

Természet Világa

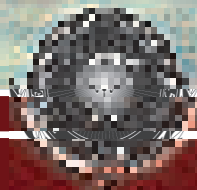
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

145. évf. 3. sz.

- 2014. MÁRCIUS

ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- ÚJ FEHÉRJÉK A SEMMIBŐL
- SNÓBLIZÁS SAKKTÁBLÁN
- KOMPLEX KALANDOZÁSOK

- EMEK SZÜLETÉSE
- REGÉNYES VEGYTAN
- TŰZHÁNYÓ-HÍREK

- A 90 ÉVES CSÁSZÁR ÁKOS KÖSZÖNTÉSE

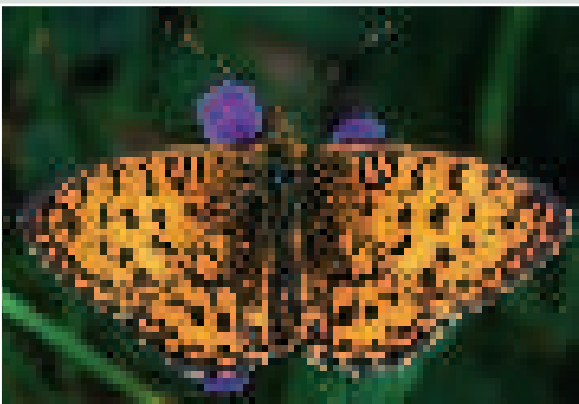
Az Amadé-gerinc és a Nagy-patak völgyének élővilága



Erdei szitakötő hímje



A Nagy Mocsáros



Lápi gyöngyházlepke



A ganajszender hernyója



Nyolcpettyes virágbogár



Vörös róka

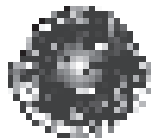


Málna-gyöngyházlepke



Aranyfoltos púposszövő

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
145. ÉVFOLYAMA



2014. 3. sz. MÁRCIUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,
az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok
(OTKA, PUB-I 111 142) 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
Levél cím: 1444 Budapest 8., Pf. 256
E-mail cím: termvil@mail.datanet.hu
Internet: www.termeszettvilaga.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

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

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

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.
Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt. árusítói helyein

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

TARTALOM

Staar Gyula: Császár Ákos 90 éves	98
Ángyán Annamária Franciska–Gáspári Zoltán: Új fehérjék a semmiből	100
Elekes Zoltán–Fülöp Zsolt: Szupernóvák: csillagok halála, elemek születése	103
Inzelt György: A Volta-oszlop	106
Schiller Róbert: Regényes vegytan	109
Szabó György: Snóblizás sakktáblán	111
Horváth Gábor–Blahó Miklós–Száz Dénes–Barta András–Farkas Róbert– Gyurkovszky Mónika: Bögölycsapda poláros fényel. Első rész	115
<i>E számunk szerzői</i>	119
Kéri András: Andorra, a parányi óriás	120
Freud Róbert: Komplex kalandozások Fried Ervin emlékére	124
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESÉGEK</i>	127
<i>ORVOSSZEMMEL (Matos Lajos rovata)</i>	130
Szili István: A tudás művészete. Rövid elmélkedés a tudományos illusztrációról. Második rész	131
Kapronczay Károly: Az Orvostudományi Kar egykori épületei	134
Miről ír a Skeptical Inquirer? (Bencze Gyula összeállítása)	136
Szerényi Gábor: Az Amadé-gerinc és a Nagy-patak völgye	138
Harangi Szabolcs: Tűzhányó-hírek	140
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	142

Címképünk: A kamcsatkai Sivelucs vulkán 2013. december 3-i kitörése

(*Jurij Gyemjancsuk* felvétele)

Borítólapunk második oldalán: Az Amadé-gerinc és a Nagy-patak völgyének élővilága

(*Szerényi Gábor* felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: Császár Ákos fényképalbumából

Mellékletünk: Radnai Gyula: „...ki néma volt netán, csak lelkesedni rest...”.
Károlyházy Frigyes eltávolítása az Eötvös Collegiumból 1949-ben. A XXII. Természet-Tudomány Diákpályázat cikkei (László-Bencsik Eszter, Nyerki Emil, valamint Basa-Tamás István és Lux Róbert írása) A XXIII. Természet-Tudomány Diákpályázat eredményhirdetése. TIT Kalmár László Matematika Verseny meghirdetése

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő: STAAR GYULA

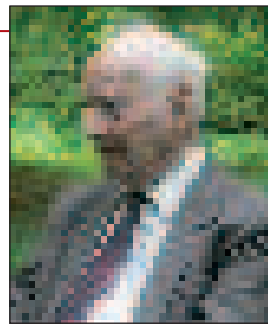
Szerkesztők:

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

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető: LUKÁCS ANNAMÁRIA

Császár Ákos 90 éves!



M intha tegnap történt volna, úgy emlékezem előadásainak hangulatára, a hatvanas évek elején. Nekünk, a matematika–fizika szakos hallgatóknak az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának akkori főépületében, a Múzeum körút 6-8. szám alatt, legtöbbször a IV. teremben tartotta az analízis előadásokat. Megjegyzem, ezt a tiszteletet parancsoló épületet Steindl Imre tervezte a Kiskőrútra. Eredetileg a budapesti Műegyetem számára készült 1880 és 1883 között, Szily Kálmán műegyetemi rektorsága idején. Ma a bölcsészek birodalma.

Császár Ákos, a magyarországi matematika mára legendássá nemesedett alakja, februárban töltötte be 90. életévét. Röviden, lexikonszerű tömörséggel, így foglalható össze példaértékű életútja:

»Matematikus, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja. Budapesten született 1924. február 26-án. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának tanszékvezető egyetemi tanára 1952–1994 között, az analízis tanszék emeritus professzora 1994-től. Az MTA Matematikai és Fizikai Tudományok Osztályának elnöke 1973–1976 és 1987–1993 között, a Matematikai Tudományok Osztályának elnöke 1993–1999 között. A Bolyai János Matematikai Társulat főtitkára 1966–1980, elnöke 1980–1990 között, tiszteletbeli elnöke 1990-től. A Nemzetközi Banach Központ tudományos tanácsának tagja 1970–1991, elnöke 1973–1976 között. Jelentős eredményeket ért el a valós függvénytan és az általános topológia területén. 1963-ban Kossuth-

A tanszékvezető egyetemi tanár



A fiatal egyetemi oktató

díjat kapott. 1994-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztjével tüntették ki. 2009-ben ő nyerte el a Magyar Tudományos Akadémia legnagyobb elismerését, az Akadémiai Aranyérmét.

Császár Ákos életművében szerves egységet alkot a kutatói, a tanári, a szervezői és a tudománypopularizációs munkásság. Igazi feladatvállaló és feladatteljesítő ember, tisztségeit minden időben példát mutatóan töltötte be.

A Természet Világa folyóiratunk munkáját 1983-tól szerkesztőbizottságunk tagjaként is segíti. 1995 és 1998 között szerkesztőbizottságunk elnöke volt, annak a folyóiratnak, amelyet Természettudományi Közlöny néven Szily Kálmán alapított 1869-ben. Elnöke a folyóiratunk megjelenését csaknem negyedszázada segítő Természet–Tudomány Alapítványnak. Tudására, emberi tisztességére, lelkiismeretességére mindig bizton számíthattunk, számíthatunk.

80. születésnapján, tudományos ülésszak keretében, az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézetében köszöntötték tudóstársai. Itt hangzott el a találó mondat: „A magyar tudományos életnek alig van még egy olyan nagysága, aki annyit tett volna az általa művelt tudományért, mint Császár Ákos.”

Visszaidézve előadásait, azok kristálytiszták, jól követhetőek voltak. A gondolati tisztaságot tükrözö-

szép írása a táblán, mellyel a hoszszabb levezetések is áttekinthetővé tette. Oktatómunkájáról, példaadó barátjáról egy interjúban így beszélt:

„1946 őszétől a Műegyetem egyes számú matematikai tanszékén egy ideig együtt dolgoztam Hajós Györggyel, aki akkor a tanszék adjunktusa volt. Helyettesítettem is, előtte bejártam az előadásaira. Hajós szépen felépített, elegáns, érdekes előadásokat tartott. Bizonyításait folyton csiszolta, hogy azok az ötletet, a lényegét a legjobban tükrözzék. Előadásai számomra követendő példát jelentettek. A matematikával kialakított viszonyomat nagyban befolyásolta az ő szemlélete. Idővel jó barátok lettünk...

Egyetemi pedagógiai feladatomban a tudományegyetemen az analízis előadások tartása volt. Négy féléves előadásokat tartottam, ezek az analízis elemeivel kezdődtek és a valós függvénytan mélyreható ismereteivel fejeződtek be. Tankönyvet is



Semináriumot tart

írtam, mely ezt az anyagot tartalmazza.”

1994-ben, amikor Császár Ákos 70 éves lett, a Természet Világa jubileumi pótfüzetével köszöntötte. Újraközöltük a *Geometria mérések nélkül* című írását, ezt követően Martin Gardnernek a Scientific American 1975. májusi számában megjelent A nevezetes Császár-poliéderről cikkét, végül, ennek folytatásaként, Császár Ákos e problémakör napjainkig nyúló szálaát mutatta meg az *Atló nélküli poliéderek* összefoglalásában. A Császár-poliéder születéséről maga így beszélt:

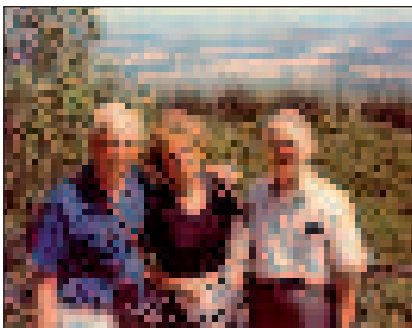
»Van egy matematikai tanulóversenyünk, melyet hosszú évtizedek óta az érettségítet diákok számára rendeznek. Az 1948. évi verseny egyik feladata ez volt: „Bizonyítandó, hogy a tetraéderen kívül



A szemináriumvezető figyelme

nincs más olyan konvex poliéder, amelynek bármely két csúcsát él köti össze.” Amennyiben a poliéder konvex, vagyis bármely két pontját összekötő egyenes benne van a poliéderben, akkor könnyen bizonyítható ez az állítás. Feltettem magamnak a kérdést: mi a helyzet akkor, ha elejtjük a konvexitás feltételét? Néhány óras gondolkodás után rájöttem, hogy bizony, a nem konvex poliéderek között is találhatunk olyat, amelynek nincsenek átlói. Egyet akkor végig is számoltam, ez azután Császár-poliéderként vált ismertté. Ennek hét csúcsa, tizennégy lapja és huszonegy éle van. A topológia terminológiáját használva ez a poliéder nem a gömbbel, hanem a tóruszal homeomorf. Tehát azzal a felülettel rokon, amelyet legismertebb módon a mentőöv reprezentál.

Talán Martin Gardner említett cikke is hozzájárult ahhoz, hogy kialakult egy iskola, amelyik ilyen jellegű problémákat vizsgál. Az első poliéder megalkotásán kívül a további vizsgálódásokban már nem vettem részt. Ugyanakkor érdeklődéssel figyelem, mi minden történik ezen a területen. A Természet Világa 1994. évi novemberi szá-



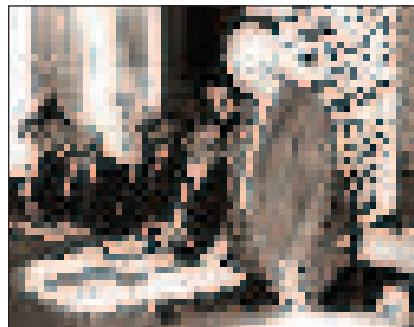
Feleségével és Fuchs Lászlóval

mában e kutatások eredményeiről írtam az Átló nélküli poliéderek című cikkemben.«

Császár professzor ezt az eredményét könnyed délutáni szórakozás eredményének tekintette. Ami miatt a matematikustársadalom Őt a kategóriaelméleti

topológia előfutárának tekinti, az, hogy bevezette a szintopogén terek fogalmát, s erről 1960-ban alapvető monográfiája jelent meg. Császár Ákos az analízis felől közelített a topológiához. Így vélekedett erről:

„A topológia emlékeztet az analízisre, pontosabban a komplex függvénytanra. A topológiát röviden úgy is jellemezhetjük, hogy a geometriának olyan kérdéseivel foglalkozik, amelyekben a határérték és a folytonosság lényeges szerepet játszik. Az általános topológia tulajdonképpen a folytonosságfogalom lehető legáltalánosabb tárgyalása. A topológia alapját bizonyos térfogalmak képezik. A topologikus tér fogalmát a múlt század első évtizedeiben alkották meg. A negyvenes években az egyenletes folytonosságot tekintve alapfogalomnak létrehozták az uniform terek

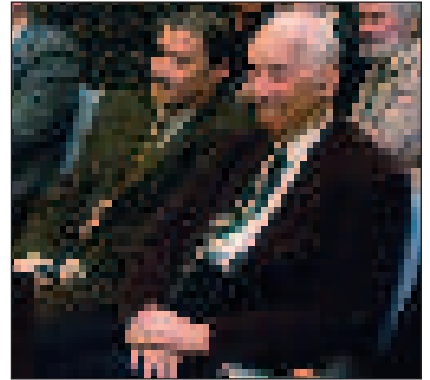


Folyóiratunk szerkesztőbizottságának elnökeként további munkára buzdítja a díjnyertes diákokat (1997)

elméletét. Az ötvenes évek elején az orosz matematikusok, Riesz Frigyes korábbi gondolatából kiindulva, megalkották az ún. szomszédosági terek elméletét, amelyben két részhalmoz érintkezése szolgál alapfogalomként. Nekem feltűnt, hogy a különféle terekben hasonló műveleteket lehet elvégezni. Arra gondoltam, léteznie kell egy általánosabb elméletnek, amelynek ezek a terek speciális esetei. Megalkottam a szintopogén terek elméletét, amely közös nevezőre hozta a topologikus-, az uniform- és a szomszédosági terek elméletét. Elméletem bizonyos értelemben megelőzte a korát, hiszen ugyanez a gondolkozásmód hozta létre a kategóriaelméleti topológiát. Kis jóindulattal úgy is fogalmazhatok, egyike vagyok azoknak, akik a kategóriaelméleti topológia megalapozását előkészítették.”

Császár Ákos hűséges ember. Rendíthetetlen a hűsége szülőföldjéhez, hitéhez, szakmájához, és természetesen szíve választottjához is, akivel egyetem hallgató korában hozta össze a sors.

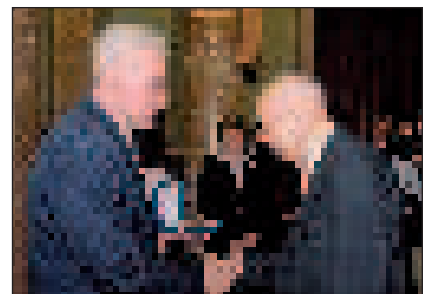
2008-ban folyóiratunktól átvehette a Szily-emlékérmét. Ez a díj főhajtás az értelem és a hűség előtt, tiszte-



Elődácssorozattal köszöntötték 80. születésnapján

letünk és szeretetünk jelképe. Olyan szerzőink kapják, akik legalább 50 éve dolgoznak folyóiratunknak, segítve misszióinkat, a tudomány közkinccsá tételét. Köszönő szavaiból tudtuk meg, hogy neki miért is oly kedves a Szily Kálmánról elnevezett elismerés: „Számomra különösen megható egy Szily-emlékérem átvétele, mert rokona vagyok Szily Kálmánnak. Dédanyám, Szily Vilma közeli rokonságban állt vele. Édesanyámnak jó barátnői voltak a Szily lányok, velük sokat kirándultunk.

A folyóirathoz is régi emlékek fűznek, hiszen édesapám rendszeresen járatta a Természettudományi Közlönyt, dolgozószobájában őrizte, példányait már fiatalon érdeklődéssel tanulmányoztam. Így azután most egy családi emlékérem tulajdonosa lettem, és ezt nagyon szépen köszönöm.”



Pálinkás József elnöktől átveszi az Akadémiai Aranyérmét (2009)

Bizony, kicsi ez a világ, s benne az építőkockák nem véletlenül kerülnek egymás mellé.

STAAR GYULA

(Az írásban felhasznált részletek az alábbi beszélgetésekből valók: A szintézis-teremtő. Természet Világa, 1987. 12. szám; Folytonos terekben. Természet Világa, 1994. 11. szám, Jubileumi pótfüzet; Matematika és közélet. Magyar Tudomány, 2009. 12. szám.)

ÁNGYÁN ANNAMÁRIA FRANCISKA – GÁSPÁRI ZOLTÁN

Új fehérjék a semmiből

Az egyes fajok közötti különbségek fő oka genetikai állományukban keresendő. Az egymással rokon csoportok genomjai között számos eltérés lehetséges, melyek közül az egyik legkézenfekvőbb a génkészletben rejlik. Bár napjainkban a szabályozó mechanizmusok szerepének vizsgálata is egyre inkább előtérbe kerül, a fehérjekódoló gének számát és főleg a kódolt fehérjék milyenségét érintő evolúciós változások szerepe megkerülhetetlen. Írásunkban röviden áttekintjük azokat a mechanizmusokat, amelyek a génkészlet megváltozásához vezethetnek, különös tekintettel egy régen felvetett, de csak az utóbbi években igazolt jelenségre, az ún. *de novo* géneletkezésre.

Mindenekelőtt röviden áttekintjük a fehérjék sejtbeli keletkezésének folyamatát. A DNS egy megfelelő szabályozó régiókkal rendelkező szakaszáról, azaz egy adott génről RNS-másolat készül a transzkripció (azaz átírás) során. Jelen tudásunk szerint a keletkező RNS-ek túlnyomó része úgynevezett nem kódoló RNS, amely pl. szabályozó vagy akár katalitikus szerepet is betölthet. A szabályozó RNS-ek igazi sokféleségének feltérképezése az utóbbi évek egyik legizgalmasabb új kutatási területe. A másik, jobban ismert csoport tagjai, a kódoló RNS-ek átírás és néhány tipikus módosítás után lefordítódnak fehérjékre a riboszómákon, ez a folyamat a transzláció. Ezen RNS-ek szokásos neve hírvívő (messenger) RNS, röviden mRNS, a név abból adódik, hogy ők viszik az információt DNS-től a fordítás helyére. Az mRNS-re jellemző két legfontosabb módosítás közül az egyik az ún. splicing, vagyis az intronnak nevezett szakaszok kivágása, ezek az mRNS-en belül elfoglalt helyüktől függetlenül nem vesznek részt a fehérje kódolásában. A másik módosítás az ún. poliadeniláció, amikor az adenin nevű bázis kb. 250 példányát tartalmazó szakasz kerül az mRNS végére. Mind a két módosítás tipikusan, de nem kizárólagosan jellemző az mRNS-molekulákra. A fordítás, vagyis az mRNS bázissorrendje és a fehérje aminosav-sorrendje közti megfeleltetés a genetikai kódszótár alapján történik, ami azt is jelenti, hogy az mRNS-molekulának – és így az őket meghatározó géneknek – rendelkezniük kell olyan szakasszal, amely a kódszótár alapján ér-

telmezhető és a szervezet számára hasznos, működőképes fehérje előállítását kódolja – nem lehetnek tehát akármilyenek. A fordítás megfelelő START és – mivel a transzláció bázishármasokhoz kötött – a hozzá képest meghatározott módon és tipikusan nem akármilyen közeli pozícióban elhelyezkedő STOP jel jelenlétéhez kötött.

A molekuláris biológusok előtt jól ismert géneletkezési forgatókönyvek már

korábban is fehérjét kódoló gén a köztük lévő DNS-szakasz kiesésével mintegy egybeolvad. Az így keletkező új gén nyilván mindkét „szülőjére” hasonlít, de egyikkel sem azonos. Természetesen mind a duplikációval, mind a fúzióval létrejött gének szelekció alatt állnak, azaz a káros változataikat hordozó egyedek evolúciós hátrányban, hasznos változataikkal rendelkezők pedig előnyben lesznek társaikhoz képest.



1. ábra. A fehérjekódoló gének működésének egyszerűsített vázlata. A megfelelő szabályozó régiókkal rendelkező DNS-szakasz átíródik mRNS-molekulává, amely jellegzetes módosításokon esik át, majd az általa hordozott információ a genetikai kódnak megfelelően lefordítódik fehérjeszekvenciára. (A sematikus rajzon a DNS- és a fehérjehosszak nem reálisak)

meglévő génekből indulnak ki [1,2]. Egy adott DNS-szakasz megduplázódásával egy gén új példánya jelenhet meg a genomban. Szerencsés körülmények között ez az új példány fennmaradhat a generációk során, és bázissorrendjének megváltozásával fokozatosan elveszítheti nagyfokú hasonlóságát az őt életre hívó eredeti szekvenciával. Ezek a változások természetesen a molekuláris funkció módosulásával is járhatnak, növelve ezzel az élőlényben megvalósulni képes biokémiai és/vagy szabályozási folyamatok sokféleségét. Maga a megduplázódás történhet a DNS szintjén, illetve átírt RNS-molekulák DNS-re való visszaírásával és a visszaírt szakasz DNS-be integrálásával (retrotranszpozíció) is.

Egy másik lehetőség a korábban nem létező gén létrejöttére a fúzió, amikor két,

Ezen géneletkezési forgatókönyvek ismeretében némileg meglepő, hogy az összehasonlító genomikai kutatások egyre több olyan gént azonosítanak, amelyek „árvák” (orphan genes), azaz nem hasonlítanak egyetlen más ismert génhez sem. Az ilyen gének aránya egyes genomokban elérheti a 20%-ot is. Az árvaságnak, pontosabban rokonalanságnak több oka is lehetséges, például:

1. A gén duplikációval keletkezett, tehát valójában vannak rokonai, de az évmilliók során ezektől a rokonoktól annyira különbözővé vált, hogy a rokonság már nem ismerhető fel.

2. A gén duplikációval keletkezett, de rokonai mind vagy legalábbis nagyrészt „elvesztek” a vizsgált élőlényhez evolúciósan közeli organizmusokból, így látványosan közeli rokon nélkül maradt.

3. A génnek ténylegesen nincsenek fehérjét kódoló rokonai.

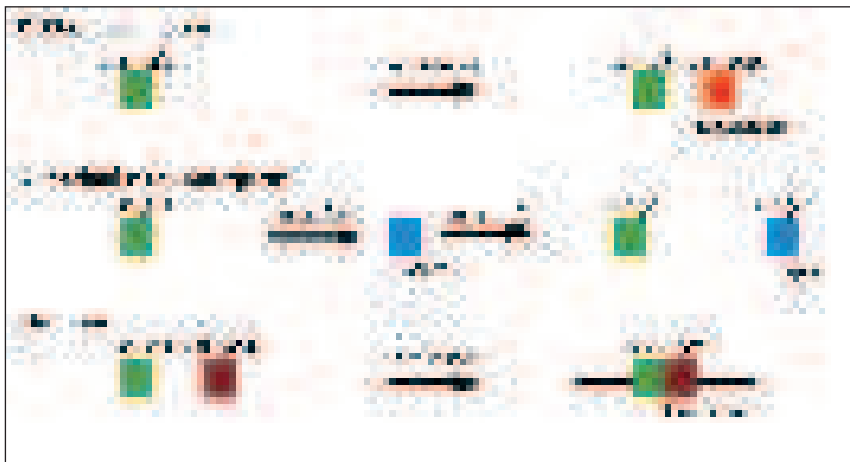
A 3. eset különösen érdekes, mert egy, az eddig ismertektől eltérő gének-letkezési mechanizmusra, az ún. *de novo* géneképződésre utal. Ez a mechanizmus azt feltételezi, hogy egy olyan DNS-szakasz, amely korábban nem kódolt fehérjét, „hirtelen” szert tesz arra a képességre, hogy átíródjon, és RNS-átírata le is fordítódjon fehérjére. Ennek az első ránézésre majdnem lehetetlennek tűnő mechanizmusnak a lehetőségét már igen korán felvetették, a létezését azonban csak az utóbbi években sikerült megbízhatóan kimutatni. A bizonyítás ugyanis összetett folyamat: meg kell mutatni, hogy egy adott DNS-szakasz az egyik élőlényben aktív, míg annak közeli rokonaiban nem keletkezik róla fehérje. Az ehhez szükséges kísérletek pedig nem

meglétét feltételezi, azaz olyan DNS-szakaszokból indul ki, amelyek már több-kevesebb hatékonysággal átíródnak valamilyen, természetesen nem fehérjekódoló RNS-molekulává. Ilyen módon az RNS-molekulának „csupán” a lefordításra kell alkalmassá válnia, ami a tankönyvi ismeretek szerint még mindig nagyon nehezen teljesíthető kritérium. Ugyanakkor több kísérlet is utal arra, hogy a transláció olyan esetekben is lejátszódhat, ahol hiányzik a specifikus START jel, vagyis az a bázishármas, ami a fehérjeszintézist általános esetben elindítja. Többek között egyes, ismétlődő bázishármasokat tartalmazó RNS-molekulák esetében kimutatták ezt a jelenséget. A jelenlegi kutatások arra utalnak, hogy a genom jóval nagyobb hányadáról történik transzkripció, mint korábban feltételezték, pl. az emberi ge-

megfelelő régiókban rokon fajok esetében nem, akkor egy potenciális *de novo* fehérjére bukkantunk, melynek létét természetesen mindenképpen érdemes kísérletileg ellenőrizni. A megfelelő régiók összehasonlításával több ilyen esetben azonosíthatók azok a mutációk, amelyek a funkcionális gén megjelenéséhez vezettek.

Természetesen nem mehetünk el amellett a kérdés mellett sem, hogy mire jók, egyáltalán hasznosak lehetnek-e a *de novo* génekről átíródó fehérjék (a továbbiakban: *de novo* fehérjék). Az ilyen fehérjék várhatóan nem keletkeznek nagy mennyiségben, hiszen a megfelelő szabályozó régiók feltehetőleg nem eleve a leghatékonyabb verzióban jelennek meg, amikor egyáltalán funkcionálissá válnak. A keletkező fehérjék evolúciósan akkor maradhatnak fenn, ha az élőlény számára előnyt jelentenek, de legalábbis nem károsak. Ha például toxikusak a sejtre nézve, vagy destruktív módon avatkoznak be egy szabályozó folyamatba megakadályozva két partner kölcsönhatását, akkor várhatóan a hordozó élőlény pusztulásához vezetnek. Abban a feltehetően kis valószínűségű, de nem lehetetlen esetben, ha valamilyen molekuláris folyamatot kedvezően befolyásolnak, továbbadhatnak a következő generációkba és elterjedhetnek, közben pedig a funkciójuk tökéletesedésének irányában meg is változhatnak további szelekció révén.

Most pedig lássunk néhány példát a közelmúltban azonosított *de novo* génekre! Az egyik legrészletesebb úttörő vizsgálatot Liping Wei és Qing-Rong Liu kutatócsoportjainak vezetésével több amerikai és kínai laboratórium összefogásával 2010-ben publikálták [4]. A kutatásban kifejezetten olyan gént kerestek, amely a nikotinfüggőség kialakulásában szerepet játszhat, és emberre specifikus *de novo* fehérjét kódol. Korábban publikált vizsgálatok újraelmzésével azonosították az FLJ33706 jelű gént, amely az akkori adatbázisokban nem kódoló RNS-t meghatározó szakaszként volt feltüntetve. A génről átíródó RNS hírvivő-RNS-ekre jellemző módon processzálódik (poliadeniláció és intronok kivágása is megtörténik), és megjelenik a fehérjetermék is. Utóbbit a kódoló régió alapján tervezett fehérjerészlet ellen termeltetett antitest segítségével mutatták ki. Egérben a fehérje nincs jelen, a további emlősszekvenciák elemzése alapján a gént tartalmazó régió csak méhlepényes emlősökben van meg, és a szekvencia megváltozásai fokozatosan, főemlősökben tették lehetővé az intronok kivágását, sőt az egyik intron kivágási helyei csak emberszabásúakban jelentek meg. A fehérjekódoló szakasz jelen formája pedig emberre specifikus, egyéb embersza-



2. ábra. Új gének keletkezésének néhány főbb mechanizmusa ([2] nyomán egyszerűsítve)

minden esetben végezhetőek el könnyen, különösen a keletkezett fehérjék kimutatása lehet nagyon munkaigényes, ezt nem is minden esetben végzik el a kutatók.

Hogyan lehetséges egy ilyen, látszólag lehetetlen esemény bekövetkezése? Ha sorra vesszük még egyszer az aktív gén működésének feltételeit, láthatjuk, hogy kellene olyan szabályozó régiók, amelyek az RNS-re való átíráshoz szükségesek, ezen túl pedig az átírt szakasznak jelentéssel kell bírnia a genetikai kódszótár alapján. Mindkét kritérium speciális kezdő- és végpontok meglétét feltételezi. Itt kell megjegyeznünk azt, hogy a szabályozó régiók nem kizárólagosan igen-nem kapcsolóként működnek: pontos szekvenciájuktól függően igen változó hatékonyságúak lehetnek. Ez azért fontos, mert ez a tulajdonság lehetővé teszi az ilyen régiók hasonló, kevésbé hatékony szekvenciákból való kialakulását és további optimalizálását.

A kutatók által javasolt részletes forgatókönyvek egyik típusa az első feltétel

nom nagyjából 75%-a átíródik valamilyen sejttypusban és/vagy életkorban [3]. Ez azt is jelenti, hogy kiváló „alapanyag” áll rendelkezésre a nem kódoló RNS-eket meghatározó DNS-szakaszokból fehérjekódoló gének keletkezésére.

Átíródó RNS hiányában a transzkripció feltételeinek is ki kell alakulniuk mutációk segítségével. A feltételezés az, hogy funkcionálisához hasonló, de nem működő szabályozó régió már „rendelkezésre áll” az evolúció számára, hogy egy adott fajban egy vagy néhány mutáció segítségével kialakulhasson az aktív regulációs szakasz. Az átírt RNS ezek után az előző forgatókönyvben leírtak szerint fordítható le.

A *de novo* gének keresésének egyik legkézenfekvőbb módja a genomok számítógépes összehasonlító elemzése. Számos génpredikációs eljárás áll rendelkezésünkre, amely képes megjelölni egy DNS-szakaszról, hogy aktív fehérjekódoló génnek felel-e meg. Ha egy faj DNS-ének olyan helyén kapunk pozitív találatot, aminek

básúakban és főemlősökben több olyan eltérés is megtalálható, amely azt megszakítja. Az elemzés rámutatott arra, hogy a gén evolúciójában fontos szerepet játszott bizonyos típusú ún. szétszórt ismétlődések (interspersed repeats) beillesztése. Ezek olyan szekvenciák, amelyek a genom számos helyén megtalálhatóak, és bizonyos mechanizmusok révén másolataik a genomi DNS újabb pontjaira is bekerülhetnek. Az FLJ33706 gén esetében ilyen – egyébként maguk fehérjét nem kódoló – ismétlődések „hozták magukkal” a jelenlegi fehérjekódoló szakaszok egy részét, valamint az intronok kivágásához szükséges szekvenciareszleteket is. A *de novo* gén kialakulásához tehát számos, a genetikusok által jól ismert mechanizmus (ismétlődések beillesztése, a szekvenciában egyes bázisok megváltozása vagy törlődése) járult hozzá fokozatosan, így a *de novo* jelleg nem hirtelen, a „semmitől” történő megjelenést jelent, hanem megfelelően egymás után következő elemi evolúciós események eredménye.

A történet legérdekesebb része maradt a végére: a génről átirított mRNS-ek szöveti eloszlása egyértelműen azt mutatta, hogy az általa kódolt fehérje az emberi agyra specifikus. Az agyi előfordulást a fehérjeszintű vizsgálatok is megerősítették. A fehérje funkcionális szerepe ugyan nem tisztázott, de azt sikerült kimutatni, hogy Alzheimer-kóros agyi mintákban a fehérje megnövekedett mennyiségben van jelen. A tanulmány tehát újabb részletet ad hozzá ahhoz a mozaikhoz, amellyel az ember élővilágban elfoglalt egyedi helyzetének gyökereit próbáljuk megérteni.

Egy valamivel korábbi tanulmány három olyan gént azonosított, amelyek potenciálisan emberre specifikus *de novo* fehérjéket kódolnak [5]. A kutatók az emberi és a csimpánzférfék összehasonlító elemzéséből indultak ki, és fokozatosan szűkítették a fehérjék körét. Először kizárták azokat a genomi régiókat, amelyeknek megfelelő pozícióban a csimpánzgenomban nem volt ismert szekvencia, mert ez szekvenálási hibákból is adódhat, majd elvetették az összes olyan fehérjét, amelyekhez hasonló fehérje gondosabb elemzéssel bármely más ismert organizmusban azonosítható volt. Csak a több adatbázisban is génként szereplő, RNS-re átiródó szekvenciákat megtartva végül három gént találtak, melyek potenciálisan emberi *de novo* fehérjekódoló gének. A gének szerkezete lényegesen egyszerűbb, mint a korábbi példában, egyik fehérjekódoló régióját sem szakítják meg intronok. Az emberi, a csimpánz- és a makákószekvenciák összehasonlítása azt mutatta, hogy bár a megfelelő DNS-szakasz nagyon hasonló a három fajban, az emberihez hasonló fehérjekódoló

szakasszal a másik két faj nem rendelkezik. A kutatók kísérletileg is ellenőrizték az emberi és a csimpánzgenek fehérjekódolás szempontjából kritikus eltéréseit, és megmutatták, hogy az ismert emberi szekvenciaváltozatok egyike sem tartalmaz a fehérjekódoló régiót megszakító mutációt. Ezen felül a megfelelő adatbázisok vizsgálatával a három gén által kódolt fehérjékre jellemző darabokat azonosítottak, megerősítve, hogy emberben fehérjét kódolnak. A munka kritikusi megjegyzi, hogy ez a módszer nem annyira megbízható, mint az előző példában a célfehérjére kimutatására alkalmazott antitest-alapú technika.

A harmadik bemutatott példában szintén szisztematikusan kerestek emberszábasú-specifikus *de novo* géneket [6]. A rendelkezésre álló szekvenciaadatok alapján megbecsülték az egyes emberi gének legkorábbi evolúciós megjelenésének idejét a gerincesek között, majd további szűrések után, melynek során többek között feltétel volt, hogy a kísérleti adatok szerint rézuszmajomban fehérjét nem kódoló régióról van szó, 24 potenciális *de novo* gént azonosítottak. Az RNS-átiratok szerkezetét kísérletesen ellenőrizték, és megmutatták, hogy mindegyik esetben a nem-főemlős genomok megfelelő régióban nincs meg a megfelelő fehérjekódoló szakasz. A 24 gén közül 11 emberre specifikus, 13 pedig emberben és csimpánzban is fehérjét kódol. A szerzők azt találták, hogy az azonosított *de novo* gének többségéről rézuszmajomban és/vagy csimpánzban nem kódoló, de poliadenilált RNS-molekulák íródtak át. Több esetben is tapasztalták, hogy a fehérjekódoló génekről az RNS-átírás aktívabban történt, mint a rokon faj megfelelő nem fehérjekódoló géne esetében. Érdekes, hogy az új fehérjekódoló gének legtöbbször csak az agyban fejeződött ki legnagyobb mértékben. Noha ebben a tanulmányban a potenciálisan keletkező fehérjék kísérletes azonosítása nem történt meg, lényeges következtetése, hogy a már aktíván átiródó régiók viszonylag könnyen adnak életet *de novo* fehérjekódoló géneknek.

Írásunkban igyekeztünk rövid áttekintést adni az újonnan keletkező fehérjék egy érdekes osztályáról, mely egyre nagyobb figyelmet kap. Bár az egyik fő kérdés természetesen továbbra is az emberi genom evolúciójának megértése, számos más élőlényben is egyre több *de novo* fehérjekódoló gént mutatnak ki. Kritikusnak kell azonban lennünk több szempontból is: egyrészt a funkcionális *de novo* gének kérését kizáró azonosítása alapos kísérleti ellenőrzést igényel, másrészt mivel egy igen gyorsan népszerűvé váló, divatos témáról van szó, nem feltétlenül könnyű megállni,

hogy ne akarjunk a kelleténél több helyre is *de novo* géneket „belelátni”. Ezen gének kétségkívül szerepet játszanak az élővilág evolúciójában, pontos azonosításuk, valamint keletkezési mechanizmusuk és biológiai szerepük tisztázásának érdekében azonban még hosszú évek kutatásai állnak előttünk. ☛

Irodalom

- [1] Chen, S., Krinsky, B. H., and Long, M. *New genes as drivers of phenotypic evolution*. Nat. Rev. Genet. 7, (2013) 645-660.
- [2] Ranz, J. M. and Parsch, J. *Newly evolved genes: moving from comparative genomics to functional studies in model systems*. BioEssays 34, (2012) 477-483.
- [3] Djebali, S. et al. *Landscape of transcription in human cells*. Nature 489, (2012) 101-108.
- [4] Li, C.-Y. et al. *A human-specific de novo protein-coding gene associated with human brain functions*. PloS Comp. Biol. 6, (2010) e1000734
- [5] Knowles, D. G., and McLysaght, A. *Recent de novo origin of human protein-coding genes*. Genome Res. 19, (2009) 1752-1759.
- [6] Xie, C. et al. *Hominoid-specific de novo protein-coding genes originating from long non-coding RNAs*. PloS Genetics 8, (2012) e1002942

Áprilisi számunkból

Tél Tamás: Örvénypöföktől a turbulenciáig

Dálya Gergely – Hanyecz Ottó – Szabó Róbert: Új feladat vár a bolygóvadászra Kovács Zsófia–Pálffy József: Sávós vasérc: a rozsdamentes Föld talányos bányakincse

Lente Gábor: Metanolgazdaság – a jövő energiája?

Patkós András: Alkotás és hatás

Kiss L. László: Egy felfedezés története Vásárhelyi Tamás: Herman Ottó, a tudománykommunikátor

K. A.: A Panama-csatorna

Olvasóink figyelmébe

Februári számunkban *Ujjfaludi László*-nak *A szépség rejtett dimenziói* című cikkében hibásan jelent meg az olvasók további tájékozódását elősegítő weboldal neve. A helyes cím:

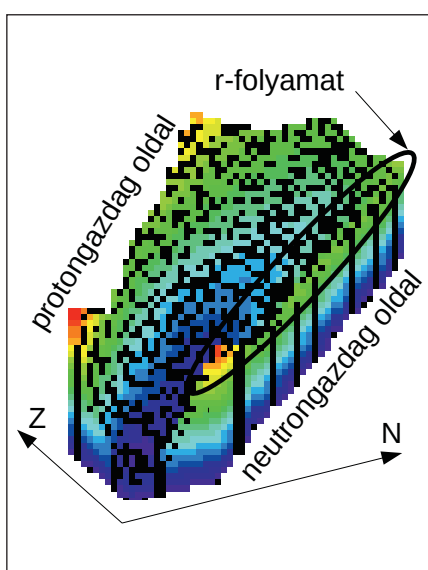
<http://www.mystudios.com/artgallery/>

ELEKES ZOLTÁN–FÜLÖP ZSOLT

Szupernóvák: csillagok halála, elemek születése

A kémiai elemek atommagját protonok és neutronok, közös néven nukleonok alkotják. Egy elem rendszámát az atommagban lévő protonok száma határozza meg, mely protonokhoz több-kevesebb neutron csatlakozhat, létrehozva az adott elem izotópjait. Többnyire egy elemnek csak néhány izotópjja stabil, a többi hosszabb-rövidebb élete után elbomlik, a stabilitás felé törekszik. Ezt a jelenséget szemléletesen illusztrálja az **1. ábra**, amelyen a neutron- (N) és protonszám (Z) függvényében mutatjuk be az egyes atommagok egy nukleonra eső átlagos kötési energiáját. A stabil izotópok a völgyben helyezkednek el, az instabil, azaz radioaktív atommagok pedig a domboldalon. Utóbbiak ezért létrejöttük után mindig lefelé, a völgybe igyekeznek. Attól függően, hogy az adott atommag protonjait hozzájuk képest kevesebb vagy több neutronnal egészítjük ki, egy protonban gazdag és egy neutronban gazdag oldalt építhetünk fel. Mindkettő addig terjedhet, amíg a protonok és neutronok aránya annyira felborul, hogy az atommag születésének pillanata egyben élete végét is jelenti. A két oldalon így kialakuló gerinceket nevezzük nukleonelhullatási vonalaknak.

A Világegyetemben található elemek közül az ősrobbanás során csak a legkönnyebbek, azaz a hidrogén és a hélium (illetve kis mennyiségben a lítium és a berillium) jöttek létre. A többi, mintegy tízezer izotóp nagyrészt a csillagok energiatermelése során lejátszódó olyan magreakciókban keletkezett, il-



1. ábra. A stabilitás völgye

letve mind a mai napig keletkeznek, amelyekben két könnyebb atommag egy nehezebbé egyesül. Ha egy csillagnak a tömege meghaladja a Nap tömegének körülbelül tízszeresét, ezen fúziós reakciók legutolsó folyamataként beindul a szilíciumégés is. Ennek során a csillag energiatermelése a ^{28}Si (14 protont és 14 neutronot tartalmazó) atommagon történő ^4He atommagok (más néven alfa-részecske) egymást követő, többszörös befogásával folyik mindaddig, amíg a radioaktív ^{56}Ni létre nem jön, ahol a láncreakció megáll, mert a stabilitási völgy aljának közelébe érünk. Az ^{56}Ni izotóp már nem tud több alfa-részecskét befogni, mert ez energiafelvétellel járna, ezért a stabilitási völgy felé bomlik, ^{56}Fe -t (közönséges vas) termelve. Ez magyarázza a vas viszonylag magas elemgyakoriságát az Univerzumban.

A vason túli elemek tehát valamilyen, a fúziós reakciótól eltérő, más típusú

1. kép. Az SN1987A szupernóva



¹ A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

folyamatban keletkeznek; például létrejöhetnek egy kataklizmaszerű esemény során. Ilyen esemény a szupernóva is, azaz egy nagy tömegű csillag halálakor bekövetkező hatalmas robbanás. Ismereteink szerint ilyen látványos detonáció, melynek fényessége akár egy egész galaxisét is meghaladhatja, alapvetően kétféleképpen játszódhat le:

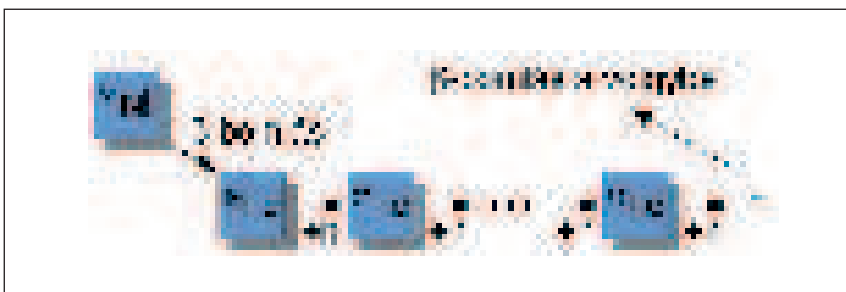
– kettős rendszer egyik tagjaként egy fehér törpe hidrogénben és héliumban dús anyagot szív el a pártjától, mely anyag gravitációs nyomásának egy idő után a fehér törpe képtelen ellenállni, és

séggel a nehéz elemek jelentős része itt keletkezik az úgynevezett asztrofizikai *r-folyamat* révén. Az *r* betű az angol rapid szóból származik, ami gyorsat jelent és a gyors neutronbefogásra utal. A szupernóva magjának összehúzódásakor a hőmérséklet és a sűrűség emelkedésével a vas és a környékén található elemek egy része szétesik a jelenlévő fotonok hatására. Ebben a folyamatban sok szabad neutron és alfa-részecske keletkezik. Másrészt az elektronok protonok által történő befogása is felgyorsul, ami szintén neutronokat és neutrínókat hoz

hullatási vonalakig is juthatunk, ahol az atommagok béta-bomlása mindenképpen megindul. A béta-bomlás segítségével egy lépést tehetünk a stabilitás felé, azonban ezt a nagy neutron-sűrűség megállítja és az *r-folyamat* útját újra a neutronelhullatási vonal felé tereli. Tehát az *r-folyamat* egy olyan ösvényen folyik az egyre magasabb tömegek felé, amely igen közel van neutronelhullatási vonalhoz, ahogyan ezt az *1. ábrán* is jelöltük. Ezért ennek a vonalnak és környezetének a feltérképezése alapvető fontosságú annak érdekében, hogy megfelelően megértsük a szupernóvában történő elemkeletkezést. Érdemes megjegyezni, hogy ma ezt a vonalat kizárólag a nyolc protont tartalmazó, azaz igen alacsony rendszámú oxigénizotópokig ismerjük. Azonban a vázolt viszonylag egyszerű képet árnyalja az, hogy a különleges neutron/proton arányú atommagoknak van néhány, a szokásostól eltérő tulajdonsága, amelyet a továbbiakban részletezünk.

Az atommagok sajátosságait igen nehéz szemléletesen leírni, hiszen érzékszerveink nem képesek betekintést nyújtani parányi világukba, ezért olyan modelleket alkotunk, amelyek a valóság valamilyen leképezését jelentik, hogy a be rendezéseink által mérhető mennyiségek értékét meg tudjuk magyarázni.

