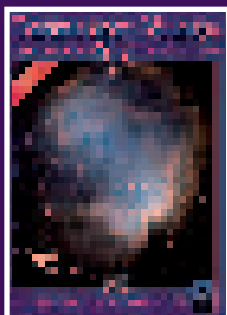
**Napjaink kémiája**  
(2007) Ára: 700 Ft



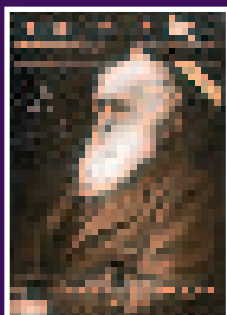
**Földközeli  
a világűr**  
(2008) Ára: 400 Ft



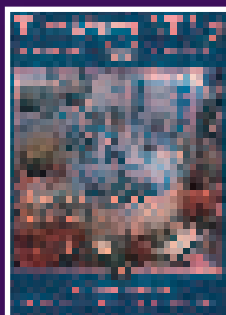
**A Föld bolygó éve**  
(2008) Ára: 400 Ft



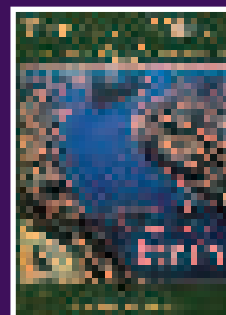
**Feltárul a Világegyetem**  
(2010) Ára: 700 Ft



**Nemzetközi Darwin-év**  
(2010) Ára: 500 Ft



**Emberközeli a fizika**  
KFKI – 60  
(2011) Ára: 690 Ft



**Vízben, borban kémia**  
(2011) Ára: 890 Ft

A különszámok korlátozott számban megrendelhetők Kiadónknál, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál (1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16. Telefon: 327 89 65, fax: 327 89 69, e-mail: titlap@telc.hu), illetve kedvezményesen megvásárolhatók a TIT Planetáriumban (1105 Budapest, Könyves Kálmán körút 39. – Népliget).