Az egyik ilyen modell szerint a nukleonok az atomi elektronokhoz hasonlóan energetikailag meghatározott pályákon mozognak, és ezek a nukleonpályák is héjakba rendeződnek. Ha egy atommagban éppen annyi neutron és/vagy proton van, hogy az egy héjba tartozó minden pálya be van töltve, különlegesen stabil, zárt héjú, „nemesgáz szerkezetű”, más



2. ábra. Gyors neutronbefogás (*r-folyamat*)

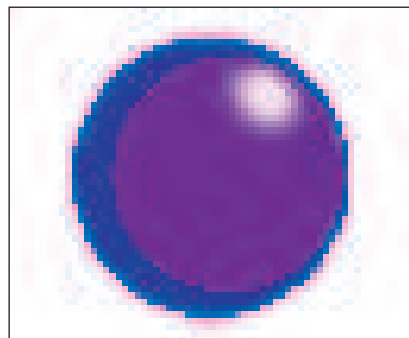
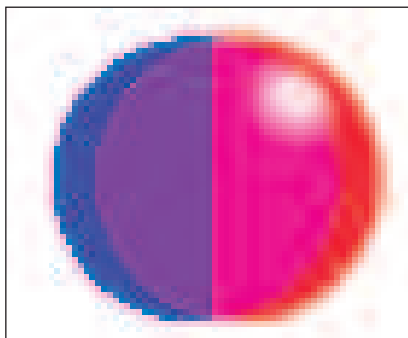
egy szabályozatlan fúziós láncreakcióban, azaz egy termonukleáris robbanásban megsemmisül¹;

– egy a Napnál jóval nagyobb tömegű csillag magja hirtelen összeomlik, e folyamat végén általában csak egy fekete lyuk, vagy neutroncsillag marad vissza. Az összeomlásnak egyik oka lehet például, hogy a mag eléri a Chandrasekhar-határt, azaz a kvantumnyomás, amely abból származik, hogy az elektronok nem lehetnek azonos kvantumállapotban, nem tudja több ellensúlyozni a gravitációs nyomást.

Az utóbbi típusba tartozik a modern kor legismertebb, szabad szemmel is megfigyelt, a Nagy Magellán-felhőben felfénylő szupernóvája. Ez az esemény, melynek során egy kék óriáscsillag magja omlott össze, mintegy 170 000 évvel ezelőtt történt, amikor az emberiség még jócskán a kőkorszakban járt, mégis az SN1987A jelzéssel láttuk el, mert csak 1987-ben ért ide a robbanás fénye. Az **1. képen** a Hubble-űrteleszkóp által, 15 évvel a felfedezés után készített felvételt láthatjuk.

A II. típusú szupernóvák azért is igen érdekesek, mert nagy valószínű-

létre. Ebben az igen neutron-dús (kb. 10^{21} n/cm³) környezetben a vashoz közeli elemek egymás után fogják be a neutronokat, radioaktív, neutrongazdag izotópokat létrehozva, amelyek képtelenek a stabilitási völgy felé megindulni béta-bomlással, mert az több időt igényel, mint a neutronbefogás. Így, ahogyan azt a **2. ábrán** is látjuk, igen messze távolodunk a stabilitástól, az extrém neutron/proton arányú izotópok tartományába. A ⁷⁵Fe, amelyet csak 2013-ban fedez-

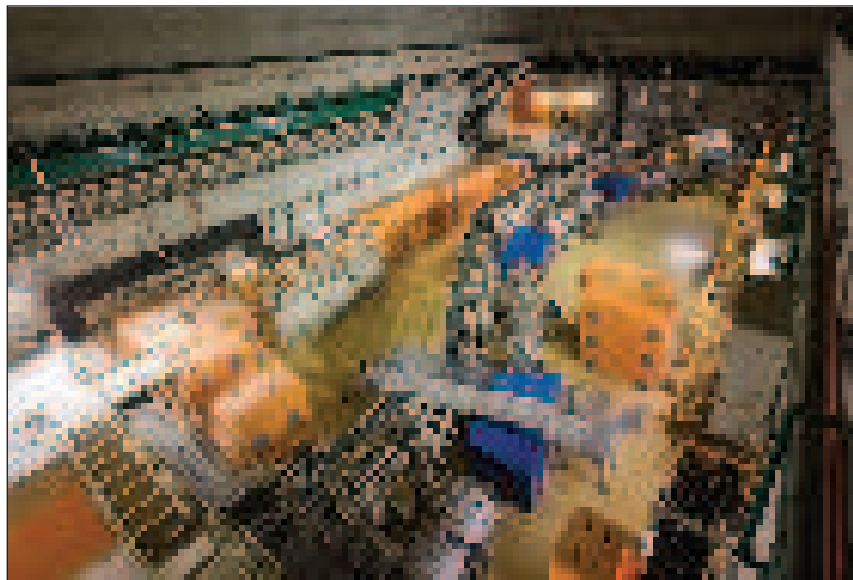


3. ábra. Elektromos, dipólus óriás- és törperezonancia

tek fel, például 49 neutront és csupán 26 protont tartalmaz. Ez a láncreakció annál az izotópnál áll meg, amelyiknél a neutronbefogás és a béta-bomlás egyensúlyba kerül. Így akár a neutronel-

néven mágikus atommagról beszélünk. Amikor a szupernóvában a neutronbefogás által egy ilyen izotóp jön létre, akkor tovább nem haladhatunk a neutronelhullatási vonal felé, mert a mágikus

¹A Kepler-űrtávcső ideai mérései arra engednek következtetni, hogy az idáig kétkedéssel fogadott elmélet, mely szerint szupernóvák létrejöhetnek két fehér törpe összeolvadása során is, igaz lehet.



2. kép. A RIKEN kutatóintézet radioaktívtermék-szeparátora

magot tartalmaz, mágneses térrel szét kell választani őket az eltérő töltésük és tömegük alapján, így röptében el tudjuk különíteni a számunkra érdekes izotópot. Ahhoz, hogy meghatározzuk a neutronok és protonok hozzájárulását a törperezonanciához, az előállított radioaktív ionnyalábot két mérésben egy-egy céltárgyra vezetjük, melyeket úgy választunk meg, hogy érzékenyséjük nagyon különböző legyen a neutronokra és a protonokra. A nagy töltésű ólom atommagokon való szóródás elsősorban a töltés (proton) eloszlására, míg a hidrogéneken való szórás főleg a neutronok eloszlására érzékeny. Kutatásainkat a világ vezető radioaktív ionnyalábgyárában, Japánban, a RIKEN kutatóközpontban végezzük, ahol a különleges izotópok választéka a legszélesebb és intenzitásuk a legnagyobb. A **2. képen** a RIKEN kutatóintézet radioaktívtermék-szeparátora látható. Ilyen berendezéseket fognak építeni a közeljövőben Európában a franciaországi GANIL és a németországi GSI kutatóintézetekben, valamint az Egyesült Államokbeli Michigani Állami Egyetemen. Így az asztrofizika által motivált egzotikus jelenségek vizsgálata szerte a világon hangsúlyos szerepet kap a közeljövőben.

A szupernóvákra általában mint távoli, egyedi égi jelenségekre gondolunk, azonban már egy, a Földtől körülbelül 200 fényévre bekövetkező csillagrobbanás által kilökött anyag is eljuthat bolygónkra. Nyilván erre csak úgy találhatunk bizonyítékot, ha olyan izotópot keresünk a Földön, amely máshogyan nem keletkezhetett, és nem juthatott ide. Ezért valamilyen neutronban gazdag, radioaktív izotópot kell keresnünk, aminek viszont elég hosszú az élettartama ahhoz, hogy ne bomoljon rövid időn belül a stabilitás felé. Erre ideális jelölt a vas 60-as izotópja, mivel a Naprendszerben csak kis mennyiségben jöhetett létre kozmikus sugárzás hatására, ráadásul a Földön a kozmikus sugárzást az atmoszféra jelentősen leárnnyékolja. Szerencsére az emberi tevékenység következtében sem termelődik ez az izotóp, és a 2,6 millió éves felezési ideje is lehetővé teszi, hogy még ma is észleljük. Valóban, müncheni kutatók a 2000-es évek közepén csendes-óceáni üledékek vizsgálatával bizonyították, hogy emberről valószínűleg hajnalán, úgy 2,8 millió évvel ezelőtt a Föld közelében szupernóvaként végezte életét egy csillag. A robbanásos elemkeletkezés megértése tehát nemcsak önmagában érdekes kérdés, hanem távolabbi területekre is vezethet.

atommag neutronbefogásának ideje összemérhető lesz a béta-bomlásával, így ezek az izotópok várakozási pontokként jelennek meg az r-folyamatban. Sokáig úgy gondoltuk, hogy a mágikus neutron- és protonszámok ugyanott helyezkednek el a neutrongazdag atommagok között, mint ahogyan azt a stabilitás környékén megismertük. Azonban az utóbbi húsz évben bebizonyosodott, hogy a radioaktív izotópoknál ezek a mágikus számok megváltoznak, ami jelentősen módosítja az r-folyamat útját és a kialakuló elemgyakoriságát. Ezt a jelenséget mindaddig csak azoknál a mágikus számoknál (8, 20, 28) sikerült megfigyelni, amelyek az r-folyamat szempontjából nem alapvetően fontosak, hisz ezek a számok alacsony tömegű tartományt fednek le. A nehéz elemek keletkezése szempontjából kritikus 50-es, 82-es és 126-os mágikus számok viselkedésének feltárása a közeljövő egyik leglényegesebb atommagfizikai kutatási területe.

A XX. század második felében már megtanultuk, hogy az atommag tulajdonságainak leírására a fentebb vázolt, úgynevezett héjmodell önmagában nem elegendő, ugyanis a protonok és neutronok képesek kollektív, azaz összehangolt, együttes mozgásra is, ami nagymértékű gerjesztésekhez, óriásrezonanciákhoz vezet. Ilyen kollektív óriásrezgésre láthatunk példát a **3. ábrában** oldalon, ahol az atommagot alkotó neutron- (kék) és protonanyag (piros) egymáshoz képest ellentétes fázisban oszcillál, amit elektromos dipólus óriásrezonanciának nevezünk. Ez a gerjesztés minden atommagban megjelenik, de az erősen neutrontöbbletes atommagok

ebből a szempontból is különlegeseek, ugyanis a sok neutron az atommag felületén egy vékony, de az atommag méretéhez képest jelentős neutronbőrt alakíthat ki. Sőt arra is találhatunk példát, hogy néhány neutron szinte lecsatolódik az atommag törzséről, és azt glóriaként lengi körül. Az utóbbi évtizedben tanúi lehettünk annak, hogy nemcsak óriásrezonancia, hanem egy alacsony frekvenciás, kisebb energiájú, úgynevezett törperezonancia is megjelenik az ilyen atommagokban. Ezt úgy értelmezhetjük, hogy a neutronbőrt, illetve a neutronglóriát alkotó nukleonok oszcillálnak az atommagtörzssel ellentétes fázisban, melyet a **3. ábra jobb oldalán** szemléltettünk. Ez azért érdekes, mert az r-folyamatban az instabil atommagokkal ütköző neutronok energiája olyan, hogy nagyon könnyen létrehozhatják a törperezonanciát, amivel a neutronbefogás valószínűsége akár tízszeresére is növekedhet. Mivel a szóban forgó instabil atommagok élettartama igen rövid, a másodperc törtrésze, radioaktív ionnyalábok felhasználásával vizsgáljuk ezt az effektust, vagyis azt a nyitott kérdést, hogy a törperezonancia létrehozásában mekkora a neutronok és protonok járuléka.

Radioaktív ionnyalábot úgy hozunk létre, hogy nagyenergiájú (a fénysebesség 30–50 százalékával mozgó), stabil atommagokat lövünk álló atommagokra. Az ütközés során az atommagok széttörnek, és a törmelék továbbrepül. Nagyon kis valószínűséggel olyan fragmentum is előáll, amelyben a protonok és a neutronok aránya extrém. Mivel ez a törmelék számos különböző atom-

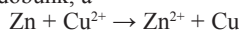
INZELT GYÖRGY

A Volta-oszlop

Az elektromosság története *Alessandro Volta* (1745–1827) találmányával kezdődött. Az első áramforrás megalkotásának tudományos és történelmi háttérét több mint 10 éve írtam meg [1,2]. Nemrégiben tartottam előadást a tüzelőanyag-elemekről. Bemutattam a Volta-oszlopot, nemcsak azért, mert szeretem a fejlődést is illusztrálni, hanem ezúttal azért is, mert a polimerelektrolit membrános (PEM) tüzelőanyag-cellát éppen úgy rakjuk össze, mint azt Volta tette egykoron. Akkor gondolkodtam el azon, hogy a Volta-oszlopról is úgy beszélünk, ahogy a galvánelemekről szoktunk. Pedig ez egy sajátos konstrukció, aminek Volta által adott értelmezését is vitatták már a XIX. század elejétől kezdve. Tanulságos történet, érdemes betekinteni a részletekbe.

A Volta-oszlop (-köteg) és a tüzelőanyagcella-köteg felépítése

Volta roppant egyszerű áramforrást csinált. Nem tett mást, mint fém párokat – például ezüstöt és cinket vagy rezet és cinket – egymásra helyezett, és a fém párok közé sóval vagy enyhén savas oldattal átitatott filcet vagy papírt tett. Volt egy másik elrendezése is, amikor az elektrolitoldat kis poharakban volt, és ezeket kötötte össze a fém párokkal. Lényeges, hogy a két fém közvetlenül érintkezett, nem úgy, mint ahogy ma egy galvánelemet készítünk. Legtöbbször úgy ábrázolunk egy galvánelemet, hogy a két különböző fém a saját ionjait tartalmazó oldatba merül, és a két, elkülönített részt (az úgynevezett félcellákat) sóhíddal kötjük össze vagy diafragmával választjuk el. Úgy magyarázzuk, hogy a kémiai reakció térben elválasztva játszódik le, és az energiáját (pontosabban a reakció szabadentalpia-változását) alakítjuk elektromos energiává (árammá). Ha egy darab cinket rézszulfát-oldatba dobunk, a



reakció akkor is végbemegy, de az energiát nem hasznosítjuk, az teljes egészében hővé alakul. Sok írásban, sőt tankönyvekben is az található, hogy a Volta-oszlop is így működött. Ez azonban nyilvánvalóan nem lehetséges, amire ké-

sőbb visszatérünk. Vessünk egy pillantást Volta saját közleményének ábrájára, illetve a Comóban, a Volta-templomban (Tempio Voltiano) látható Volta-oszlop fényképére (1. ábra). A Volta-oszlopot ugyan eredetinek hirdetik, de valószínűleg rekonstrukció. Ugyanis 1899-ben, Volta találmányának centenáriuma alkalmából kiállítást rendeztek, amely a megnyitó után néhány héttel leégett. A sors különös fintora, hogy a tüzet elektromos rövidzárlat okozta. Elpusztultak Volta műszerei is. A maradványokat ösz-



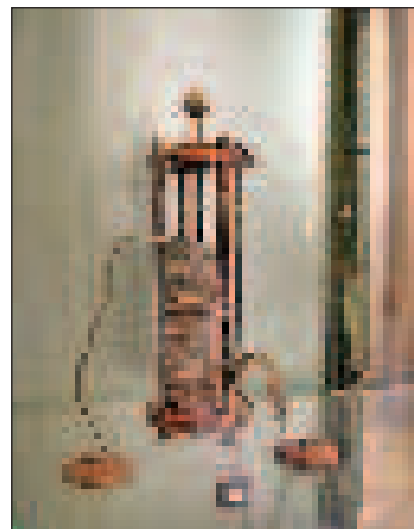
1. ábra. A Volta-oszlop és a poharas elrendezés Volta eredeti közleményéből (*Philosophical Transactions Royal Society London* 2. kötet 403. oldal, illetve *Philosophical Magazin* 7. kötet 289. oldal), valamint egy Volta-oszlop fényképe

szegyűjtötték, és eredeti fotók alapján rekonstruálták. Ezek ma a Paviai Egyetem Volta múzeumában, a Volta tiszteletére épített templomban található. Nem tudok másik olyan templomról, amelyet egy tudósnaq építettek. Volta halálának 100. évfordulóján, 1927-ben nyílt meg a templom, és azóta is az olasz zseni (zsenialitás) szimbóluma (2. ábra).

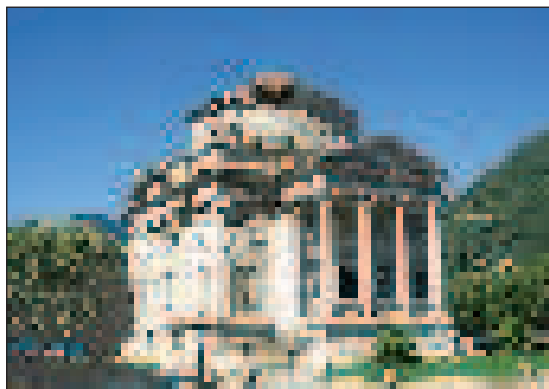
A 3. ábrán egy 20 cellából álló tüzelőanyagcella-köteget láthatunk építés közben és kész formában. Látszatra ugyanúgy járunk el, mint Volta, azaz egy elektródra tesszük az ionvezető membránt, erre újra egy elektródlapot, majd ismét egy membránt, újra egy elektródlapot

és így tovább. Ez egy szokásos galván-elem-elrendezés, vagyis két elektronvezető (ami legtöbb esetben fém) közé kerül az ionvezető fázis (elektrolit, ami ionokat tartalmazó vizes vagy nemvizes oldat, gél stb.).

A bemutatott tüzelőanyag-cellánál az elektród kissé bonyolult konstrukció, mert ezekben a cellákban hidrogént oxidálunk az egyik elektródon, a másik elektródreakció pedig az oxigén redukciója. Ehhez pedig a gázokat is oda kell juttatni a katalizátor (legtöbbször finom



eloszlású platina) felületére. Lényegében olyan cellánk van, ahol mindkét elektród platina, az egyik elektródhoz hidrogént, a másikhoz oxigént (levegőt) vezetünk. Technikailag ez úgy néz ki, hogy poros szénzövetre, az úgynevezett gázdifúziós rétegre (GDL) visszük fel a katalizátorréteget (CL). Ez a gáz-difúziós elektród (GDE). A GDE-t a katalizátorral bevont felével a protonvezető membránhoz (szilárd elektrolit) préseljük. A membrán, ez esetben szilárd elektrolit feladata az, hogy elválassza a katódot és az anódot, biztosítsa a protonvezetést, és megakadályozza az elektronátmenetet, illetve a gázok közvetlen keveredését



2. ábra. A Volta-templom Comóban

az anód és a katód között. Legtöbbször perfluoro-szulfonsavat használunk ionvezetőként, amelynek legismertebb képviselője a Nafion™. A protonvezetés akkor a legjobb, ha minden szulfonsavcsoportot legalább 50 vízmolekula vesz körbe. Ha a membrán kiszárad, akkor a cella működésképtelenné válik. A GDE külső feléhez csatlakoznak a bipoláris lapok, amelyek egyrészt az elektronvezetést biztosítják, másrészt a gázokat vezetik a gázcsatornában az elektródhoz (FF). További szerepük az egyes elemi cellák elválasztása, a reakcióhő és a keletkezett víz elvezetése [3–5]. A jobb érthetőség kedvéért a viszonyokat a 4. ábrán szemléltetjük.

Tehát minden bonyolultsága ellenére, tüzelőanyag-cellánk a szokásos elektronvezető–ionvezető–elektronvezető felépítést mutatja [3–5]. A Volta-elem nem ilyen. Ott egy cella elektronvezető–elektronvezető–ionvezető felépítésű. Az már más kérdés, hogy a sorba kötés miatt olyan, mintha hagyományos galváncellákat kötöttünk volna sorba. Volta szilárdan hitte, hogy a két fém közvetlen kapcsolata a döntő elem, és a fémek közötti kontaktpotenciál a cellapotenciál forrása. Az ionvezető szerepét figyelmen kívül hagyta, csak az elektromos vezetést elősegítő 'alkatrésznek' tekintette. A mai szemléletünk kialakulása a XIX. század második felének és a XX. századnak a terméke. Az ehhez kapcsolódó vitákra később még kitérünk.

Hogyan működik a Volta-oszlop?

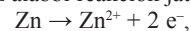
Azt könnyen beláthatjuk, hogy a Volta-oszlop tulajdonképpen sorba kötött galvánelemekből áll, ily módon nem csodálkozunk azon, hogy áramot tud szolgáltatni. Ha galvánelemeket sorba kötünk, akkor is rendre a negatív és a pozitív pólusokat kötjük össze. Persze lehetnek gondok, például a folyadékkal átitatott

fílc kiszárad. Ami azonban lényegesebb az, hogy miként első ránézésre gondolnánk – és sokan így is tárgyalják! – ez egy cink-ezüst vagy cink-réz (Volta rezes is használt, az ábrán az A = argentum = ezüst, a Z = cink) elem. Az, hogy a cink oldódik, az elég nyilvánvaló, de mi történik a másik elektródon, a katódon? Itt szó sem lehet Ag és Ag⁺ egyensúlyáról, ez nem ezüst elektród. Két folyamat játszódhat le: vagy hidrogén fejlődik vagy oxigén redukálódik. Nagy részben, ahogy már az 1830-as

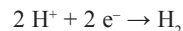
években *John Frederic Daniell* (1790–1845) és mások is kimutatták, hidrogén fejlődik. Az oxigénelektrod csereárama nagyon kicsi, így érthető, hogy inkább hidrogénfejlődés történik. Akkor pedig Volta eleme az elektrokémiai fémkorrózió mechanizmusa szerint működik. Fémek korróziójakor egyrészt a fém oldódik (ionok képződnek, amelyek oldatba mennek, vagy felületi vegyület jön létre), másrészt ugyanazon a fémfelületen a hidrogénion vagy az oxigénmolekula redukálódik. Így jön létre egy keverékpotenciál, amit ebben az esetben korróziós potenciálnak nevezünk. Ezért veszélyes a

Ilyen az ólom, de ez a helyzet tiszta cink, kadmium vagy ón esetében is. (Ezért is használták az ólmot évszázadokon keresztül vízvezetékek anyagául, bár lassan azért oldódik és mérgező. Egyes szerzők ennek tulajdonítják a római birodalom hanyatlását is.)

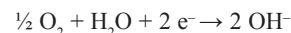
Tehát az alábbi reakciók játszódhatnak le:



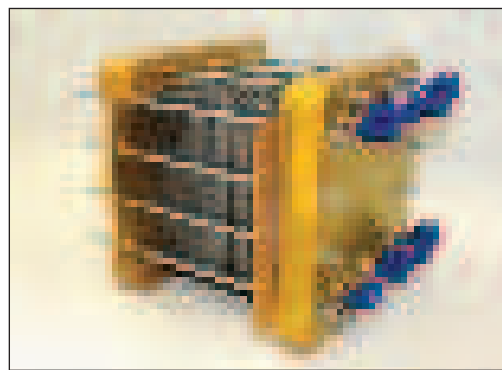
illetve



vagy



A leírt korróziós folyamatot a modern galvánelemekben, és a tulajdonképpeni tüzelőanyag-cellákban is kihasználjuk. Így működik a cink–levegő elem. Itt a cinket oxidáljuk, 'égetjük el', tehát a cink a tüzelőanyag. Ilyen elemeket használnak kisméretű eszközökben gombaelemként, de nagy méretben is, például gépjárművek áramforrásaiban. Ez utóbbi esetben a 'töltés' annyiban áll, hogy az elhasznált cinkkazettát kicserélik. Most a lítiumelemek (Li-ion elemek) a népszerűek, mert sokkal könnyebbek, de ne felejtkezzünk meg arról, hogy az ismert cinktartalékunk kb. 6 gigatonna, míg a rendelkezésre álló lítium ennek csak töredéke. Az éves termelés lítiumból 10 millió, míg cinkből 100 millió gépjármű áramforrásigényét tudja fedezni.



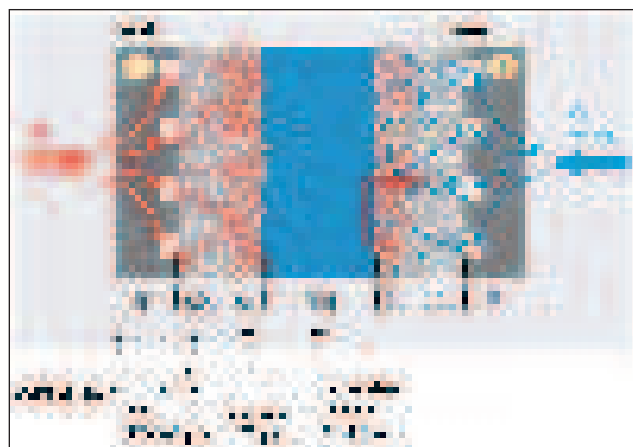
3. ábra. Egy PEM tüzelőanyagcella-köteg építése és egy kész, 20 cellából álló tüzelőanyagcella-köteg a szerző laboratóriumában

savas eső, mert a korrózióhoz mind a vizes oldat jelenléte, mind a H⁺-ion jelenléte szükséges. A folyamat sebessége ez utóbbi koncentrációjától függ. Az oxidálószert lehet az oxigén is, aminek a fémfelülettel való érintkezését igyekszünk gátolni. Mivel a tenger fenekén kevés oxigén van, az elsüllyedt hajók fém alkatrészei nagyon lassan korrodálódnak. Számos fém a hidrogénfejlődés gátolt, ezért ezek a fémek gyakorlatilag nem vagy csak nagyon lassan oldódnak savakban annak ellenére, hogy termodinamikai szempontból le kellene játszódni az oldódásnak.

Hogy alakult ki mai szemléletünk és kiknek köszönhetjük?

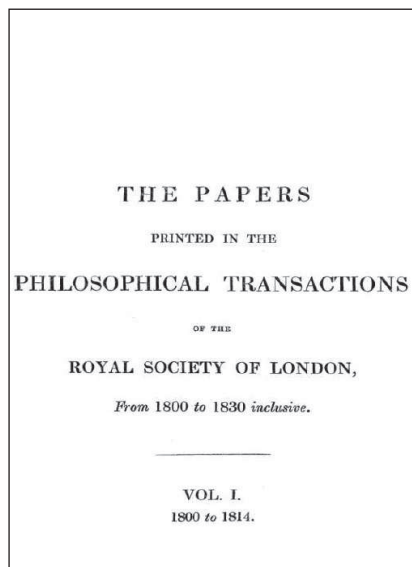
Volta azon nézetét, hogy a *Luigi Galvani* (1737–1798) állati elektromosság elmélete – ami a békacomb-kísérleteken alapult – nem helytálló, elfogadták, de a kontaktpotenciállal való magyarázat tekintetében kétségek merültek fel [6,7]. A vita tárgya alapvetően az volt, hogy a potenciálkülönbség hol keletkezik, és mi az áram forrása. Már korán felmerült, hogy a potenciálkülönbség a fém és az elektrolyt határfelületénél lép

fel, és nem a két fém érintkezésénél. A dolgot bonyolítja, hogy két fém között is fellép potenciálkülönbség, de csak fémekből nem építhető galvánelem. (Érdekes, hogy maga a név Galvani emlékéét őrzi.) Volta elképzelése szerint két különböző fémek kell használni, de az úgynevezett koncentrációs elemeknél két azonos fém, de különböző töménységű elektrolitoldatot alkalmazva is tudunk galvánelemet létrehozni. Az 1830-as évekre többek között *Michael Faraday* (1791–1867) és *Daniell* arra a következtetésre jutott, hogy a galvánelem működése kémiai reakcióval van összefüggésben. Ez a vonal, miszerint a potenciál ott alakul ki, ahol a kémiai átalakulás megtörténik, diadalmaskodott azután a század második felére, főleg *Walther H. Nernst* (1864–1941) elméletének (1888) és *F. Wilhelm Ostwald* (1853–1932) széleskörű terjesztő munkájának következtében. Nernst elméletének hibáit már részletesen elemeztem [1,5]. Mindazonáltal nem volt könnyű diadal, mert *William Thomson* (Baron Kelvin of Largs, 1824–1907) az 1860-as években Volta pártjára állt. Közte és *James Clerk Maxwell* (1831–1879) között pedig a kontaktpotenciálok mibenlétéről folyt vita. Ne feledjük el, hogy ezek a viták még az elektron felfedezése, 1897 előtt folytak, ami azután új értelmezést tett lehetővé. Ez sem született meg könnyen, mert Nernst és má-



4. ábra. A PEM tüzelőanyag-cella felépítése

sok ragaszkodtak a hibás elméletükhöz még az 1930-as években is. Bár ma már többé-kevésbé világos képünk van arról, hogy mi az áram forrása, valamint miért és hol lép fel potenciálkülönbség, a fázishatárokon kialakuló elektromos kettős réteg szerkezetének vagy a töltésátlépés elemi aktusának megismerése még a jelen és a jövő feladata.



5. ábra. A *Philosophical Transactions* címlapja, Volta francia nyelvű közleményének angol fordítása, ahogy Joseph Banks felolvasta a Royal Society ülésén (1800) és Faraday egyik cikke (1834)

Kis történeti kalandozás

A tudomány fejlődésének szépsége akkor bontakozik ki igazán, ha az eredeti közleményeket olvassuk. Ezért ideillesztjük hőseink néhány releváns munkájának első oldalát. Ezt abban a reményben tesszük, hogy olvasóink kedvet kapnak a régi közlemények tanulmányozásához [8]. A munkákat olvasva izelítőt kaphatunk a legnagyobb gondolkodásának fejlődéséből, a tudomány előrehaladásának mibenlétéről. Faraday két, sok év különbséggel megjelent közleményéből láthatjuk, hogy a nagy tudós hogyan jutott egyre közelebb a Volta-oszlop titkához. Gyönyörű mondatokat is olvashatunk. Például az 1834-es közleményben a következőket. „A Volta-féle oszlopban keletkező elektromosság forrásának nagy kérdése számos kiváló filozófus figyelmét felkeltette.” (Itt, miként a folyóirat címében is, a filozófia a természettudományt.) „Az embernek magának kell rászánnia magát a munkák elvégzésére és a tények megvizsgálására.” „...ez

On the Electricity excited by the mere Contact of conducting Substances of different Kinds. In a Letter from Mr. Alexander Volta, F.R.S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K.B. F.R.S. Read June 26, 1800. [Phil. Trans. 1800, p. 406.]

In prosecuting his experiments on the electricity produced by the mere contact of different metals, or of other conducting bodies, the learned Professor was gradually led to the construction of an apparatus, which in its effects seems to bear a great resemblance to the Leyden phial, or rather to an electric battery weakly charged; but has moreover the singular property of acting without intermission, or rather of re-charging itself continually and spontaneously without any sensible diminution or perceptible intervals in its operations. The object of the present paper is to describe this apparatus, with the variety of constructions it admits of, and to relate the principal effects it is capable of producing on our senses.

XX. Experimental Researches in Electricity.—Eighth Series. By MICHAEL FARADAY, D.C.L. F.R.S. Fullerian Prof. Chem. Royal Institution, Corr. Memb. Royal and Imp. Acad. of Sciences, Paris, Petersburg, Florence, Copenhagen, Berlin, &c. &c.

Received April 7.—Read June 5, 1834.

§. 14. On the Electricity of the Voltaic Pile; its source, quantity, intensity, and general characters. ¶ i. On simple Voltaic Circles. ¶ ii. On the intensity necessary for Electrolysis. ¶ iii. On associated Voltaic Circles, or the Voltaic Battery. ¶ iv. On the resistance of an Electrolyte to Electrolytic action. ¶ v. General remarks on the active Voltaic Battery.

¶ i. On simple Voltaic Circles.

875. THE great question of the source of electricity in the voltaic pile has engaged the attention of so many eminent philosophers, that a man of liberal mind and able to appreciate their powers would probably conclude, although he might not have studied the question, that the truth was somewhere revealed. But if in pursuance of

arra ösztönzött, hogy feltételezzem azt, hogy képes vagyok talán segíteni a kérdés meghatározásában és nagy szolgáltatást tehetek a kétséges nézetek eloszlatásában. Ilyen tudás minden fejlődő tudománynak kora reggeli fénysugár, és létfontosságú az előrehaladásához.”

Érdekes a levélforma is, nemcsak Volta esetében, hanem így írta meg Daniell is Faraday-nek is azt, hogy olyan elemet szerkesztett, amely tetszőleges időtartamig képes állandó áramot szolgáltatni. Megtudhatjuk azt is, hogy Volta elnézést kért azért, hogy régóta nem jelentkezett. Daniell pedig fontosnak tartja az új ismeretek megosztását a diákjaival, és hogy lenyűgözze őket, új kísérleti eszközöket készít, és új kísérleteket mutat be.

A *Philosophical Transactions* folyóiratról is érdemes néhány szót szólni. A legrégebbi olyan folyóirat, amelyet teljesen a természettudománynak szántak. (Ha a Párizsban 2 hónappal korábban megjelent *Journal des sçavans* folyóiratot is figyelembe vesszük, akkor a második, bár ebben más cikkeket is publikáltak.). 1665-ben alapította az akkor már 6 éves Royal Society. Az említett tudósok sok eredményüket itt tették közzé, de *Newton* első cikke a fény és színelméletéről is itt jelent meg 1671-ben. Végezetül, ha a folyóirat címlapjának aljára siklik a tekintetünk, azt látjuk, hogy azt *Richard Taylor* (1781–1858) nyomtatta. Helyénvaló, hogy szóljunk róla is. Hosszú évtizedekig ő jelentette meg a tudományos lapokat, a másik fontos természettudományos folyóiratnak, a

Philosophical Magazine-nak szerkesztője is volt. Maga is foglalkozott természettudományokkal, a Linnean Society titkára is volt. London város tanácsának 35 éven keresztül volt tagja. A nyomdai vállalkozásban az egész család részt vett, az apja, testvére és unokatestvére is. *William Francis* 1852-ben csatlakozott a vállalkozáshoz. A Taylor & Francis kiadó ma is létezik.

Képzletünk visszarepíthet a régi idők londoni Fleet Street-jére, ahol a kiadói és nyomdai tevékenység már a XVI. század eleje óta folyt. Elképzeltethetjük a Royal Society titkárát, vagy akár Faraday-t és a többieket, ahogy betérnek Taylor úr cégéhez a Vörös Oroszlán udvarba, kezükben a kéziratukkal, ami megalapozta mai tudásunkat és tágabb értelemben életünket. Ma már ne keressük a kiadókat a Fleet Street-en, mert az 1980-as évektől kezdve elhagyták az utcát, de a nagy idők emléke tovább él.

Irodalom

- [1] Inzelt György: Kétszáz éves Alessandro Volta találmánya. *Természet Világa*. 2000. november, Természettudományi Közlöny 131 (11) 503-505 (2000).
- [2] Inzelt György: **Kalandozások a kémia múltjában és jelenében** (Kémiai esszék). Vince Kiadó, Budapest, 2003.
- [3] Inzelt György: A kémia és az elektromosság frigyének gyümölcsei. *Természet Világa* 2005./1 kémia különszám, Természettudományi Közlöny 58-64. (2005).
- [4] Inzelt György: Az elektrokémia reneszánsza a 21. században. *Magyar Kémikusok Lapja* LXVII. évf. 6. szám. 178-182 (2012).
- [5] Inzelt György: Az elektrokémia korszerű elmélete és módszerei II. kötet. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.
- [6] Horányi, György, Inzelt, György: Hommage to Alessandro Volta on the occasion of the 200th anniversary of the invention of the "electric pile". *Modern electrochemistry based on Volta's ideas*. ACH Models in Chemistry, 136, 675-682 (1999).
- [7] Horányi György, Láng Győző: Zsákutcák, tévutak és csapdák a jelenkori elektrokémia elméletében és kutatásában. A kémia újabb eredményei, szerk.: Csákvári Béla, 90. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.
- [8] Volta, Faraday, Daniell és a többiek eredeti cikkeinek jelentős része megtalálható a Nagy Zoltán szerkesztette internetes Encyclopedia of Electrochemistry webhelyén: (<http://electrochem.cwru.edu/estir/history.htm>) illetve az ELTE Kémiai Intézetének könyvtárában az eredeti folyóiratpéldányokban, a <http://www.jstor.org> webhelyen, aminek a könyvtárban hozzáférés van, illetve az Ostwald's Klassiker sorozat köteteiben német fordításban, de az eredeti ábrákkal.

SCHILLER RÓBERT

Regényes vegytan

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

A kémia ma: tudomány, technika, ipar. A kémia valamikor: a világmagyarázat ígérete.

Georg Philipp Friedrich von Hardenberg 1772-ben született egy polgárosodó német nemesi családban, másodikként tizenegy gyerek között. A köztisztviselő apa legidősebb fiának tanulmányai a természetes ösvényen haladtak: jogot hallgatott Jénában és Wittenbergben – közben azonban a történelem, a filozófia és az irodalom is mélyen érdekelté –, 22 évesen diplomát kapott, és munkába állt a megyei hivatalnál. Alig egy évvel később azonban új állásba került, a weissenfelsi sóbányák igazgatósága alkalmazta. Ezt követően másfél éven át geológiai, közzétant és vaskohászatot tanult kémia, matematika és biológia mellett a freiberger bányászati akadémián. Nem tudom, hogy a fiatalembert természettudományos érdeklődése vitte-e új munkahelyére, vagy ellenkezőleg, hivatalnokai lelkiismerete vette rá új tanulmányaira. A kémia elméletei iránt mindenestre komolyan érdeklődött.

Ezek az évek a kémikusok körében még az égés régi és új teóriája közti harcokról szóltak. A régi és német Stahl eszméje: minden éghető anyag flogisztont tartalmaz, az égés nem más, mint a flogiszton távozása az anyagból. Az új és francia Lavoisier tétele: az égés nem más, mint oxigénnel való egyesülés. A vita néhány évvel korábban már túlcspott a fegyelmzett tudományos diskusszió keretén. Madame Lavoisier Párizsban nyilvánosan elégette Stahl könyveit, Berlinben pedig Lavoisierit ítélték halálra – képletesen persze. Mire Hardenberg kémiai tanulmányaira sor került, ez a nemzetközi tudományos vita bohóságnak tetszett: Lavoisierit kivégeztette a francia forradalmi bíróság, nagyon is valószínűságon.

Hardenberg alapos tanuló lehetett; egyfelől járt a flogiszton-párti Wiegleb előadásaira, másfelől hallgatta a flogiszton-ellenes Lampadius óráit is. Ránk maradt terjedelmes feljegyzései, az ügyvezetett Salinenschriften (Sóbányai iratok) jól felkészült, alapos és lelkiismeretes szakembernek mutatják. Ezekben beszámol geológiai és közzétani megfi-



Georg Philipp Friedrich von Hardenberg (Novalis) arcképe (*Ismeretlen festő munkája*)

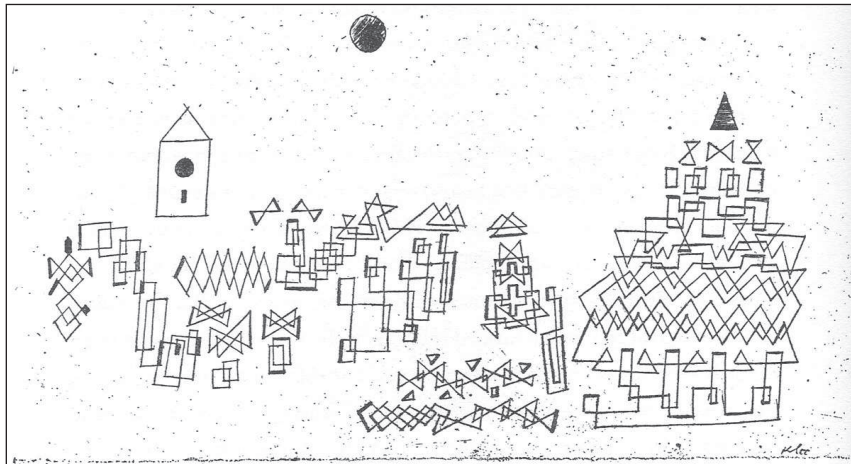
gyeléseiről, szénbányászati problémákról és persze napi hivatalos ügyekről is. De gazdasági és szociális kérdések is foglalkoztatják, a munkások szörnyű munkaviszonyai épp úgy, mint Szászország önellátása ásványi anyagokkal. Azonban minden napi és hivatali gondon túl foglalkozott a kémia aktuális elméleteivel is. Mert a költő számára ez igen termékeny mezőnek tetszhetett.

Ezt a szorgalmas műszaki értelmiségit ugyanis az irodalomtörténet Novalis néven ismeri; a korai német romantika nagy költője, írója ő. Egyik legismertebb munkája egy regény, a szerző korai halála miatt töredékben maradt Heinrich von Ofterdingen. A romantika kék virágára, mint a regény fontos motívumára szoktak hivatkozni, ami aztán szimbólumává vált az egész költői mozgalomnak. Ehhez képest elég kevés szó esik róla a könyvben. Ahogyan az újabb tanulmányokban olvasom, talán találóbb volna a romantika kémiaijáról beszélni a regénnyel kapcsolatban. A regény, amely valamikor a középkorban játszódik, fejlődésregény, látszatra legalábbis, amennyiben a főhős egyéniségének a kialakulásáról kíván szólni. Utazás, kaland is akad benne, egyebek között barlangok és tárnák sorát járják be a szereplők, jó hasznát véve a szerző bányamérnöki tudásának.

A legjelentősebb és legterjedelmesebb fejezet egy mese, történet a történetben, amelyet a bölcs aggastyán Klingsohr mond el. (Klingsor – ez a hagyományos írásmód – a

középkori német mondavilág varázslója, aki a híres wartburgi dalmokversenyen is részt vett; egyik történet szerint Erdélyből került Turingiába, ahol megjárta Szent Erzsébet érkezését. A regény azonban csak a nevét használja.) A mese valamilyen fejedelmi ud-

egy tálat az ágyéka alá. *Fabula megérintette a szemét, és az üvegese tartalmát a homlokára locsolta. Amint a nedű az agg szeméről a szájába csorgott, majd onnét a tálba, minden izmán végigcikázott az élet villáma.*” Látható, egy galvánelem árama keltette életre az óriást.



Paul Klee: Novalis illusztrációi

varban játszódik, szereplői szellemek – a legkülönbözőbb mitológiák istenségei – emberek és alvilági lények. A szimbólumok rendszere annyira bonyolult, hogy a modern kiadások jegyzetei se merészelik az egészet fölfejtani, mert költészet, filozófia és természettudományos empiria szét nem választható elegyet alkot benne. Nem szólva a rendre felbukkanó, igen illedelmes módon előadott erotikus képekről, sőt lesbikus és incesztus jelenetekről. Novalis maga is a motívumok bonyolult arabeszkréről beszél. A „szellem kísérleti fizikáját” akarta megalkotni ezzel. Szorítkozunk csak az egészen végigvonuló természettudományos vonulatra. Amely elárulja korát, az újkori kémia születésének idejét, búcsút az alkímista előidőktől.

A királynő egy hatalmas kénkristályból faragott trónuson ül. A kén fontos anyaga az alkímianak, de az abból kifejlődő, moderebb gondolkodásnak is: ez Paracelsus három ősananya közül az egyik. A megdörgölt trónus nagy erővel vonzza a környezetét – nyilvánvaló, hogy elektromosan feltöltődött; egyebekről nem szólva, Lichtenberg elektrosztatikus kísérleteinek az idejében járunk. Egy vaspálcáról kiderül, hogy megpörgetve észak felé mutat – a mágnességet is gondosan tanulmányozták a korban. Azonban az egyik szereplő kígyó alakra hajlítja: az alkímisták önmagát felfaló kígyóját, uroboroszt formál belőle. Az események során elhamvadt Atlaszt kell új életre kelteniük a szereplőknek: ehhez egy szilikát ásványt, tumalint használnak, amely megdörgölve elektromos töltésekre tesz szert, és magához vonzza a hamvakat. Majd „Arany egy érmét csúsztatott a szájába, s a Kertész (róla már korábban megtudtuk, hogy ő a Cink)

Persze, csak miután az elektrolitoldat zárta az áramkört. Tudjuk, hogy Novalis sokat foglalkozott galvanikus jelenségekkel.

Hasonló példát lehetne még a szövegben találni. Ahogyan egy tanulmányban olvassom, költészet és kémia között kétirányú volt a forgalom. Nemcsak a romantikus felfogás hatott a természetfilozófia kémia-szemléletére, hanem fordítva is: a kémia egyes korabeli kulcsfogalmai, mint az „elegy”, „kristályosodás”, „affinitás” is fontos szerepet kaptak a romantizmus tartalmi felépítésében.

Novalis furcsa viszonyban állt kora természettudományos módszereivel. Egy tanulmányában elég dühösen ír erről. „[Az észvallás] hívei kizárólag abban fáradoznak, hogy a természetet, a földet, az emberi lelket és a tudományokat megtisztítsák a költésztől. [...] Lámpásuk – számtani engedelmessége és orcátlansága miatt – kedvencükké vált. Örültek, hogy előbb lehetett összetörni, mintsem színeken játszott volna, s így nagy ügyüket elnevezték róla felvilágosodásnak.” A felvilágosodás hitvány lámpása megjelenik a regényben is. A kellemetlen, akadékoskodó-fontoskodó Írnok használja, fénye zavarja a bölcsőben fekvő gyermeket, Eróst. Az Írnok, az Ész mindent pontosan feljegyez, amit egy tiszteletreméltó másik szereplő, az Értelem mond neki, majd átnyújtja a teleírt lapokat egy isteni asszonynak, Sophiának, a Bölcsességnek, aki tiszta vízbe meríti őket. Néha az írás teljesen eltűnik, máskor azonban kisebb-nagyobb része megmarad; ilyenkor a lapot az Írnok egy nagy könyvbe fűzi.

Tapasztalás, ész, értelem, bölcsesség, ezek együttműködése, kritikája – a világ megismerésének, szerényebben szólva, a ter-

mészettudományos kutatásnak ezt a módszerét sugallja a költő. Ebben a tekintetben nincsen vele miért vitába szállnunk ma sem.

Más kérdésekben már nem árt a késő utókor óvatos körültekintése. Egy verse szerint „Majd ha a teremtés zárják / Nem számok és ábrák tárják [majd ha] Mesék és versek vezérik / A világ történetén végig”, [...] Úgy egy titkos szótól egyedül / Az eltorzult világ elrepül.” Számok és ábrák... Novalis egyáltalán nem örül a természettudományos egzaktágnak, matematizálhatóságnak. „A matematikával újabban nagyon megvetően bánok” – írja egy levelében. „A kémia tekintetében már nagyobb a veszély;” már amiatt, hogy elvonja őt az irodalomtól, „azonban az Abszolútum iránti régi hajlalomom megint kimentett az empiria örvényeiből.” A kémia ugyanis nem matematika, nem is fizika; ezek merev, statikus formákat ismernek csak Novalis szerint. A kémia paradigmája más. Dinamikát, heterogeneitást, sokféleséget ígér a mechanikai természetleírásokkal szemben, amelyeket a romantikus hevület egyneműnek, tehát a természet valódi megismerésére alkalmatlannak gondolt. A kémiától ezért el lehet várni, hogy a nagy szellemi program benne megvalósítható. „A tudományokat mind költőivé kell tenni, és remélem, erről a valós, tudományos költésztől még sokat beszélhetek Önnek” – írja egy barátjának.

Ma bizonyára másképp tekintünk matematikára, fizikára, kémiára, mint kétszázhusz éve. Szenvedélyeknek, mitológéknak, költészetnek nem szoktunk helyet engedni a természettudományokban. Mert az nem az érzelmek területe. Költőiben szólva, nincs köze a szívnek az észhez. Másfelől talán nem is olyan ridegek a határok – gondoljunk a benzol szerkezeti képletét megálmódó Kekulére, a görög filozófián nevelkedett Heisenbergre, a kutatói szenvedélyt a szerelemhez hasonlító Wignerre. Klingsohr meséjét egy négyesoros vers zárja le.

*Az örök birodalom már szilárd,
Szerető béke végzi a vizsályt,
A hosszú álmok kínjai enyésznek,
Sophia örök papnője a szívnek.*

Ne felejtjük, Sophia neve bölcsességet jelent.

Irodalom

- Novalis: Heinrich von Ofterdingen, ford. Márton László, Helikon Kiadó, Budapest 1985
- Novalis: Heinrich von Ofterdingen, herausgegeben und kommentiert von Gerhard Schulz, Verlag C.H. Beck, München 1969
- Ralf Liedtke: Das romantische Paradigma der Chemie, Verlag mentis, Paderborn, 2003
- Renate Vonnissen: Novalis Naturbetrachtungen in den Lehrlingen zu Sais
<http://www.philosophia-online.de/mafo/heft2006-2/RVonn-N.htm>

SZABÓ GYÖRGY

Snóblizás sakktáblán



egymással kölcsönhatásban álló fajok mi-
képpen módosítják egymás utódlétrehozó
képességét [1]. Ez a felismerés vezetett el
az evolúciós játékelmélethez, ami az utódlé-
trehozó képességen keresztül fogalmazza
meg a darwinizmus elméleti háttérét, azaz
matematikai formulák segítségével fejezi
ki, hogy a sikeresebb (magasabb utódlétre-
hozó képességű) faj szaporodik az átlaghoz
képest sikertelenebbek kárára. Az evolúciós
játékelmélet alapeszméinek megfogalmazá-
sát követően ismertette Leigh Van Valen az
úgynevezett Sötét Királynő- (angolul Red
Queen) hipotézist [2]. Az elnevezés Lewis
Caroll Alice Tüskörországban című mesere-
gényéhez kötődik. A mesében Alice eljut
a Sötét Királynő kertjébe, ahol csak állandó
futással lehet egy helyben maradni. Van
Valen ezt a történetet használta fel arra, hogy
szemléltesse azokat a biológiában gyakran
megfigyelhető jelenségeket, amikor az ál-
landóságot az állandósult változás tartja fent.
Második és harmadik cikkében világosan
körvonalazta, hogy a snóblira hasonlító játé-
kok segítségével lehetne számot adni azokról
a biológiai jelenségekről, amikor az egymás-
sal versengő fajok állandó mutánsképessé-
vel, illetve új tulajdonságok kifejlesztésével pró-
bálnak evolúciós előnyhöz jutni versenytár-
saik kárára.

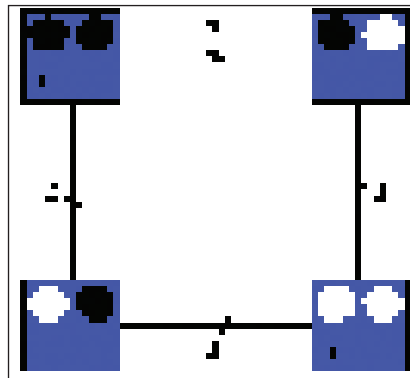
Hasonló jelenséggel azonban az élet
más területein is találkozhatunk. Az egyik
közismert példa szerint a bűnözők és a
bűnüldözők is folyamatosan fejlesztik
módszereiket, és ennek köszönhetően van-
nak jelen mai társadalmunkban is. Ehhez
hasonlóan a hadihajók páncélatának és
ágyúinak fejlesztésének háttérben is tet-
ten érhető ez a folyamat. A közzgazdaság-
tanon belül a vásárlók és eladók, a társa-
dalmi folyamatoknál a munkamegosztás
által diktált szerepszétválásnál az egymást
befolyásoló kölcsönhatások sorozatában
lehet jelen ez a folyamat.

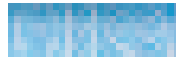
A Sötét Királynő-hatás akkor írható le a
snóblizással, ha az eredeti játékon változta-
tunk. Az ismétlődő játéknál elegendő any-
nyit újítani, hogy a játékosok nem egyszer-
re, hanem váltogatva (vagy véletlen sor-
rendben) módosíthatják előző döntésüket.
A nyerésben levő játékosnak nyilvánvaló-
an nem éri meg áttérni a másik lehetőség-
re. Ezzel szemben, a vesztesre álló játékos
nyerő helyzetbe kerül, ha változtat. Ezt kö-

Néha még ma is előfordul, hogy két
embertársunk snóblizással dönti
el, hogy ki vállalja a közös mun-
ka kellemetlen részét. Régebben azonban
ez az egyszerű játék arra szolgált, hogy játé-
kostársunktól pénzt nyerhessünk olyan
módon, hogy mindkét játékos egyszerre
döntötte el, hogy a tenyerében levő azo-
nos pénzérmét (pl. ötförintost) fejjel vagy
írással fordítja felfelé. A játékosok előze-
tes megállapodása alapján, ha a két érme
az azonos oldalát mutatta, akkor az egyik
– ellenkező esetben pedig a másik – játé-
kos nyert, vagyis vihetette mindkét érmét.
Ez a játék a legegyszerűbb nulla-összegű
játékok közé tartozik a játékelméleten be-
lül. Az ajánlott stratégia mindkét játékos
számára: ötven-ötven százalékos valószínű-
séggel véletlenül választani a két lehetősé-
g közül. Ezt valószínűsítjük meg a játékosok
akkor, amikor pénzérme feldobásával dön-
tenek. Ha ettől valamelyikük eltér, akkor a
másik számára lehetőség nyílik arra, hogy
sokszoros ismétlésnél nyerjen. Ez azt is je-
lenti, hogy ettől az ajánlástól egyiküknek
sem éri meg eltérni. Ugyanakkor, ezzel az
ajánlott stratégiával a játék valójában sze-
rencsejátékká alakul, vagyis az aktuális
nyeremény a véletlen függvénye.

A 70-es években ismerték fel az elmé-
leti biológusok, hogy a játékelmélet nyere-
mény fogalmával, illetve annak matematikai
megfelelőjével jellemezhetik azt, hogy az

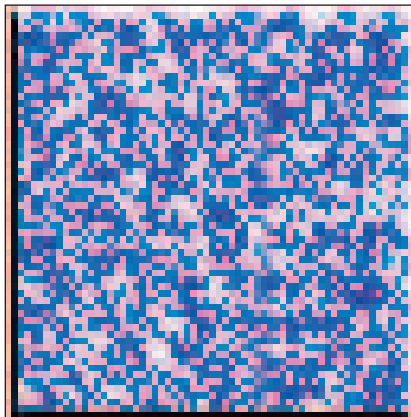
1. ábra. A snóblizás játék folyamábrája. A négy kék négyzetben fehér és fekete körök jelölik a játékosok fej vagy írás választását, a számpárok pedig a játékosok nyereményét mutatják. Az irányított élek mentén a számok a stratégiáját változtató játékos nyereményének növekedését, vagyis a változtatás hajtóerejét adják meg





vetően azonban a másik játékosnak éri meg változtatni, és ezt meg is fogja tenni az első adandó alkalommal. A változtatásával egyúttal megteremti a szükségeszerű változtatás körülményeit a játékosárs számára. Más szavakkal, a fej-fej választás fej-írásba fejlődik, ami írás-írás párrá, majd pedig írás-fejé alakul át, és a negyedik lehetőség után visszajutunk a kiinduló fej-fej állapotba. A változás természetesen a végtelenségig ismétlődhet. Az **1. ábrán** ezt a tulajdonságot fejezi ki a játék folyamábrája, ahol az irányított gráf pontjai a négyféle lehetőséget, az élek pedig az egyoldalú változásokat és irányukat jelölik. Ebben a játékban nincs megállás, a folyamatosan újraképződő elégedetlenség vagy a nyerő helyzetbe jutás lehetősége (beépített örökmozgóként) fenn tartja a ciklikus ismétlődést.

A sokszereplős térbeli evolúciós játékelméleti modellek legegyszerűbb változatainál a játékosok egy négyzet rácson helyezkednek el [3]. A közöttük meglévő kölcsönhatást a játékelmélet eszközeivel írjuk le. Feltételezzük, hogy mindegyik játékos a lehetséges stratégiák egyikét használva játszik egy-egy játékot mindegyik szomszédjával. A stratégia a biológiai rendszerben a játékos fajtát, a társadalmi rendszerben pedig a viselkedését képviseli. Az evolúciós folyamat során megengedjük, hogy a véletlenül kiválasztott játékosok egymást



2. ábra. A fej (világos) vagy írás (sötét) választásokról készített pillanattfelvétel az evolúciós snóblji játéknál egy 60x60-as négyzetrácson

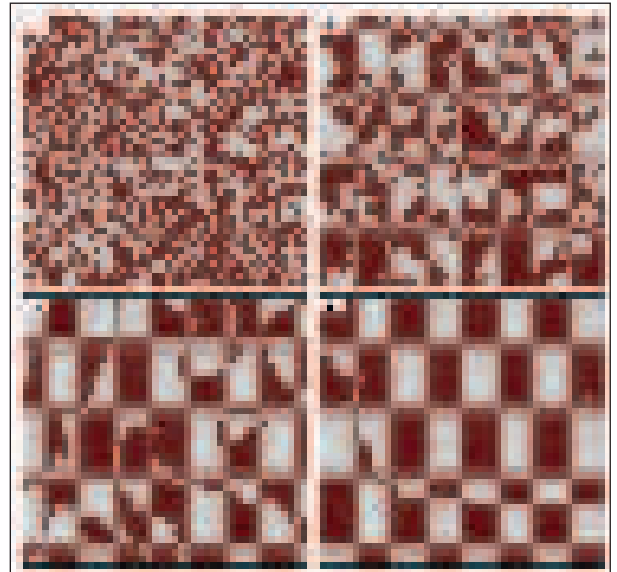
követően módosíthatják a stratégiájukat annak érdekében, hogy egyéni nyereményüket egy másik stratégia választásával növeljék. A stratégia módosítása során a valóság pontosabb leírása érdekében megengedjük a tévesztés lehetőségét, azaz egy játékos választhatja a számára hátrányos stratégiát is egy olyan valószínűséggel, aminek mértéke exponenciálisan csökken a veszteségével. A tévedés nagyságát egy zaj amplitúdóval jellemezzük, ami hasonlít a fizi-

kai modellek hőmérséklet fogalmához. Ezek a modellek a számítógép képernyőjén megjelenítik az evolúciós folyamatot. Ugyanakkor a számítógépes modellekben számszerűsíthetjük a véletlen kezdőállapottól indított végállapot összetételét, vagyis azt, hogy az egyes stratégiákat a közösség hányad része választotta átlagosan egy tipikus végállapotban. Természetesen arra is van mód, hogy megvizsgáljuk a közösség összesített nyeregeményét a paraméterek függvényében.

Ha a kölcsönhatást egy snóblji játék írja le, akkor a négyzetrácson elhelyezkedő játékosokat ugyanúgy kell megkülönböztetni, mint a sakktábla világos és sötét négyzeteit, ami ebben az esetben azt jelöli, hogy az egyik fajta játékos a szomszédos stratégiák egyezésénél nyer, a másik pedig a különbözőségénél. A sakktáblaszerű elrendezés eredményeképpen minden játékos négy olyan szomszédal játszik, akik az ellenkező fajtához tartoznak. A stratégiák térbeli eloszlásáról készített bármely pillanattfelvételen egy teljesen véletlen eloszlást látunk, amint az a **2. ábrán** látható.

Az időbeli fejlődésben azonban már megfigyelhető egy szabályosság, ami a stratégiák időbeli változásában egyfajta irányítottság formájában jelenik meg. Ez a fajta irányítottság hiányzik az élettelen anyagok viselkedésében, ahol két mikroszkopikus állapot azonos gyakorisággal fejlődik egymásba. Ezt a tulajdonságot a statisztikus fizikában, illetve a termodinamikai rendszerekben a részletes egyensúly fogalma fejezi ki, ami akkor teljesül, ha bármely két mikroszkopikus állapot között az oda- és visszaugrás gyakorisága megegyezik.

A snóblji játék adja kezünkbe azt a fajta mikroszkopikus kölcsönhatást, ami a részletes egyensúlytól való eltérés egyik elemi hajtóerejének tekinthetünk. A hatása már akkor is felismerhető, ha a két játékos nyeregeményének csak egy kis hányada származik ebből a játékból. Leglátványosabb hatás akkor következik be, ha a nyeregemény nagyobb része például egy héja-galamb játékból származik, mert ilyenkor egy meglévő struktúrát vagy szimmetriát képes szétrombolni a Sötét Királynő-hatás.



3. ábra. A héja (barna) és galamb (szürke) stratégiák térbeli eloszlásának fejlődése, ha a négyzetrácson elhelyezett játékosok viszonylag alacsony zaj mellett módosíthatják saját stratégiájukat. Az egymást követő pillanattfelvételek a véletlen kezdőállapottól (a) kialakuló mintázatot mutatják miután a játékosok átlagosan 10 (b), 100 (c), és 1000 (d) lehetőséget kaptak döntésük módosítására

Héja-galamb játék négyzetrácson

A héja-galamb játék olyan élethelyzetek leírására alkalmas, amikor a kétféle lehetőség között választó két játékos számára az ellentétes döntés a legelőnyösebb. A játék névadó története a konfliktuskerülő (galamb) és agresszív (héja) magatartás közötti választásra utal osztozkodáskor. Ha mindketten a galamb magatartást követik, akkor fele-fele arányban osztozkodnak a hasznon. A héja a galamb ellenében elviszi a teljes jövedelmet. Két héja azonban megverekszik a haszonért, és olyan mértékű károsodást okoznak egymásnak, aminek eredményeképpen rosszabbul járnak, mint egy kismizett galamb. A snóblizással ellentétben ez a játék szimmetrikus abban az értelemben, hogy ha a játékosok azonos stratégiát követnek, akkor a nyeregeményük megegyezik, ha pedig a különböző stratégiájukat megcserélik, akkor a nyeregeményük is felcserélődik. Ennél a játéknál a játékelmélet által javasolt megoldás, vagyis a tiszta Nash-egyensúly, az ellentétes stratégiák, azaz a héja-galamb vagy a galamb-héja stratégiapár választása, mert az ettől való egyoldalú eltérésben egyik játékos sem érdekelt. A két megoldás közötti választás azonban csak akkor lehetséges a játékosok számára, ha a játék során egyezkednek. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy a megállapodásnál el kell dönteni, hogy kié lesz a nagyobb haszon.

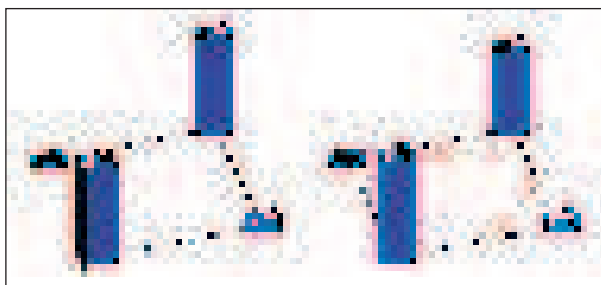
A héja-galamb játéknak van egy másik egyedi sajátossága. Ha megengedjük az

ún. kevert stratégiák használatát, vagyis azt, hogy a játékosok véletlenül válasszanak a két lehetséges döntés között, akkor az így kiterjesztett rendszerben egy újabb kevert Nash-egyensúly jelenik meg. Ez a Nash-egyensúly lesz az olyan populációdinamikai modellek egyensúlyi megoldása is, ahol feltételezzük, hogy mindenki mindenkiel játszik. Meg kell említeni azt is, hogy enyhén módosított nyeremény mátrix esetén a héja-galamb játék is az enyhébb társadalmi dilemmák [4,5] közé tartozik akkor, ha az egyoldalú „lenyúlást” megéri választani a játékosnak annak ellenére, hogy a testvéries osztozkodás együttesen magasabb jövedelmet hozna számukra.

A már ismertett térbeli evolúciós játékelméleti modell a darwini szemléletmódot követve keresi a megoldást, ugyanakkor számos jelenség értelmezését szolgálthatja. Ennek bemutatására az egyszerűség kedvéért most is négyzetárcson helyezük el a játékosainkat, akik a négy szomszédjukkal játszanak egy-egy héja-galamb játékot. A folyamat számítógépes szimulációja során a rendszert egy véletlen térbeli stratégia eloszlásból indítjuk, amint azt a **3.a ábra** mutatja. Ezt követően ismételtük az az elemi lépést, amikor egy véletlenül kiválasztott játékos módosíthatja a saját stratégiáját. Ennek valószínűsége egyhez közelít, ha a nyeremény növekedése nagyobbá válik. A valóság pontosabb leírása érdekében a hibázást is megengedjük az említett módon. A sorozatos elemi lépések eredményeképpen a számítógép képernyőjén egy tipikus doménnövekedési jelenség válik láthatóvá. A kétféle megoldás lehetősége itt kétféle (sakk tábla és anti-sakk tábla) stratégia eloszlás versengésévé alakul. A két megoldás közös tulajdonsága az, hogy mindkét esetben a szomszédos játékosok ellentétes stratégiát választanak. A kétféle megoldás ekvivalens. A közöttük lévő különbség egy adott játékos szempontjából azonban fontos, mert nem mindegy, hogy héja vagy galamb szerepet kell vállalnunk egy adott közösségben. A **2. ábra** azt hivatott illusztrálni, hogy az idő múlásával a kétféle megoldás egyre nagyobb tartományokon belül alakul ki. A tartományokat elválasztó határvonal mozgása ugyanis véletlenszerű és ezzel együtt a tartományok mérete is véletlenszerűen csökken vagy növekszik. Ha valamelyik eltűnik, akkor minimális annak az esélye, hogy egy

ilyen közösség valahol az „ellenfél” területén belül újra kialakulhat. Ezt a jelenséget a szilárdtest-fizikán belül sok változatban tanulmányozták az elmúlt évtizedekben. Hasonló módon alakul ki a ferromágneses és az anti-ferromágneses rend a mágneses anyagokban, illetve a hidrogénatomok rendeződése a fématomok közötti üregekben, ha magas hőmérsékletre hirtelen hűtjük le az anyagot, de hasonló módon növekednek a kristályszemcsék az acél hőkezelése során is.

A társadalmi folyamatok megértése szempontjából ennek a modellnek két alapvető üzenete van. Az első: ha játékosaink racionálisak, vagyis sohasem választják a számukra hátrányos stratégiát, akkor a doménnövekedési folyamat és ezzel együtt az össztársadalmi haszon növekedése is rövid időn belül leáll, azaz a társadalom nem éri el az elérhető optimumot. A befagyott állapotban a stratégiák térbeli eloszlása ha-



4. ábra. A bal oldali ábrán a kék oszlopok magassága arányos a megfelelő stratégiapárok valószínűségével egy olyan evolúciós játéknál, ami termodinamikai egyensúlyhoz vezet a héja-galamb játékot játszó játékosoknál. Ebben az esetben a héja-galamb, illetve a galamb-héja stratégiák valószínűsége megegyezik. A jobb oldali ábra a valószínűségek változását mutatja, ha a nyereményeket egy kis értékű snóblizással módosítjuk. A piros nyíllal jelölt hurok a snóblizás hatására kialakuló valószínűségi áram irányát jelöli

sonlít ahhoz, amit a **3.b ábra** mutat. A második üzenet kötődik az elsőhöz: a kétféle megoldás határán, azaz a frontvonal mentén, elhelyezkedő játékosoknak áldozatot kell hozni a számukra rosszabb stratégia vállalásával ahhoz, hogy a társadalom és ezzel együtt ők is elérjék az optimális értéket. A *Káosz, környezet, komplexitás* (2013) külön számuk cikkeiben taglalt társadalmi dilemmákhoz hasonlóan itt is ellentétes az egyéni és a közösségi érdek. A végeredmény szempontjából lényegtelen, hogy az irracionális döntés hátterében tudatos kockázatvállalás, felelősség vagy akár milyen okra visszavezethető hibázás rejtőzik. Ha a hibázás gyakorisága alacsony, akkor ugyan javulhat a társadalom összesített nyereménye a végső állapotban, de a rendszer lassabban éri el a végső egyensúlyi állapotát. Ellenkező esetben, ha a zajnak tekinthető hibázás gyakorisága egy küszöbérték fölé növekedik, akkor

a rendszerben nem tud kialakulni az optimálisnak tekinthető állapot, helyette egy olyan gyorsan és véletlenül fejlődő rendezetlen állapotot látunk, aminek pillanatfelvétele emlékeztet a kezdeti állapotra. A zaj növelésével ez a modell visszaadja a szilárd testekben gyakran tanulmányozott rendezett-rendezett állapotváltozás legfontosabb tulajdonságait. Az említett fázisátmenet és rendeződési folyamat a szilárdtest- és statisztikus fizikában, illetve az anyagtudományon belül olyan mértékben ismert, hogy annak eredményeit a modern technológiák termékeiként mindannyian használjuk.

A térbeli héja-galamb játék által leírt lehetséges mintázatok és a fejlődési folyamatok jelentős mértékben kibővülnek, ha növeljük a stratégiák számát. A lehetséges folyamatok szisztematikus megismerésének és feltérképezésének ma még csak a legelején tartunk. Annyi azonban már kiderült, hogy nagyon gyakori az olyan eset, amikor a különböző stratégiát választó játékosok egy sajátos (térben és időben változó) mintázatot hoznak létre és ezek a stratégiatársulások versengenek a túlélésért. A héja-galamb játékban is két ilyen ekvivalens társulás versengését láttuk. A stratégiák számának növelésével rohamosan nő a lehetséges társulások száma, egyik-másik előnyt élvezhet, ha olyan védelmi társulásként jelenik meg, ahol a társulás résztvevői megvédik egymást a külső betolakodókkal szemben. A lehetőségek tárháza olyan gazdag, hogy most az ismertetésüktől eltekintünk. Helyette megmutatjuk, hogy mi történik akkor, ha a héja-galamb játék négyzetárcson változatát kiterjesztjük olyan módon, hogy a nyeremények értékét egy kis értékű snóblizással módosítjuk.

Ez utóbbi hatás a nyeremény kialakulásában természetes módon jelenik meg a kétszereplős sokstratégias játékoknál, ha a két játékost arra kényszerítjük, hogy lehetséges stratégiáik közül csak két különböző stratégiapárra korlátozzák magukat. A jelenség két stratégiára történő leegyszerűsítésénél tulajdonképpen Einstein tanácsát követjük: „Egy modell legyen annyira egyszerű, amennyire csak lehetséges, de annál ne legyen egyszerűbb”. Ez a jó tanács felismerhető a fizikusok által előszeretettel vizsgált modelleknél és nagymértékben segítette a jelenségek univerzális tulajdonságainak azonosítását, illetve az univerzális tulajdonságok szempontjából lényeges és lényegtelen hatások szétválogatását. Kondor Imre cikke [6] több szempontból taglalja, hogy a komplex és élő rendszerek viselkedésének leírásánál óvatossággal kell eljárni, mint a fizikai modelleknél, ahol szimmetriák és megmaradási törvények egyszerűsítették le a matematikai leírást és biztosították a jelenségek robusztus voltát. Az evolúciós játékelméleti modellek különösen alkalma-

sak arra, hogy számot adjanak a rendszer viselkedésében megfigyelt érzékenységről, amikor a nagyszámú paramétert hangoljuk. Az egyszerű modell vizsgálatának azonban ilyenkor is értelmet ad az a tény, hogy általa jól körülhatárolható módon feltárhatunk néhány alapvető mikroszkopikus mechanizmust és következményeit. Nagyon sok esetben az történik, hogy a már megértett mikroszkopikus jelenséget más formában a tudományok különböző területein tudjuk hasznosítani.

Snóblizással kiegészített héja-galamb játék sakktablán

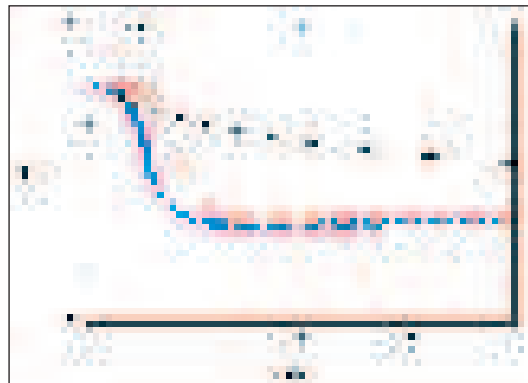
Meglepő jelenséggel szembesülünk, ha az előző két fejezetben ismertetett evolúciós játékot egyesítjük a négyzetácson, pontosabban a sakktablán, mert csak így különböztethetjük meg a snóblizókat. Bármilyen kis értékű snóblizás jellegű nyeremény megléte esetén a héja-galamb játékokra jellemző ekvivalencia a kétféle rendezett stratégia-eloszlás között megsérül. Ennek eredményeképpen az egyik rendezett állapot előnyt élvez a másikkal szemben és emiatt a végső egyensúlyi állapot is gyorsabban kialakul. Ha a végső állapot elérésének ideje fontos, akkor ezt mindenképpen a snóblizás javára kell írni. Természetesen, ha a snóblizáshoz kötődő nyeremények előjelét megváltoztatjuk, akkor ezzel a másik rendezett állapot kialakulását segítjük.

A jelenség hátterében egy olyan torlódási folyamat áll, amit a részecskék áramlása is létrehozhat a fizikai rendszerekben. Ez a torlódási folyamat hasonló ahhoz, amit kör alakú pályán az autóversenyeken is megfigyelhetünk. Ennek eredménye, hogy a kanyarok és szűkületek előtt megnövekszik a gépjárművek sűrűsége. A közlekedési hasonlatnál maradván, a snóblizás hatására kialakult körforgalom torlódási jelenségei befolyásolják a térbeli eloszlást.

A 4. ábra azt illusztrálja, hogy mi történik egy kétszemélyes evolúciós héja-galamb játékban, ha olyan dinamikát választunk, aminél a játékosok viselkedése megegyezik a részecskék már jól ismert viselkedésével. Ebben az esetben négy lehetséges mikroszkopikus átmenetpárt lehet megkülönböztetni, amelyeket élek jelennek az ábrán. Az úgynevezett egyensúlyi rendszerekben ezen élek mentén az oda- és visszaugrás gyakorisága megegyezik. Ezt a részletes egyensúlynak nevezett állapotot rombolja szét a snóblizás azzal, hogy az élek mentén egy valószínűségi hurokáramlást hoz létre. A valószínűségi áramokra ugyanolyan törvények érvényesek, mint az elektromos áramra az elekt-

ronikus áramkörökben. Más szavakkal, a Kirchhoff-törvényeket itt is használhatjuk. Ennek következménye, hogy az állandósult állapotban a négy él mentén a valószínűségi áramok megegyeznek. Ez viszont csak úgy teljesülhet, ha a héja-galamb és galamb-héja stratégiapár valószínűsége különbözővé válik. Ezt mutatja a 4. ábra, ahol a bal alsó oszlop magassága növekedett, a jobb hátsóé viszont csökkent. Ez a jelenség annak az eredménye, hogy a galamb-galamb ill. héja-héja stratégiapár különböző mértékű szűkülekként jelenik meg a kialakult áramlásban.

A 4. ábrán vázolt hatás gyenge egy játékos-pár esetén. Ez a gyenge hatás



5. ábra. Az átlagos nyeremény (P) a zaj függvényében az evolúciós héja-galamb játékoknál, ha a négyzetácson elhelyezkedő játékosok a szomszédjaikkal játszanak. A folytonos vonal a testvériesen gondolkodó játékosok által elért eredményt jelzi. A kék nyílzetek az egyéni önzésre épülő sztochasztikus (zajos) stratégiaválasztás eredményét mutatják ugyanolyan nyeremény és kapcsolatrendszer esetén. Piros körök mutatják az átlagos nyereményt, ha a kétszemélyes játékokat snóblizással kombináljuk

azonban a sokszereplős rendszerekben ugyanúgy erősödik fel, mint a ferromágneses anyagokban a külső mágneses tér hatása. Mindkét esetben az történik, hogy a szereplők közötti kölcsönhatás két lehetséges kollektív magatartás versengését eredményezi. A két játékos közötti gyenge hatás azonban felerősödik, pontosabban arányosan növekszik a rendszer vagy a rendezett tartomány méretével és végül olyan erős lesz, hogy a makroszkopikus viselkedést csupán az egyik fogja meghatározni.

A snóblizáshoz kötődő jelenségeknek van egy másik pozitív hatása is a társadalmi dilemmák egy szűk tartományán belül, ami a jelentőségük és szerepük megítélésénél fontos mind az evolúciós biológiában, mind pedig a társadalmi folyamatoknál. A párkölsönhatásra épülő társadalmi dilemmák egy részé-

nél a snóblizással módosult evolúciós folyamat a zaj mértékétől függően magasabb átlagos (vagy átlagos társadalmi) nyereményt biztosíthat, mint például a testvérieség, ami az egyik biztos módja a társadalmi dilemmák elkerülésének. Az 5. ábrán három evolúciós folyamat eredményeképpen kapott átlagos P nyeremény zajfüggését mutatjuk meg. Mindhárom esetben a zaj alacsony (0) értékénél a modellek ugyanazt a sakktablászerűen rendezett stratégia eloszlást és átlagos (egyúttal legmagasabb) átlagos nyereményt jósolják. Hasonlóan azonos az eredmény a végtelenül magas zaj esetében, mert ilyenkor a (pénzfeloldással eldöntött) véletlen választás határozza meg a végeredményt. Az átmeneti tartományban azonban a három modell jelentősen különböző eredményt mutat.

Az 5. ábrán a folytonos vonal egy olyan modell eredményét mutatja, ahol a játékosok nem az egyéni, hanem a közös nyeremény növelését részesítik előnyben. Ez a testvéries magatartás azzal tünteti el a társadalmi csapdahelyzeteket (dilemmákat), hogy megszünteti az egyéni és közösségi haszon közötti különbséget. Ez az előnyös tulajdonsága az összes többi társadalmi dilemmánál érvényben marad. A tévedések (zaj) mértékének növelése nyilvánvalóan csökkenti a hatékonyságot. Amikor ezt az eredményt összehasonlítottuk azzal az esettel, ahol a játékosok stratégiaválasztását az egyéni haszon növelése motiválta, akkor meglepődve tapasztaltuk, hogy az egyéni önzésen alapuló dinamikai folyamat még ennél is eredményesebb lehet a zaj és nyereményértékek egy szűk tartományán belül. Ezt a jelenséget erősítette fel a snóblizás hatása (1. piros körök az 5. ábrán).

A jelenség feltérképezése még csak most kezdődött. Az eddigi tapasztalatok alapján az 5. ábra eredményét ritka kivételnek kell tekintenünk. Mint a komplex rendszereknél általában, itt is azt tapasztaljuk, hogy a végeredmény erősen függ a rendszer nagyszámú paraméterétől [7]. Emiatt csak egy hosszadalmas és szisztematikus elemzés után alakíthatjuk ki véleményünket arról, hogy a modellen keresztül tanulmányozott tulajdonságok [nyeremények, evolúciós szabály (zaj), kapcsolatrendszer stb.] miképpen erősítik vagy gyengítik egymás hatásait a

közösség számára előnyös magatartás fenntartása szempontjából.

Végezetül nem hallgathatjuk el a snóblizás egy hátrányos mellékhatását. Ha a snóblizás hajtóerejét, vagyis a snóblizáshoz kötődő nyereséget hányadát növeljük, akkor a rendszerben a rendezetlen állapot kialakulását is segítjük ugyanúgy, mint amikor a zaj mértékét növeljük. Az előzetes eredmények azt mutatják, hogy a snóblizás pozitív hatása csak egy erősen körülhatárolt paraméter tartományon belül érvényesül. Ugyanakkor azt is el kell mondani, hogy az ún. koevolúciós modellek [7] vizsgálata számtalan példát szolgáltatott olyan jelenségre, amikor a rendszerben a párhuzamosan fejlődő tulajdonságok (pl. stratégia, kapcsolatrendszer, dinamikai szabályok, személyes tulajdonság) életben tartották azokat az előnyös tulajdonságokat, amelyek meglétére az erősen korlátozott modellek hívták fel a figyelmet.

Összefoglalva, a snóblizásra emlékeztető jövedelem módosítás haszna vagy kára a közössel, illetve az egyén számára erősen függ a körülményektől. A matematikai modellek segítségével a jelenség mikroszkopikus háttere feltárható, a körülmények makroszkopikus hatását pedig számszerűen is vizsgálhatjuk, de a jelenség teljes feltérképezéséhez csak a matematikai modellek által definiált körülmények és feltételek következetes tanulmányozásán keresztül juthatunk el. *

Köszönetnyilvánítás

Kutatásaink támogatásáért köszönettel tartozunk az OTKA-nak (K101490).

Irodalom

- [1] Maynard Smith J., *Evolution and the Theory of Games*, Cambridge University Press, Cambridge (1982)
- [2] van Valen L., *A new evolutionary law*, *Evolutionary Theory* 1, 1-30 (1973)
- [3] Szabó G., Fáth G., *Evolutionary games on graphs*, *Rev. Mod. Phys.* 446, 97-216 (2007)
- [4] Szolnoki A., *Társadalmi dilemmák mint komplex rendszerek*, *Természet Világa* 144, 98-102, (Káosz, környezet, komplexitás, II. különszám, 2013)
- [5] Vukov J., *Csalni vagy nem csalni? – Matematikai komplexitás az emberi kapcsolatokban*, *Természet Világa* 144, 103-106 (Káosz, környezet, komplexitás, II. különszám, 2013)
- [6] Kondor I., *A komplexitás kihívása*, *Természet Világa* 144, 86-90 (Káosz, környezet, komplexitás II különszám, 2013)
- [7] Perc M., Szolnoki A., *Coevolutionary games: A mini review*, *BioSystems* 99, 109-125 (2010)

Bögölycsapda poláros fényvel

Első rész A bögölypapír

Anőstény bögölyöknek (1. ábra) petéik érleléséhez emlősök véérére van szükségük, amihez a gazdaállataik számára fájdalmas vérszívással jutnak. A bögölyök csapdázására nagy szükség van, mert veszélyes betegségek (pl. nyúlpestis, anaplazmózis, birkakolera, filariázis, lépfene, Lyme-kór) kórokozójának terjesztői, és folyamatos zaklatásuk következtében gazdaállataikat nem hagyják legelni. A lovakat például a vérszívó bögölyök folyamatos támadásai miatt nem lehet megülni, a szarvasmarhák tej- és hústermelése pedig a nyári bögölyszezonban jelentősen csökken. A bögölyharapások helyén gyakran maradandó hegek keletkeznek, amelyek csökkentik a gazdaállat és az elpusztulása után cserzendő bőrének értékét.

A bögölyök vonzódnak a lineárisan poláros fényhez (pozitív polarotaxis). E jelenséget kihasználva csapdák fejlesztettek ki befogásukra. A TabaNOid® bögölycsapdacsalád jelenleg három, polarizációs elven működő, magyar szabadalmi oltalommal védett bögölycsapdat foglal magába: (1) ragadós bögölypapír, (2) vizes-étolajos folyadéktálca, (3) napelemes, forgórótos rovarcsapda. A negyedik bögölycsapdatípus fejlesztés alatt áll. Jelen cikkünkben a bögölypapírt mutatjuk be, míg cikkünk második részében a folyadékcspadát. A napelemes rovarcsapdában a csali egy vízszintesen beállított napelemtábla, ami a felületéről visszavert horizontálisan poláros fényvel vonzza magához a bögölyöket. A napelemtábla felszínét érinteni vagy arra leszállni próbáló bögölyöket egy gyorsan forgó vékony drót kaszálja el, a drót forgatásához használt elektromotort pedig a napelem által termelt villamos energia hajtja.

A legyek ragacos papírral történő csapdázása ősrégi eljárás. A hagyományos légypapírnak négy fontos tulajdonsága van: (i) világos (drapp vagy sárgás) színű, (ii) hosszúka alakú, (iii) függőle-



1. ábra. Virágon ülő bögöly

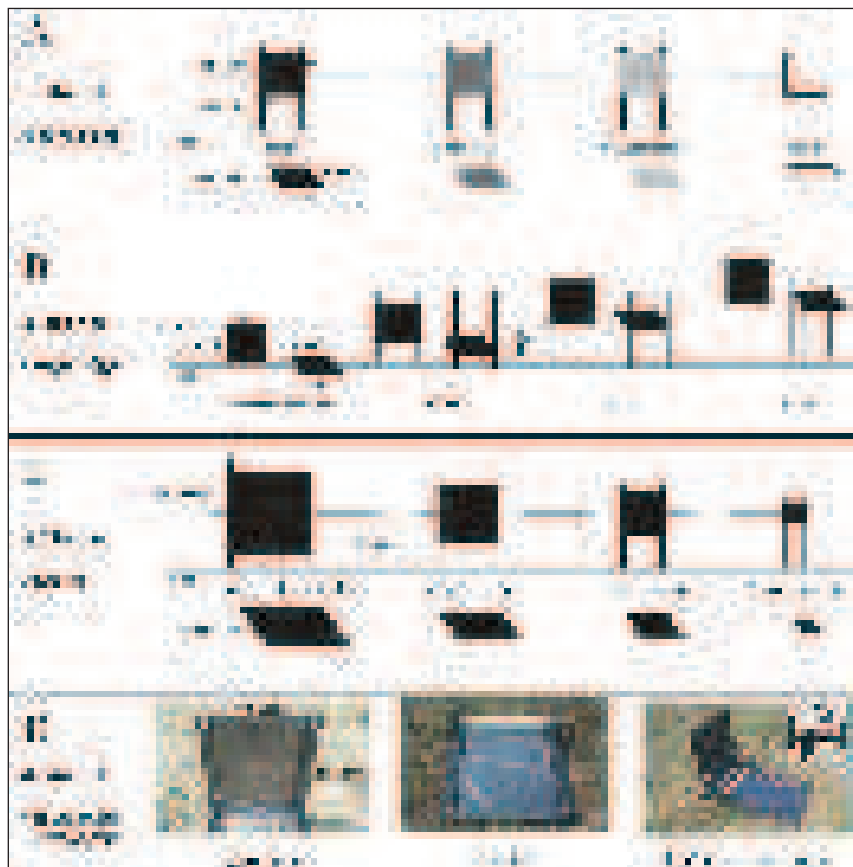
gesen lefelé lóg, és (iv) a talajszint fölött néhány méterrel függesztik föl. E klasszikus légypapír azonban a bögölyöket nem fogja meg, mert nem vonzza őket. A bögölyök lineárisan poláros fényhez való vonzódására alapozva, a klasszikus légypapírt továbbfejlesztve, megalkottuk az ideális bögölypapírt. Terepkísérletekben igazoltuk (2. ábra), hogy az optimális bögölypapír (1) fényes fekete színű, (2) kellően nagy méretű (75 cm × 75 cm), (3) egy-egy ragadós vízszintes és függőleges elemből áll L alakban elrendezve úgy, hogy (4) a vízszintes rész a talajon fekszik, a függőleges rész pedig 1–1,5 méterrel a talaj fölött. Képzelt polarimetriával mértük a bögölypapír fénypolarizációs sajátságait (3. ábra). Ezen új polarizációs bögölycsapda terepkísérletekben meghatározott ideális optikai és geometriai paramétereire fizikai és biológiai magyarázatot adtunk. A csapda vízszintes eleme a vízereső hím és nőstény bögölyöket fogja meg (4. ábra), míg a függőleges része a vérszívás céljából gazdaállatot kereső nőstény bögölyöket csapdázza (5. ábra).

Terepkísérletek ragadós felületekkel

Terepi vizsgálatainkat 2012 nyarán (június-szeptemberben) végeztük egy bögölyökben gazdag szokolyai lovas tanyaán, a következő bögölyfajokkal: *Tabanus tergustinus*, *T. bromius*, *T. bovinus*, *T. autumnalis*, *Atylotus fulvus*, *A. loewianus*, *A. rusticus*, *Haematopota italica*. Kísérleteinkben homogén fehér, szürke és fekete tesztfelületeket használtunk, hogy az egyéb színeknek a bögölyök vonzására gyakorolt hatását kizár-

lappár fekete volt, a 2., 3. és 4. pedig sötétszürke, világosszürke és fehér. A függőleges tesztfelületek középpontja a talajtól 1 m magasságban helyezkedett el, míg a vízszintes felületeket a talajra fektettük.

A 2. kísérletben (2B. ábra) azt tanulmányoztuk, hogy a kihelyezett ragadós csapdafelületek talajszint fölötti magassága miként befolyásolja a bögölyökre gyakorolt vonzást. Négy fekete műanyag lapból (50 cm × 50 cm × 0,5 cm) álló felületpárost teszteltünk. A páros egyik tagja vízszintes volt, a másik függőleges.



2. ábra. A TabanoOid® bögölypapír prototípusának kifejlesztéséhez vezetőkísérletek (D sor: Horváth Gábor felvételei)

juk. A ragadós tesztfelületeket átlátszó, színtelen, szagtalan, időjárásálló ragasztóval vontuk be, és rendszeres időközönként leszámoztuk, majd eltávolítottuk az általuk csapdázott rovarokat, végül a csapdák helyét véletlenszerűen fölcseréltük.

Az 1. kísérletben (2A. ábra) azt vizsgáltuk, hogy a vízszintes és függőleges ragadós lapok szürkessége miként befolyásolja azok bögölyvonzó-képességét. Összesen 4 darab, két műanyag lapból (50 cm × 50 cm × 0,5 cm) álló párt használtunk úgy, hogy egy lappár egyik tagja vízszintes, a másik függőleges volt. Az 1.

Az 1. lappárt a talajra helyeztük, a 2., 3. és 4. párt pedig 50, 100 és 150 cm magasan rögzítettük a talaj fölött.

A 3. kísérlet (2C. ábra) célja annak vizsgálata volt, hogy a ragadós csapdafelületek mérete miként befolyásolja a bögölyökre gyakorolt vizuális vonzó-képességet. Négy fekete műanyag lapból álló párost tanulmányoztunk. Minden lappár egyik tagját vízszintesen a talajra fektettük, a másikat pedig függőlegesen helyeztük el 1 m magasan. Az 1., 2., 3. és 4. pár lapjainak mérete rendre a következő volt: 25 cm × 25 cm, 50 cm × 50 cm, 75 cm × 75 cm, 100 cm × 100 cm.

A 4. kísérletben (2D. ábra) az általunk kifejlesztett TabanoOid® polarizációs bögölypapírt teszteltük. A prototípus egy fekete falemezből (43 cm × 57 cm) és az egyik oldalán ragadós fóliatekerccsből áll. A fóliatekerccset az alaplemez két függőleges oldalán bemart csatorna rögzíti. Az átlátszó fóliát a ragadós felével fölfelé kell kihúzni úgy, hogy a fekete alaplemezt teljesen befedje, majd négy csavarral a fólia nem ragadós szélét az alaplemez és a tartólecek közé kell rögzíteni. A csapdához két további vízszintes lécs is erősíthető, melyek a függőlegesen fölállított csapdafelület stabilizálják. A csapda minden eleme fényes feketére festett, hogy a lehető legnagyobb legyen a visszavert fény polarizációfoka. Három különböző csapdaelrendezést vizsgáltunk: (i) egy vízszintesen a talajra helyezett bögölypapírt, (ii) egy függőlegesen a talajra állított bögölypapírt, továbbá (iii) egy vízszintes és egy függőleges bögölypapír L alakú elrendezését.

A talajra fektetett fekete bögölypapír a leghatékonyabb

Az 1. kísérletben (2A. ábra) a fekete tesztfelületek fogták a legtöbb bögölyt (vízszintes: 51,2%, függőleges: 54,1%), a sötétszürke felületek kevésbé voltak vonzóak (vízszintes: 46,8%, függőleges: 34,7%), a világosszürke (vízszintes: 1,9%, függőleges: 1%) és fehér (vízszintes: 0,1%, függőleges: 10,2%) felületek pedig gyakorlatilag nem vonzották a bögölyöket. A vízszintes fekete, sötétszürke, illetve világosszürke felületek 16,7-szer, 23,8-szer, illetve 33-szor annyi bögölyt fogtak, mint az azonos színű függőleges párjaik. A függőleges fehér tesztfelület viszont 10-szer annyi bögölyt csapdázott, mint a vízszintes fehér. Az 1. kísérletből a következő tanulságokat vontuk le: (i) a vízszintes vagy függőleges ragadós felületek akkor a leghatékonyabbak, ha fekete vagy sötétszürke színűek, és (ii) egy vízszintes, fekete, ragacos felület több mint 15-ször annyi bögölyt fog, mint egy ugyanolyan méretű, függőleges. E különbségek statisztikailag szignifikánsak.

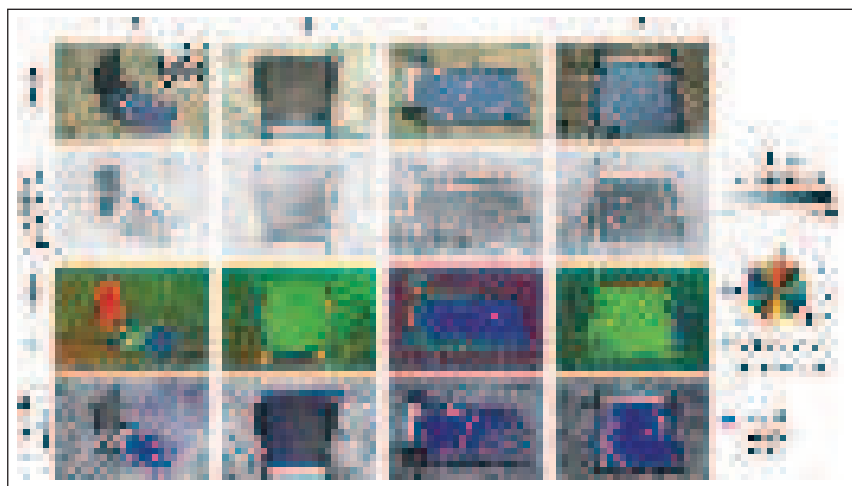
A 2. kísérlet (2B. ábra) szerint a ragadós, fekete, vízszintes felület gyakorlatilag (98,9%) csak a talajszintre fektetve fogja a bögölyöket. Az 50, 100, illetve 150 cm magasan lévő vízszintes fekete felületek a teljes bögölyfogságnak csak a 0,7%, 0,2%, illetve 0,2%-át adták. A függőleges felületek esetében viszont a talajszinten lévő és az 50 cm-rel megemelt felületek kevesebbet fogtak (14,0% és 15,4%), mint a magasabban (100 cm és 150 cm) lévőek (37,8% és 32,7%). A talajszinten lé-

vő vízszintes felület 23-szor annyi bögölyt csapdázott, mint a leghatékonyabb, 100 cm-re megemelt függőleges felület. A 2. kísérletből kiderült, hogy a vízszintes, ragacsos, fekete felületet a talajszintre kell helyezni, hogy a leghatékonyabban fogja a bögölyöket.

A 3. kísérlet (2C. ábra) szerint a megfogott bögölyök száma növekszik a vízszintes és függőleges tesztfelületek méretének növelésével. A vízszintes felületek 6,3-szer, 21,7-szer, 15,3-szer és 17,6-szer több bögölyt fogtak, mint az azonos méretű függőleges csapdák. Az elejtett bögölyök r felületi sűrűsége (az 1 m²-re jutó bögölyök száma) a vízszintes (r = 3541 / m²) és a függőleges (r = 231 / m²) felületek esetében is a 75 × 75 cm² méretű csapdánál volt a legnagyobb. Az r felületi sűrűség a két kisebb (25×25 cm² és 50×50 cm²), függőleges tesztfelületnél egyenlő volt, míg a vízszintes felületeknél a legkisebb (25×25 cm²) csapda felületi sűrűsége (r = 912 / m²) kisebb volt, mint az eggyel nagyobb (50×50 cm²) csapdácé (r = 3128 / m²). A vízszintes és függőleges tesztfelületek r-értékeinek különbségei nem voltak jelentősek. A 3. kísérletből megtudtuk, hogy minél nagyobb egy ragadós, fekete felület, annál több bögölyt fog, és az optimális méret 75 × 75 cm², amikor a bögölyfogás felületi sűrűsége a legnagyobb.

A 4. kísérletben (2D. ábra) az új polarizációs bögölycsapda függőleges része sokkal kevesebb (5,4% és 5%) bögölyt fogott, mint a vízszintes része (38,3% és 51,3%). Az L alakú kombinált csapda H_L vízszintes része több bögölyt (51,3%) fogott, mint az

3. ábra. A TabaNoid® polarizációs bögölypapír prototípusáról készült fényképek, a spektrum zöld (550 nm) tartományában képalkotó polarimeriával mért polarizációs mintázatok (d polarizációfok, függőlegestől mért α polarizációs szög), és a bögölyök által vizuálisan víznek érzékelt területek (melyekre igaz, hogy d > 20% és 80° < α < 100°) különböző irányokból nézve. A polariméter optikai tengelye a vízszintessel -35°-os szöget zárt be. A 3. sorban a fehér kettősfejű nyilak a ragadós csapdafelzínről visszaverődő fény polarizációjának irányát mutatják (Horváth Gábor felvételei)



4. ábra. A lakásban (A) és istállóban (B) használatos hagyományos légytapir, és az új, TabaNoid® polarizációs bögölypapír (C). Az A és B képen az apró fekete foltok a különféle csapdázott legyek tetemei, míg a C képen látható rengeteg csapdázott rovteteme szinte kizárólag bögölyöké (Kriska György felvételei)

egyedül álló vízszintes csapda H_S felülete (38,3%), de e különbség statisztikusan nem volt szignifikáns. A V_S egyedül álló függőleges felület (5,4%) és az L alakú csapda V_L függőleges része (5%) közti fogáskülönbség szintén nem volt számottevő. A kombinált csapda több bögölyt fogott (H_L+V_L = 56,3%), mint a különálló vízszintes (H_S = 38,3%) és függőleges (V_S = 5,4%) csapdák összesen (H_S+V_S = 43,7%), de e különbség nem volt jelentős.

A vízszintes csapdafelületek 7-szer, illetve 10,2-szer több bögölyt fogtak, mint a függőleges felületek, mely különbségek szignifikánsak voltak. A 4. kísérlet tanulsága, hogy az új, polarizációs elven működő bögölycsapda terepkörülmények között kiválóan működik, és a legjobb választás L alakban kombinálni egy vízszintes és egy függőleges bögölypapírt. Gyakorlati szempontok alapján a csapda függőleges táblája a talajon áll, mert nehéz lenne azt a talajszint fölött szélállóan rögzíteni.

A 3. ábrának megfelelően a bögölypapír vízszintes és függőleges felületéről visszavert fény d polarizációfoka a látóiránytól függ, de a Brewster-szög közelében mindig magas (70% < d < 90%) [Brewster-szög: $\theta_{\text{Brewster}} = \arctan(n) = 56,3^\circ$ a felület normálisától mérve, n = 1,5 törésmutatóval számolva]. A visszavert fény polarizációjának iránya vízszintes, ha a visszaverődés síkja függőleges, emiatt a csapda vízszintes eleme mindig vízszintesen poláros fényt tükröz (a 3. ábra 3. sorában világoszöld és kék színekkel ábrázolva). Ha a visszaverődési sík vízszintes vagy ferde, akkor a visszavert fény polarizációjának iránya függőleges vagy ferde (a 3. ábra 3. sorában világospiros és sárga színekkel ábrázolva). A tükröződési polarizációs mintázatokból látható, hogy a bögölypapír vízszintes elemének túlnyomó részét (> 90%) a polarotaktikus, vizet kereső bögölyök víznek tekintik (a 3. ábra 4. sorában kék színnel ábrázolva). A polarotaktikus bögölyök azon helyeket tekintik víznek, ahonnan az érkező fény polarizációfoka d > 20%, a függőle-

gestől mért polarizációs szög pedig $80^\circ < \alpha < 100^\circ$. A gazdaállatot kereső nőtény bogolyt vonzó függőleges bogolypapír a nézőponttól függően vízszintesen, ferdén vagy függőlegesen polarizált fényt ver vissza, a Brewster-szög közelében mindig nagy polarizációfokkal. E polarizációs mintázatokról látszik, hogy a polarotaktikus bogolyok a vízszintes bogolypapírt víznek érzékelik. Ez magyarázza, hogy a vízszintes bogolypapír miért olyan vonzó a bogolyoknak.

Bogolypapír kontra légyapír

Az 1. kísérlet (2A. ábra) alapján tehát az ideális bogolypapír fekete, ellentétben a klasszikus légyapír világos színével. A 2. kísérletnek (2B. ábra) megfelelően az ideális bogolypapír vízszintes része a talajon fekszik, függőleges része pedig a talajszinttől 1 m magasan van, nem úgy, mint a légyapír, ami néhány méter magasságból függőlegesen lóg lefelé. A 3. kísérletből (2C. ábra) kiderült, hogy a légyapír keskeny csík alakjához képest

Az ideális bogolypapír fekete színe a bogolyok pozitív polarotaxisával magyarázható. A bogolyok vonzódnak a lineárisan poláros fényhez, mely vonzódás annál nagyobb, minél magasabb a fény lineáris polarizációfoka. Az úgynevezett Umow-szabály következtében egy sötétebb felület mindig magasabb polarizációfokú fényt ver vissza. Emiatt a fényes, fekete felület az, ami a legmagasabb polarizációfokú fényt tükrözi, miáltal a legvonzóbb a polarotaktikus bogolyoknak.

Mire buknak a bogolyok?

A 4. kísérletben (2D. ábra) az L alakban elrendezett bogolypapír vízszintes része 10-szer annyi bogolyt fogott, mint a függőleges rész. Az 1–3. kísérletekben (2A–C. ábra) is hasonló eredmények adódtak: a vízszintes tesztfelületek 15–23-szor annyi bogolyt csapdáztak, mint a függőlegesek. Ennek magyarázata a következő. Kimutattuk, hogy a polarotaxisnak két eltérő fajtája van: (1) a gazdaállatot kereső nőtény bogolyok a po-

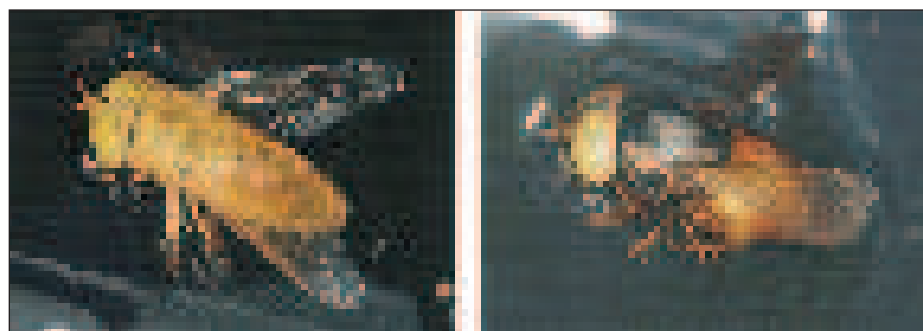
ideje alatt végig nagyon vonzóak voltak, így jóval több bogolyt fogtak, mint a függőleges bogolypapírok.

Kísérleteink során azt tapasztaltuk, hogy egy vízszintes, fényes, fekete, ragadós felület csak a talajra helyezve csapdázza a bogolyokat. Ez azzal magyarázható, hogy a bogolyok csak a talajszinten lévő felületeket érzékelik víznek. Úgy tűnik, a bogolyok "tudják", hogy a valódi víztestek mindig csak a talajszinten fordulnak elő, és egy vízszintesen polarizáló, de a talajszint fölötti felületet már nem tekintenek víznek. Ez némiképp meglepő, mivel számos más vízirovarfaj akkor is vonzódik egy vízszintesen polarizáló felülethez, ha az néhány méterrel a talaj fölött van. Példaként említjük az ugyancsak polarotaktikus árvaszúnyogokat, amelyek nőtényei még egy autó tetejére helyezett, vízszintesen polarizáló felülethez is vonzódnak, mert víznek hiszik.

Azt tapasztaltuk, hogy az L alakban kombinált bogolypapír vízszintes és függőleges felületének is közel $75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ az ideális mérete. Ennél kisebb vagy nagyobb csapdafelületeknek kisebb a felületi bogolyfogó sűrűsége. A függőleges csapdafelület a nőtény bogolyok gazdaállatait utánozza. Egy adott bogolyfaj akkora méretű csapdafelülethez vonzódhat legjobban, ami a leggyakoribb gazdaállatának az átlagos mérete, mely ideális méret fajról fajra változhat. Terepkísérleteink helyszínén és az általunk tanulmányozott bogolyfajok esetében a $75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ méretű függőleges csapdafelület bizonyult a legvonzóbbnak, mivel ez lehet a környéken föllelhető gazdaállatok (lovak, marhák, birkák, kutyák, emberek) átlagos mérete.

A vízszintesen polarizáló felületek vizet jelentenek a polarotaktikus, vízkereső bogolyok számára. A bogolyok ivása és a testük hűtése szempontjából lényegtelen a víztest mérete. Ha viszont a nőtény bogolyok a peterakáshoz keresnek alkalmas területet, akkor nagyon is számít a víztest mérete. A túl kicsi vizek hamar kiszáradhatnak, a túl nagy vizekben pedig halak élhetnek, melyek a bogolylárvákat megehetik. A 3. kísérletünkéből (2C. ábra) kiderült, hogy az általunk vizsgált bogolyfajok ideális peterakó helyei $75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ méretűek. Ezen ideális méret azonban fajfüggő is lehet.

A bogolypapír függőleges, illetve vízszintes felülete gazdaállatot, illetve vizet jelent a bogolyok számára. Néhány szélsőséges esettől eltekintve (pl. csík alak) mind a gazdaállatoknak, mind a víztesteknek első közelítésben négyzetes közeli alakja van. Ezért egy függőleges csík nem jól utánozza a gazdaállat alakját, és egy vízszintes csík alakú felület sem hasonlít egy bogó-



5. ábra. A TabaNoid® polarizációs bogolypapírba ragadt különböző bogolyfajok tetemei (Kriszka György felvételei)

az ideális bogolypapír $75 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$ méretű, mikor a bogolyfogás felületi sűrűsége a legnagyobb.


Tehát, ha a hagyományos légyapír világos színét feketeire változtatjuk, a keskeny csík alakját 75 cm élhosszúságú négyzetre cseréljük, a kihelyezés magasságát a talajszintre szállítjuk le, és a függőleges helyzetét vízszintesre módosítjuk, akkor megkapjuk az ideális bogolypapírt, ami hatékony eszköze a polarotaktikus bogolyok csapdázásának (4–5. ábra). Az 1–3. kísérletek (2A–C. ábra) eredményei alapján megalkottuk a TabaNoid® nevű ideális bogolypapírt, ami egy L alakban elrendezett vízszintes és függőleges, ragadós, fekete felületből áll. A 4. kísérletből (2D. ábra) kiderült, hogy e bogolypapír terepkörülmények között is kiválóan működik, a bogolyokat hatékonyan csapdázva.

larizáció-iránytól függetlenül a nagy polarizációfokú fényhez vonzódnak, (2) a vizet kereső hím és nőtény bogolyok a vízszintesen poláros fényt keresik, ugyanis csak ez jelent számukra vizet. Ezért a ragadós függőleges csapdafelületeink csak a gazdaállatot kereső, vért szívni akaró nőtény bogolyokat fogták meg. A gazdaállat-keresés pedig főleg a bogólszezon elején jelentős. A vízszintes csapdafelületeink viszont mindazon hím és nőtény bogolyokat elejtették, amelyek vizet kerestek, hogy (i) igyanak, (ii) a vízben hűtsék testüket, (iii) a víz közelében párosodjanak és (iv) a víz közelében rakják le petéiket. Az (i) és (ii) motiváció a teljes bogólszezon alatt jelen van, a (iii), ill. (iv) pedig a bogólszezon első felében, illetve annak vége felé jellemző. E többé-kevésbé folyamatosan jelenlévő motivációknak köszönhetően a vízszintes csapdafelületek a bogólszezon teljes

lyők számára alkalmas peterakó helyhez. Ezért a hagyományos légyapírcsik alakja nem megfelelő a bögölypapírhoz.

A praktikus bögölypapír

Az ideális, 75 cm × 75 cm-es csapdának előnye az is, hogy könnyen kezelhető, szállítható, a terepen fölállítható és cserélhető. Egy ennél nagyobb méretű csapda kezelése már nehézkes lenne, egy kisebb csapda pedig kisebb hatékonyságú volna.

Korábban számos kutató alkalmazott már vízszintes, ragadós, fekete felületeket a bögölyök megfogására, mely felületek a TabanoId® polarizációs bögölypapír előhírnökei. Elődeink azonban nem tudták a bögölyök testfelületekhez való vonzódásának pontos okát. Ez minden korábbi esetben a vizet kereső bögölyök vízszintesen poláros fényhez való vonzódása, azaz pozitív polarotaxisa volt, amit nemrég fedeztünk föl. 

HORVÁTH GÁBOR–
BLAHÓ MIKLÓS–
SZÁZ DÉNES–
BARTA ANDRÁS–
FARKAS RÓBERT–
GYURKOVSKY MÓNKA

Irodalom

Blahó M., Horváth G., Hegedüs R., Kriska Gy., Geric B., Farkas R., S. Åkesson (2010) A lovak fehérségének egy nem várt előnye: A leginkább "bögölyálló" ló depolarizáló fehér szőrű, a fekete ló pedig szenved a polarizáló szőrt. *Fizikai Szemle* 60: 145-155

Blahó, M.; Egri, Á.; Barta, A.; Antoni, Gy.; Kriska, Gy.; Horváth, G. (2012) How can horseflies be captured by solar panels? A new concept of tabanid traps using light polarization and electricity produced by photovoltaics. *Veterinary Parasitology* 189: 353-365

Blahó M., Egri Á., Horváth G., Barta A., Antoni Gy., Kriska Gy. (2013) Hogyan fogható napelemmel bögöly? Fénypolarizációra és fotoelektromosságra épülő új rovarcsapda, avagy alap kutatásból gyakorlati haszon. I. rész. *Fizikai Szemle* 63: 145-149

Egri Á., Horváth G., Kriska Gy., Farkas R., S. Åkesson (2010) Miért csíkos a zebra? A poláros fényszennyezés csökkentésének trükkje. *Természet Világa* 141: 498-502

Egri, Á.; Blahó, M.; Kriska, Gy.; Farkas, R.; Gyurkovszky, M.; Åkesson, S.; Horváth, G. (2012) Polarotactic tabanids find striped patterns with brightness and/or polarization modulation least attractive: An advantage of zebra stripes. *Journal of Experimental Biology* 215: 736-745 + electronic supplement

Egri, Á.; Blahó, M.; Száz, D.; Barta, A.; Kriska,

Gy.; Antoni, Gy.; Horváth, G. (2013) A new tabanid trap applying a modified concept of the old flypaper: Linearly polarising sticky black surfaces as an effective tool to catch polarotactic horseflies. *International Journal for Parasitology* 43: 555-563

Egri Á., Blahó M., Horváth G., Barta A., Antoni Gy., Kriska Gy. (2013) Hogyan fogható napelemmel bögöly? Fénypolarizációra és fotoelektromosságra épülő új rovarcsapda, avagy alap kutatásból gyakorlati haszon. II. rész. *Fizikai Szemle* 63: 181-187

Horváth, G.; Majer, J.; Horváth, L.; Szivák, I.; Kriska, Gy. (2008) Ventral polarization vision in tabanids: Horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften* 95: 1093-1100

Horváth, G.; Blahó, M.; Kriska, Gy.; Hegedüs, R.; Geric, B.; Farkas, R.; Åkesson, S. (2010) An unexpected advantage of whiteness in horses: The most horsefly-proof horse has a depolarizing white coat. *Proceedings of the Royal Society B* 277: 1643-1650

Horváth G., Kriska Gy. (2010) A sirkövek és a zebra is sokat segíthetnek: A bögölycsapdától a poláros fényszennyezés csökkentési módjáig. *Napi Gazdaság* 20. évfolyam, 242. (5322.) szám, 2010. december 14., Melléklet: *Napi Innováció* IV. oldal

Kriska Gy., Horváth G., Majer J., Szivák I., Horváth L. (2007) Poláros fényvel a bögölyök ellen. *Vizuális ökológia. Élet és Tudomány* 62: 1549-1551

Kriska, G.; Majer, J.; Horváth, L.; Szivák, I.; Horváth, G. (2008) Polarotaxis in tabanid flies and its practical significance. *Acta Biologica Debrecina, Supplementum Oecologica Hungarica* 18: 101-108

Köszönetnyilvánítás: Kutatásunkat az EuFP7 TabanoId-232366 pályázat támogatta. Köszönettel tartozunk az Alexander von Humboldt Alapítványnak az eszköztámogatásért, továbbá Viski Csabának (Szokolya) és Simon István-nak (Göd), akik helyet biztosítottak kísérleteinknek a lovastanyáikon. Köszönjük Buza Orsolyának, Havasi András-nak (MFKK Feltalálói és Kutató Központ Szolgáltató Kft., Budapest), Egri Ádám doktorandusznak és Herczeg Tamás-nak (ELTE Környezetoptika Labor), Antoni Györgyinek (ELTE Pályázati és Innovációs Központ), valamint Kriska Györgynek (ELTE Biológiai Intézet, és MTA Dunakutató Intézet) a terepkísérletek során és azok eredményeinek kiértékelésében nyújtott segítségüket. Há-lásak vagyunk Prof. Majer József-nek (Pécsi Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Ökológiai Tanszék), ami-ért meghatározta a csapdáink által fogott bögölyöket.

E számunk szerzői

ÁNGYÁN ANNAMÁRIA FRANCISKA vegyész, posztdoktor, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar, Budapest; DR. BARTA ANDRÁS biofizikus, Estrato Kutató és Fejlesztő Kft., Budapest; DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudományok doktora, Wigner Intézet, Budapest; BLAHÓ MIKLÓS, biofizikus doktorandusz, ELTE Környezetoptika Laboratórium, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest; DR. ELEKES ZOLTÁN tud. főmunkatárs, MTA Atomki, Debrecen; PROF. FARKAS RÓBERT egyetemi tanár, Parazitológiai és Állattani Tanszék, Szent István Egyetem, Budapest; DR. FREUD RÓBERT matematikus, ny. egyetemi docens, ELTE Algebra és Számelmélet Tanszék, Budapest; DR. FÜLÖP ZSOLT, az MTA doktora, az MTA Atomki igazgatója, Debrecen; DR. GÁSPÁRI ZOLTÁN biológus, docens, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar, Budapest; GYURKOVSKY MÓNKA kutatóasszisztens, Parazitológiai és Állattani Tanszék, Szent István Egyetem, Budapest; DR. HARANGI SZABOLCS tsz. egyetemi tanár, ELTE TTK, Közzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest; DR. HORVÁTH GÁBOR biofizikus, habilitált egyetemi docens, az MTA doktora, ELTE Környezetoptika Laboratórium, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest; DR. INZELT GYÖRGY egyetemi tanár, ELTE, Fizikai-Kémiai Tanszék, Budapest; DR. KAPRONCZAY KÁROLY történész, a Semmelweis Orvostörténeti Könyvtár ny. igazgatója, Budapest; DR. KÉRI ANDRÁS főiskolai docens, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; DR. RADNAI GYULA egyetemi docens, ELTE Fizikai Intézet, Budapest; DR. SCHILLER RÓBERT, a kémiai tudomány doktora, professor emeritus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; STAAR GYULA főszerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. SZABÓ GYÖRGY tud. tanácsadó, MTA TTK, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Komplex Rendszerek Osztálya, Budapest; SZÁZ DÉNES biofizikus doktorandusz, ELTE Környezetoptika Laboratórium, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest; DR. SZERÉNYI GÁBOR ny. középiskolai tanár, Érd; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár.

KÉRI ANDRÁS

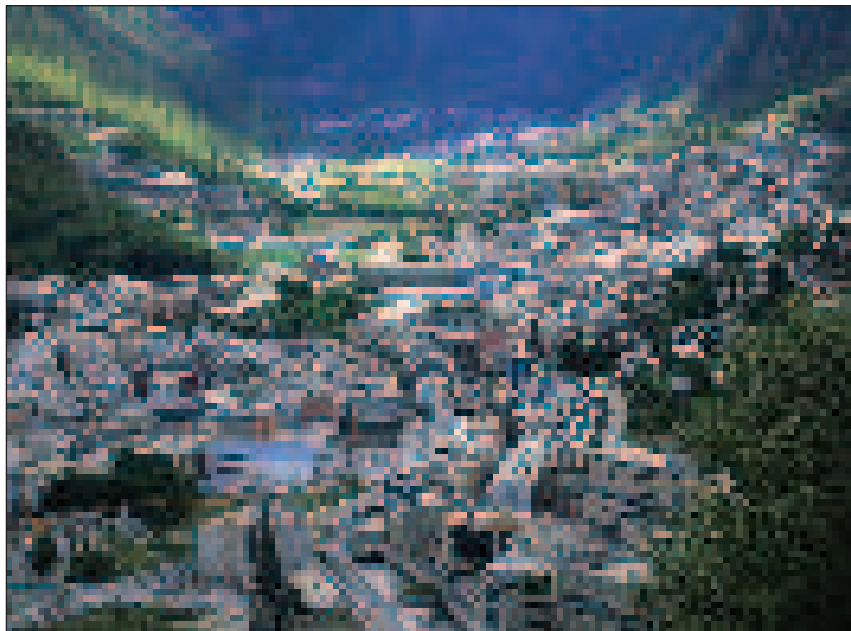
Andorra, a parányi óriás

A Pireneusok világában két különös politikai képződmény található. Az egyik a líviai enklávé Franciaország területén (Természet Világa, 2013/3.), amely spanyol fennhatóság alatt áll, és a tőle alig 30 kilométerre lévő Andorrai Hercegség, amely vámmentes termékeivel mindig is a bevásárlóturizmus célpontja volt. Ez a tradicionális szabadkereskedelem a spanyol és francia területek között történelmi időkig, 1448-ig nyúlik vissza. Azoknak pedig, akik „adóoptimalizálással” kívánták jövedelmüket kamatoztatni, és ezért ugyancsak előszeretettel választották Andorrát, rossz hír, hogy az uniós pénzügyminiszterek minden adóparadicsomnak számító európai törpeállammal meg egyeztek a bankszámlaadatok kicserélésében, s 2013. július 1-től itt is bevezették a személyi jövedelemadót, a már létező 9%-os társadalombiztosítás és a 4%-as áfa mellé.

Az Ibériai-félszigeten két hercegség is van és mindkettő Paraiso Natural, azaz Természeti Paradicsom. Az egyik Asztúria a Kantábiai-Kordillerák Atlanti-óceánra néző oldalában (Természet Világa, 2008/4.), melynek egyedülálló, asztúriai építészeti stílusnak nevezett preromán templomai (VIII–X. sz.) képezik a világörökség részét, míg pireneusi társában a Lombardiából érkezett építészek különleges lombardiai román stílust honosítottak meg a XI. században. Így vált Andorra a „szabadtéri román művészet múzeumává”.

Méltatlanul keveset tudunk a Budapestnél is kisebb országról, amely Európa legnagyobb törpeállama (468 km²), legmagasabban fekvő országa, s ez utóbbi vonatkozik fővárosára, a 22 ezer lakosú Andorra la Vellára is (1029 m). A Pireneusok délre néző oldalán fekszik, s Franciaországtól magas csúcsok választják el. Ez a vízválasztó a határ. Gleccserek formálta vidék, melyet a jégkorszakban szinte teljes egészében, a délen épült La Margineda hidig beborított a jég. (Itt létesült az ország első települése, Balma de la Margineda.) Andorra az Y alakot öltő Valira folyók jég vájta völgyében helyezkedik el, a Pireneusok keleti láncaitól övezett medencében, s itt él a lakosság túlnyomó többsége.

Az U alakú mély, egykori gleccservölgyben telepedtek le Andorra lakói és a kedvezőbb éghajlat tette lehetővé a me-



Andorra la Vella, a főváros

zőgazdasági termelést. A folyóvölgyi teraszokon búzát, rozst, kukoricát, burgonyát, zöldségféléket, dohányt és szőlőt termesztenek. A jég formálta lépcsőzetes térszínen több mint 60 jelentősebb glaciális eredetű tó alakult ki; ezek az *estanyk*. A spanyol határtól fokozatosan egyre feljebb jutunk, s az éghajlattal változik a növényzet is. 2200 méter felett már nincs se fa, sem pedig emberi település. Ez a magashegységi *pradók*, alpesi legelők világa, hatvanöt, 2500 méter feletti csúccsal. (Az ország legmagasabb pontja az északi határnál a Pic de Coma Pedrosa 2946 m, melynek tetjére fel lehet gyalogolni.) Az egy lakosra jutó 2000 méter feletti csúcsok számában világelső. Az ország legalacsonyabb pontja a spanyol határnál a Valira folyó (838 m), amely bizonyára az aktuális vízszint szerint változik.

A terület első lakói nyolcezer évvel ezelőtt érkezhettek, s barlangokban húzták meg magukat. I.e. 2000 körül juh- és kecsketartó pásztorok vándoroltak be, s hozták magukkal a megalit kultúrát, melyek örökségét Sorteny és Sornás dolmenjei (közösségi temetői) jelentik. Az utóbbi közelében bronzkori kővésetek is láthatók. A kelták hozták (i.e. 1000) magukkal pél-

dául a vasat, a keréket és a mezőgazdaság alapjait. A római hatás csak a késői időkben jutott el ideig. A vizigótok az V. században telepedtek le és a kereszténység terjesztői voltak, de csak a muzulmánok elől a hegyvidékbe menekülő keresztény katalán pásztorok, földművesek megjelenésével (VI–VII. sz.) vált elterjedté, dominánssá. Az arab jelenlét és hatás nem volt számottevő. Nagy Károly vetett véget fenyegetésüknek, aki megállította terjeszkedésüket. A legenda szerint 805-ben adta a helyieknek a Carta Poblát függetlenségük elismeréseképpen, hogy ezzel fejjeze ki háláját segítségükért az arabok ellen vívott harcokban. E tettet „A nagy Nagy Károly” című himnuszuk örökíti meg. 819-et is az államalapítás dátumának tartják, mert a pásztorok közösségek jogait az ún. Concordiában foglalták írásba. Andorra nevét először 839-ben említi a d’Urgell-i katedrális felszentelési oklevele Valle Handorrensis néven hat parókiájával (egyházkerület) együtt, mivel ekkor került a grófság fennhatósága alá.

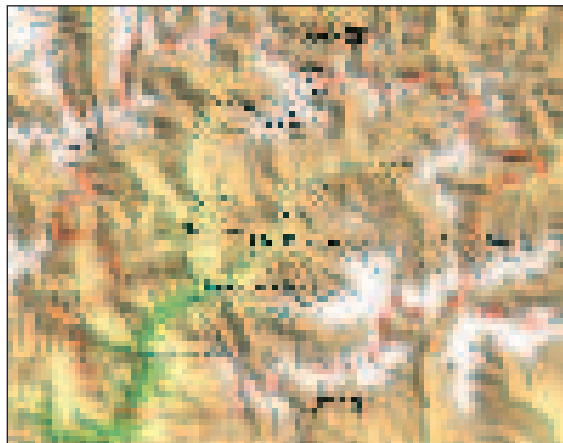
Andorra nevének eredete nem ismert. Számos elmélet született. Ezek közül csak három említék: az arab al-Darra (erdő) szóból ered, mivel hódításuk idején ki-

terjedt erdőségek borították. A navarrai *andurrial* szó a név eredete, amely bokros, cserjés vidéket jelent. A néphit szerint maga Nagy Károly keresztelte el így a bibliai Endor vagy Andor kánaáni völgyről. Először Polübiosz (i.e. II.) görög történész írt az *andosinokról* Hannibál Pireneusokon való átkelése kapcsán.

A legenda szerint az első lakos egy szépséges királylány volt, akit az apja férjhez akart adni kiszemeltjéhez. De – ahogy az a mesékben lenni szokott – a lány nem akart hozzámenni, inkább elszökött otthonról. Egy patak partján álló kunyhóban húzta meg magát, ahol egy napon megjelent egy pásztor. Rögtön egymásba szerettek és hat gyermekük született. Az ő leszármazottjaink az andorraiak. Hat tanyát alapítottak, s ezek lettek az ország hat közigazgatási egységeinek alapjai. (1978-ban egy hetedik egyházközséget is létrehozottak.)

A XI. században Andorra területén mindössze kétezer fő lakhatott. Valódi függetlenségét 1278-ban érte el, amikor a Paréatges egyezmény lezárta a franciák és a spanyolok területi vetélkedését, s amelyet 1282-ben IV. Márton pápa bullája is megerősített. Ettől kezdve Andorra egyszerre áll a francia államfő és a spanyol Seo de Urgel-i (katalánul Seu d'Urgell) püspök jelképes fennhatósága alatt. Az előbbi máig minden páratlan évben megkapja a hűbéri adót, egy szimbolikus összeget: a 960 frankot egy hagyományos bőrzsacsokban adják át. A páros években a püspöknek pedig 430 pesetát visznek. Persze mindezt ma már euróban. Ők gondoskodnak az ország védelméről is.

iak, sem az arabok. Csak a spanyolok és a franciák gondolták úgy időnként, hogy ráteszik a kezüket. Az év nagy részében csak Spanyolországgal volt kapcsolata, mivel a hó miatt a francia résszel nehéz volt a kapcsolattartás. Csak 1913 óta közelíthető meg délről egy hágón átívelő rendes úton, míg északi szomszédja felé 1933-ban készült el az összeköttetés, a pormentes műút. Az útépitésekkel megindult a turizmus a két szomszédos országból. A spanyol polgárháború idején francia termékek csempészete folyt a déli szomszédba, míg a II. világháború idején e folyamat megfordult. Andorrát a háborúk mindig elkerülték, de mindenkor lavírozni kellett a két nagyobb szomszéd között, hogy meg tudja őrizni függetlenségét. A 40-es években az állattenyésztő országból kereskedő állam lett, s az 50-es évektől számítják a gazdasági-idegenforgalmi fellendülést. Számos vidék parányi települése, amely a XIX. század végére elnéptelenedett, a 60-as évektől a turizmus számottevő megjelenésével, a sípályák és környezetük kiépítésével jelentős vonzerőt jelentett, s a települések gyors benépesítését és fejlődését eredményezte. Andorra akkor nyílt ki igazán, amikor 1969 és 1984 között átfúrták az ország felé vezető hegyet egy 5,2 km-es alagúttal. Az 1993-as választásokon az Alkotmány elfogadása vetett véget a félfedális berendezkedésnek és vált modern állammá.



melyek az első gazdasági fellendülés motorjai voltak a vámmentes cikkek boomja idején. Ez a déli parókia Andorra fő szőlő- és dohánytermő vidéke. A hegyek lábát övező szőlőskertekkel csak itt, dohánytermesztéssel – ha kisebb mértékben is – mindenütt találkozhatunk a folyóvölgyek teraszain. (A parókia nemcsak közigazgatási, hanem egyházközségi beosztást is jelent.) Az ország egyetlen saját bora, a Cím de Cel nevű fehérbor Nagol környékéről, 1100 méter magasból származik, s ezzel Európa legmagasabban készült bora is egyben. A Bodega Casa Real nedűje a borkészítés közelmúltbeli újjaszülését jelenti, amely több mint egy évszázadon át szünetelt. Nagol a fő dohányközpont is. A dohányt 1600 méter magasságig termesztik a folyóvölgy teraszain és kétszáz éven át, a XX. század második feléig a cigaretta és a csempészet együtt járt. A *paquetaire* jövedelmező foglalkozás volt. A „hivatásos” csempészek húsz-harminc kilós terhükkel a hátukon vitték kis hágókon át drága portékájukat a spanyol településekre.

1000 és 1500 méter között fekszik a vegyes erdők birodalma (vörösfenyő, jegenyefenyő, nyírfa, pireneusi tölgy, mogyoró). Ezt az öveget hasznosították leginkább. A mezőgazdasági terület és a legelők növelése érdekében vágták ki a fákat. Andorrában kevés a művelhető terület (2%), melynek zömét a dohány foglalja el, s kevés alkalmas hely marad a többi mezőgazdasági kultúrának. (búza, árpa, zab, zöldségfélék). A XVI–XVII. században egymás után létesültek a vízi fűrésztelepek. Az erdők eltűnése a „vaskorszaknak” is köszönhető. Ezekből készült a faszén. Felszíni kitermelésű vasércbányáikból a XVI. századtól a XIX. század végéig, a nagy kohók megjelenéséig készítettek vasat, s lóháton vitték a szomszédos országokba. Egy ló három 50 kg-os vasrudat szállított, zömében Katalóniába. Ezért látni hámorokat, annyi kovácsoltvas kaput, ablakot, rácsot, melyeket a vasüzemek a XX. század közepéig készítettek. A kitermelés a téli időszakban, a fagyott ta-

A parlament épülete



Lakói évszázadokon át szinte teljes elszigeteltségben éltek. Elzárt világ, melyért nem nagyon versengtek senki, sem a róma-

Seo d'Urgelltól 9 km-re lépünk át a háttárt a Valira folyó mentén épült úton, s rögtön feltűnnek a nagy bevásárlóközpontok,

laj miatt szünetelt. A turisták számára ma már tematikus utakat szerveznek (Vas Útja, Vasemberek Útja), melyeknek során a Llorts-i bányáktól az utolsóként bezáró Farga Rossell feldolgozóig látogatják meg a helyszíneket lovon vagy gyalog.

Andorrában nincsenek távolságok, a spanyol és a francia határ között mindössze 45 km van, s hamar elérni a főváros övezetét, feltéve, hogy nem a nyári szezon kellős közepén, a turisták hadának kigyózó és lépésben haladó időszakát választjuk. Ez mindenképp elkerülendő, mivel az országot átszelő egyetlen út – és völgy – szűk átvezető képességű. Andorra la Vella a Pic d'Enclar (2317 m) keleti lábánál, a Gran Valira partján, a Kelet-Valira és az Észak-Valira folyók találkozási pontjá-

nyéb betegségben szenvedőket nem engedik munkát vállalni és letelepedni. A pireneusi állam a külföldiekből él, legyenek azok munkavállalók, betelepülők vagy turisták. A szolgáltatóipar adja a GDP 80 %-át, s az egy főre eső GDP 46 ezer USD (2011). A gazdasági válság előtti években több mint 11 millió látogatójával az egy lakosra jutó turisták számát tekintve világszerte. A 2,5 millió turista mellett 8,5 millió, egy napra átruccanó kiránduló volt. A külföldiek zöme délről jön (57,2% spanyol) és akár a Costa Braváról is ellátogatnak egy napra. A többiek franciák (39,8%) és csak 3% tartozik más nemzethez. A Kanári-szigetekhez hasonlóan irigylésre méltó két főszezonja is van: nyáron – júniustól szeptemberig – főképp a tengerparttól érkezők, a természet, a

Ahogy elhagyjuk Andorra la Vellát, a fővárossal együtt miniagglomerációt alkotó, szabályosan egybenőtt Les Escaldes-Engordany városokba értünk, a hetedik parókiába. Az 50-es években beindult nagyarányú fejlesztések – és a nagyszámú betelepülők – tették szükségessé az újabb közigazgatási egység bevezetését. A felkészületlen utazó számára érthetetlen, hogy Les Escaldest a Kelet-Valira-folyó jobb partján, a kedvezőtlenebb árnyékos oldalon alapították, ahol az éves napsütéses órák száma jóval kevesebb. A magyarázatra hamar rájövünk, ha gyalogosan indulunk a város felfedezésére. Messziről érezhető a kénes termálfvízforrások szaga, amely az ország fő völgyének törésvonalaiából tör elő. A XIX. században vált fontossá, amikor egy francia engedélyt kért (1866), hogy hasznosíthassa a vizet, és játékházakat építsen. A XX. század elején már két fürdő is működött. Ma már több szálloda hasznosítja a termálfvizet. Caldea nevű hatalmas komplexuma és gyógyüdülőhelye Európa egyik legnagyobb és legjelentősebb termálfürdője, amely a tömegessé váló idegenforgalmon alapul. Egész évben gyakorta keresik fel akár csak egy napra is. A 68°C-os víz felszín alatti tavakból 35 kénben gazdag forrással tör a felszínre.

A városgyűttéstől északra egy magaslaton áll Andorra nemzeti kegyhelye, a Meritxelli Szent Szűz kápolnája, aki 1873 óta az ország védőszentje. Nemzeti ünnepüket (Mare de Déu de Meritxell) szeptember 8-án tartják. Az 1527 méter magasan fekvő XVI. századi szentély 1972-ben leégett, s helyette újat építettek (1976). A legenda szerint Háromkirályok napján, misére igyekvő falusiak találták meg a szűz képét. A tél kelles közepén egy virágzó rózsabokrot láttak. Amikor közel értek hozzá, egy barlangot fedeztek fel mellette, mely a Szűz és a Kisdéd képét rejtette. Az emberek bevitték ezeket a faluba, de másnapra eltűntek. A barlangban találtak rájuk ismét, és újból magukkal vitték. De akárhányszor is vitték el a képeket, azok mindig visszatértek eredeti helyükre. Ezért építették oda a szentélyt, ami ma az ország legfontosabb zarándokhelye. A nemzeti ünnepen az összegyűlt hívők *goigok* éneklésével köszöntik a szüzet.

A turisták zöme eddig jut el, pedig Andorra nagyobbik, „vidéki” felét nem szabad kihagyni. Egy geográfus számára pedig – kis túlzással – csak most kezdődik az érdekebb világ.

Encamp (10 ezer lakos) legelőin szarvasmarhák és juhok legelnek. A városka bőr- és kézműipari termékek központja. Errefelé találjuk a legtöbb menedékházat. Az 1980-as években épült fel a kirándulóknak a 26 tagból álló menedékház hálózat. Pásztoroknyókra emlékeztetnek, s a többségükben nincs személyzet, de az arra járók használhatják. A helyi kormány diákokat foglalkoztat azért,



Caldea ultramodern termálfürdője

nál lévő termékeny völgyben épült. Az ország lakóinak közel 40 %-a itt él. Modern várossá nőtte ki magát. Az utóbbi évtizedek gyors fellendülésével kiépült modern Andorra és a középkori falusi világ között nincs átmenet. Modern állam lett, miközben megőrizte és ápolja a múlt örökségét. A turizmus tette szegény országból gazdaggá. Ha igazán meg akarjuk ismerni, akkor a hegyek közé, a falvak világába kell eljutnunk. Ez lett a késői és gyors modernizáció következménye, de ez még előnyére is vált. Az ország számára létkérdés a beáramló munkaerő, mert nélküle működésképtelen lenne. 85 ezer fős lakosságából (2012) csak 38,8% a hivatalos katalán nyelvet beszélő andorrai állampolgár, őket követik a spanyolok (35,4%), a portugálok (15%) és a franciák (5,4%), az Andorrai Tanulmányok Intézete felmérése szerint. Ez többnyire tükrözi a nyelvek megoszlását is. A bevándorlókra szigorú egészségügyi előírások vonatkoznak: az alkoholizációt, a drogfüggőket és/vagy negyven

hegyvilág szerelmesei, télen – decembertől áprilisig – a téli sportok kedvelői látogatják. A sícentrumok létrehozása jótékonyan hatott a falvak jelentős részére. Az elnéptelenedő és eldugott települések új életre kaptak, s lett az ország Európa legmodernebb, vezető síközpontjainak egyike annak ellenére is, hogy az egyetlen katalán nyelvű ország egyben Európa legnehezebben megközelíthető állama is. Az egy lakosra jutó sípályahosszban világszerte. A tömegessé váló turizmus miatt a jobb közlekedési lehetőségek javításán már az 1990-es évek eleje óta repülőter építésén fáradoznak. Az első kiszemelt hely San Juliá falu melletti fennsík volt, de ez nem alkalmas nagyobb gépek fogadására. 2005-ben a határhoz közel eső Seu d'Urgell-i Andorra-Pireneusok repülőter megnyitására tárgyaltak a spanyol kormánnyal, mert belátták, Andorrában nem valószínű, hogy repülőteret építhetnek. A fővároson kívül La Massanában működik helikopterterminál.

hogy tisztán tartsák. A szemetet egy nagy szeméttárolóban kell elhelyezni, amit helikopterrel szállítanak el. A menedékházakban emeletes ágyakat, egyszerű asztalokat, fémpadokat találhatunk, és szinte mindegyikben van kémény és ivóvízcsap is. Aki itt akar éjszakázni, annak alaposan fel kell készülnie a zord viszonyokra.

Az 1500–2000 méter közötti szubalpin övezet a vörösfenyő birodalma, melynek kiemelése a kezdetektől folyik, s melyet a magasság növekedésével a feketefenyő vált fel. Kétezer méter felett kezdődnek az alpesi legelők világa és a pásztortanyák, a *bordék*, melyek régen kémény nélküli, kőből épült nyári szállásként működtek. Az alsó szint volt az istálló, a felső szint a száraz takarmány tárolására szolgált. Mára többet étteremmé alakítottak át, s az andorrai konyha házas ételeit kínálják bennük. Közülük számos menedékházként működik, vagy második lakásként szolgál. Több *borde* együttese alkotja a *cortalt*. A hegyek között pásztoroknak menedéket nyújtó kisebb építményeket, *orríkat* is láthatunk. A vidéki Andorra nehezen járható egy-egy parókijában további apró közigazgatási egységeket találunk, ilyenek a *quartsok*, azaz „falusi negyedek”, vagy a *veïnatsok*, vagyis „szomszédságok”. A falvakban két-háromszintes kőházakat emeltek, ahol az alsó szint az istálló és a raktár. Néhol a házhoz hozzáépítették a *bordét* és a szérút, ahol egykoron gabonát csépeltek.

A csodálatos környezetben fekvő parányi falvak őrizték meg Andorra középkori hangulatát, múltját. A legelők – ahol extenzív juh, ló, szarvasmarhatartás folyik – és az erdők közösségi tulajdonban vannak, s használatukat szabályozzák. A sebes vízi hegyi patakokon törpe vízerőműveket telepítettek. Madriu-Perafita-Claror-völgyek alkotta együttes (4274 hektár) az ország természeti kincse, a Világörökség része (2004). A változatos térszín helyi nevei „beszédes nevek”: ha egy hegyet *bonynak* hívnak, akkor tudjuk, hogy kerekded képződményről van szó, ha valami a *portella* nevet viseli, akkor az egy kisebb hegynyerget jelent, ha a *grau* szót halljuk, akkor az lépcsős térszín jelöl, ha pedig *coma* az a valami, akkor egy nagyobb völgy másodlagos, zárt völgyéről van szó. A falvak jelentős része a turizmusból él, ami nemcsak elősegítette népességmegtartó képességüket, hanem egyesekben jelentős infrastrukturális fejlődés is végbement oly módon, hogy hagyományos középkori hangulatukat nem zavarta meg. Itt találkozhatunk legkönnyebben valódi andorraival. Egy kis étteremben a szemben lévő fogadó tulajdonosával beszélgettünk, amikor hirtelen felállt, elnézést kért, és a fogadóssal néhány szót váltott, majd számunkra érthetetlen módon kezét fogott vele, és visszaült az asztalunkhoz. Hála az egykori katalán órákon elsajátított-

taknak, annyit sikerült megállapítani, hogy valamilyen megállapodást kötöttek, amire rá is kérdeztünk. Ekkor mondta el, hogy a szerződések túlnyomó többségét vidéken még mindig szóban kötik, ahogy évszázadok óta teszik. (Persze, az alkalmazottak elbocsátása is ilyen szabadon történik.) A kisebbségben lévő andorraiak saját világukba nehezen engednek betekintést. Bizonyos események, például természeti katasztrófa esetén – mint amilyen az 1982-es árvíz is volt – összehívják a *somatént*, ami egyfajta polgárvédelemként működik, s ami az andorrai állampolgárságú családfejek testülete.

A nyári időszak többek között vonzza a vaddisznóra vadászókat, a pisztráng-
ra vágyókat, a szarvasgomba-kedvelőket,

hószőrfőzés, igluépítés, hómotorozás, szánkózás, kutyaszán, korcsolyázás stb. szerepel a kínálatban. A legmagasabban fekvő település a kétszáz lakosú Soldeu (1825 m), amely a közeli síközpont miatt jelentős idegenforgalmat bonyolít le. A hercegség Naturlandia nevű tematikus ökoparkjában van a világ legnagyobb természetes tobogánpályája (5,3 km hosszú). A Palau de Gel (jégpalota) sportközpontjában a jeges sportok úzhetők és nemzetközi találkozók színhelye pl. jégkorong, jégtánc, úszás, gimnasztika. Nyáron a műjégpálya és kutyák húzta roller a szórakozás.

Nem szabad kihagyni a *bordékban* kínált andorrai konyha különlegességeit. A helyi konyhára erőteljes hatással volt a spa-



Andorrában kitűnő síterepek is vannak

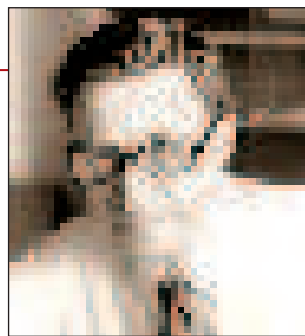
a különleges helyeket kipróbáló golfozókat, mert itt van Európa legmagasabban fekvő golfpályája (2250 m), a hegyászókat, a hegyikerékpárosokat, a vadvízi kajakosokat, a paplanernyősöket, a lovastúrák kedvelőit, a kulturális értékekre vágyókat, a természet szerelmeseit. (Például a Sorteny-völgy Természeti Parkja csak vezetővel látogatható, s 1996 óta védett terület. Az 1200 hektáron 50 endemikus pireneusi virág található.) De szerveznek hőlégballonos utakat és helikopteres körutakat a legmagasabb csúcsok felett, vagy megtanulhatjuk a petanca nevű golyójátékokat Escaldes-Engordany sportközpontjában (Polideportivo Pret de Roure). A téli kínálat sem szegényesebb a „hó paradicsomban”. Több mint 38 ezer fős szállodai férőhely-kapacitás, közel 500 étterem várja a téli sportok kedvelőit. Az első síközpontot 1973-ban létesítették (Arinsal), s mára már hat síkomplexum működik, s 108 sípályája Európa legjobbjai közé tartozik. Emellett

nyolc-katalán konyha, de azért találunk helyi specialitásokat. Ilyen a tárncics (*Gentiana lutea*) gyökeréből készült, keserű ízű aperitív, vagy az escudella, ami sűrű, zöldeges levesféle hurkával, kolbással és egyéb hússal, vagy a cumillo, azaz nyúl paradicsomszószban és a sült bárány (xai) is. Desszertként – már katalán hatásra – mandulával és mézzel készítik a flors de neu-t, a hóvirág nevű süteményt.

Nehezen hihető, hogy egy Budapestnél kisebb területen (É-D 25 km, K-Ny 30 km) mi minden megtalálható, pedig nem is ejtetünk szót vízesésről, cseppkőbarlangról és megannyi más látványosságról, a templomi falfestészetéről (Sant Miquel d'Engolasters lombard stílusú templomának festményei Santa Coloma mester alkotásai a XII. századból), a magyar vonatkozásokról, Csokits János költőről (1929), aki 1987-ben költözött Andorrába, hogy egészséges klímán jó közbiztonságra, csodálatos tájakra és nyugalmas életre leljen. ☞

FREUD RÓBERT

Komplex kalandozások Fried Ervin emlékére



Fried Ervin (1929-2013)

Anemrég elhunyt Fried Ervin professzorral való kapcsolatomban végigkísérte pályafutásomat: az egyetemen több éven át tanított az algebra különböző fejezeteire, majd végzés után hosszú ideig vezettem gyakorlatokat az előadásaihoz, később tanszékvezetőként a főnököm volt. Diákkal, kollégával, beosztottal egyaránt mindig kedvesen, közvetlenül viselkedett, érdekelték az emberek problémái és véleménye, szívesen beszélgetett nem csak matematikai témákról.

Évfolyamunk egyik kedvenc oktatója volt. Nem kész anyagot közölt velünk, hanem minket is maximálisan bevont a gondolkodási, alkotási folyamatba; később elmesélte, hogy ezt a módszert Turán Páltól (a XX. század egyik legnagyobb magyar matematikusától) tanulta. Gyakran kérdezte az órákon (miközben a folyton kioldódó cipőfűzőjét igazította), hogy „most mire gondolkodok?”, és mi megpróbáltuk kitalálni, milyen újabb matematikai kérdés adódik az éppen bizonyított tétel kapcsán, vagy milyen újabb ötlettel lehetne megoldani egy-egy nehezebb problémát, esetleg szabad asszociációval vetettünk fel további matematikai kérdéseket. Azt is megtanultuk, hogy általában nemcsak egyféleképpen lehet továbbhaladni, hanem sokszor több irányban is lehet és érdemes elindulni, szabad elkalandozni, és számos esetben közösen jártunk be ilyen kitérőket.

Fried Ervin szelleméhez híven most ilyen csapongó kalandozásra invitálom az Olvasót, és pedig az általa művelt és oktatott algebra egyik fontos építőkövéből, a komplex számokból kiindulva. Könnyebb és nehezebb problémákat fogok bemutatni a matematika különböző területeiről, közülük többnek látszólag semmi köze sincs a komplex számokhoz, mégis a természetes kezelési módjuk ehhez a számkörhöz kötődik. A jobb érthetőség és a lényeges gondolatok kiemelése kedvéért le kell mondanunk a teljes precizitásról és az aprólékos formális levezetésekről, de reméljük, hogy mindezért kárpótlást nyújtanak majd az út során szerzett szép szellemi élmények.

A komplex számok olyan $a + bi$ alakú kifejezések, ahol a és b valós számok, és ezekkel „értelemszerűen” végezzük a műveleteket, az egyetlen számolási szabály, amit meg kell jegyezni, hogy $i^2 = -1$. Tehát például $(3 + 5i) + (-2 + 8i) = 1 + 13i$, $(3 + 5i)(-2 + 8i) = -6 + 24i - 10i - 40 = -46 + 14i$. Osztanunk is tudunk: $(3 + 5i)/(-2 + 8i)$ esetén a nevezőben az i -t a -1 négyzetgyökének képzelve gyöktelenítünk:

$$\begin{aligned} \frac{3 + 5i}{-2 + 8i} &= \frac{(3 + 5i)(-2 - 8i)}{(-2 + 8i)(-2 - 8i)} = \\ &= \frac{34 - 34i}{68} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}i. \end{aligned}$$

A komplex számok születése a matematikátörténet egy érdekes fejezetéhez kapcsolódik. A másodfokú egyenlet középiskolában tanult (és utált) megoldóképletét lényegében már a babiloniak is ismerték majdnem 4000 évvel ezelőtt, azonban a harmadfokú egyenlet sokáig ellenállt a próbálkozásoknak. Végül 1535-ben Tartaglia találta meg a ma Cardano-képletnek

nevezett formulát: az $x^3 + px + q = 0$ harmadfokú egyenlet megoldását az

$$x = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}$$

képlet adja. Például az $x^3 + 15x - 124 = 0$ egyenlet megoldása

$$\begin{aligned} &\sqrt[3]{62 + \sqrt{(62)^2 + (5)^3}} + \sqrt[3]{62 - \sqrt{(62)^2 + (5)^3}} = \\ &= \sqrt[3]{62 + 63} + \sqrt[3]{62 - 63} = 5 - 1 = 4. \end{aligned}$$

Ha azonban az $(x - 1)(x - 2)(x + 3) = x^3 - 7x + 6 = 0$ egyenletre próbáljuk alkalmazni a képletet, akkor az nem működik, mert a négyzetgyökjel alatt negatív szám áll, miközben az egyenletnek jól láthatóan három megoldása is van. Ha azonban az $a + b\sqrt{-1}$ alakú valamikkel megpróbálunk értelemszerűen számolni, akkor a képlet alapján is megkapjuk a megoldásokat. Így születtek meg (a gyanakvó ellenállást csak lassan legyőzve) a komplex számok. Vegyük észre, hogy itt egy valós számokra vonatkozó feladatról volt szó, ahol az egyenlet gyökei is valós számok; mégis a megoldáshoz a komplex számok segítségével tudtunk eljutni.

Kezdjük kalandozásunkat egy egyszerű számelméleti feladattal: mutassuk meg, hogy ha két pozitív egész szám mindegyike felírható két négyzetszám összegeként, akkor ez a szorzatukra is igaz. Itt egy egyszerű középiskolás trükkel is boldogulhatunk. Ha $k = a^2 + b^2$ és $m = c^2 + d^2$, akkor $km = (ac)^2 + (bd)^2 + (ad)^2 + (bc)^2$.

Csempésszük be itt a $2abcd$ tagot az első két négyzetszám közé negatív, az utolsó két négyzetszám közé pedig pozitív előjellel, ekkor $km = (ac - bd)^2 + (ad + bc)^2$ adódik, amivel az állítást beláttuk.

Nézzük most, hogyan használhatók a komplex számok ezen feladat megoldásához. Az osztásnál, a nevező gyöktelenítésénél az $(u + vi)(u - vi) = u^2 + v^2$ azonosság segített, most is ennek alapján kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} km &= (a^2 + b^2)(c^2 + d^2) = (a + bi)(c + di)(a - bi)(c - di) = \\ &= ((ac - bd) + (ad + bc)i)((ac - bd) - (ad + bc)i) = (ac - bd)^2 + (ad + bc)^2 \end{aligned}$$

Érdeemes megjegyezni, hogy kettő helyett három négyzetszám összegére nem érvényes hasonló állítás: pl. $3 = 1^2 + 1^2 + 1^2$, $5 = 0^2 + 1^2 + 2^2$, azonban $3 \cdot 5 = 15$ nem áll elő három négyzetszám összegeként (miért?). Ha tovább növeljük a tagszámot, akkor látszólag érdektelenné válik a probléma, mivel Lagrange nevezetes tétele szerint minden pozitív egész (és így bármely két egész szorzata is) felírható négy négyzetszám összegeként. Azonban nagyon is érdekes kérdéshez jutunk, ha egy kicsit átfogalmazzuk az eddigieket.

Két tag esetén az

$$(a^2 + b^2)(c^2 + d^2) = (ac - bd)^2 + (ad + bc)^2 \quad (1)$$

azonosság volt a megoldás kulcsa. Ehhez hasonló azonosság három tag esetén már nem állhat fenn, hiszen akkor ebbe a megfelelő értékeket behelyettesítve a $3 \cdot 5 = 15$ is három négyzetszám összege lenne. Általánosan azt kérdezhetjük, hogy milyen tagszám esetén lesz érvényes ilyen típusú azonosság. Négy tag esetén ismét pozitív a válasz:

$$(a^2 + b^2 + c^2 + d^2)(A^2 + B^2 + C^2 + D^2) = (aA + bB + cC + dD)^2 + (aB - bA + cD - dC)^2 + (aC - cA - bD + dB)^2 + (aD - dA + bC - cB)^2. \quad (2)$$

Ezt az (1)-nél jóval bonyolultabb egyenlőséget persze a beszorzások elvégzésével egyszerűen bebizonyíthatjuk, azonban az igazi kérdés az, hogyan lehetett a dologra rájönni. Ebben a komplex számok bizonyos értelmű kiterjesztéseként bevezetett $a + bi + cj + dk$ alakú ún. kvaterniók segítenek, a műveletek megfelelő értelmezésével kapott $(a + bi + cj + dk)(a - bi - cj - dk) = a^2 + b^2 + c^2 + d^2$ azonosság a kulcs (2) „kitalálásához”. Újabb „duplázással” kiderül, hogy nyolc tagra is fennáll (1)-gyel és (2)-vel analóg összefüggés. Meglepő módon ezzel vége is van a lehetőségeknek, mert bebizonyítható, hogy (1), 2, 4 és 8 az összes tagszám, amelyre érvényes ilyen jellegű azonosság.

Második feladatunk az $\binom{n}{k}$ (olvassd n alatt a k) binomiális együtthatóval kapcsolatos. Ennek jelentése, hogy egy n elemű halmaznak hány k elemű részhalmaza van.

Például $\binom{4}{2} = 6$, mert az $\{a, b, c, d\}$ négyelemű halmaznak 6 két elemű részhalmaza van: $\{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}$. Nem túl nehéz $\binom{n}{k}$ -ra egy általános képletet levezetni, de erre nem lesz szükségünk. Az elnevezés a kéttagú összeg hatványozására vonatkozó ún. binomiális tételből származik:

$$(a + b)^n = a^n + \binom{n}{1} a^{n-1} b + \binom{n}{2} a^{n-2} b^2 + \dots + b^n. \quad (3)$$

Ugyanis az n -tényezős $(a + b)(a + b) \dots (a + b)$ szorzat kiszámolásánál minden lehetséges módon kell mindegyik zárójeles tényezőtől az egyik tagot véve ezeket összeszorozni, majd az így kapott n -tényezős szorzatokat összeadni. Ha k zárójelből veszünk b -t és a többi $n-k$ zárójelből a -t, akkor ilyen $a^{n-k} b^k$ tagot annyiféleképpen kapunk, ahányféleképpen a b -ket vehetjük az egyes zárójelekből, azaz ahány k elemű részhalmaza van az n darab $(a+b)$ -ből álló halmaznak. Így $a^{n-k} b^k$ együtthatója valóban $\binom{n}{k}$.

Ha (3)-ba $a=b=1$ -et helyettesítünk, akkor a binomiális együtthatók összegére a

$$2^n = 1 + \binom{n}{1} + \binom{n}{2} + \dots + \binom{n}{n-1} + 1$$

azonosságot nyerjük. Ez egyébként a binomiális tétel nélkül is igazolható, hiszen mindkét oldalon egy n elemű halmaz összes részhalmazainak a száma áll; a bal oldalon ez onnan adódik, hogy mind az n elemnél egymástól függetlenül vagy „beválasztjuk” azt az elemet a részhalmazba, vagy sem, tehát ez $2 \cdot 2 \cdot \dots \cdot 2 = 2^n$ lehetőséget jelent a részhalmazok képzésére. Ha most (3)-ba $a = 1, b = -1$ -et helyettesítünk, akkor a binomiális együtthatók váltakozó előjelű összegére ($n > 1$ esetén)

$$0 = 1 - \binom{n}{1} + \binom{n}{2} \pm \dots + (-1)^{n-1} \binom{n}{n-1} + (-1)^n$$

adódik. Kicsit továbblépve most az

$$1 - \binom{n}{2} + \binom{n}{4} - \binom{n}{6} \pm \dots + (-1)^k \binom{n}{2k} + \dots \quad (4)$$

váltakozó előjelű összeget szeretnénk kiszámítani. Itt megint a komplex számok segítenek, mégpedig az $(1 + i)^n$ kétféle kiszámítása. A (3) binomiális tétel alapján

$$(1 + i)^n = 1 + \binom{n}{1} i + \binom{n}{2} i^2 + \dots + i^n. \quad (5)$$

Számoljuk ki i hatványait; $i^2 = -1, i^3 = (-1)i = -i, i^4 = 1, i^5 = i, i^6 = -1$ stb., azaz az i hatványai négyes periódus szerint rendre az $1, i, -1, -i$ értékeket veszik fel. Ezt (5)-be beírva

$$(1 + i)^n = 1 + \binom{n}{1} i - \binom{n}{2} - \binom{n}{3} i + \binom{n}{4} + \binom{n}{5} i - \binom{n}{6} + \dots$$

adódik, azaz $(1 + i)^n$ -t $A + Bi$ alakban írva A éppen a (4)-beli összeg. Ha tehát $A + Bi$ -t valahogy máshogy közvetlenül is meg tudjuk határozni, akkor megkapjuk, hogy a (4) összeg értéke éppen ez az A . Vegyük észre, hogy $(1 + i)^2 = 2i$, tehát

$$(1 + i)^{2m} = 2^m i^m, \text{ és így} \\ (1 + i)^{2m+1} = 2^m i^m (1 + i) = 2^m i^m + 2^m i^{m+1}, \\ \text{ahonnan } (1 + i)^n = A + Bi \text{ bármely } n\text{-re könnyen adódik.} \\ \text{Pl. } n = 2013 \text{ esetén} \\ (1 + i)^{2013} = 2^{1006} i^{1006} + 2^{1006} i^{2007} = -2^{1006} - 2^{1006} i,$$

azaz a (4) összeg értéke $n = 2013$ -ra -2^{1006} .

Vegyük észre, hogy a (4) összegben csak valós (sőt egész) számok szerepelnek, az A -ra kapott képlet is egész szám, a megoldás kulcsa mégis az volt, hogy közben kiléptünk a komplex számok körébe.

A komplex számokat a sík pontjaiként vagy vektorokként is felfoghatjuk, az $A + Bi$ komplex szám megfelel az (A, B) koordinátájú pontnak, illetve vektornak a szokásos (Descartes-féle) koordináta-rendszerben. Gyakran hasznosabb, ha ezt a vektort (nem a két koordinátájával, hanem) a hosszával (vagy abszolút értékével) és az x -tengely pozitív feléhez képest mért irányított (vagy forgás)szögével jellemezzük. Például ekkor a $-3i$ hossza 3, a szöge -90 fok, a $-1 + i$ hossza $\sqrt{2}$, a szöge 135 fok. A szög nem teljesen egyértelmű, mert ha valahányszor 360 fokot „körbeforgunk”, akkor ugyanahhoz a vektorhoz jutunk, így például a $-3i$ szögének a 270 vagy -450 fokot is vehetjük, de ez nem okoz problémát. A 0-nak értelemszerűen nincs szöge.

Ha az $A + Bi$ nem nulla komplex szám hossza r és (egyik) szöge α , akkor a szögfüggvények definíciója alapján könnyen adódik, hogy $A + Bi = r(\cos \alpha + i \sin \alpha)$, ez a komplex szám ún. trigonometrikus alakja (az $A + Bi$ pedig az algebrai alak). A trigonometrikus alak nagyon kedvező a szorzás elvégzésénél: ekkor a hosszak összeszoróznak, a szögek pedig összeadóznak(!). Így n -edik hatványra emelésnél a hosszát n -edik hatványra emeljük, a szöget pedig n -nel szorozzuk(!). (Azaz a szög úgy viselkedik, mint egy hatványkitevő, és mélyebb matematikai eszközökkel megmutatható, hogy valóban ez a helyzet.) Például ennek alapján könnyebben kiszámolhattuk volna $(1 + i)^n$ -t:

$$(1 + i)^n = (\sqrt{2}(\cos 45^\circ + i \sin 45^\circ))^n = (\sqrt{2})^n (\cos(45n)^\circ + i \sin(45n)^\circ)$$

A fentiek alapján például egyszerű eljárást kapunk arra, hogyan lehet mondjuk $\cos(5x)$ -et a $\cos x$ -szel kifejezni. Ez a trigonometrikus eszközökkel nagyon fáradtságos és csúnya feladat lenne, legalább háromszor kellene a $\cos(\alpha + \beta) = \dots$ és

$\sin(\alpha + \beta) = \dots$ összegzési képleteket alkalmazni, hogy a $2x, 3x$, majd végül az $5x = 2x + 3x$ szög megfelelő szögfüggvényeit megkapjuk.

Nézzük, hogyan segítenek itt a komplex számok. Legyen $z = \cos x + i \sin x$, ekkor $z^5 = \cos(5x) + i \sin(5x)$, tehát $\cos(5x)$ a z^5 valós része. Ha most z^5 -t a binomiális tétellel is kiszámoljuk, akkor a valós részre

$(\cos x)^5 - 10(\cos x)^3(\sin x)^2 + 5 \cos x(\sin x)^4$ adódik, és a $(\sin x)^2 = 1 - (\cos x)^2$ azonosság alapján megszabadulhatunk a (csak páros hatványon előforduló) $\sin x$ -től.

A számelméleti, kombinatorikai és trigonometriai alkalmazások után nézzünk egy szép geometriai feladatot: Mennyi az egységnyi sugarú körbe írt szabályos n -szög valamelyik csúcsából húzott összes átló és oldal hosszának a szorzata?

Ha $n=4$, akkor egy egységnyi sugarú körbe írt négyzetben két oldal és egy átló hosszának a szorzatáról van szó, ami $(\sqrt{2}) \cdot (\sqrt{2}) \cdot 2 = 4$. Ha $n=3$, akkor egy megfelelő szabályos háromszög két oldalhosszának a szorzata 3. Ezen példák alapján csak nagyon félve merjük megfogalmazni azt a döbbenetes sejtést, hogy n -szög esetén a szóban forgó $(n-1)$ tényező(s) szorzat értéke n .

A bizonyításhoz szükségünk lesz az $x^n = 1$ egyenletnek a komplex számok körében vett megoldásaira, ezeket hívjuk n -edik egységgyököknek. A $w_k = \cos(360k/n)^\circ + i \sin(360k/n)^\circ$, $k = 1, 2, \dots, n$ számokat n -edik hatványra emelve $w_k^n = \cos(360k)^\circ + i \sin(360k)^\circ = 1$, azaz ezek megoldásai az $x^n = 1$ egyenletnek. Mivel egy n -edfokú egyenletnek legfeljebb n megoldása lehet, ezért ez az összes megoldás. Ennek alapján felírhatjuk az $x^n - 1 = (x - w_1)(x - w_2) \dots (x - w_n)$ azonosságot, az ún. gyöktényező alakot.

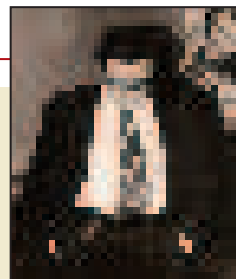
Térjünk most vissza a szabályos n -szögünkhöz, és helyezzük el úgy, hogy a középpontja az origó és egyik csúcsa az 1 legyen. Ekkor a csúcsai éppen az n -edik egységgyökök, az 1-ből húzott oldalak és átlók pedig az $1 - w_k$ vektorok, $k = 1, 2, \dots, n-1$. A vektorok hossza így $|1 - w_k|$, azaz a keresett szorzat $S = |1 - w_1| \cdot |1 - w_2| \cdot \dots \cdot |1 - w_{n-1}|$. Láttuk, hogy a hosszak szorzata a szorzat hossza, így $S = |(1 - w_1)(1 - w_2) \dots (1 - w_{n-1})|$.

Tekintsük az $f(x) = (x - w_1)(x - w_2) \dots (x - w_{n-1})$ polinomot, ekkor $S = |f(1)| = n$. Az $f(x)$ -ben az $x^n - 1$ polinom gyöktényezői közül egyedül az $(x - 1)$ gyöktényező nem szerepel, ezért $x^n - 1 = (x - 1)f(x)$. Másrészt $x^n - 1 = (x - 1)(x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + 1)$, amiről beszorzással egyszerűen meggyőződhetünk. Innen kapjuk, hogy $f(x) = x^{n-1} + x^{n-2} + \dots + 1$, és így $S = |f(1)| = n$.

Befejezésül térjünk vissza a számelmélethez. A rendkívüli hatású és matematikusként, emberként egyaránt csodálatos Erdős Pál egyik kedvenc témaköre volt a pozitív számok előállítása különböző differenciájú végtelen számtani sorozatok, azaz $\{a, a + d, a + 2d, \dots\}$ típusú halmazok egyesítéseként. Ilyen előállítás például

$$\{0, 2, 4, \dots\} \cup \{0, 3, 6, \dots\} \cup \{1, 5, 9, \dots\} \cup \{1, 7, 13, \dots\} \cup \{11, 23, 35, \dots\}.$$

Az egyik ma is megoldatlan probléma, hogy lehet-e mind egyik differencia páratlan, ezért Erdős 500 dollárt ajánlott fel. (Ez ma is érvényes, közeli munkatársa, Ron Graham „jótáll” Erdős díjaiért; ez nem olyan óriási kockázat, mert ahogy Erdős mondta tréfából, fél, hogy börtönbe zárják, hiszen egy ilyen díj elnyeréséért olyan sokat kell dolgozni – ha egyáltalán sikerül megoldani a problémát –, hogy a kapott pénz messze a minimális órabér alatt marad, tehát illegális. A legnagyobb kifizetett összeg eddig 1000 dollárra rúgott, ezt Szemerédi Endre, a 2012-es év Abel-díjasa kapta mintegy 40 évvel ezelőtt.) A témakör egy másik pénzdíjas kérdése volt,



Fried Ervin fogadása

Az alábbi kis történetünk Fried professzor úrral esett meg, talán 1977 telén, amikor másodéves egyetemisták voltunk. Ervin tartotta nekünk a matematikus szak reguláris algebra előadását. Volt az évfolyamunkon egy diák, kiemelkedően a legtehetségesebb köztünk, Kollár János, akit Ervin már régóta felmentett a rendes órák látogatása alól.

Mindazonáltal, Jancsi mégis bejárt az órákra, részint hogy melegegjen, másrészt, hogy elkészítse az aktuális oroszóra leckéjét. Csendben beült a leghátsó sorba, és észrevétlen maradt.

Igen ám, de történt egyszer, hogy mikor Ervin szépen előadott valamiről – a pontos témára már nem emlékszem, talán valamilyen gyűrűelméleti alapvetés lehetett –, akkor egy óvatlan pillanatban Jancsi udvariasan, de határozottan megszakította az előadást és közölte, hogy sajnos, ott a táblán, az és az, hát... bizony, sajnos, nem igaz!

Hirtelen megfagyott a levegő a tanteremben: a légy zümmögése is hallatszott volna, ha nem télidőben járunk. Hát ilyet lehet, ez létezik? Most mi lesz?

Ervin is megdöbött, megállt, rámeredt a megkritizált állításra, kicsit gondolkozott, majd, ragaszkodván igazához, fogadást ajánlott Jancsinak 2 forintban (ami akkor azért még pénz volt), hogy mégiscsak neki van igaza. Jancsi azonnal állta is a fogadást. Erre Ervin elkezdett csendben fel és alá sétálni a tábla előtt, fejét a földre szegezve, mélyen elgondolkodva, miközben mi feszült figyelemmel, siri csendben követtük az eseményeket.

Eltartott ez a néma fel-alá járkálás pár percig, amikor is Ervin egyszer csak megállt, mozdulatlaná dermedt, majd némán benyúlt a zsebébe, előhúzta a pénztárcáját, kivett belőle egy „bélast” és átdobta az évfolyam feje felett Jancsinak.

Ezután a táblához lépett és elmagyarázta nekünk, nyeretlen kétéveseknek, hogy miért is veszítette el a fogadást.

SIMÁNYI NÁNDOR

Szerkesztői megjegyzés: Simányi Nándor ma a University of Alabama at Birmingham professzora; Kollár János a Princeton University professzora, a National Academy of Sciences (USA) és az American Mathematical Society tagja, a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja.

lehet-e, hogy mindegyik számtani sorozat differenciája akár milyen nagy, és éppen az Erdős születésének századik évfordulójára 2013 júliusában Budapesten rendezett monstre nemzetközi konferencián jelentették be a megoldást: a válasz nemleges.

Amit a komplex egységgyökök segítségével lehet nagyon szépen bebizonyítani, az a következő: ezeknek a számtani sorozatoknak szükségképpen van közös elemük (a fenti példánkban a 6 többszöröse az első két sorozatnak, az 1, 13, 25 stb. a harmadik és negyedik sorozatnak közös elemei). Ennek a bizonyítása azonban meghaladja ennek az írásnak a kereteit.

Ezzel kalandozásunk végére értünk. A legfőbb tanulság talán az, hogy nincs külön ilyen vagy olyan matematika, az egyes ágak szoros szimbiózisban élnek egymással, és egymástól látszólag távol eső területek is hatékonyan segítik egymás, és így az egész matematika fejlődését. Erre tanított engem Fried Ervin is, és remélem, ennek egy aprócska vetületét sikerült az ő szellemében továbbadnom az Olvasónak. ✱

ÓRIÁS VAGY TÖRPE?

A csillagok villódzásának megfigyelése új módszert kínál annak eldöntésére, hogy a csillag a törpék vagy az óriások közé tartozik-e. A Naphoz hasonló, fősorozati csillagok közül a kisebb tömegűek a Napnál vörösebbek. Ugyanilyen színűek a fejlődésük vége felé járó vörös óriások is. Előbbiek tömege mintegy fele a Napénak, az utóbbiak viszont többször akkora tömegűek lehetnek, mint a Nap, átmérőjük pedig akár a Napénak 1500-szorosa is lehet. A két, alapvetően különböző csillagtípus között a felszíni gravitáció szinképi úton történő mérésével tudnak különbséget tenni: az erősen kiszélesedő szinképvonalak erős felszíni gravitációra utalnak, az éles szinképvonalak viszont az óriáscsillagok jellemzői. A módszer pontossága azonban csak 25–50% közötti. Az úgynevezett „csillagregések” megfigyelésével a gravitációs tér erőssége akár 2% pontossággal is megmérhető, ám csak a legfényesebb csillagok esetében. A Vanderbilt Egyetem (Nashville, Tennessee) csillagászai a Kepler-űrtávcső megfigyeléseit elemezve olyan módszert találtak, amellyel a halvány csillagok felszíni gravitációs gyorsulása is 25%-nál kisebb hibával mérhető.

A módszer alapja a csillagok apró fényváltozásainak a folyamatos mérése – vagyis pontosan az, amit a Kepler végzett. A Nap felszínén jól ismerjük a belsőjéből a felszínre emelkedő, forró anyagcsomók és a lesüllyedő hidegebb gáz okozta granulációs szerkezetet. Ugyanez a jelenség a távoli csillagok fényességében parányi villódzásként jelentkezik. A fel-le áramlás gyorsasága attól függ, milyen erős a kihűlt anyagot a mélybe húzó gravitáció. A fiatal csillagok esetében ezt a villódzást elnyomja a csillagfoltok fel- és eltűnése által okozott fényesség-ingadozás. Az öregedő csillagokról viszont eltűnnek a foltok, így az említett villogás válik meghatározóvá és így kimutathatóvá. A villódzást összehasonlítják az asztroszeizmológiai módszerrel megvizsgált csillagokéval, amiből következtetni lehet a halvány csillag korára és így a felszíni gravitációjára.

A felszíni gravitáció a csillag átmérőjével függ össze, ezért a módszer az idegen csillagok közül a bolygók (exobolygók) kutatóit is érdekli. A fedési módszerrel észlelt exobolygók esetében ugyanis a bolygó átvonulása által okozott elhalványodás mértéke éppen a csillag és a bolygó látszó felülete arányától függ. Minél pontosabban tudjuk tehát meghatározni a csillag átmérőjét, annál pontosabban ismerjük a bolygóját. (www.skyandtelescope.com, 2013. augusztus 21.)

ÚJABB ADATOK A PARTRASZÁLLÁSRÓL



Az eddigi elképzelések szerint az első partira lépő gerincesek hátsó uszonyai fejletlenek voltak, és az állatok a szárazföldön csak a mellső végtagjaikra támaszkodva tudták magukat vonszolni. Az egyik leghíresebb átmeneti alak a 2004-ben felfedezett Tiktaalik, melynek legújabb példánya a fölfelül felül áll, lapított testű, halszerű, és csaknem 3 méteres hosszúságot elérő állatnak krokodilszerű, éles fogakkal ellátott koponyája volt. Eddig csak a koponyája, valamint az elülső részének a maradványai álltak a kutatók rendelkezésére. Most azonban megtalálták a Tiktaalik medencecsontját és a hozzá kapcsolódó uszonyok egyes részeit is.

Kiderült, hogy a medenceöv csaknem olyan nagy volt, mint a vállöv, ami a négy lábúak jellemző tulajdonsága. A fejlett ízületi vápába mozgékony combcsont illeszkedett. Az előkerült úszósugarak alapján a hátsó uszony ugyanolyan hosszú és összetett felépítésű volt, mint az mellső. Bár a Tiktaalik medencéje még halszerű, az uszonyait már lábszerűen, a hátsókat pedig evezőszerűen használta. A kutatók azt sem tartják kizártnak, hogy jámi is tudott, mivel a mai afrikai tudóshalaknak hasonló a medencéje, és azokról a közelmúltban kimutatták, hogy járnak a víz alatt. (*PNAS*, 2014. január).

ŰRTÁVCSŐ MUNKÁT KERES

A NASA Kepler-űrtávcsőve végleg felmondta a szolgálatot. Mintegy 3500 potenciális, Naprendszeren kívüli bolygójelöltet fedezett fel, noha közülük csak néhány százat sikerült hitelt érdemlően bolygóként azonosítani. A többinél hosszabb megfigyelési időre lett volna szükség, ez azonban nem adatott meg a műszernek. Tény, hogy három és fél évre tervezett működési idejét sikeresen kiszolgálta, de a kiterjesztett működés elején a négy giroszkópja közül a második is elromlott. Irányítói tettek néhány próbát, hogy távirányítással életre keltsék, de a sikerben ők sem bíztak igazán, így augusztus közepén végleg lemondtak a műszerről. A küldetés ettől függetlenül nem ért véget. Egyrészt a távcsővel gyűjtött adatok feldolgozása nem tudott lépést tartani az észlelésekkel, így még a négyévi működés alatt gyűjtött ada-

tok feldolgozása az elkövetkező években ad munkát a csillagászoknak. Küldetése fő kérdésére azonban már így is választ kaptunk: bebizonyosodott, hogy a Tejútrendszerben bőséggel léteznek a Földhöz hasonló méretű bolygók (a méret persze nem minden, ez a hasonlóságnak csak egyetlen, talán nem is a legfontosabb kritériuma). Másrészt, a távcső lényegében működőképes, csak irányzási pontossága nem elegendő az eredeti feladatának folytatásához, az exobolygók kereséséhez. Ezért a NASA a közelmúltban azt kérte a tudományos közösséget, javasoljanak a Keplerrel annak jelenlegi műszaki állapotában is végrehajtható megfigyelési programokat. Számos ötlet merült fel, például kisbolygók, üstökösök vagy szupernóvák keresése. Sőt, valaki azt is felvetette, hogy a Kepler folytathatná az exobolygók keresését, de immár nem a tranzit módszerrel (amikor egy csillag fényének átmeneti elhalványodását észleljük, mert bolygó halad el a csillag előtt), hanem a gravitációs mikrolencse technikával. Ez azt jelentené, hogy a Keplerrel meg lehetne figyelni, amint egy közbelső csillag fénye a relativisztikus gravitációs lencse-hatás révén felerősíti és így megfigyelhetővé teszi egy távoli bolygó fényét. A NASA először tudományos szempontból vizsgálja meg a beérkezett javaslatok megvalósíthatóságát. Ha találnak megfelelőt, akkor mérlegelni kell a költségeket, és el kell dönteni, hogy veszni hagyják a Keplert vagy pedig viselik az átprofilozás és az új küldetés költségeit. (www.skyandtelescope.com, 2013. augusztus 19.)

EGY MÁSIK ŰRTÁVCSŐ ÚJ FELADATOT TALÁLT

A NASA illetékesei augusztusban bejelentették, hogy újra munkára fogják a két és fél éve kikapcsolt WISE űrtávcsövet. A 2009 decemberében Föld körüli pályára állított WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer, azaz nagy látószögű infravörös felderítő műhold) eredeti küldetésében 10 hónapon keresztül pásztázta a teljes égboltot négy infravörös hullámhosszon (3,4; 4,6; 12 és 22 mikrométer), észlelései alapján készítik el az évtized végén induló James Webb-űrtávcső katalógusát. A WISE detektorait 15 kg szilárd hidrogén elpárolgatásával 15 kelvintű hűtötték, miután a hidrogén elfogyott, az eredeti küldetés véget ért. A NEOWISE néven újjáélesztett szonda 3 éven keresztül a Naprendszer belső térségét fogja pásztázni, hogy a Földet veszélyesen megközelítő égitesteket, úgynevezett NEO-kat (Near-Earth Objects, azaz földközeli objektumok) keresen. Ehhez a 12 és 22 mikrométeres detektorokat fogják használni, ezek ugyanis nem igénylik a hűtést. A NASA ez év elején jelentette be, hogy a majdani Orion űrhajóval meg-

fognak közelíteni egy kisbolygót, amelynek anyagából az űrhajósok mintát vesznek. A NEOWISE fő célja a küldetés célpontjának megtalálása. Jóllehet az ismert NEO-k száma már meghaladja a tízezetet, ám ezek közül csak néhány száz esik a küldetés számára alkalmas 5–10 méteres tartományba, ezek közül is csak kevésnek ismerik a pontos pályáját. Ha a terveknek megfelelően 2016-ig ki akarják választani a célpontot, akkor a NEO-k felfedezési ütemét jelentősen gyorsítani kell, ebben segít a NEOWISE. A kutatók remélik, hogy a távcsővel sikerült 150 új NEO-t felfedezni. Ez önmagában nem sok, de ennél is fontosabb, hogy reményeik szerinti 2000 további égitest fizikai tulajdonságait, elsősorban fényvisszaverő képességét, méretét és termikus tulajdonságait is meg tudják határozni. Egyelőre azonban a megfelelő célpont kiválasztása csak az egyik, a NASA kisbolygó-küldetése előtt tornyosuló akadályok közül. A legnagyobb nehézség az, hogy a küldetés mindaddig csak a 2014. évi előkészítő szakaszra kapott költségvetési támogatást. (*www.skyandtelescope.com, 2013. augusztus 22.*)

AZ EGÉSZ VILÁG IDŐJÁRÁSÁT VESZÉLYEZTETI AZ ÁZSIAI LÉGSZENNYEZŐDÉS

Yuan Wang és munkatársai éghajlati modellek, valamint az elmúlt 30 év során összegyűjtött meteorológiai és az aeroszolokra vonatkozó adatok segítségével megállapították, hogy az Ázsia feletti légszennyezés, melynek legnagyobb része Kínából származik, befolyásolja a globális légáramlásokat. A modellekből világosan látható, hogy az ázsiai szennyezés az atmoszféra felső rétegére hat, és feltehetőleg ennek következtében erősödnek tovább a viharok és ciklonok. A szennyezettség befolyásolja a felhőképződést, a csapadék mennyiségét, a viharok intenzitását és egyéb tényezőket, végső soron az éghajlatot, és létrejött valószínűleg jelentős következményekkel jár Észak-Amerika éghajlati mintázatára is. Kínában a gazdasági fellendülés elmúlt 30 évében hatalmas gyártelepeket, ipari parkokat, erőműveket és egyéb, hatalmas mennyiségű légszennyező anyagot kibocsátó ipari létesítményt építettek. A részecskék a légkörbe jutva befolyásolják a felhőképződést és az egész Föld éghajlatát. Kínában és a többi ázsiai országban a szennyezés fő forrása a széntüzelés és a gépjárművek károsanyag-kibocsátása.

Egyes kínai városokban, például Pekingben a légszennyezettség mértéke a WHO által elfogadott határértéknek akár a 100-szorosát is meghaladja. Egy tanulmány szerint ez az oka annak, hogy egyes területeken a tüdőrákos megbetegedések aránya 400%-kal emelkedett. A téli hónapokban a stag-

náló időjárás és a legtöbb ázsiai városban megnövekvő szénégetés együttes hatására hetekig tartó szmog jön létre. A kínai kormány ígéretet tett arra, hogy szigorítani fogja a szennyezés megengedett felső értékét, és elegendő pénzforrást biztosít a probléma felszámolására.

Ázsiából óriási mennyiségű aeroszol-részecske jut fel az atmoszféra akár 9–10 km-es magasságába is, aminek a felhőképződésre és az időjárásra nyilvánvaló a hatása. További vizsgálatokkal kell megállapítani, hogy az aeroszolok globálisan miként szállítódnak és pontosan hogyan változtatják meg az éghajlatot. (*sciencedaily.com, 2014. január 21.*)

A KÖZELBEN ALAKULTAK KI AZ ELSŐ HÚSEVŐK

A húsevő állatok (Carnivoraformes) kialakulása az eocén korszak legelején élt primitív húsevő emlősökig követhető vissza. Az egyik legkorábbi képviselőjük volt a Belgiumban előkerült Dornaalocyon latouri nevű faj, amelynek most kiváló megtartású példányait fedezték fel. A kutatók több mint 250 fogat és bokacsontot fedeztek fel a korábbi lelőhelyen. Lehetővé vált az állat teljes fog-sorának feltérképezése, sőt még a tejfogak is gyakoriak voltak a vizsgált anyagban. A primitív megjelenésű fogak bizonyítják, hogy a Dornaalocyon a húsevők kialakulásának korai szakaszához tartozott, és a belgiumi leletek alapján ez a korai evolúció Európában következett be. A bokacsontok szerint fákon élő, és azokon könnyedén mozgó állatról van szó, amely meleg és nedves területen élt 55 millió évvel ezelőtti.

Az erdei életmód, és a rokon húsevők nagyon gyors megjelenése Észak-Amerikában arra utal, hogy a paleocén-eocén határ meleg időszakában egy közel folyamatos erdő-öv lehetett a magas földrajzi szélességeken. Az eddig rendelkezésre álló adatok alapján az eocén elején már nagyon változatosak voltak a húsevők. Ez arra utal, hogy a legkorábbi formáiknak előbukkanására a paleocén rétegekben számíthatnak a paleontológusok. (*Journal of Vertebrate Paleontology, 2014. január.*)

AMI MEGVÉD A KANNABISZ ÁRTALMAIVAL SZEMBEN

A világon több mint 20 millió ember kannabiszfüggő. A használat a 16–24 éves korosztályban igen magas (30%), ez a populáció különösen érzékeny a szer káros hatásaival szemben. A rendszeres kannabiszhasználat nagyon sok veszéllyel jár, az emlékezet romlását, motivációhiányt és erős függőséget okoz. A szer fő hatóanya-

ga a THC (tetrahidrokannabinol), az idegsejtekben található CBI kannabinoid receptoron keresztül hat az agyra, a receptorhoz kötődik, így az nem tudja élettani működését végezni.

Az INSERM csoport kutatásának középpontjában a kannabiszfüggőség hatékony kezelésének kifejlesztése áll. Ebben a pregnenolonnak, egy az agy által termelt szteroid hormonnak a lehetséges szerepét vizsgálták. Azt eddig is ismerték, hogy a pregnenolon az összes többi szteroid prekursora, most azonban igazolták egy újabb fontos működését is. Természetes védelmi mechanizmust biztosít, védi az agyat a kannabisz káros hatásával szemben. Amikor a nagy dózsisú THC aktiválja a CBI receptort, egyben beindítja a pregnenolon szintézisét is. A pregnenolon ekkor a CBI receptor specifikus helyéhez kötődve csökkenti a THC hatását.

Neurobiológiai szinten a pregnenolon nagymértékben gátolja a THC által kiváltott dopamin-felszabadulást, ami a függőség kialakulásában fontos. A pregnenolon közvetítette negatív visszacsatolás egy eddig ismeretlen endogén mechanizmus, mely védi az agyat a CBI receptor túlaktiválásától. A kutatás új lehetőséget jelent a további kezelési módok felé. Pregnenolont egereknek vagy patkányoknak beadva megakadályozta, hogy a THC károsan hasson a viselkedésre. Az állatok visszanyerték a normális emlékezőképességüket és kevésbé voltak nyugodtak. A pregnenolon azonban önmagában nem használható kezelésre, mivel szájon keresztül szedve nehezen szívódik fel, a véráramba kerülve pedig azonnal egyéb szteroidokká alakul át. A kutatók jelenleg a szer egy jól felszívódó és stabilabb változatának kifejlesztésén dolgoznak. (*sciencedaily.com, 2014. január 2.*)

MEDDIG LESZNEK ÓCEÁNOK A FÖLDÖN?

A napsugárzás erőssége a következő néhány száz millió év során fokozatosan emelkedni fog, ami természetesen megemeli a földi hőmérsékleteket is. Ez a folyamat előbb-utóbb elpárologtatja bolygónk óceánjait. Ezt szimulálta modellen egy francia kutatócsoport. Eredményeikből nemcsak az deríthető ki, hogy mikor tűnik el a víz a Föld felszínéről, hanem az is, hogy milyen körülmények szükségesek ahhoz, hogy folyékony víz létezhesen más, földszerű bolygókon.

Mint a legtöbb csillagnak, a Napnak a luminozitása is nagyon lassú ütemben fokozódik, az élettartama növekedésével. Ennek alapján az várható, hogy a Föld klímája – teljesen függetlenül az ember okozta éghajlat-módosító tevékenységektől – több százmillió év elteltével egyre melegebbé válik.

Ez annak a következménye, hogy egyre több víz párolog el a felszínről, mert az óceánok hőmérséklete is emelkedik. Mivel a vízpára erősen üvegházhatású, bolygónk klímáját megugró üvegházhatás uralja, akárcsak a Naphoz közelebb keringő Vénusz esetében ez már régen megtörtént.

Hogy ez az állapot mikor következik be a Földön, nehéz kiszámítani. Eddig egydimenziós, erősen leegyszerűsített asztrofizikai modellekkel próbálkoztak a kutatók, melyben a Föld egynemű és nem vették figyelembe sem a felhőzetet, sem az évszakok változását. E modellek alapján a Föld nagyjából 150 millió év múlva kezdi elveszíteni a felszíni vizeit. A francia Laboratoire de Meteorologie Dynamique munkatársai egy háromdimenziós modellt fejlesztettek ki, melynek alapján azt állapították meg, hogy bolygónkon nagyjából egymilliárd évig még kitartanak az óceánok. A két modell közti hatalmas különbség abból adódik, hogy az újabb figyelembe veszi a légköri cirkulációt, melynek során az Egyenlítő felől a mérsékelt öv felé áramló meleg levegő szárító hatást fejt ki és mérsékli az üvegházhatást azokban a régiókban, ahol erős a párolgás. A napsugárzás felerősödése felerősíti a légköri cirkulációt, még jobban kiszárítja a szubtrópusi vidékeket és további több százmillió évre még stabilizálja a klímát. A modell figyelembe veszi a felhők árnyékoló hatását is; a felhőzet miatt kevesebb napsugárzás jut el a felszínre és ez valamennyire ellensúlyozza az üvegházhatás miatti felmelegedést. A modell alapján azt is kiszámították, hogy a Föld akár 5 százalékkal is közelebb kerülhetne a Naphoz (vagy más bolygó a saját, a Napéhoz hasonló csillagához), mielőtt elveszítené a felszíni vizeit. (*Nature*, 2013. december 12.)

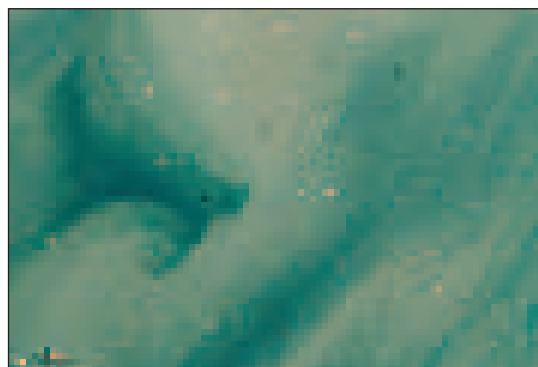
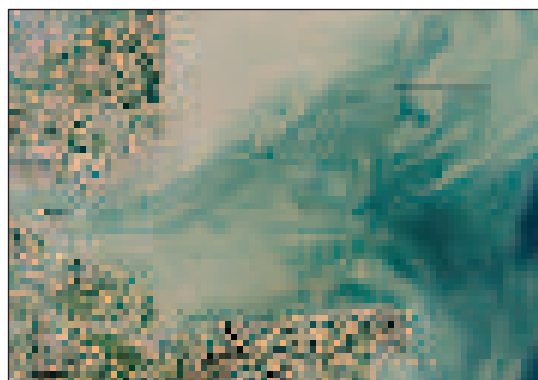
A VILÁG LEGNAGYOBB SZÉLERŐMŰ-RENDSZERE

2013-ban adták át Nagy-Britannia legnagyobb, immár teljes kapacitással működő szélerőmű-rendszerét, a London Array-t. A 100 négyzetkilométerre kiterjedő „szélfarm” mintegy 20 kilométerre terül el az angol partoktól, a Temze torkolata közelében, az Északi-tengerben. 175 szélturbinája maximális teljesítménykor 630 megawatt energiát termel, ami kereken 500 ezer otthon áramellátását fedezi. Ezzel a maga nemében a legnagyobb tengeri szélerőműpark a világon. A 147 méter magas turbinák 650–1200 méterre állnak egymástól; tenger alatti kábelekkkel állnak összeköttetésben egymással, ahonnan az energia előbb két tengeri állomásra jut, majd onnan egy parti főállomásra. A végső fázisában a jelenleginek a két és félszeresére tervezett rendszer két természetes homokpadon épült ki, átlagosan 25 méter mély vízben. Azért építették pont ide, mert közel

van a parti elektromos infrastruktúrához, viszont nem esik egybe a régió fő hajózási útvonalával.

A London Array elkészülte újabb hatalmas lépés a megújuló energiaforrások kihasználása felé. Az itt termelt árammal évi 900 ezer tonna szén-dioxid-kibocsátást váltanak ki, mely nagyjából 300 ezer gépkocsi emissziójának felel meg. Nagy-Britannia ezzel 3,6 gigawattal emelte a tengeri szélenergia-kapacitását, amit az évtized végére 18 gigawattal akarnak növelni.

A képek a Landsat 8 műholdról készültek. Az első áttekintést ad a területről, ahol a szélfarm felépült, a kinagyított képen pedig kis



fehér pontokként látszanak a szélturbinák. A tenger elszíneződését a Temze által beszállított hordalék okozza.

BESZÉD MUNKAMEGOSZTÁS NÉLKÜL

Amikor beszélgetünk, agyunk rendkívül nehéz munkát végez. Másodpercek töredéke alatt kell felvennie és felismernie beszélgetőpartnerünk által kiadott hangokat, s azokat szavakká összerakni. Majd ezeket az információkat továbbítani kell a központba, ahol „megszületik” a válasz. A központ aztán az ajkaknak és a szájüregnek parancsokat ad éppen olyan mozgások végzésére, amely a válasz megfelelő hangjait eredményezi. A hagyományos modell szerint a hallott beszéd feldolgozása a bal agyféltekében talál-

ható ún. Wernicke-területen történik. Ezt a területet idegrostok kötik össze a bal elülső lebenyben elhelyezkedő beszédért felelős Broca-központtal.

Bár a beszélgetés során a hallottakat mindkét fülünkkel érzékeljük, az eddig általánosan elfogadott elmélet szerint a munka java része a bal agyféltekében zajlik – legalábbis a legtöbb jobbkezes embernél. Csak a fölét rendelt feladatok – beszélni tudás és az azon való gondolkodás, mit is szeretnénk válaszolni – elvégzésére használja agyunk mindkét agyféltekét. Bizonyítékok léteznek ugyan erre a munkamegosztásra, a legtöbb azonban sztrókos betegektől származik, akiknél zavart szenvedett ez a rendszer.

Amerikai kutatók ezért egészséges beszédképességű embereknél utánajártak, mely agyfélteke aktív a hallás és a beszéd folyamán. 16 embernél volt lehetséges a vizsgálat, akiknek epilepsziájuk miatt a jobb, bal vagy mindkét agyfélteke felületén elektrodák voltak elhelyezve. Ezeket a betegeket a kutatók három különböző teszt elvégzésére kérték. Az első feladatban egy egyszerű szótágot hallottak, amit aztán 2 másodperc elteltével vissza kellett mondaniuk. A második feladatban ugyancsak egy szótágot hallottak, ezt azonban csupán némán, az ajkak mozgásával kellett ismételnük. A harmadik feladatban csak a szótágot passzív meghallgatása volt a feladat. A feladatvégzések során a kutatók feljegyezték, hol, mikor és milyen mértékben voltak aktívak a különböző agyféltekék.

Az eredmény meglepő volt: az agyra és a beszédre vonatkozó alapvető dogmák egyikével szemben a hallott beszéd feldolgozásától a motorikus beszédhez való átmenet során az aktivitás bilaterális, azaz kétoldali. Az elektrodák által feljegyzett reakció mindkét agyféltekében szinte azonos volt. Annak kizárására, hogy a fő munka mégiscsak a bal féltekében zajlott és a jobb csak utólag vette a jeleket, a kutatók összehasonlították az aktivitások időbeni lefolyását. Ám az összehasonlítás során sem találtak jelentős különbséget, vagy egyoldali késlekedést.

A kutatók összegzése szerint eredményeik önmagukért beszélnek: a szenzoros-motoros beszédrendszer bilaterális. Munkamegosztás csak akkor következik be, ha nyelvismeret lehívására van szükség, vagy beszélgetésünk tartalmáról tudatosan gondolkoznunk kell. (*www.wissenschaft.de* 2014. január 15.)

A DOKTORANDUSZOK FIGYELMÉBE!

A Doktorandusz cikkpályázatunk beadási határidejét meghosszabbítottuk.

(Az Élet és Tudomány és a Valóság kategóriákban is.)

Az új határidő:

2014. március 31.

A cikkpályázat részletes kiírását a honlapunkon olvashatják:

www.termesztvilaga.hu

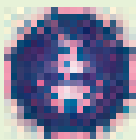
FELHÍVÁS

Ha kedveli lapunkat, ha érdekesnek és hasznosnak találja, kérjük, utalja adója **1%-át** kiadónk, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat javára.

Adószám:

19002457-2-42

KÖSZÖNJÜK!



BESZÉLGETÉS A HADIK TUDOMÁNYI KÁVÉHÁZBAN

(1111 Budapest, Bartók Béla út 36.)

2014. március 20. (csütörtök) 18 óra

A Tudományos Újságírók Klubjának vendége:

Kiss László

akadémikus, csillagász, az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet tudományos igazgatóhelyettese

A beszélgetés címe:

Az Univerzum nagy kérdései – csillagász szemmel

Beszélgetőtárs:

Lukácsi Béla

rádiós tudományos újságíró és az est vendégei

Mindenkit szeretettel

várunk a rendezvényre.

Kérjük, a terem korlátozott befogadóképessége miatt részvételi szándékukat az alábbi címen jelezzék:

tuklevelezes@gmail.com

Orvosszemmel

DOLLÁRMILLIÓK GYÓGYSZERRE

Az IMS Institute for Healthcare Informatics kutatói terjedelmes tanulmányban írták le, hogy számításaik szerint 2014-ben az emberiség gyógyszerköltsége eléri az egy trillió dollárt. Számításaik szerint a gyógyszereszmála 2017-ben már 1,2 trillióra emelkedik. Ezek nem légből kapott adatok. Tények igazolják, hogy 2012-ben világunkban a gyógyszerekre költött pénz 965 milliárd dollárral növekedett, ami 2,6%-os drágulást jelent és becslések szerint a következő öt esztendőben ez a költség újabb 3–6%-kal tovább emelkedik. Az új, speciális gyógyszerek kifejlesztése, preklínikai vizsgálata ma már elképesztően sokba kerül. A gyógyszeripar 2012-ben 171 milliárd dollárt fordított gyógyszerkutatásra és 2017-ben ez az összeg várhatóan 38%-kal növekszik. A gyógyszerek piacán megjelenő, olcsóbb generikus készítmények forgalma Észak-Amerikában, Európában és Japánban évente átlag 1–4%-kal, míg a fejlődő országokban évente 10–13%-kal lesz nagyobb, ami gazdasági növekedéssel, epidemiológiai és demográfiai változásokkal jár, az állami és a magán-egészségügyi ellátás egyaránt növekszik.

Az Egyesült Államokban az új egészségügyi törvény következtében az ellátásra jogosult állampolgárok növekvő száma, míg másutt – például Japánban – az egyre növekvő arányú és számú idős emberek korszerű ellátásának igénye miatt fog nőni a generikus gyógyszerek penetrációja. A gyógyszerfejlesztés rendkívüli költségei miatt a hatóságokhoz engedélyezésre benyújtott új szerek nem a legtöbb halálesetet okozó szív-és érrendszeri betegségeket gyógyítják, hanem a rosszindulatú daganatos folyamatok kezelésére kerülnek forgalomba.

A LÉGSZENNYEZÉS HATÁSAI

A sűrűn lakott területek és a nagy forgalmú utak környezetében a levegő világszerte igen szennyezett. Azt már régóta megfigyelték, hogy a tüdőszövet funkciójának romlása és rosszindulatú daganatos károsodása szoros összefüggésben van a légszennyeződéssel, de most több, jól kontrollált tanulmány is kapcsolatot talált a szívbetegségek és a belélegzett levegő szennyezettsége között.

Az Edingburgh-i Egyetem Orvosi Karának kutatói *Nicholas I. Mills* vezetésével öt nagy nemzetközi adatbázis légszennye-

ződésre vonatkozó adatait elemezve összefüggést találtak bizonyos területeken a szennyezettség mértéke és a szívelégtelenség gyakorisága között. A légszennyezés mértékét az egészségre veszélyes gázok: szén-monoxid, kén-dioxid, nitrogén-dioxid, ózon és a kis molekulájú szennyező anyagok koncentrációjával határozták meg. A szakirodalomban megtalált 1146 dolgozattól 195 foglalkozott megfelelő részletességgel ezekkel az adatokkal. A kutatók a szívelégtelenség előfordulásának gyakoriságát a kórházi felvételek és a halálozás számával mérték. A tanulmány eredményei azt mutatták, hogy a szívelégtelenség miatti kórházi felvételek száma vagy a halálozás szorosan összefügg az adott terület légszennyezettségének mértékével. A kutatók hangsúlyozzák, hogy az elemzésbe vont városok az iparilag fejlett, elfogadhatóan jó levegőjű országokban voltak, ahol a levegő tisztaságának javítására különféle szabályok, törvények vannak, de ezek eddigi eredménye erősen kérdéses. A légszennyezettség kedvezőtlen hatása folyamatosan érvényesül, de a mérések szerint az egészség károsodásának legkifejezettebb következményei a helyszínre érkezés első 24 órájában jelennek meg.

Az Egyesült Államokban a kutatók számításai szerint, ha a 3–9 µg/m³-nál kisebb méretű részecskék koncentrációja a felére csökkenne, a kórházi felvételek száma 7978 esettel lenne kevesebb, ami az egészségügyi kiadásokban évente egyharmad milliárd dollár megtakarítást eredményezne. A leggyakoribb szívritmuszavar, a pitvarfibrilláció is sűrűbben jelentkezik ott, ahol a légszennyezettség emelkedett. *Mark S. Link* és munkatársai Boston városában és környékén vizsgálták a fibrilláció előfordulási gyakoriságát és a belélegzett levegő minőségét. A statisztikák szerint Boston az aránylag jó levegőjű amerikai települések egyike, de az aritmiára hajlamos szívbeteg körében az apró méretű szennyezettség minden 6,0 µg/m³-nyi növekedése átlagosan 26%-kal emeli a ritmuszavar kockázatát.

Az ember okozta légszennyezés a számítások szerint világszerte évente kétmilliárd halálesetet felelős. *Raquel A. Silva* és 30 főnyi nemzetközi munkacsoportja az Environmental Research leveleinek egyikében jelentette meg az adatokat. A dolgozatban azt írják, hogy ennek a halálozásnak jelentős része Ázsiában következik be, ahol nagy a népsűrűség és igen szennyezett a levegő. ✕

A tudás művészete

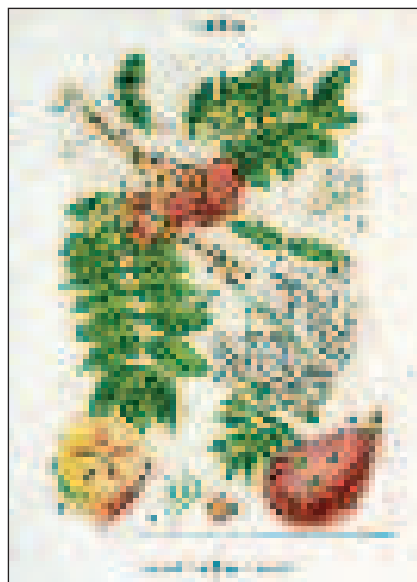
Rövid elmélkedés a tudományos illusztrációról

Második rész

SZILI ISTVÁN

A tudományos illusztrációk terén az igazi fellendülés csak a XVIII. század közepétől kezdődött el: a könyvek olcsóbbá és szebbé váltak, nagyobb példányszámban készültek és a jobb módú vagy műveltebb családok gyűjteni kezdték őket. A tankönyvek írói és kiadói számára már egyenesen követelménnyé vált a színvonalas illusztrálás. Az egymást követő világfelfedező expedíciók ugyancsak igényelték az illusztrátorok munkáját. Mindez tehát hatalmas ösztönző erőt jelentett az illusztrátorok számára. Most már tényleg lehetetlen a sokaságban sorrendet felállítani. Talán nem is kell! A képek tízezrei a világháló segítségével könnyen elérhetők, ki-ki ízlése, tetszése, érdeklődése szerint váltogathatja őket.

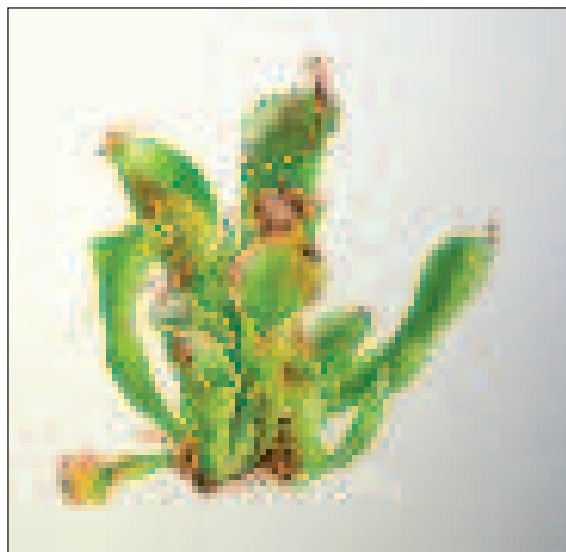
Csak néhány példát említek. A kor egyik kiemelkedő magyar illusztrátora,



Jacob Sturm metszete a háziberkenyéről

Arányi Lajos György (1812–1887) patológus volt, akit szívesen emlegetnek a klasszikus illusztráció mestereként. Ő kezdeményezte például a hazai elsősegélynyújtás megismertetését, ehhez gazda-

gon illusztrált tankönyvet is írt. De az építészet is érdekelte: Vajdahunyad váráról például tanulmányt adott közre. Megkerülhetetlen a XVIII–XIX. század egyik legsokoldalúbb tudósa is, a flamand (hugenotta?) *Nikolaus Joseph von Jacquin* (1727–1817), aki Mária Terézia jóvoltából nemcsak Bécsben, hanem Selmecbányán is hatékonyan tevékenykedett. Mozarttal olyannyira jóban volt, hogy a zeneszerző több művét is neki ajánlotta. A tudománytörténet főleg orvosi, vegyészeti, ásványtani és botanikai munkásságát tartja számon, ez utóbbi esetében neves illusztrátorként is. Bécsi tartózkodása során ő „fedezte fel” és látta el munkával az osztrák *Ferdinand Lucas Bauer* (1760–1826), aki később nagyszerűen megalkotott képekkel tájékoztatta Európát Ausztrália élővilágáról, ahová angol expedícióval jutott el, amit egy földközi-tengeri kirándulás előzött meg. Ennek hozadéka-ként készítette el és adta ki 1806-ban Londonban a *Flora Graecat*. A német *Jacob Sturm* (1771–1848) rézmetsző mesterként szerelmesedett bele a botanikába és rovartanba. Pontos növénytani és rovartani ábráit a szakma tudósainak irányításával és támogatásával készítette, illetve jelentette meg könyvek sorozatában. *Pierre-Joseph Redouté* (1759–1840) „botanikus festő” viszont Franciaországnak szerzett dicsőséget, főleg gyönyörűséges rózsaképeivel. Mivel csaknem kizárólag a dísnövényeket festette meg, kertész-illusztrátornak is tekinthetjük. Régi ismerőseinket is említenem kell (magyar vonatkozásai miatt egyikükről korábban már írtam), vagyis az Ender ikreket, *Johann* és *Thomas Endert* (sz. 1793), akik Metternich jóvoltából 1817–18-ban részt vehettek egy brazil expedícióban. Thomasnak sok száz bra-



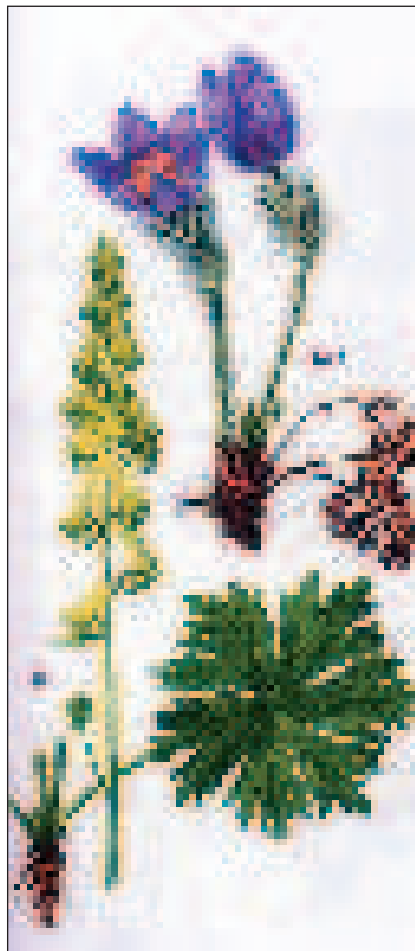
Claire Felloni tanulmánya egy rovarfogó növényről

zil akvarellje fennmaradt, melyeket fontos kortörténeti dokumentumként őriznek a bécsi Kunsthistorische Museum-ban.

Kitaibel Pál Iconographiája

„Ismereteim szerint mindössze egyetlen példányban maradt fenn a „magyar Linne” – vagyis *Kitaibel Pál* ikonográfiája, a *Descriptiones et icones plantarum rariorum Hungariae*, melynek színes képeit a szerző saját kezűleg készítette, és amit Bécsben adtak ki 1802-ben. Ezáltal igen előkelő helyen szerepel a hasonló, már tudományos értékű botanikai művek között. A kötetek egyike még Amerikába is átkerült volna, de sajnos a szállító hajó vele együtt elsüllyedt.” (Milkovits István közlése.)

Az ugyancsak német *Otto Wilhelm Thomé* (1840–1925) mint botanikus művész, a német nyelvterület növényvilágát örökítette meg a mai napig használatos színes metszeteken. Munkássága már a XX. század első negyedét is érintette, stílus és



Csapody Vera illusztrációja az *Iconographia* színes képgyűjteményéből

felfogása mégis inkább Jacob Sturméval rokonítható. Képein világosan, jól értelmezhetően ábrázolta a határozást lehetővé tevő bélyegeket. Elképzelhető, hogy (legálábbis a kezdetekkor) *Csapody Vera* munkásságát is befolyásolta.

Jelenünk nemcsak valós, hanem „kiber világ” is: képek, ábrázolások vesznek körül bennünket a nap minden pillanatában. Felmerül tehát a kérdés: a digitális fényképezés (és más képalkotó eljárások) széleskörű elterjedése ellenére miért van szükség még ma is a grafikus illusztrációra? A válasz egyszerű: éppen a láttatás miatt. Mert a pontosság nem minden! A részletek között könnyen elbújik a lényeg. Az illusztráció éppen a lényegre képes félreérthetetlenül kiemelni, a zavaró hatásokat pedig elhagyni, vagy háttérbe helyezni. És hát, urambocsá! – az illusztrációk többsége annyira szépséges, annyi művészi képességet csillogtat meg, hogy képtelenség lenne vizuális élményre szomjazó tekintetünk elől elrejtetni őket. Ami pedig igazán nagy örömeinkre válik: Merian aszszonyának számos későbbi, sőt jelenkori kötetje akadt. Átalluk mintha a női szépség



Julius Th. Csotonyi dinoszaurusz-rekonstrukciója

„Amikor Jávorka Sándor elkészült a Magyar Flóra kétkötetes határozókönyvével – nem minden felhasználó tudta ellenőrizni, hogy jól határozott-e? Csak az, akinek bejárása lehetett az akkori Nemzeti Múzeum Növénytárába, és ott egymás mellé tette a magával hozott meghatározott növényt, és a Növénytár hitelesített herbáriumi lapját. Ha a két példány egyezett, akkor a határozás jó volt, ha nem, kezdhette előről az egészet. (Vagy valamelyik növénytári botanikus megmondta neki, hogy valójában mi is a nála lévő növény). Ezért gondolta úgy Sándor bácsi, hogy a jól látható határozási bélyegek kiemelésével, természetes nagyságban le kell rajzolni a herbáriumban lévő hiteles példányokat, és a rajzokból egy kontroll-könyvet kell készíteni.

Hozzá is fogott, az *Iconographia* első ábráit ő maga készítette. (Így hát Jávorka is beletartozik az illusztris illusztrátorok névsorába). Azonban igen nehezen boldogult. Elkezdett hát megfelelő rajzkészséggel rendelkező embereket keresni, de ezekkel még nehezebben boldogult. Egytől-egyig „önmegvalósítók” voltak, igen szép, mutatós művészi rajzokat készítettek, de a lényeg – a határozás helyességét bizonyító bélyegek kiemelését – nem tudták alkalmazni. Nem ismerték a növényrendszertant, így művészi lelkük egyszerűen nem értette, hogy mit is akar tőlük Jávorka.

Egyszer aztán egy vasárnap délután sétálni indult a Hűvös-völgybe. Egyszer csak meglátott egy ifjú hölgyet, aki egy összecusukható széken ülve, vízfestékkel vadvirágokat festgetett. Odalépett hozzá, nézegette a készülő képet, majd szóba elegyedett a festető hölgygel. Kiderült, hogy a fiatal nő matematika-fizika szakos tanár, és csupán kedvtelésből festget. Azt viszont igen jól csinálja: nem úgy, mint a hivatásos rajzolók, hanem úgy ábrázol, ahogyan a másik kezében lévő virágot látja. Őt nem érdekelte a húszas évek elején divatos posztimpreszionista (meg mit tudom én, még hányféle egyéb) irányzat – ő természettudományos észjárással, naturalista módon, naiv festőként, tökéletesen dolgozott.

Sándor bácsi azonnal lecsapott rá, és meghívta a Növénytárba egy kis beszélgetésre.

No, hát ő volt Csapody Vera, akit Sándor bácsi megkért arra, hogy készítse el az *Iconographia*-t. Megmutatta a saját rajzait, amelyek ugyan szakmailag jók voltak (most is ott vannak az *Iconographia*-ban), de nem elég szépek ahhoz, hogy ilyen legyen a botanikai határozó-irodalom első kontroll-könyve. Aztán megmutatta a hivatásos művészek rajzait, és azt is elmagyarázta, hogy azok miért nem jók. Vera néni azonnal megértette, mi lenne a feladat, és igent mondott.

Nekiállt tehát, és egymás után vette kezébe a lerajzolandó herbáriumi lapokat, majd a határozókönyvet, és megkereste a préselt növényen azokat a bélyegeket, amelyeket a határozókönyv szövege szerint úgy kellett lerajzolni, hogy az ismeretlen növényt kezébe vevő diák, tanár, vagy amatőr botanikus felismerje az ábrán a határozókulcs állításait.

Aztán – a világon elsőként – elkészült az ábrával ellenőrizhető határozókönyv, a Magyar Flóra három kötete; a két határozókulcs meg az *Iconographia Florae Hungaricae*. Szerzője az összeforrt szerzőpár: a *Jávorka-Csapody*. (Milkovits István közlése.)

tevődne át a közvetítő kéz magabiztos vonalvezetésére, aprólékos figyelmességekre, a színek és színharmoniki megjelenítésére, a légység és határozottság együttes kifejezésére. Nem igaz ugyan, de különösen a növények megrajzolása mintha kifejezetten női mesterségnek számítana. Feminista túlzások szerint ugyan nincs ilyen, de ez maradjon csak az ő véleményük. Mindezzel összefüggésben bocsássák meg nekem, hogy újra szubjektív legyek. Az 1980-as évek elején az

verák” a nagyvilágban, sőt még itthon is. Igaz, nem mindegyiküknek állna jól a Vera keresztnév.

Kortársunk és honfitársunk, *Richter Ilona* érdeklődése egy időben a tenger élővilága, mikrofaunája felé irányult, de elévülhetetlen érdeme az is, hogy a gyerekekre is gondolt. A nem ritkán bugyután illusztrált gyermekkönyvek mellett az ő pontos ismereteket szolgáltató szépséges könyvei is elfértek. A francia *Claire Felloni*

torok ritka emberfajtaához tartoznak: ők az igazi tisztánlátók, ezáltal igaz léleknemésítő emberek. ✦

A szerző ezúton mond köszönetet Milkovits Istvánnak szíves tanácsaiért és a kiegészítésekért.

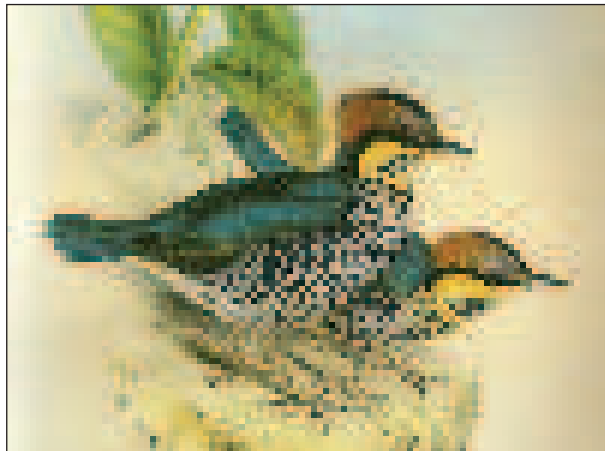
Irodalom

Szepesi Attila újságíró

mno.hu/migr_1834/bizanci-bestiarius-424411f

Kádár Zoltán – Tóth Anna: Az egyszarvú és egyéb állatfajták Bizáncban <http://mek.oszk.hu/05000/05025/html/>

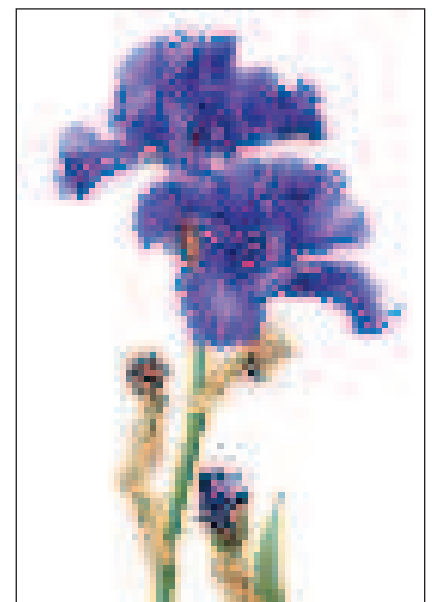
The hedgehog seen from several views from Albertus Seba's magnificent 1734 natural history, *Locupletissimi rerum naturalium thesauri accurata descriptio*.



Kókay Szabolcs illusztrációja a borneói pitta-madrárról



Maria Rita Stirpe előszeretettel ábrázolja a gyümölcskülönlegességeket



Sam Zwemmet a különleges dísznövények büvölik el

a megtiszteltetés ért, hogy pécsi lakásán találkozhattam *Horvát Adolf Olivérrel*. Híres botanikusunk nagy kincset őrzött akkoriban: *Csapody Vera* (1890–1985) sok száz eredeti kartonját a magyar flóra képeivel. Soha nagyobb, szívdobogtatóbb élményt! Fellelkesülve, a képeket „testi közelségből” látva, úgy érzem, soha sem lennék képesek ekkora tökélyre a növények ábrázolásában. (Persze, azért amatorként tovább próbálkoztam, de „műveimet” nem a nagyközönségnek szántam. Talán nem számított hiábavalóságnak, hogy 1962 őszén a növény szervezettan gyakorlatokon Gracza tanár úr követelményei közé tartozott a lényegyet bemutató habituskép, illetve a szövettani metszet lerajzolása is.) Szerencsénkre ma is vannak „csapody

és főleg a madarak illusztratív ábrázolását. *Kesseyák Rita* még csak mostanában kezd ismertté válni. Kár, hogy alkotásai nehezen hozzáférhetőek, márpedig az illusztrátor mindig a széles nagyközönség számára alkot. Utolsóként egy kanadai fiatalembert, a magyar származású *Julius Thomas Csotonyit* említem, aki máris a világ egyik leghíresebb őssalatt- (főleg dinoszaurusz) illusztrátora. Ez az a terület, ahol a kötöttségek mellett nemcsak helye van, hanem egyenesen kötelező is a fantázia!

Kis körsétánk véget ért. És bizony bőven akadna még olyan illusztrátor, aki megérdemelné a neve említését. Tegyük ezt meg helyettem, ha szívük és tudásuk úgy diktálja. Megérdemlik, mert az illusztrá-

Vásárhelyi Tamás: Apró csodák festője, Csibye Mihály; *Természet Világa* 2013. március

Dr. Jantsits Gabriella: Magyar orvosi illusztrációk a XVI–XVIII. században (http://www.orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/6.1.1/1961_021_022_jantsits_gabriella_magyar_orvosi.pdf)

1601 Antwerp *Rariorum Plantarum Historia*^[6] *Fungorum Historia* Charles de l'Écluse (1526–1609) clusius

1802–12 Vienna *Descriptiones et icones plantarum rariorum Hungariae* Pál Kitáibél (1757–1817) Franz de Paula Adam von Waldstein (1759–1823) Karl Schutz, Johann Schutz

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_florilegia_and_botanical_codices

Az Orvostudományi Kar egykori épületei

KAPRONCZAY KÁROLY

Folyóiratunk 145. éve Budapesten készül. Természettudományos múltunk számos emléke vesz itt körül minket. Közelünkben nagyjaink, egykori jeles intézményeink emléktábláinak sorát láthatjuk. Körülvesz minket a hely, a helyünk szelleme. Sorozatunk szerkesztőségünk szűkebb környezetének természettudománnyal összefonódó emlékeiről ad képet.

A dualizmus korában talán az egyik legnagyobb beruházás a pesti Orvostudományi Kar elméleti és klinikai épületeinek felépítése volt. Az Orvosi Kar Hatvani utcai – egykor jezsuita kolostor – épületében már az 1830-as években tarthatatlan állapotok uralkodtak: a hallgatók száma meredeken emelkedett, az oktatást biztosító épületek egyszerűen alkalmatlanok voltak a korszerű oktatás feltételeinek megteremtésére. Az 1769 novemberében Nagyszombatban megalapított Orvosi Kar a kezdetektől fogva elég mostoha körülmények között működött: a Pozsonytól nem messze fekvő városkában, az érseki kollégiumban és a városi ispotályban folyt az oktatás, de a kar 1774-ben Budára történt áthelyezése sem hozott sok változást. Az elméleti oktatás a királyi palota egyik épületében folyt, míg a gyakorlati képzés Buda város ispotályában. 1783-ban II. József bejelentés nélküli látogatást tett az ispotályban. Az épület néhány „kórtermében” hatalmas kosz, egy több napos hulla és egy adománygyűjtésből éppen hazatért, koldusasszonyra emlékeztető gondnok „fogadta”. Az uralkodó

1784-ben Budáról a pesti volt jezsuita kolostor épületébe helyezték át az Orvosi Kart, amely mögött II. József takarékosági politikája húzódott meg: előszeretettel telepített közintézményeket megszünt egyházi vagy katonai épületekbe. Az Orvosi Kar épülete a mai Kossuth Lajos utca és Semmelweis utca sarkán álló hatalmas ház helyén volt. A valamikori kolostor első emeletén kaptak elhelyezést a kari klinikák, igaz, ez hat kórtermet és 30 betegágyat jelentett. Itt volt a sebészeti műtő, a szülészoba, a kezelő és néhány kisebb terem a medikusokkal való foglalkozásra. A földszinten a kar irodái és egy nagyobb előadóterem volt, valamint itt kapott helyet a kari könyvtár is. Addig, míg a hallgatók létszáma nem haladta meg a 80–90 főt, tűrhető volt a helyzet. A XIX. század első felében azonban már megnövekedett a klinikák és a betegágyak száma, a hallgatók létszáma is a többszörösére emelkedett. A zsúfoltságon úgy próbáltak segíteni, hogy a tanszékek és a klinikák számára épületeket béreltek. Így került az Orvosi Karhoz 1866-ban az ún. Kunewalder-ház (a Bölcsészettudományi Kar mai Múzeum körüli épületeinek teljes „utcai frontja” helyén állt hosszú emeletes épület), ahol a Szülészeti Klinika, az Élettani Intézet és az állatorvosképzés kapott helyet. Az épületet *Kunewalder Zsigmond* (1818–1900) pesti gyakorló orvostól bérelték, aki később ajándékként átadta az egyetemnek, amely családi öröksége volt.

Addig kereskedelmi irodák, lapszerkesztőségek és nagyméretű bérlakások céljaira használták, de bérelt itt irodát több tudományos egyesület is.



Az Üllői úti klinikai telepen az Élettani Intézet épülete

Az Orvosi Kar dékáni hivatalát és a kari könyvtárat 1867-ben ugyancsak kiöltöztették a kolostorépületből: először a mai Ferenciek terén állt Eggenbergházban, majd a Duna utcai Laczkovichházba, 1881-ben pedig az Üllői út és a Kálvin tér sarkán állt Pfeffer-féle sarokházban kapott helyet. Az Orvosi Kar új épületének (épületeinek) felépítése 1830-tól foglalkoztatta az egyetemet, 1848-ban határozatot is hoztak az építkezésről, majd minden maradt a régiben. A kiegyezés után, 1868-ban az Országos Közegészségügyi Tanács javaslatot dolgozott ki a kar új épületrendszerének felépítéséről és ezt a kormány elé terjesztette.

Senki nem gondolt gyors sikerre, hiszen ilyen részletes tervezetet már egyszer (1858-ban) a Helytartótanács elé is terjesztettek, de pénzühiány miatt erre nem kerülhetett sor. Az új Orvosi Kart ekkor még a Duna-partra tervezték a Sóház és a dohányraktárak helyére, valahová a Közgazdaságtudományi Egyetem



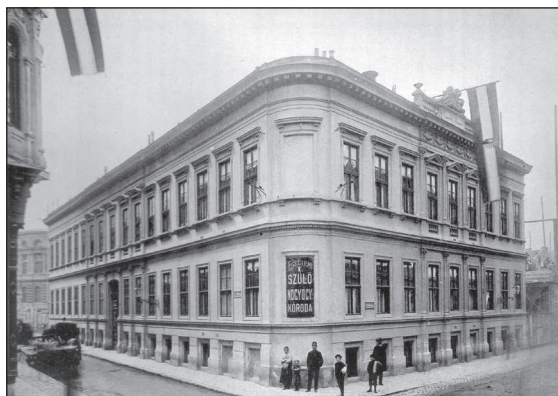
A II. sz. Szülészeti Klinika egyik lebontott épülete

haragjának nem volt határa: az ispotályt bezáratta, Buda városát új ispotály építésére utasította, a felelős városi tanácsnokot bezáratta, és az orvosi kar új elhelyezéséről intézkedett.

Intézet és az állatorvosképzés kapott helyet. Az épületet *Kunewalder Zsigmond* (1818–1900) pesti gyakorló orvostól bérelték, aki később ajándékként átadta az egyetemnek, amely családi öröksége volt.

környékére. Az Orvosi Kar ügyét felkarolta *Eötvös József* vallás- és közoktatásügyi miniszter, de váratlan halála lassította a megvalósítást. Amikor 1872. szeptember 4-én *Trefort Ágoston* lépett *Eötvös József* örökébe, valóban új lendületet kapott az ügy. Talán személyes „érintettsége” is szerepet játszott ebben, hiszen apja orvos volt, maga is élen érdeklődött a medicina iránt. *Trefort* részletes tervezetet kért, majd azt – az új klinikai telepről – az országgyűlés elé terjesztette. A parlament pénzügyi bizottsága azt a takarékosági javaslatot támogatva, hogy a mai Fűvészkert helyén épüljön egy hatalmas épület, mert ebben az esetben nem kell költeni telekvásárlásra. Ez ellen a kar tiltakozott a legjobban, inkább a Kálvin térhez közeli telket javasolták, ami aránylag olcsó megoldásnak tűnt, mert az akkori Pesten ez a vidék kies városzéli résznek számított. (Az országgyűlés javasolta helyen épült fel később az ún. második, a mai Ludovika tér melletti klinikai telep.) A pesti orvosi karnak valóban „versenyben” kellett maradnia, mert ezzel egyidőben folyt az ország második egyetemének megszervezése Kolozsvárott.

A fejlesztés első szakasza a mai Üllői út, Szentkirályi, Baross és Mária utcák övezte területen kezdődött, amit még *Eötvös* minisztersége alatt vásárolták meg, amikor világossá vált, hogy a



Az Anatómiai Intézet épülete

Duna partján nem épülhet meg a klinikai rendszer. Elsőnek az I. sz. Sebészeti Klinika Baross utcai épülete készült el *Kolbenheyer Ferenc* tervei szerint, bár ezzel egyidőben kezdődött meg – a Kunewalder-ház lebontása után – a mai Múzeum körüli telep, a Bölcsészettudományi Kar épületeinek és az Élettani

Intézetnek a felépítése is. Szükség lett „felsőbb segítségre” is: az Orvosi Kar



Az I. sz. Szülészeti Klinika régi épülete a Baross utca és Mária utca sarkán

delegációja: *Rupp Nepomuk János*, *Wagner János* és *Korányi Frigyes* – kihallgatást kért az uralkodótól, aki 1876. január 25-én fogadta is őket. *Ferenc József* 1876. május 27-én személyesen tekintette meg az építkezést és annak felgyorsítását rendelte el. Nemsokára elkészült az Élettani Intézet, és hamarosan befejezték az I. Sebészeti Klinika építését is. Az uralkodó a munkálatokhoz 300 ezer forintot, a berendezésre 30 ezer forintot adományozott, ami alaposan felgyorsította az egész klinikai telep megvalósítását. Erzsébet királyné a következő évben, az uralkodó 1880. december 18-án tett látogatást az épülő klinikai telepen: elsőnek az I. számú Sebészeti Klinikát kereste fel, majd megtekintette a közben felépült Belgyógyászati Klinikát (az Üllői út és Szentkirályi utca sarkán). Másfél órás látogatása során tanulmányozta a két klinika közé tervezett központi épület rajzait is. A következő években elkészült a Bonctani Intézet, a gazdasági kiszolgáló intézmények (konyha, mosoda, káznház stb.) sora, a betegápolást biztosító *Vincés-apácák* épülete stb. Az összes épületet *Kolbenheyer Ferenc* – a történelvi stílusban építkező – építészmérnök tervezte, de váratlan halála után *Weber Antal* vette át feladatait. *Weber* nevéhez fűződik a Fővárosi Takarékpénztár, az Angyalöldi Elmegyógyintézet meg-

tervezése. Lényegében kettőjük tervezésének „kombinációja” lett a központi épület, amelyet 1884-ben adtak át. A három részből kialakított főépületen látszik, hogy nem egy kéz munkája, stílusában és összhatásában mégis harmonikus, egységes képet mutat. Itt kapott helyet a kar adminisztrációja, a könyvtár, valamint több tanszék, egy részük csak ideiglenesen, amíg saját épületeik (I. sz. Szülészeti Klinika, a Pasteur Intézet) nem épültek fel.

Az 1883/84-es tanévre – ezen telepen belül – felépült a II. sz. Belgyógyászati Klinika. Még 1879-ben megvásárolták a Baross és Mária utcák sarkán állt *Bánffy Albert*-féle épületet, hogy helyén fel-



A régi I. sz. Szülészeti Klinika helyén emelt új épület

építsék a Szülészet-nőgyógyászati Klinikát. Az építkezések idején fokozatosan kiürítették az Orvosi Kar régi, Hatvani utcai épületét, majd bérbe adták, hogy a befolyt pénzből segítsék a nagy egyetemi építkezéseket. Az orvoskari építkezések idején a tanári kar tekintélyes nagyságai – például *Korányi Frigyes*, *Kézmárcszy Tivadar*, *Wagner János* és a kijelölt építések, így *Kiss István*, *Kolbenheyer Ferenc*, *Weber Antal* – nyugat-európai tanulmányutat tettek.

A millennium évétől lehet számítani az Orvosi Kar építkezéseinek második szakaszát, amely során újabb 14 épületet készítettek el. A hangsúly most már a második klinikai telepre összpontosult, szorgalmazója *Tóth Lajos* államtitkár lett. Ekkor épült fel a II. sz. Szülészeti Klinika *Kauszer József* tervei szerint. Sajnos, az impozáns épületet az 1960-as években jellegtelen homlokzatú „kockaépületté varázsolták” át, magán viselve a Kádár-kor építészeti ízlését. 1898-ban végleg elkészült az Anatómiai Intézet épülete, a 200 fős előadóte-

rem hideg-meleg folyóvízhálózattal, a szagokat gyorsan eltávolító szellőző berendezéssel, korszerű tűzvédelmi felszerelésekkel.

1892-ben *Réczey Imre* sebészprofesszor, a II. sz. Sebészeti Klinika vezetője kérelemmel fordult Csáky Albin vallás- és közoktatásügyi miniszterhez, hogy a Szent Rókus Kórházban működő klinikájáról illő lenne gondoskodni, főleg az után, hogy a főváros le akarta bontatni a kórházat és a város szélére telepíteni. (Ez nem valósult meg.) A minisztérium 1897-ben arról hozott határozatot, hogy a Nőgyógyászati Klinika melletti telken felépítik a II. sz. Sebészeti Klinika új épületét *Kiss István* tervei alapján. Hihetetlen munkatempóban készült el az épület, olyan kivitelezésben, hogy külföldről is csodájára jártak. A jobb tisztíthatóság kedvéért a burkolatok kiképzésénél kerülték a síkok találkozásait, helyettük íveket alkalmaztak. A nyílászárókon, záradon, zsanérokon és világítótesteken sima, egyszerű formák jelentek meg. Minden betegszobához fürdő és WC tartozott, külön ejtő rendszert építettek be a kötszerek számára, amely egyenesen a kazánházba vezetett, ahol a fertőző anyagot azonnal elégették. A csapokból steril hideg-meleg víz folyt, a szellőző berendezés naponta háromszor átszellőztette az egész épületet. A korszerű elektromos világítás mellett gázvilágítást is működtek.

1904-ben nyílt meg a Hőgyes Endre utcában a 100 ágyas Pasteur Intézet új épülete, valamint a Kísérleti Kórtani Intézet, 1908-ban a Mária utcában az I. sz. Szemészeti Klinika *Korb Flóris Nándor* és *Giergl Kálmán* közös tervei szerint, ahogyan a Klotild-palota, a Zeneművészeti Akadémia, számos belvárosi és budai bérház, közintézmény is. Ugyanebben az évben adták át az Elmekórtani Klinikát, amit szintén Korb és Giergl tervezett. Ekkor kezdődött meg a II. sz. Szemészeti Klinika építése a Szigony utcában, valamint e klinikai telep belső kertjében az Urológiai Klinikáé is. A nagy egyetemfejlesztés 1909. február 14-én megnyílt Stomatológiai Klinika – *Kauszer József* tervezésében – felépítésével zárult. A 39 év alatt megvalósított program 25 millió koronát vett igénybe, amely során egy korszerű, jól működő orvosképző intézményt hoztak létre 2000 betegágyal.

A XIX–XX. század fordulóján az európai színvonalra emelkedett magyar orvosképzés talán az akkori Európa legkorszerűbb oktatási feltételei közé került; klinikai telepei, elméleti intézetei a kor legmagasabb követelményeknek is megfeleleltek.

Miről ír a Skeptical Inquirer?



2013 november/december



2014 január/február

A Skeptical Inquirer az amerikai szkeptikus szervezet, az 1976-ban alakult *Committee for The Scientific Investigation of Claims of the Paranormal* (CSICOP) tekintélyes folyóirata. A szervezet tagjai és tanácsadói között 200 nemzetközi híró tudós, köztük jó néhány Nobel-díjas van. Alapító tagjai közé tartozik a világhíró bűvész, *James Randi* is. Bencze Gyulának, az Új-Mexikó Egyetem akkori vendégprofesszorának köszönhetően sikerült e neves szervezettel felvenni a kapcsolatot, amelynek következtében *Barry Karr*, a CSICOP ügyvezető igazgatója 1991-ben Budapestre látogatott, ahol találkozott a Természet Világa szerkesztőségének és szerkesztőbizottságának tagjaival, valamint a Magyar Természetudományi Társulat képviselőivel. Neki köszönhetően Budapestre jött *James Randi*, a világhíró bűvész és szkeptikus is, aki jelentős segítséget nyújtott a szkeptikus mozgalom hazai megteremtésében.

A magyar szkeptikusok Budapesten, a Kossuth Klubban gyűltek össze 1992. március 19-én, hogy létrehozzák a Tényeket Tisztelők Társaságát. Elnöküknek Szentágothai Jánost, a neves agykutatót választották, akinek harcos kiállása az áltudományos nézetek és az azokkal üzletelő szélhámosok ellen széles körben ismert volt.

Ezután az események gyorsan követték egymást. A szkeptikusok fellegvára a Természet Világa szerkesztősége lett, ide futottak össze a szájak, ide érkeztek a telefonok, ha a TIT szkeptikus előadássorozatot tervezett indítani, ha előadót kértek a határainkon túli magyar ajkú pedagógusok nyári egyeteméhez, rádióműsorhoz, tévéadásához. Szoros együttműködés alakult ki a Skeptical Inquirerrel, a Természet Világa szkeptikus rovatot indított, a középiskolai diákpályázatán szkeptikus különdíjat nyert diákok írását Amerikában is megjelentették. A Skeptical Briefs és a Sceptical Inquererben is közöltek írásokat a magyar szkeptikus mozgalomról, a Természet Világáról, a gabonakörökről.

Az együttműködés több mint két évtizede töretlen, és ennek keretében számolunk be időnként arról, miről is ír a Skeptical Inquirer.

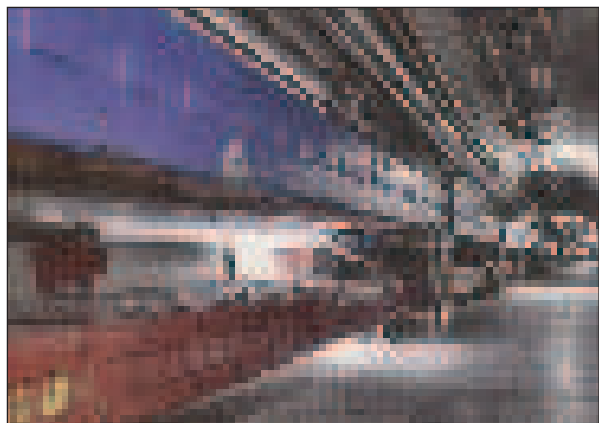
A nagyenergiás fizika jövője az Egyesült Államokban

A Skeptical Inquirer 2013. november/decemberi számában ezzel a címmel írt egy érdekes cikket *Kevin T. Pitts* professzor, a University of Illinois kísérleti

részecskefizikusa, a Fermilab Collider Detector (CDF) projektjének egyik résztvevője

A cikk annak kapcsán született meg, hogy a CERN LHC (Large Hadron Collider) gyorsítójánál megtalálták a Higgs-bozont. Pitts professzor felteszi a kérdést: „*Miért nem az Egyesült Államokban történt ez a felfedezés?*” Aztán így folytatja: „*Létezik nagyenergiás fizika program az Egyesült Államokban? Mit csinál egyáltalán az USA a nagyenergiás fizikában?*”

A kérdés indokolt, hiszen 2006-ban az Egyesült Államokban három nagy gyorsító is működött: két elektron-positron collider a Cornell Egyetemen és a Stanford Linear Accelerator Center-ben, valamint a Chicago melletti Fermilab-ban a Tevatron nevű proton-antiproton ütköztető. Élettartama alatt, az 1980-as évek közepétől 2008-ig a Tevatron volt a világ legnagyobb energiájú gyorsítója. 2008-ban a három amerikai gyorsító leállt, a CERN-ben pedig üzembe állt az LHC.



A Fermilab Tevatron gyorsítója

Felfedezhették volna a Higgs-bozont Amerikában? A válasz határozott igen. Az 1990-es évek elején Texasban munkálatok folytak a Szupravezető Szuperütköztető (SSC Superconducting Super Collider) gyorsító megépítésére, amely, ha elkészült volna, ötször akkora energiát szolgáltatna, mint most az LHC. Ha az SSC elkészül, biztosan sikerült volna felfedezni a Higgs-bozont. Az építést azonban az USA Kongresszusa 1993 végén leállította. Most tehát nincs SSC, azonkívül a három nagy amerikai gyorsító is leállt. Mi lesz akkor Amerikával? Európa az energia terén a világ élvonalában van az LHC-vel, mit tehet és tesz akkor Amerika?

Pitts professzor szerint a megfelelő válasz a *neutrínó*, amelynek kutatása továbbra is nagy kihívást jelent a nagyenergiás fizikai közösség számára. Neutrínókat részecskegyorsítókkal lehet előállítani,

azonban a dolog neheze a neutrínók detektálása, mivel azok kölcsönhatása az anyaggal rendkívül gyenge. Ezért óriási méretű detektorokra van szükség, a kozmikus sugárzás okozta háttér csökkentésére pedig a detektorokat mélyen a föld alatt kell elhelyezni. A nagyságrendek illusztrálására képzeljünk el egy 15 emeletes épület méretű tartályt, amiben 35 000 tonna folyékony argon van, amellyel a neutrínók nagyobb valószínűséggel hatnak kölcsön, és mindez 1000–2000 méterre a föld alatt kerül elhelyezésre!

Ilyen kísérleteket már korábban is végeztek. Jelenleg az Illinois állambeli Fermilab neutronnyalábját vezetik a Minnesota állam északi részében lévő föld alatti bányába, ahol a nagyméretű detektort elhelyezték. A kutatások kiterjesztésére az Egyesült Államokban a Large Baseline Neutrino Experiment (LBNE) kísérleti elrendezést javasolták. Ebben a kísérletben a Fermilab neutrínónyalábját a Dél-Dakota államban lévő bányába vezetik, ahová a különleges detektort telepítik. Ez a kísérlet természetesen óriási erőfeszítéseket igényel, az LBNE tervezett költsége meghaladja az 1 milliárd dollárt és akár tíz évbe is telik a felépítése. 2011-ben az USA Energiaügyi Minisztériuma a költségek csökkentését kérte, ami jelentősen kitolja a tervezett üzembe állítás határidejét.

Az Egyesült Államokban elsősorban az Energiaügyi Minisztérium támogatja a részecskefizikai kutatásokat, és csak részben a National Science Foundation.

Sokan kérdezik, hogy miért is kellene támogatni. A válasz elsősorban a természet megismerésére irányuló kíváncsiság, azonban jelentős haszon származik a kutatási eredményekkel párhuzamosan létrejött technológiai fejlesztés eredményeiből (mint pl. az internet, az MRI és a PET diagnosztikai módszerek stb.)

Pitt professzor a helyzetet a következőképpen összegzi: „*Az USA nagyenergiás fizikai programja egészséges és izgalmas, de a politikai és gazdasági megfontolások erősen korlátozzák a gyors siker elérését... A kíváncsiság hajtja az embereket, a technológia pedig az USA gazdaságát. Egy egészséges nagyenergiás fizikai program mindkettőt ösztönzi. Nem mi fedeztük fel a Higgs-bozont Amerikában, de reméljük, hogy a nagy felfedezések következő generációja már itt, az Egyesült Államokban fog megszületni.*”

Mikor kezdődik az emberi élet?

A címben szereplő kérdés már sok vita tárgya volt és feltehetően lesz is. A *Skeptical Inquirer* 2014. január/februári számában *Elie A. Shneour* neurokémikus és biológus, a La Jolla-i (Kalifornia) székelyű *Biosystems Research Institute* kutatási igazgatója jelentetett meg egy érdekes cikket e témáról. Shneour professzor szakmája kiemelkedő tudósa, az *American Chemical Society*, az *American Society of Biological Chemists*, az *American Society for Biochemistry and Molecular Biology*, az *International Society for Neurochemistry* és számos más tudományos szervezet tagja.

A cikk a következő idézettel kezdődik: „*Vitathatatlan biológiai tény, hogy az emberi élet a fogantatással kezdődik.*” A helyzet azonban nem ennyire egyszerű. Mint azt a cikk felidézi, 1989-ben egy bírósági ügy kapcsán 167 kiemelkedő tudós és orvos, köztük 11 Nobel-díjas, vitakozott a végső konklúzió, miszerint nincs tudományos konszenzus arra vonatkozóan, hogy mikor kezdődik az emberi élet. Vagyis ez nem tudományos kérdés, hanem hit kérdése, amellyel kapcsolatban már sok heves, esetenként gyilkos vita zajlott le.

A cikk részletes ismertetése nem pótolja az elolvasását, ezért itt csak a legérdekesebb megállapításokat említjük meg. A szerző végső összegzését azonban érdemes szó szerint idézni: „*A megtermékenyített emberi petesejt csak annak potenciáljával rendelkezik, hogy végül érző emberi lényé váljék. Fontos figyelembe venni, hogy az embrióknak és a magzatnak a cél elérése előtt számos akadályt kell legyőznie. A Természet is fontos szerepet játszik ebben e folyamatban, spontán megszakítva a terhesseget, amikor a biológiai körülmények, mint pl. a fogamzás minősége nem képesek az életképességet fenntartani.*”

Így a Természet lesz végső bírója életnek és halálnak. A legtöbb nő gyakran nincs is tudatában annak, hogy egy petesejtje megtermékenyült, mielőtt korai terhessege megszűnik. Tekintettel ezekre és más kényszerítő körülményekre, amelyek az emberi megtermékenyítést akadályozzák, az a meglepő, hogy élet egyáltalán létrejöhessen a kiválasztódás rögzös folyamatában. Mégis meg kell erősíteni, hogy lehetséges jözan és szenvedélymentes vita arról a kérdéssről, hogy mikor is kezdődik ténylegesen az élet. Ez a téma a képezi a magját az emberi túlélésnek és boldogulásnak. Tartozunk magunknak annyival, hogy keressünk egy tudomány-alapú modus operandit. Ez az egyetlen módja a dilemma megoldásának, amelynek alapja, hogy mikor kezdődik az emberi élet.”

BENCZE GYULA összeállítása

Az Amadé-gerinc és a Nagy-patak völgye

SZERÉNYI GÁBOR

A Zempléni-hegység középső tömbjének nyugati szélén hosszú, leginkább andezitből álló vonulat húzódik, amely északról dél felé haladva egyre komolyabb csúcsokkal emelkedik ki környezetéből. Az első, a Varga-hegy csak 470 méter, az utána következő Amadé-csúcs 563 méter, míg a sorban a legutolsó Téglás-kő már közelíti a 800 métert, pontosan 753 méter magas. A vonulat kelet felől igen meredek letöréssel szakad a Nagy-patak völgyébe, amely miután a Varga-hegy lábánál nyugatra, Gönc irányába fordul, északról is a hegylánc határa. A gerinc az Amadé-hegy után lapos tömbfelszínben szélesedik ki, a Téglás-kő már ennek a peremén emelkedik. Az elmúlt években egyre inkább divatba jövő Zempléni táj egyik legkevesbé járt, turistautakkal is alig érintett területe ez, amely természeti értékekben és kulturális emlékekben egyaránt rendkívül gazdag.



A pálos kolostor romja

Romok az erdő mélyén

Ha a Nagy-patak völgyéből indulunk a gerinctúránkra, egy fiatalos erdőn keresztüljutva évszázados bükkfák között rejtőző romokra bukkanunk. Ezek az 1371-ben épített pálos templom és kolostor falmaradványai. A pálosoké az egyetlen magyar alapítású szerzetesrend, az alapítás 1250-ben Özséb esztergomi kanonok nevéhez fűződik. Kolostoraikat mindig világtól elzárt helyeken, erdők mélyén építették. Az egykori templom szépségét ma sajnos mindössze néhány boltív és falmaradvány sejteti. Valószínű, hogy a reformáció idején pusztult

el. Később senki sem viselte a gondját és a természet hamar visszavette azt, amit az ember elvett tőle.

Ha a romokat elhagyjuk, és a Varga-hegy megkerülésével egyenesen az Amadé-gerincet célozzuk meg, a Kis-patak völgyében egyre szűkülő szurdokban kapaszkodunk tovább. Tavasszal itt seregestül nyílik egy bennszülött, védett vadvirágunk, az ikrás fogasír (*Dentaria glandulosa*). Lilás foltjai sokhelyütt keverednek az ugyancsak védett fehér berki szellőrózsa (*Anemone nemorosa*) csoportjaival. Gyakran kerül ilyenkor a szemünk elé egy kecsesnek igazán nem nevezhető, vaskos rózsaszínű virág, a *vicsorgó* (*Lathraea squamaria*) is. Fák gyökerein élősködik, csak a virágos hajtás tör elő a föld alól, zöld levelei egyáltalán nincsenek.

Az Amadé-csúcs előtt pompás kilátóhelyet érintünk. Az Amadé-szikla kelet felé magas, függőleges fallal török le. A jókora kővekkel, szikladarabokkal teleszórt, járhatatlanul meredek lejtőn hársas törmeléklető-erdő díszlik. Ebben az erdőtípusban a lombkoronaszint kialakításában a kis- és nagylevelű hársé (*Tilia cordata* és *T. platyphyllos*), a magas kőrísé (*Fraxinus excelsior*), valamint a korai és hegyi juharé (*Acer platanoides* és *A. pseudo-platanus*) a főszerep. Mellettük előfordul még a rezgő nyár (*Populus tremula*) is. Állományaiban ritka, védett bogárritkaságok fejlődnek, ilyen a nyolcpontos cincér (*Saperda ocopunctata*), a diszes nyárfacincér (*Saperda perforata*), és a nyolcpontos virágbogár (*Gnorimus variabilis*).

A kilátóhely természetes sziklafalainak szomszédságában a hegygerincen találjuk az Amadé-vár alig egy-két méter magas falmaradványait. Néhány omladozó falrom és



A hajdani erdészház, a Rivnyák-tanya romjai

egy szépen rakott terméskőből készült boltív emlékeztet a hajdani dicső napokra. A turistatérképeken a hegy és a rajta állt vár Amadé néven szerepel. Pedig valójában nem az ősi Amadé, hanem az Omode család birtokai voltak erre. Az Omodét alighanem a népnyelv csiszolta Amadévá. Az Omode ősi magyar család volt, amely eredetét az Aba nemzetségig vezette vissza. A család nevével az Árpád-ház kihalását követő hatalmi harcok idején találkozhatunk. Omode 1304-ben nádor és szepesi főispán volt. Igazi kényúr, aki – a feljegyzések szerint – jócskán visszaélt hatalmával. Csapatái rendszeresen potyáztak a vidéken és menedékkük – egyben rejtékhelyük – volt a kis vár. Az állandó fosztogatások miatt felháborodott környékeliek 1311-ben Kassán, ahol hivatalos minőségben megjelent, a helyi polgárok segítségével elfogták és megölték. Négy fia ezt követően Csák Máté oldalára állt, majd a rozgonyi csatában 1312-ben ők is életüket veszítették.

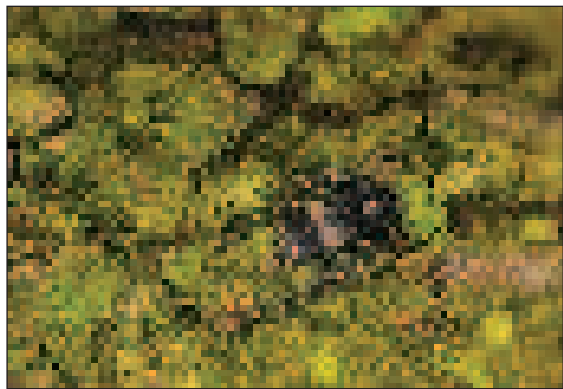
A gerinc nevezetességei

A kiszélesedő tönkfelszínre jutva, ha elhagyjuk a nyugatnak forduló turistajelzést és dél felé haladunk tovább, hamarosan elérjük a Zempléni-hegység egyik leggyönyörűbb irtásréjtjét, a *Nagy Mocsáros*t. Ha a hegység kaszálórétjeiről esik szó, azonnal a fokozottan védett Gyertyán-kút, ismertebb nevén Bohó-rét, vagy a szintén oltalom alatt álló Bodó-rét jut mindenkinek az eszébe. Pedig a Nagy Mocsáros semmi-

ben sem marad el tőlük. Igaz, orchideákban nem olyan gazdag, mint a Bohó-rét, de azért itt is nyílik közülük a kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia*), a szúnyoglábú bibircsvirág (*Gymnadenia conopsea*) és az erdei ujjaskosbor (*Dactylorhiza fuchsii*). Nyári virágegyüttesének színpompájában pedig alighanem veri azt. Július elején bíbor színű tömegként hullámszik a magasra nőtt szálfüvek szintjében a több ezer szál egyszerre nyíló védett dákoska (*Gladiolus imbricatus*), a dísznövényként jól ismert kardvirág – gladiolusz – vad őse. Az élénk szín keveredik a fehér sugárvirágú és sárga csöves virágú réti margitvirág (*Leucanthemum vulgare*) virágzataival, a bakfű (*Betonica officinalis*) pirosával, a terebélyes és a csomós harangvirág (*Campanula patula*, *C. glomerata*) élénk kékjével. Az erdőszegély különlegessége a sereggestül nyíló védett kereklevelű körtike (*Pyrola rotundifolia*). Gyökérzete,

A gyönyörű rét után délkeletnek véve az irányt, vadregényes, igazi őserdőn keresztül haladunk. A hajdani lucelepítés hótörései, a tülevelekből álló vastag, puha avartakaró, a süppedő mohapárnák szibériai tájat idéznek. Két hatalmas szikla közt áthaladva váratlanul újra egy romra bukkanunk a látszólag ember nem járta tájon. Egy hajdani erdészház, a Rivnyák-tanya romjai ezek, egy eltűnő életforma mementója. Az erdő mélyén élő erdésznek a Gyöngyvirágtól lombhullásig című film-ből ismert hamis romantikája elevenedik meg előttünk, a maga kézzel fogható valóságában. Hiszen a legközelebbi települések szekéren (vagy télen szánon) járható utakon több mint húsz kilométerre esnek ide. A víz a tanya mellett lévő forrásból szerezhető csak, a villanyt pedig az ötvenes évek sztahanovista lelkesedése sem juttathatta el ide. Az összedől épület néhány évtizede még lakták, jól azonosítható a hajdani konyha, a kis szobák és az istálló is.

A patak folyását követve hamarosan egy kis tisztásra, a Medvekasi rétre érkezünk. A tisztást szegélye öreg rezgőnyárok (*Populus tremula*) elszáradt gallyaiban egy másik, igen ritka védett cincérünk fejlődik, a feketemintás gesztcincér (*Leiopterus punctulatus*). Ugyancsak a rezgőnyár a tápnövénye egy egyre ritkuló szépséges nappali lepkénk hernyójának, a nagy nyárfalepkének (*Limenitis populi is*). A kifejlett lepkéket a napsütéses, ám nedves utak mentén találjuk meg, szívesen szívogatnak állati ürüléken. Egy másik különlegesség a vörös rókalepke (*Nymphalis xantomelas*). Soha nem volt gyakori hazánkban, a 60-as években azonban teljesen eltűnt, az ezredforduló tájékán azonban újra megjelent és egyre több helyen bukkan fel hazánkban. Életmódja érdekes, nyár elején kel ki az új generáció, amely azonban mintegy két hét elteltével eltűnik, odvas fákból, kéreg alatt egészen jövő tavaszig (!) „áttelel”. Ekkor hagyja el újra szálláshelyét, újra találkozhatunk vele, majd elpusztul. (Magam idén nyáron, rekkenő hőségben, egy odvas öreg tölgyfában hat szorosan egymás



Feketemintás gesztcincér (A szerző felvételei)

akár az orchideáké, bizonyos gombák szövetekével áll kapcsolatban, mikorrhizás virágos növényünk.

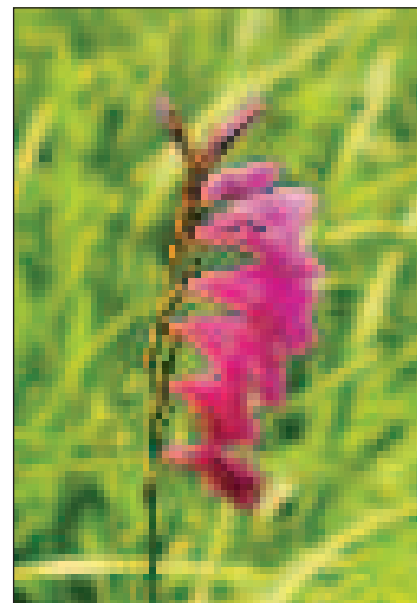
A tavasztól egymást váltó vadvirágok terített asztalt jelentenek a rovarok számára. Bogarak, legyek, méhek, darazsak, kabócák, poloskák, lepkék tömege nyüzsög a növényeken. Ez a szüntelen jövés-menés, zúgás, dongás, döngicselés, zümmögés pezsgővé varázsolják a rét minden napját.

Ha csak a törvényes oltalom alatt álló fajokat vesszük szemügyre, lepkék közül nevezetes a lápi gyöngyházlepke (*Brenthis ino*), amely csak hegyvidékeink alig egy-két pontján repül. Mellette előfordul még például a recés tarkalepke (*Melitaea aurelia*), az árvácska gyöngyházlepke (*Boloria euphrosyne*), a nagy gyöngyházlepke (*Argynnis paphia*) és az ibolyás tűzlepke (*Lycaena alciphron*). Az éjjel repülő fajok közül itt él hazánk egyik legjelentősebb galajszender- (*Hyles galii*) populációja, hernyóit a tejtöltő galaj (*Galium verum*) hajtásain találjuk. A fehér nyír foltjai az aranyfoltos púposzövőnek (*Leoconda bicoloria*) szolgálnak tápnövényül.

A Nagy-patak völgye

A romos tanyát elhagyva, hamarosan a Medvekasknak nevezett hegyoldalon keresztül a Nagy-patak völgyébe ereszkedünk. Az ugyancsak közeli Medvesmarásnak nevezett erdő rész régi elnevezése is jelzi, valaha medvék járták a sűrűségeket. Ma a nagyragadozók közül csak hiúzok és farkasok élnek erre, medvék csak hébe-hóba látogatnak át Szlovákiából.

A Nagy-patak méltó nevére, valóban a Zempléni-hegység legnagyobb vízfolyása. A völgy egy része a Zempléni Tájvédelmi Körzet fokozottan védett területei közé tartozik. Növényvilágát tekintve nem ér fel akár az Ósva-völgy, akár a Kemence- és a Kumlóska-patak völgyeinek különlegességeivel, gerinctelen faunája azonban kiemelkedő. Számos ritka, védett szitakötő lárvája fejlődik a tiszta vízben, így a feketelábú szitakötő (*Gomphus vulgatissimus*), a csermelyszitakötő (*Onychogomphus forcipatus*), az erdei szitakötő (*Ophiogomphus cecilia*). Kizárólag itt fordul elő egy montán cincér, a hazánkban az 1980-as években megtalált szalagos karcscincér (*Leptura annularis*). Pollenevő, az imágókat elsősorban a podagrafű (*Aegopodium podagraria*) ernyősvirágzatain találjuk júniusban. Napfénykedvelő, a populáció a beerdősülő, árnyékosra váló élőhelyeiről eltűnik, majd az újabb irtásokon bukkan fel.



Dákoska, a kardvirág vad őse

mellé bújt példányt találtam). A völgyben a rendkívül ritka óriás medvelepke (*Pericallia matronula*) is előfordul.

A kevésbé ismert rovarcsoportok képviselői közül nevezetes az északi hangyaleső (*Myrmeleon bore*) és a párducfoltos hangyaleső (*Dendroleon pantherinus*) itteni előfordulása.

A hangulatos út hosszú kilométereken keresztül kanyarog velünk a patak völgyében, míg el nem érjük kiindulópontunkat, a Varga-hegy lábát. Innen folytathatjuk utunkat Telkibánya irányába, ez azonban már egy másik történet kezdete. 🐾

Tűzhányó-hírek

Kedves Olvasó! Új rovatot indítunk a Természet Világa hasábjain. Negyedévenként számolunk az elmúlt időszakokban zajló vulkáni működésekről, azok hatásairól. Évente 50-60 vulkán tör ki a Földön és ezekre egyre nagyobb figyelem irányul. Vannak szemet gyönyörködtető kitörések, vannak háborzongatóak és vannak félelmetesek, pusztítóak. Bemutatjuk, milyen okok vannak e kitörések mögött. Ma már több mint 600 millióan élnek olyan tűzhányó közelében, amelynek a történelmi időkben volt kitörése és a jövőben is működhet. 2010 tava-

látavak szintje különösen az utóbbi esetben folyamatosan változott. A lávafolyások a tengerbe ömölve növelték a sziget területét.

Alaszka, USA

2013 májusában az alaszakai Pavlof vulkánon lávaszökőkút kitörések zajlottak a meredek oldalú vulkáni kúp csúcsi részén, amihez folyamatos gőz és gáz, valamint vulkáni hamu kiáramlása is társult. A kitöréshez kis térfogatú lávaömlés is kapcsolódott, ami keveredve a hóval kisebb piroklaszt-árakat eredmé-

Popocatépetl, Mexikó

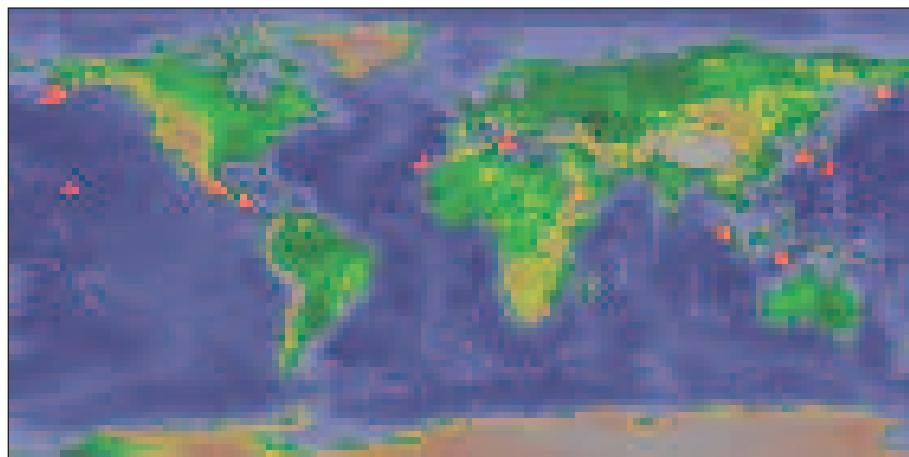
A szinte folyamatosan működő „füstölgő hegy”, 2013 nyarán intenzívebb vulkáni működést mutatott. Július elején a légköri nyomáshullámokat is okozó, ismétlődő robbanásos kitörések 6-8 km magas vulkáni hamufelhőt eredményeztek, ami szürke vulkáni hamuréteggel fedte be a környező településeket és megzavarta a légi közlekedést is.

San Miguel, El Salvador

2013. december 29-én váratlanul kitört Salvador egyik legaktívabb tűzhányója, a San Miguel. A tűzhányónak az elmúlt évszázadokban tucatnyi kitörése volt, de mind viszonylag szerény erősségű, 1-2 VEI nagyságú, azaz nem túl nagyok. Legutóbb 2002. január elején volt egy rövid ideig tartó kisebb kitörése. A mostani Vulcano-típusú kitörés kisebb riadalmat okozott a környező településeken, 3 km-es körzetben kitelepítették a lakosságot, ami mintegy 2000 embert érintett.

Etna, Szicília, Olaszország

Az Etna 2013-ban 21 paroxizmális kitörést (rövid ideig tartó, néhány óras, legfeljebb 1-2 napig tartó kitörés, ami gyakran magasba emelkedő lávaszökőkút kitörésben csúcsondik ki) mutatott be, egyik fantasztikusabb volt a másikkal. Ezzel 2011. január eleje óta már 46 ilyen kitörés történt és felépült egy új vulkáni kúp, az Új Délkeleti Kráter kúpja, aminek magassága már közel van a tűzhányó jelenlegi legmagasabb pontjához a 3329,6 méter tengerszint feletti magasságú Északkeleti Kráter kúpjához. 2013. kitörései emlékeztetnek maradtak, mivel mindegyik más volt. Többnyire erős hanghatással jártak, a több kilométer magasba emelkedő vulkáni hamufelhő általában a vulkántól keletre húzóódó területek felé sodródott el, ahol több esetben is gondot okozott a hamueső. Catania repterét sokszor le kellett zárni, de különösen az év vége felé, a kitörések nyomán még a 20-25 km távolságban lévő településeken (pl. Taormina) is feketére változtak az utak, esetenként néhány centiméter nagyságú vulkáni szemcsék hulltak. Az Etna működésének egy különleges vonása volt, hogy



Térkép a beszámolóban felsorolt vulkánok elhelyezkedésével

szá, az izlandi Eyjafjallajökull kitörése óta a társadalom is tudja, hogy a vulkáni működésnek akár távoli hatásai is lehetnek. Rovatunkkal igyekszünk folyamatosan pontos szakmai képet adni a jelenleg is zajló vulkáni kitörésekről. Reméljük, megnyeri tetszésüket ez a rendszeres híradás. A friss híreket a Tűzhányó blogon (<http://tuzhanyo.blogspot.hu/>) és a Tűzhányó blog Facebook oldalán követhetik nyomon. Első alkalommal most a 2013. év legfontosabb vulkáni eseményeit tárjuk Önök elé.

Kilauea, Hawaii, USA

A Pu'u O'o 1983 januárja óta, azaz három évtizede zajló kitörése 2013-ban is szakadatlanul, változó intenzitással folyt tovább. A vulkáni működés különlegessége, hogy két látató is aktív a vulkáni területen, az egyik a Pu'u O'o, a másik pedig a Halema'uma'u kráterében alakult ki. A

nyezett (a piroklaszt-árak a vulkánok lejtőin nagy sebességgel lefelé száguldó izzó vulkáni törmelékárak – a szerk.). A piroklaszt-ár fölött a felhevített hóból származó fehér gőzfelhő és a láva szét-eséséből származó sötétszürke hamufelhő kavargott. Az 5-6 km magasba emelkedő vulkáni hamuanyag rövid időre megakasztotta az Alaszka fölött futó légi közlekedést.

Augusztusban a Veniaminof tűzhányó aktivizálódott. A jéggel borított széles kalderában kialakult salakkúp kürtőjéből sötét vulkáni hamu áramlott ki, miközben a tűzhányó oldalában láva ereszkedett le a hóval és jéggel kitöltött, szürke hamuval fedett kalderabelsőbbé. A lefelé nyomuló forró láva felolvastotta a jeget, aminek következtében fehér gőzfelhő emelkedett fel, miközben a megolvadó jégtest az olvadás következtében zsugorodott, behorpadt és benne karéjos törések alakultak ki.



Az Etna 2013. október 26-i látványos ébredése: egyszerre működik az Új Délkeleti Kráter (balra) és az idősebb Északkeleti Kráter (jobbra). Fotó: Boris Behncke, Osservatorio Etno, INGV

bő hat hónapra keresztül nem voltak kitörései, így eseménytelenül telt a nyár, ami abból a szempontból viszont előnyös volt, hogy nem voltak veszélyben a hegy oldalában nyüzsgő turisták. Október 26-án aztán látványos volt a tűzhányó ébredése. Több száz méter magasba csapott fel éjjel a lávaszökőkút, majd másnap reggelre hirtelen sötét hamufelhő robbant ki az Etna Északkeleti Kráteréből is. Egyszerre két kráter működött, az Északkeleti Kráter aktivizálódása pedig azért is izgalmas fejlemény volt, mert itt évek óta nem zúdult ki vulkáni hamuanyag! Harmadikként csatlakozott a csapathoz a Bocca Nuova is, ami időszakonként kisebb hamu-kipöfögéseket mutatott be, belsejében pedig egy beszakadásos kráter alakult ki. Az Etna december végi kitöréseit inkább a nagy hanghatással járó látványos kitörések jellemezték, utoljára december 29-én mutatott be egy látványos show-műsort. Az Etna 2013-as működésével, látványos és változatos paroxizmális kitöréseivel egyértelműen kiérdemli az Év Tűzhányója címet!

El Hierro, Kanári-szigetek, Spanyolország

A kicsiny sziget 2013-ban két alkalommal is egy újabb vulkáni kitörés küszöbén volt. Márciusban naponta több mint száz földrengés pattant ki 14–18 kilométer mélységből, amit új magmának a földkéreg alá való nyomulása okozott. A földrengéseket a felszín emelkedése és a levegő széndioxid koncentrációjának emelkedése kísérte. Már mindenki azt gondolta, hogy elindul a vulkáni működés, azonban a kőzetolvadék a mélyben maradt, mutatva azt,

hogy a vulkánok élete nemcsak látványos vagy pusztító kitörésekből áll, hanem ehhez gyakran hozzátartozik a tűzhányók alatti olyan magma felnyomulása is, ami nem vezet kitöréshez. Karácsony táján ismét megugrott a földrengések száma, amit viszonylag jelentős felszínemelkedés is kísért, de aztán nem történt semmi. Az adatok kétségtelenül újra magma felnyomulását jelezték, ami azonban ismét megakadt a földkéreg alatt. A vulkáni/magmás rendszer tehát tovább él, változatlanul aktív, és ez azt jelenti, hogy 2014-ben sem zárható ki hasonló esemény. Ki tudja, mikor vált át a feltöltés és tárolás kitörésbe...

Zubair-szigetek, Vörös-tenger, Jemen

Szeptemberben egy halászcsonakból felvett videofelvétel jelezte, hogy tenger alatti kitörés zajlik a Vörös-tenger déli részén található Zubair-szigeteken. Utoljára itt 2011. december 30-án jött létre egy kicsiny vulkáni sziget, hasonló vulkáni működés eredményeképpen. Október 23-án aztán már az újabb sziget is kidugta a fejét a tengervízből, amit megerősítettek a műholdas felvételek. Ezúttal a déli, legnagyobb Zubair szigettől északnyugatra lévő kis Saba szigetecke mellett jött létre egy új szárazföld.

Paluweh (Rokatenda), Palue, Indonézia

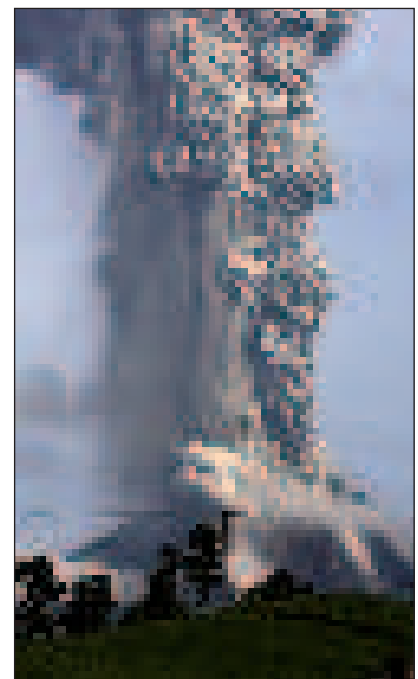
A 2012 októberétől aktív tűzhányón a 2013. augusztus 10-i vulkáni működés tragikus kimenetelű volt. A robbanásos kitöréshez ezúttal forró gázokból, izzó vulkáni

kőzetdarabokból és vulkáni hamuból álló piroklaszt-ár is kapcsolódott, ami nagy sebességgel rohant le a vulkán oldalán és legalább 5 ember (3 felnőtt és 2 gyerek) halálát okozta a tengerparton. Bár az ismétlődő kitörések miatt egy 3 km széles veszélyzónát alakítottak ki az indonéz vulkanológusok, a helyiek sokszor nem vesznek tudomást erről. Ez a tragikus eset is a tiltott veszélyzónában történt. A tűzhányó pedig valóban a veszélyes, kiszámíthatatlan vulkánokhoz tartozik. 900 méter széles kráterében jelenleg is zajlik lávadóm-kitüremkedés. Az ilyen lávadóm sok esetben eldugaszolhatja a kürtőt, ami erőteljes robbanásos kitörést okozhat, és ehhez gyakran kapcsolódhat piroklaszt-ár is.

Sinabung, Indonézia

2013. szeptemberben három év nyugalom után ismét működésbe lépett a szumátrai Sinabung. A vulkáni kitörések váratlanul kezdődtek, majd egyre erősebbekké váltak. Kezdetben robbanásos kitörések zajlottak, 5-6 km magas vulkáni hamufelhőkkel. Ezt követően viszkózus lávadóm türemkedett ki a tűzhányó kráterében. A lávadóm meredek oldala ismétlődően megcsúszott, leomlott és ez december végén már 3-5 km távolságba is eljutó izzó lávadarabokból és forró gázokból álló piroklaszt-árak, úgynevezett izzófelhők lezúdulásával járt. Január elején már átlagosan napi száz izzófelhő rohant végig a vulkán déli oldalán, aminek következtében

A Sinabung 2013. november 14-i kitörése



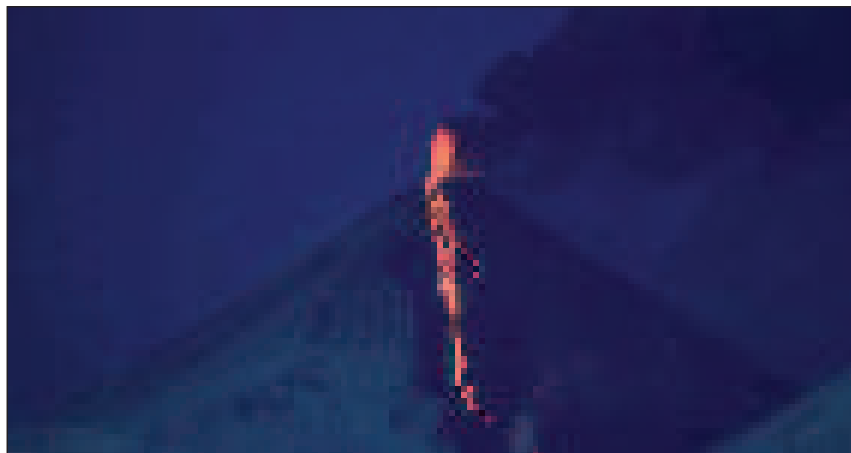
több mint 25 ezer embert kellett kitelepíteni. A környező településeket és mezőgazdasági területeket szürke vulkán hamu lepel vonta be, ami súlyos ellátásbeli és egészségügyi problémákat okoz.

Kamcsatka, Oroszország

2013-ban látványos kitörések bizonyították, hogy Kamcsatka a Föld egyik legaktívabb vulkáni területe. A Kljucsevszkaja vulkáni

Sakurajima, Japán

A hiperaktív (évente több száz, 2013-ban 800-at is meghaladó robbanásos kitörést produkáló) tűzhányó idén nyáron különösen beleerősített és évtizedek óta nem tapasztalt heves Vulcano-típusú kitöréseket produkált, ami 4-5 km magas hamufelhőt hozott létre. A szomszédos Kagoshima városát többször teljesen ellepte a sűrűn hulló vulkáni hamu. Ennek egy kü-



A kamcsatkai Kljucsevszkaja kitörése 2013. október 12-én lávaszökőkút-feltöréssel és vékony lávafolyással. Fotó: Jurij Gyemjancsuk, KVERT

csoporttól délre található Tolbacsik tűzhányó előterében felnyíló hasadékból 2013 első felében is folytatódott a 2012. november 27-én kezdődött, az 1975-76-os úgynevezett „Nagy Tolbacsik hasadék-vulkáni kitöréshez” sok szempontból hasonló vulkáni működés. A lávaöntésről és a kapcsolódó látványos, Hawaii-típusú lávaszökőkút és lávafröccs-kitörésekről fantasztikus felvételeket készítettek az orosz fotósok. A felszínre ömlő láva mennyisége meghaladja az 1 köbkilométert, ami jelentősnek mondható.

Októberben működésbe lépett a Föld egyik legszebb vulkáni kúpja is, a Kljucsevszkaja. Az esti eget monumentális fáklyaként világította be a csúcson lévő kürtöböl feltörő lávaszökőkút. A nem egészen 7000 éves vulkán meredek oldalán izzó lávafolyam ereszkedett lefelé, vörös fénycsíkot hasítva az éjszakába. A vulkáni működés során jelentős mennyiségű kén-dioxid gáz került a légterbe, ami egészen az Egyesült Államok középső részéig kimutatható volt.

A Kamcsatka aktív vulkáni ívének északi szegletében lévő Sivelucs széles, karéjos alakú kráterében folyamatosan viszkózus lávadóm türemkedik ki, ami elfojtja a kürtőt és alatta a feláramló magmában jelentős belső nyomás alakul ki. Ez időszakosan erőteljes robbanásos kitörés formájában szabadult fel. Ilyenkor a vulkáni hamufelhő akár 8-10 kilométer magasba emelkedett.

lönleges kapcsolódási pontja is volt, mivel éppen akkor zajlott a városban a több mint ezer szakembert vonzó nemzetközi vulkanológiai kongresszus.

Nishino-shima, Japán

A japán szigetektől jó 1000 kilométerre, délre húzódik a Mariana-szigetívhez tartozó Vulkan-szigetek csoportja. Az 1973-as vulkánkitörés nyomán némileg kiterjedtebbé vált Nishino-shima szigettől mintegy 500 méterre, 2013. november 20-án zöldesre színeződött a tenger és tipikus freatomagmás vulkáni működés kezdődött.

A kakastaréjszerű hamukilövellések gyorsan kialakítottak egy apró szárazföldet, aminek eleinte még kétséges volt a sorsa, de aztán a Nijijimának elkeresztelt sziget a későbbi lávaöntéses vulkáni kitörések során megerősödött és így ellenállt a tenger hullámainak. Egy hónap alatt a sziget mérete már elérte a 120 ezer négyzetmétert, ekkorra már több mint 2 millió köbméter vulkáni anyag jutott a felszínre. A vulkáni működés lankadatlanul folytatódott, a friss sziget nőtt és nőtt, majd december 26-án egyesült a Nishino-shima szigettel. A vulkáni működés 2014. elején is tartott. (Egy későbbi számunkban a témával részletesen foglalkozunk - a szerk.)

HARANGI SZABOLCS



(2014. január 14.)

PÉNZMOSÁSSAL MILLIÁRDOK TAKARÍTHATÓK MEG

Egy bankjegy addig jár kézről kézre, míg el nem szakad, rongyossá nem válik, vagy csupán csak nagyon piszkos nem lesz. A bankok évente 150 000 tonna bankjegyet vonnak vissza rendszeresen a forgalomból és semmisítik meg őket – többségüket azért, mert használhatatlanná váltak. A visszavont bankjegyeket újra kell nyomni. Pedig sok bankjegy lényegesen tovább maradhatna forgalomban, ha tisztítanák őket. Amerikai fizikusok kifejlesztettek egy hatékony és pénztárcakímélő módszert a bankjegyek tisztítására, amivel az egész világon megspórolhatnák a gazdaságnak a visszavonás és újranomás óriási költségeit. A mosáshoz használt ún. szuperkritikus széndioxid elsősorban az emberi zsiradékot, motorolajat, baktériumokat távolítja el. A bankjegyek biztonsági elemei ezzel szemben sértetlenek maradnak. A kémleletesen tisztító anyagot egyre szívesebben használják vegytisztításban és egyéb ipari alkalmazásban.

A Nabil M. Lawandy (többek között egy bankjegybiztonsággal foglalkozó cég alapítója) vezette kutatócsoport bemutatta, hogy a szuperkritikus szén-dioxid hatékonyan alkalmazható a faggyú és más zsiradékok és szennyeződések papír- és polimer bankjegyekről történő eltávolítására, ide értve az elterjedt baktériumkolóniákat is. Bár a bankjegyeket egyéb piszok, sőt penész is használhatatlanná teheti – ami különösen pl. természeti katasztrófák után gyakori –, s akkor valóban meg kell őket semmisíteni. Ám összességében elmondható – a holland központi bank, a DNB vizsgálata alapján –, hogy az emberi faggyú a leginkább felelős a bankjegyek szennyeződéséért és ennek következtében selejtezéséért. A válogató gép által kiselejteztetett bankjegyek 60–80 %-a sárgult meg miatta.

A természetes faggyú olaj- és viasz-tartalma a bőrnek selymességet kölcsönöz és védi a betegségektől. Ennek a lehetővé válására köszönhető az ujjenyomat, és minden tárgyra rátapad, amit gyakran megérintünk. Idővel sárga réteggé oxidálódik. Ez a sárga réteg tisztítással ugyan könnyen eltávolítható, ám a hagyományos módon tisztított bankjegyeket ez nagyon megviseli. Ennek elkerülésére egyes bankjegyeket – mint pl. az új 5 eurós bankjegyet – védőréteggel vonnak be. Más országokban, mint pl. Ausztráliában, Braziliában, Mexikóban, Kinában és Románi-

ában műanyagból készítik őket. A bankjegyek nagy többsége azonban továbbra is porózus cellulózból készül, amibe a fagygyú könnyen beleül.

A fagygyűrű eltávolítására a fizikusok szuperkritikus szén-dioxidot használtak, amit a legkülönbözőbb tisztítási folyamatokban alkalmaznak, többek között sterilizálásra, kímélő szárításra, vagy a kávébab koffeinmentesítésére is. A szén-dioxid úgy kerül „szuperkritikus állapotba”, hogy kissé felmelegítik, aztán egyidejűleg erősen összenyomják. Több mint 31 °C-nál és kb. 73 bar nyomásnál a szén-dioxid olyan mértékben forr fel, hogy egy időben folyékony halmazállapotú és gáznemű. Ebben az állapotban képes textilszövetek vagy papírostok közé bejutni és a koszrészecskéket mozgatni. Ha a nyomás leesik és a szén-dioxid hirtelen újra gáznemű lesz, a szerteszt repülő molekulák felszedik a piszkot és a megfelelő szűrőbe dobják.

A kutatók ezen az elven alapuló speciális mosógépet fejlesztettek ki, amely 60 °C-on és 345 bar nyomással működik, s amiben egész pénzkötegeket is lehet tisztítani, akár a köteget összetartó szalag eltávolítása nélkül. Átlagban egy 100 használt bankjegyből álló pénzköteg 4%-ot veszített súlyából – vagyis ennyi szennyeződést távolítottak el rólok. Ezen kívül a mosási folyamat nyomtalanul eltávolította a tipikus bõrmikrobákat, melyek némely bankjegyen voltak megtalálhatók – pl. élesztőcsirákat, vagy a többnyire ártalmatlan mikroococcus luteust. Igaz ugyan, hogy a mosás nem tartja tisztán a bankjegyeket, mielőtt újra forgalomba kerülne, a szennyeződés kezdődik előről, de a betegség terjedését mindenképpen lassítja.

A legfontosabb eredménynek a kutatók azt tartják, hogy a tisztítási folyamat a bankjegyek biztonsági elemeit nem károsította. Az ezüstszínű biztonsági szál, a vízjel és a mikroírás, de a hologram és a foszforeszkáló tinta is sértetlen maradt. Mindez érvényes a géppel olvasható tulajdonságokra is, mint pl. mágneses aláírás, amit némely valutánál a különböző automaták, mint pl. a pénzváltó automaták felismernek. A továbbiakban Lawandy és kollégái azt vizsgálták, hogy a tömeges pénzmosás egy központ bankbankjegylejtezését milyen mértékben csökkenti, s ezzel mennyit takarít meg a selejtezés és újranomás költségeiből. A megtisztított bankjegyeket egy átlagos bankjegyválogató géppel válogatták, amely lényegesen kevesebb bankjegyet válogatott ki, mint korábban. Az eddigi tesztek tehát azt igazolják, hogy a szuperkritikus folyadékkal való tisztítás beváltotta a hozzá fűzött reményeket, s a központi bankok háztartására, sőt még a környezetre is drámai következményekkel járhat.



(2014. január 16.)

A VULKÁNOSSÁG LÖKÉST ADOTT AZ ÉLETNEK

Bolygónk élővilága csodálatosan változatos, ám ha annak idején nem alakul ki egy szuperkontinens, a Gondvána, az állatok evolúciója talán megreked a legkorábbi állapotoknál. Immár erős geológiai bizonyítékok vannak arra, hogy 550-500 millió évvel ezelőtt, amikor az összes mai déli szárazföld, továbbá a mai Arábia és India egyetlen hatalmas kontinensbe egyesült, e folyamat rendkívül intenzív vulkáni tevékenységgel járt együtt. Ennek következtében számottevően megemelkedett a globális hőmérséklet, mely hajtóerejévé vált az evolúciós robbanásnak. A vulkánosság globális felmelegedést okozhat, mert a működés során rengeteg üvegházhatású gáz kerül a légkörbe. Egy újabb keletű kutatás, mely a vulkáni kőzetekre irányult, azt mutatja, hogy ezek a kitörések egybeestek egy igen drasztikus klímaváltozással, mely dermesztő hidegből forró pokollá változtatták bolygónk klímáját. Ez a változás, mely kihatott az óceánokra is, elősegítette az élővilág sokféleségének kialakulását, amit aztán tömeges kihalás követett, amikor a klíma már túl forróvá vált. Amikor létrejött a Gondvána és a vulkánosság csillapodott, a klíma újra hűlni kezdett és az élet ismét felvirágozott. Mindez arra utal, hogy a lemeztectonika és az élővilág szorosan kapcsolódik egymáshoz. Egy tavaly, berlini kutatók által közzétett modell szerint viszont mikroobák segítettek a kontinensek képződésében azzal, hogy fokozták a vulkáni aktivitást. Most Ryan McKenzie és munkatársai (Texas Egyetem, Austin) épp az ellenkezőjét próbálják bizonyítani, vagyis hogy a vulkánosság alakította az életet egy kulcsfontosságú időszakban, a kambriumban.

Előbb azonban tekintsük át, mivel érvelnek a német kutatók. A berlini Bolygókutató Intézetben Tilman Spohn és munkatársai számítógépes modellkísérletet végeztek annak figyelembe vételével, hogyan hathatott a bioszféra a Föld belsejének alakítására. A modell lényege a szárazföldön végbemenő, mikroorganizmusok hatására történő biológiai mállás, aminek során a keletkező üledékek bemosódnak az óceánokba és ott felhalmozódnak. Két modellt futtattak, egyet a biológiai mállás figyelembe vételével és egyet anél-

kül. A földtörténet első másfél milliárd évében alig volt különbség a két Föld-modell között. 2,5 m milliárd éve azonban megjelentek az első valódi kontinensek, és ekkor a két modellben már számottevő különbségek mutatkoztak. Az étellel kombinált Föld-modell szerint a szárazföldön is megjelentek az algák, a baktériumok, elkezdtek pusztítani a szárazföldet és egyre több üledéket juttattak az óceánokba. Ezek a magas víztartalmú üledékek az alábukó litoszféralemezekkel bekerültek a Föld mélyébe, akár 100 km-es mélységbe is, ahol a magas hőmérséklet hatására a víz elkezdett kiszabadulni belőlük és bejutott a földképeny anyagába. A víz kevésbé viszkózusá tette a köpenyanyagot, az elkezdett fölfelé emelkedni, vulkánkitöréseket váltott ki, melyek anyaga hozzáadódott a kontinensek anyagához. A német kutatók szerint az élet ily módon járult hozzá a kontinensek alakításához. A modell szerint a lemeztectonikai folyamatok során nagyjából annyi új kéreg keletkezik, mint amennyi elpusztul. A másik, az „életlen” Föld-modellnél azt tapasztalták, hogy a köpeny szárazabb, ezért a kontinentális kéreg képződése is lassúbb. Mi több, azt a következtetést is levonták, hogy ha kevesebb víz került volna a köpenybe, stabil szilárd kéreg valószínűleg ki sem alakult volna. Helyette most hatalmas óceán borítaná az egész bolygót, melyből csak vulkáni szigetek állnának ki. Az elmélet jóindulatú kritikusa azt mondják, érdekes gondolatkísérlet a németeké, ám túl keveset tudunk még a korai kontinensek kialakulását kiváltó folyamatokról; nem tudjuk pontosan, mikor keletkeztek az első, maradandó kontinensek, arról nem is beszélve, hogy nem tudjuk, mennyi víz tárolódott a köpenyben.

De térjünk vissza McKenzie-ék elképzeléséhez. A kambrium előtt, vagyis úgy 600 millió éve a Földet szinte teljes egészében jég borította. Az első állatok ezen a „hóglyó-Földön” jelentek meg. Aztán jött a kambriumi robbanás, és az egysejtűek mellett szinte egy csapásra feltűntek az első komplex, többsejtű szervezetek. Végül is ezekből alakult ki minden ma élő állat, ezeknek köszönhetjük, hogy ma itt vagyunk. A fajok száma azonban alacsony volt, aztán jött egy kihalás. Újabb 50 millió évnél kellett elteltelnie, mire az élet ismét virágozni kezdett. Mi történt? A kambrium elején melegedni kezdett, aztán újra hűlt a klíma. A drámai változásokat, McKenzie szerint, a Gondvána kialakulásához köthető erős vulkánosság hozta meg. Erre a

cirkonkristályokban találta meg a bizonyítékokat, melyek egy bizonyos vulkáni szakaszban keletkeznek; akkor, amikor kontinentális lemezek ütköznek. 3 milliárd évvel ezelőtről pedig bőséggel vannak cirkonkristályok, szerinte a Földön. Hipotézise szerint a vulkáni szigetiveknél nagy mennyiségű szén-dioxid áramlott ki, mely erőteljes klímaváltozást indított el. Az átmeneti kihálást az óceánvíz elsavasodása okozta, majd miután a vulkánosság alábbhagyott, csökkent a szén-dioxid-koncentráció és nagy változatosságban jelentek meg a zátonylakó állatok. A földtörténet későbbi szakaszaiban is tapasztalható, hogy a tektonika milyen erősen befolyásolta az élet alakulását.

(2014. január 7.)

MIKET TUDHAT A MÁTRIÁRKA?

Eleanor nagyjából 50 éves volt, amikor elpusztult. Miközben az afrikai elefántok akár 70 évig is élhetnek, csoportjában, a kenyai Samburu régióban csak 22 év a nőtények várható élettartama. Eleanor volt a legidősebb – a mátriárka. Pusztulása ezért is különleges jelentőségű. Kimúlását követően csaknem egy hétig látogatták tetemét csoportjának tagjai, de még más családok is. Az elefántok és a halál közti kapcsolat igen különleges, főként amikor egyik vezetőjük távozik.

Régóta ismeretes, hogy az elefántcsoportok sorsa erősen függ a rangidős nőténytől, de hogy ez mennyire fontos, az csak fokozatosan vált nyilvánvalóvá. A mátriárkák egy komplex, sokszintű társadalmi hálózat középpontjában állnak és csoportjuk sorsa, sőt túlélése is jó részétőlük függ. A mátriárkák rendkívül sok ismeret tudói, és ők a döntéshozók is. Az elefántokról szerzett legtöbb ismeretünk a kenyai Amboseli Nemzeti Parkból származik, ahol a populációjuk már jó ideje háborítatlan körülmények között élhet, ami Afrikában elég különlegesnek számít. Sok más helyen az orvvadászat miatt számuk erősen csökken. A feketepiacon egy agyarpárnak akkora az értéke, mint egy helybeli szakképzetlen munkás 15 évi teljes jövedelme, úgyhogy nagy a kísértés az orvvadászatra. Miután az orvvadászok megölik a legidősebb hímeket, a következő célpontjaik a mátriárkák. Az még nem egészen tisztázott, mi történik egy csoportban, ha elveszítik a vezetőjüket. Az viszont bizonyos, ha meg akarjuk érteni bonyolult szervezetségük közösségük természetét, előbb meg kell értenünk, milyen szerepe van a vezetőjüknek.

Amboseli 8000 négyzetkilométeres területén kerekén 1500 elefánt él, de kibe járnak a rezervátumból, az országhatárokat is átlélik. Mivel a Kilimandzsáró az év nagy részében az oly fontos ivóvizet megadja a számukra, a száraz évszakot is átvészelik. Ezek a világ legalapvetőbb tanulóhelyzetek. 1972 óta Cynthia Moss vezeti az Amboseli Elefántkutató Programot. (AERP). Ő és kollégái rengeteget megtudtak az állatokról e bő 40 év alatt. Amboseliben az elefánttársadalom alapegysége a család, mely egy anyából, annak fiatal utódai közül, nagynénikből, nagymamákból áll. A családon belül, mely itt 10-20 fős, a legidősebb, legtapasztaltabb nőtény a főnök. A csoportnagyság azonban folytonosan változik, attól függően, hogy mennyi a hozzáférhető víz és élelem. A nőtények életük végéig a család részei maradnak, míg a hímek, ivarérettségüket elérve, elhagyják a családot. A kutatások során kiderült, hogy Amboseliben egy mátriárka vezeti a közvetlen rokonaiból álló csoportot, de a társadalmi hálózat túlnyúlik a családon mint egységen. Az egyes családok gyakorta érintkeznek más, velük rokonságban nem álló családokkal is, és 70–100 egyedből álló egységeket is képeznek (Amboseliben ez a szám történetileg átlagosan 30 egyed), de néha az is előfordul, hogy még nagyobb, több száz egyedre rúgó egységek is kialakulnak. Moss és munkatársai számítógépes modellel elemezték ki az elefántok rendkívül összetett társadalmi hálózatát. A hosszú megfigyelés elég meglepő eredményt hozott. Miközben a családok átlagos nagysága 7-ről 22-re nőtt Amboseliben a 70-es évektől 2011-ig, a családok közötti kötelékek lazultak. Mivel Amboseliben a populáció zavartalanul él, ezt a változást az élőhelyek csökkenése, vagy orvvadászat nem idézhették elő. Úgy tűnik, az ok a mátriárkákban keresendő. Ahogy az elefántpopuláció nőtt, a mátriárkák egyre idősebbek lettek és egyre nagyobb családok vezetőivé váltak, egyre kevesebbet érintkeztek más családokkal. Talán a mátriárkák „konzervatívabbá” váltak időskorukra.

Amikor a túlélésről van szó, kulcsfontosságú, hogy a család tagjai kitől és mit tanulnak meg. A terepkutatások azt mutatják, hogy az idősebb, tapasztaltabb mátriárkák vezette családok a szárazságok idején nagyobb területeket járnak be, mivel vezetőjük jobban emlékszik azokra a helyekre, ahol még élelemhez és vízhez jutnak. Ezt jól igazolja egy 1993-as tanzániai terepkutatás a Tangarire Nemzeti Parkban. A szárazság miatt erősen megugrott a fiatalok pusztulási aránya, néhány család a parkban maradt, mások útra keltek. A fiatal anyák inkább maradtak és sok fiatal elpusztult, az idősebbek vezette és elvándorolt családok körében sokkal kisebb volt a mortalitási arány.

Az idősebb mátriárkák sokkal jobban itélnek meg a veszélyhelyzeteket, amiket más elefántok jelentenek. Amboseliben egy család kb. 25 másik családdal kerül kapcsolatba az év folyamán, ami nagyjából 175 felnőtt nőtényt jelent. Egy tesztben azt vizsgálták, hogy a mátriárka kora befolyásolja-e azon képességét, hogy különbséget tud-e tenni a kapcsolati jelek között, ezért különféle hangokat játszottak le nekik. Azt találták, hogy általában az idősebb mátriárkák vezette családok kevésbé reagáltak, de válaszul a csoport jobban összetömörült a kevésbé ismerős családok hangjára, mint a fiatalabb mátriárkák vezette családok. Ezt azzal magyarázzák, hogy az idősebb mátriárkák sokkal többféle elefánthangot ismernek, mint fiatalabb társaik, így könnyebben megkülönböztethetik az ismerőst az ismeretlentől, és ennek megfelelően reagálnak rájuk.

Afrika más vidékein még fontosabb a hatékony vezetés, mint Amboseliben. A 80-as években megfélemeződött Afrika elefántpopulációja az orvvadászás következtében, bár nemzetközi szervezettek erőteljes fellépésének hatására egyes országokban a helyzet némileg javult. A megfigyelések azt mutatják, hogy miután csökken vagy megszűnik az orvvadászat egy-egy vidéken, egy idő után az elefántcsoportok közötti társas viszony fokozatosan normalizálódik, s mindez elsősorban a bölcs, tapasztalt mátriárkákra köszönhető.

1%

Kedves Olvasóink!

Az Önök által felajánlott személyi jövedelemadóik egy százalékából az elmúlt évben **115 591 Ft**-ot kapott a Természet–Tudomány Alapítványunk, melynek egyedüli célja, hogy a Természet Világa megjelenését segítse. Ezt az összeget Természet–Tudomány Diák pályázatunk éltetésére fordítottuk.

Staar Gyula
az alapítvány titkára

„...ki néma volt netán s csak lelkesedni rest...”

Károlyházy Frigyes eltávolítása az Eötvös Collegiumból 1949-ben

RADNAI GYULA

Károlyházy Frigyes (1929–2012) neve jól ismert a természettudományosan művelt olvasók előtt, így a Természet Világa olvasói előtt is. De nem csak előttük. Sokszor meghívták modern fizikai témájú előadást tartani olyan hallgatóság számára, ahol érdeklődő, de az iskolában tanult fizikára már csak nyomokban emlékező közönség töltötte be az előadótermet.

Legutolsó nagyobb tanulmánya is egy irodalmi folyóiratban, a Kortársban jelent meg 2011-ben, a tőle már megszokott talányos címmel: „A szegény ember meg a sündisznója”. Ebben keresztapjáról, Feleky-Fetter Frigyes (1899–1977) festőművészről emlékezett meg, akitől a Frigyes keresztnevet kapta, valamint saját gyerek- és ifjúkorára emlékezett vissza az akkor már 82. évében járó professzor. A tanulmány címe arra a két főszereplőre utal, akikről mesélve ringatta álomba a hároméves Fricit festőművész keresztapja.

A természettudomány és a képzőművészet párhuzamosan volt jelen Károlyházy Frigyes gondolkodásában. Ő maga is kiválóan rajzolt. Előadásait legtöbbször tábla előtt tartotta – akár az egyetemen, akár egy kultúrházban, akár fizikatanári ankétokon –, de nem képletekkel írta tele a táblát, hanem egyes kis ábrákkal igyekezett szemléltetni azokat a bonyolult folyamatokat, amelyekről éppen beszélt. Ez a szándék már gyerekkorától jellemző volt rá. Így emlékezett erre például a fent említett tanulmányban:

Kisgimnazista koromban (akkor nyolcosztályos volt a gimnázium), egy házi feladatként készítettem rajzon, ami valamiféle szabadtéri futkározást jelenített meg, egy szereplőt „a képből éppen kifutva” úgy ábrázoltam, hogy az alsó fele lemaradt a papírról. Rajztanárom barátságosan magyarázni kezdte, hogyan lehet kellő előrelátással az ilyen malőröket elkerülni. (De meghökkenő arkiféjezést látva végül eszébe jutott a kérdés: „Vagy ez szándékos volt?”)

Károlyházy Frigyes 1939 őszétől járt gimnáziumba a budapesti piaristákhoz, és 1948 nyarán szinte az utolsó pillanatban érettségizett ott. Közben az ország elkerülhetetlenül belekeveredett a második vi-

lágháborúba, 1945-ben pedig egy romhalmazzá lőtt főváros próbált meg újra talpra állni. A két utolsó tanévben a matematikát és a fizikát is a Debrecenből Budapestre került nevezetes piarista tanár, Pogány János (1907–1983) tanította, aki egyben osztályfőnökük is lett. Nála a legjobbak számára sem volt sétagalopp a tanulás, mindenkitől a képességei szerinti maximumot követelte meg. Ez éppen megfelelt a kiváló képességű Károlyházy Fricinek, akinek viszont így



Az Eötvös-kollégista Károlyházy Frigyes

aligha maradt elég ideje arra, hogy az országban zajló ijesztő politikai eseményekre kellőképpen odafigyeljen.

1948-at Rákosi Mátyás a fordulat évének nevezte egy 1948. májusi sajtótájékoztatón. És valóban – nézzük csak az év első felének legfontosabb hazai politikai eseményeit:

1948. február 18. Barátsági, együttműködési és kölcsönös segítségnyújtási egyezmény létesül Magyarország és a Szovjetunió között.

1948. március 15. Az 1848-as forradalom centenáriuma kiosztják az első Kossuth-díjakat. Bevezetőt mond Ortutay

Gyula (1910–1978), aki éppen egy éve került a vallás- és közoktatásügyi miniszteri székbe. A díjakat Tildy Zoltán (1889–1961) köztársasági elnök adja át. (Ő még augusztus 3-ig marad köztársasági elnök.) Kossuth-díjat kap Szent-Györgyi Albert (1893–1986) is, aki azonban már nem tér haza a díj átvételére.

1948. március 25. Államosítják a 100-nál több munkást foglalkoztató üzemeket.

1948. április 12. Egyesül a Magyar Kommunista Párt (MKP) és a Magyar Szociáldemokrata Párt (MSZDP). Az új párt neve: Magyar Dolgozók Pártja (MDP).

1948. június 16. Államosítják az egyházi iskolákat. A Budapesti Piarista Gimnázium új neve: Budapest V. ker. Állami Ady Endre Általános Gimnázium.

Ezekben a napokban érettségizett Károlyházy Frigyes!

Matematikából ebben a tanévben első lett az országos középiskolai tanulmányi verseny budapesti fordulóján, kézenfekvő volt tehát, hogy a tudományegyetemen tanuljon tovább, az akkor egyedül lehetséges matematika-fizika tanári szakon. (Csak néhány évvel később indult meg a kutató fizikusok képzése, akkor oda átjelentkezett.) A tanárszakra jelentkező fiúk pályázhattak az Eötvös Collegiumba is. Ez anyagi szempontból volt kedvező: a szülők anyagi helyzetétől függően akár ingyenesen kaphattak szállást és teljes ellátást a tanárszakra felvett férfighallgatók az Eötvös Collegiumban. Továbbá nagy vonzerőt jelentett az itteni kollégisták régi jó híre, elismert szakmai kiválósága.

Károlyházy Frigyes 1948. július 14-én – véletlenül (?) éppen a francia nemzeti ünnepen – megírta felvételi kérelmét az Eötvös József Collegiumba.

Ezen a nyáron azonban igazgatóváltás történt a Collegiumban.

Kucsman Árpád (1927–2012) vegyészprofesszor, aki 1945-től 1950-ig volt tagja a Collegiumnak, élményeiről „Egy kémikus a régi Eötvös Collegiumban” című, az ELTE Eötvös József Collegium és a Petőfi Irodalmi Múzeum közös kiadásában, 2006-ban megjelent könyvében számolt be. Az ő emlékezete szerint 1948. június-

ban még Keresztury Dezső (1904–1996) volt a Collegium igazgatója, de júliusban már Lutter Tibor (1910–1960) intézkedett igazgatóként. Keresztury lemondása Révai József (1898–1959) beavatkozására történt, akit a Collegium kommunista diákjai kerestek meg, segítségét kérve a kollégiumban lévő „fasiszták összeesküvők” eltávolításához. (Ezt a súlyos vádat az váltotta ki, hogy a kollégisták az esedékes diákválasztáson nem a kommunista frakció jelöltjét, hanem mást, jelesül Vekerdí Józsefet választották meg elnöknek titkos szavazással.) Keresztury nem akarta eltávolítani a megváldolt kollégistákat, inkább lemondott.

Lutter Tibor hithű kommuniszként intézkedett, teljes mellszélességgel kiállt a kommunista frakció mellett. Az „összeesküvőket” behívták a minisztériumba és rávették őket, hogy saját érdekükben, önként mondjanak le a kollégiumi tagságról. Kucsman Árpád szerint az eltávolításra kijelöltek többnyire „vették a lapot” és beadták lemondásukat, mert attól féltek, hogy az egyetlen utánuk nyúlnak és még egyetemi tanulmányaikat se fejezhetik be. Így került ki a Collegiumból még a nyáron többek között Moravcsik Mihály (1928–1989) vagy Keszthelyi Lajos (1927–) későbbi sikeres fizikusok, de ekkor távolították el Garay András (1926–2005) biológust, Száva-Kováts Endre (1928–) geográfust és a diplomája megszerzése előtt álló görög-magyar történelem szakos Brusznai Árpádot (1924–1958) is. Brusznai Árpád sorsa 1956 után tragikusan alakult: előbb életfogytiglani börtönre, majd kötél általi halálra ítélték és 1958 januárjában kivégezték.

A bent maradók számára 1948 augusztusában – a nyári szünet terhére – háromhetes kötelező részvételű marxista kurzust szerveztek a Collegiumban. Reggel fejtágitó előadásokat tartottak a Lutter által meghívott előadók, este pedig szemináriumokon tárgyalták meg az elhangzottakat. Az előadók között volt Alexits György (1899–1978) matematikus, akkor közoktatásügyi államtitkár, Andics Erzsébet (1902–1986), a pártfőiskola igazgatója, Heckenast Gusztáv (1922–1999) történész, Sándor Pál (1901–1972) filozófus, Szabó Árpád (1913–2001), a klasszika-filológia professzora, Vásárhelyi Miklós (1917–2001), a Szabad Nép munkatársa, és természetesen Lutter Tibor igazgató, aki a marxista esztétikáról szónokolt. Ismét Kucsman idézve: *Az előadások és az esti szemináriumok*

közi időt, ideértve az éjszakai órákat is, a marxizmus-leninizmus klasszikusainak és aktuális brosrúrnak a tanulmányozásával illett eltölteni.

Károlyházy Frigyes aligha tudott minderről. Azt azért bizonyára észlelte, hogy a felvételi beszélgetéseken – amelyet az Eötvös Collegiumban „fejkopogtatásnak” hívtak – a tanárokon kívül diákok is elbeszélgetnek vele, sőt nyilvános gyűléseken is folyt a jelentkezők meghallgatása.

Szász Imre (1927–2003) „Ménesi út” című könyvének a Magvető Kiadónál 1987-ben megjelent II. kiadásában, a függelék-

jobb tagjaiból alakult felvételi bizottság és a tanárok egymástól függetlenül végezték az ügy nevezett „fejkopogtatást”... Két csoport folytatta le a gólyák szóbeli bemutatkozását, amelyen az egyes beszélők által felvetett problémákat együtt vitatta meg a résztvevő 30–40 ember... A viták végén népszavazást rendezhettünk a felvétel ügyében: maguk a jelentkezők készítettek listákat a felveendőkről... Mindezek után került sor az ifjúság felvételi bizottsága és a tanári kar közös megbeszélésére...

A „szakmailag legjobb tagok” természetesen a kommunista frakció tagjai voltak.

Az Eötvös Collegium levéltára megőrizte Károlyházy Frigyes hivatalos pályázati lapját, melyre a fejkopogató tanárok is rávezették észrevételeiket, javaslatukat. Eszerint:

A pályázó neve: Károlyházy / Fetter/ Frigyes József

(A vezetéknev tehát magyarosított és y-ra végződik, amit még ma is néha eltévesztenek egyes hivatkozásokban. Így válik érthetővé az is, hogy a nagybácsit – apja testvérét – Feleky-Fetter Frigyesnek hívták, vagyis ő más-képp magyarosította meg a vezetéknevét.)

Születésének helye, ideje; vallása: Budapest, 1929. december 28.

(Láthatóan még régről maradt a formanyomtatvány, a „vallása” rovat már nincs kitöltve.)

Atyja v. gyámja neve, polgári állása, lakása: Károlyházy Gyula, áll. tisztviselő, Bp. VII., Rottenbiller utca 6/a.

Mely középiskolán tanult? I–VIII: Piarista Gimn. Bpest /V–VI.

o-ban magántanuló/

(A család a front közeledtekor nyugatra menekült, csak hónapok múlva tértek haza.)

Általános előmenetele V–VIII. osztályban végig kitűnő; magaviselete végig jeles.

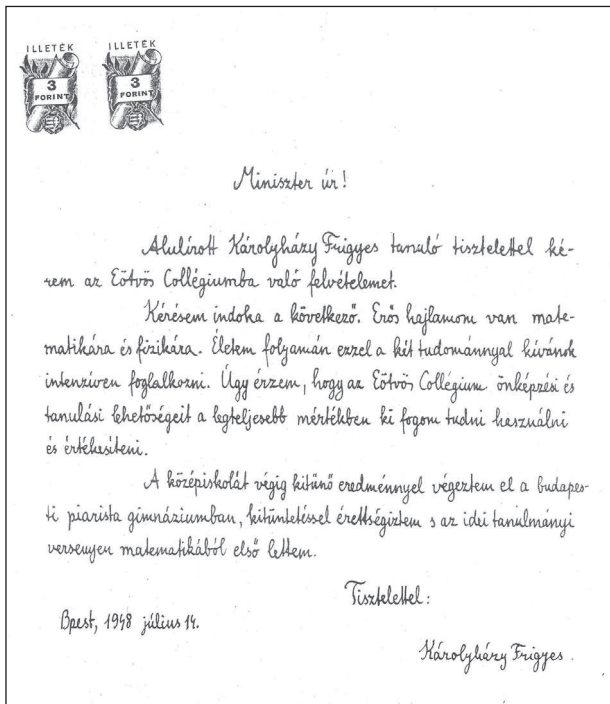
Érettségi: kitiintetés, 1948. jun. Piarista Gimn. Bpest.

Választott szaktárgyai: matematika-fizika
Észrevételek: középiskolai tanulmányi versenyen első lett.

Ezek után következnek a tanárok kézírásos észrevételei:

Dudich Endre (1895–1971) zoológus egyetemi tanár: Kutatónak készül, az atomfizika érdeklí főképpen. Intelligens, sokat olvasott fiú. Németül beszél, olvas angolul is. Jó előadókészsége van. Feltétlenül felveendőnek tartom.

Hajós György (1912–1972), az egyetem geometriai tanszékének vezetője: Igen képzett, intelligens, gyors és nyugodt



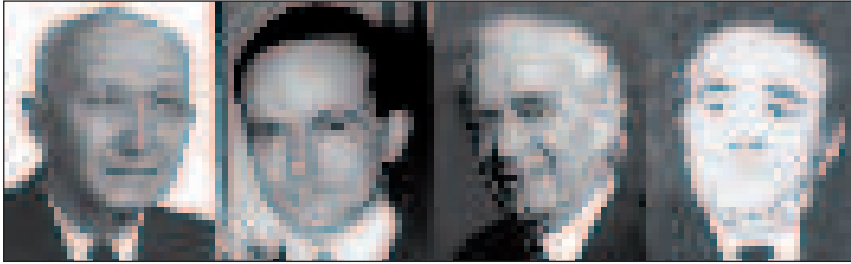
Felvételi kérelme

ben találjuk a (Kucsman szerint messianisztikus) kommunista Frankl (majd Falus) Róbert (1925–1983) 1948. augusztus 13-án megjelent írását, amelyben ezt írta a már említett marxista kurzusról:

Vége elértük, hogy a nyári hónapok folyamán is benn maradhassunk a Collegiumban és ezt az időt a modern tudományos élet nélkülözhetetlen módszérének, a marxizmusnak a tanulmányozásával töltjük el.

Frankl Róbert az előző nyáron Olaszországban járt tanulmányúton... Vajon ott mit tanulmányozott? Ugyanő így számolt be az 1948-as felvételiztetésről:

A gólyák „megszületése” se volt idén szabványos. Először fordult elő a kollégium életében, hogy mi, kollégisták a felvételek kérdésében szavunkat hallathattuk, sőt, a teljes hetet igénybe vevő felvételi bemutatkozás nagy részét önállóan lefolytathattuk... Az ifjúság szakmailag leg-



Dudich Endre Hajós György Faragó Péter Mátrai László

Fejkopogatók

gondolkodó, jó felfogású, világos előadással, határozott képesség. Kiemelten, első helyen ajánlom.

Faragó Péter (1918–2004), Békéscsaba György utóda az egyetem II. sz. fizikai intézetében: Képességei, képzettsége messze kimagasló. Komoly tehetség. Feltétlenül felveendő.

René Bonnerjea (1914–2012): Hindu-angol származású nyelvész, költő, műfordító, az Eötvös Collegium nyelvi lektora (nevét bonerdzsi-nek kell ejteni): Németül kitűnően tud, minden nehézség nélkül fejezi ki magát. Igen intelligens fiú. I. helyen ajánlom.

Mátrai László (1909–1983), a filozófiatörténet tanára az egyetemen és a Collegiumban, egyben az Egyetemi Könyvtár főigazgatója: Vitán felüli, kiváló tehetség. Feltétlenül ajánlom.

Ilyen tanári ajánlások után nem lehetett a piarista tanítvány Károlyházy Frigvest kihagyni a felvettek közül.

Összehasonlításképp idézzük ugyanezeknek a tanároknak Sas Elemérről alkotott véleményét, aki ugyancsak 1948-ban jelentkezett az Eötvös Collegiumba:

Dudich Endre: Elégge olvasott fiú, a kísérleti fizika, főképpen az elektrotechnika és a kozmikus sugárzás érdeklő. Nyelvtudása csekély. Régi vágya, hogy tanár lehessen. Jó előadási képessége van. Jó tanár-anyagnak látszik! Feltétlenül felveendőnek tartom.

Hajós György: Elméleti hajlam hiányzik, gondolatfűzése zavaros. Kísérletező típus. Ha abban valóban kiváló, felvehető.

Faragó Péter: Kielégítő tárgyi tudása van és kitűnő gyakorlati érzéke. Jó kísérleti fizikus lehet belőle. Felvételre ajánlom.

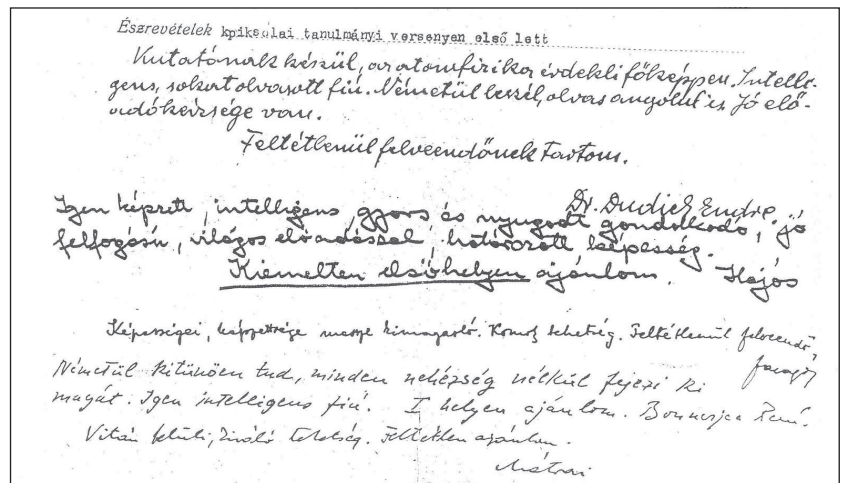
René Bonnerjea: Komoly fiú. Elég jól tud németül. I. helyen ajánlom.

Mátrai László: Kitűnő intellektus, de elsősorban technikai érdeklődés. Kérdés:

nem kár-e a mérnöki és feltaláló pályáról elvonni? Elsők között ajánlom.

Sas Elemér¹ azok között volt, akik 1949 tavaszán-nyarán önként lemondtak tagságukról.

Károlyházy Frigyes, az elsőéves egyetemista a fizika és a matematika tanulásaiba vetette bele magát. Állandó látogatója lett az egyetem fizikai könyvtárának, amely még az Eötvös Collegium híres könyvtárát is felülmúlta fizikai és matema-



A fejkopogatók értékelése (A cikkben közreadott dokumentumok az Eötvös József Collegium Levéltárából valók)

tikai szakkönyvek tekintetében. A könyvtár vastag falain nem hatolt át a külvilág zaja, odakint pedig valóban zajlott az élet...

1948. szeptember 24. Államosítják a bankokat és a biztosítókat. Ekkor már a lemondott Tildy Zoltán helyett Szakasits Árpád (1888–1965) az új államelnök.

1948. december 10. Dinnyés Lajos (1901–1961) lemondása után Dobi István

(1898–1968) az új miniszterelnök.

1948. december 23. Letartóztatják Mindszenty József esztergomi érsek, hercegprímást kémkedés, valutaüzérkedés, hűtlenség és hazaárulás vádjával.

1949. január 25. Magyarország is alapító tagja a szovjet javaslatra létrejövő Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsának, a KGST-nek.

1949. február 3–8. Mindszenty Józsefet hazaárulási perében életfogytiglani börtönbüntetésre ítélik.

1949. május 15. Előrehozott választások Magyarországon. 94,7%-os részvételi arány. Egyetlen szavazólap volt, amelyet csak be kellett dobni a szavazóurnába. 95,6%-os eredmény.

1949. augusztus 18. Az új országgyűlés elfogadja az új alkotmányt, mely augusztus 20-án életbe lép. Magyarország államformája ezentúl köztársaság helyett népköztársaság.

1949. szeptember 16–24. Rajk László volt külügyminiszter és társainak pere Magyarországon.

¹ Sas Elemér (1930–1998) Kaposváron érettségizett 1948-ban és lett Eötvös kollégistaként a Pázmány Péter, majd az Eötvös Loránd Tudományegyetem hallgatója. Tanári diplomájának megszerzése után először a Kísérleti Fizikai Intézetben volt Pócza Jenő tanársegéde, majd hamarosan az Atomfizika tanszéken Jánossy Lajos tanszékvezető helyettese. 1963-tól újra a Kísérleti fizika tanszéken vezetett demonstrációs laboratóriumi gyakorlatokat, most már Nagy Elemér és Párkányi László irányításával. Országosan ismertté a televízióban vált, ahol Öveges József méltó utódaként az Iskola TV-ben és különböző ismeretterjesztő műsorokban lépett fel. Szép beszéde, kellemes, bársenyos hangja sok nézőt vonzott a tudomány csodáinak táborába. A Mindenki iskolájában Antal Imrével együtt szerepelt, az Irány az egyetem! sorozatban Déri János volt a partnere. Kérdőként működött közre Kardos Istvánnak a magyar tudósokról készített sorozatában, valamint a Ki miben tudós- és az Oldjuk meg! című tévéadásokban. „Beszélgetések a fizikáról” című könyve 1974-ben került rajongó olvasóihoz. Szenvedélyes kísérletező volt, néhány kiváló ötletét a videó és a filmszalag örízte meg az utókor számára.

sát marxista-leninista intézménnyé... Az Eötvös Collegium elitista jellegének megszüntetése érdekében eltörölte a kollégiumi szakorákat.

A Rajk-pert a Kossuth rádió közvetítette, az új és a régi kollégisták a társalgóban, felhangosított készüléken, együtt hallgat(hat)ták. Várható volt, hogy erről még lesz szó a Collegiumban. Szeptember 24-én, szombaton kimondták Rajk Lászlóra és két társára a halálos ítéletet. Vasárnap a rádióban beolvasták a TASZSZ közleményét: a Szovjetunió sajtó atombombát fejlesztett ki, és sikeresen megtörtént (már augusztus 29-én) az első kísérleti atomrobbantás a Szovjetunióban. A kommunista frakció ünnepelt, és hétfő estére népgyűlést hirdetett a díszterembe, mégpedig „a Rajk-banda leleplezéséről”.

Szász Imre könyvében közli a népgyűlésről beszámoló „Jelentés”-t, amelyet a Collegium archívuma őrzött meg az utókor számára.

JELENTÉS

az Eötvös-kollégiumban szeptember 26-án tartott népgyűlésről, melyen a leleplezett Rajk-banda ügyét tárgyaltuk meg.

Miklós Pál elvtárs előadó röviden összefoglalta bevezetésképpen, hogy mik voltak a Rajk-banda céljai, milyen külföldi imperialista célokat szolgáltak. Tanulásgként az éberséget, a munkásosztályra való támaszkodást állította előtérbe. Végül rámutatott arra, hogy Pártunknak ez a Rákosi elvtárs vezetésével véghezvitt újabb győzelme a kollégium tagságára is fokozottabb feladatokat ró. Példáknul kell szolgálnia a munkásosztálynak, nekünk is fokozott éberséggel, nagyobb munkafegyelmel kell dolgoznunk, hogy a nagy Sztálin vezette Szovjetunió mögé sorakozó hazánkat, a szocializmus építését szolgálhassuk.

Ezután hozzászólásokat kért.

Tóth Tibor elvtárs a kollégium tagságával szembeni éberséget hangsúlyozta.

László Imre elvtárs a Szovjetunió iránti hűség, a szovjet kultúra iránti szeretet és tisztelet fontosságát emelte ki.

Papp Ferenc az orosz szakosok nevében az orosz nyelvtanuláshoz ajánlott fel segítséget.

Illés Jenő elvtárs felhívta a figyelmet arra, hogy a kollégium tagjai kevésbé érdeklődnek a termelés kérdéseiről.

Horn Miklós elvtárs rámutatott a kollégiumban még mutatkozó burzsoá csökevényekre.

Sallai Géza elvtárs kiemelte, hogy a Rajk-üggyel szemben közönyt mutatni annyi, mint ellenségesen szemben állni a magyar népi demokráciával. Elmondott

egy ilyen esetet név említése nélkül.

Lutter Tibor elvtárs rámutatott arra, hogy mi volt a kollégium állásfoglalása a múltban, s hogy ennek a magatartásnak (izoláció) milyen kevés pozitívuma van. Hangsúlyozta, hogy új kollégiumot kell csinálni az Eötvösből, s ez a munkás- és szegényparaszt káderekre épüljön.

Kardos Pál elvtárs hozzászólásában elmondta, hogy Lator László, Károlyházy Frigyes és Lipták József kollégisták eddig is destruktív vagy közönyös magatartást tanúsítottak a népi demokráciával szemben. Mostani magatartásuk is ezt bizonyítja. Részletesen ismertette az ellenük fölmerült vádakokat, és megállapította, hogy ezek az emberek nem valók a



Az Eötvös Kollégium épülete ma

kollégiumba.

Miklós elvtárs ezek eltávolítását javasolta.

Lutter, Horn, Békéssy és Dux elvtársak egyhangúan az eltávolítást javasolták hozzászólásaikban.

A kollégiumi tagság egyhangúlag kézfeltartással a javaslat mellett döntött.

Az előadó – megígérve, hogy másnap a Pártszervezet elé terjeszti a javaslatot – bezárta a népgyűlést.

Budapest, 1949. szeptember 30.

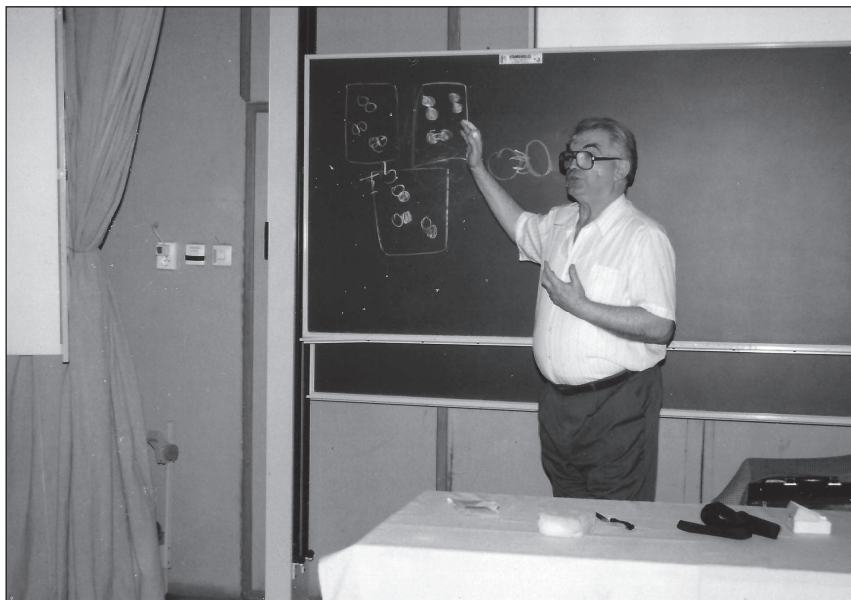
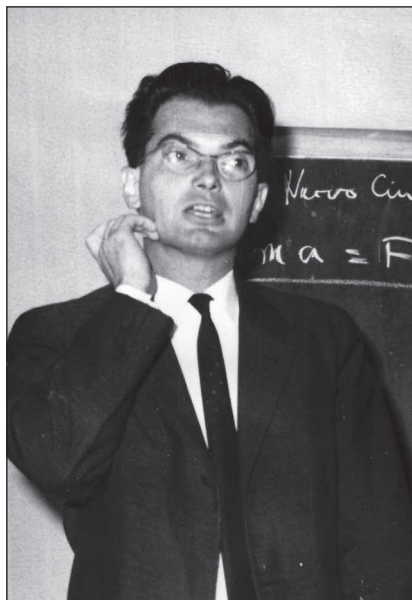
Fodor András (1929–1997) költő ugyancsak tagja volt az Eötvös Collegiumnak, és részt vett ezen a népgyűlésen. Naplójából, melyet gyerekkora óta vezetett, és amelynek 1947-től 1950-ig terjedő részét „A Kollégium” ci-

men 1991-ben jelentette meg a Magvető Kiadó, idézzük fel a szeptember 26-i népgyűlésről szóló beszámolót:

Vacsora után népgyűlés, a Rajk-ügy (ahogy ők mondják: a Rajk-banda ügyének) itteni megtárgyalása... Hátul te-lepszem meg. Az ifjúsági elnök beszél. Sikerül annyira fölhergelnie magát, hogy már az első mondataiban meglo-bogtatja az „aljas”, „mocskos”, „iz-zó”, „piszkos” jelzőket úgy, ahogy a Rajk-processzus zsargonja megköveteli. Persze groteszk nagyon ez a műforradalmiság, de ezzel a műforradalmi levegő-vel telítve van a terem. Az első Sztálinra fölpattan H.M., az új csillag, s példája nyomán verjük a vastapsot. A felszó-lalások egytől egyig kötelesség-szerűek. S amikor már hosszabb ideje nem említődik Rákosi neve, H.M. hátrafordul, egy népi kollé-giumból most telepített adjután-sának meghúzza kabátja szélét, aki erre föláll, és annyit mond: - Ne felejtjük el, hogy kinek kö-szönhetjük mindezt: a Magyar Dolgozók Pártjának és Rákosi Mátyásnak... Éljen Rákosi! Éljen a Párt! Sztálin, Rákosi! Sztálin, Rákosi!... Folyton rettegek, hogy valaki észreveszi rajtam a lelke-sedés hiányát. Hátulról jól látom, hogy Kardos-Pándi árgus szem-mel figyel. Sejtettem, hogy föl-szólal, s csak azért a végén, hogy mondanójának annál csattanó-sabb jelentősége legyen.

– Ilyet még nem pipált az Eötvös Kollégium! – kezdi mellét dülleszt-ve. – És nem dőltek össze a falak, nem dőlt le a könyvtár... De érde-mes megnézni, kik szólaltak föl, s kik azok, akik hallgattak. Az utó-biak kilencven százalékig a régi, még a Keresztury-rezsim alatt bekerültek társasága. És nem vé-letlen ez. Mert vajon miért nem szólaltak föl ezek a baráti klikkek-be tömörülő ifjak? Nem azért hallgattak, mintha félnének beszélni, vagy mert nincs jó kifejezési érzékük, mert igenis, a hall-gatás is állásfoglalás. Eh, ne kerteljünk! – rándul meg idegesen. – Megkérdezhetnének Lator Lászlót, miért nem hallatta sza-vát, amikor megadtuk neki a lehetőséget. Persze Lator László, akit azért tartunk itt, mert bízunk a tehetségében, aki tavaly be-adta kötetét a Könyvhivatalba, amelyet on-nan nagyon helyesen visszaadtak, mert te-le volt pesszimizmussal, dekadenciával, ez a Lator László azóta sem fejlődött, s nem véletlen, hogy most is hallgat.

Pattanásig feszült a hangulat, de a szó-nok, mintha megveszett volna, tovább ha-rapdálja áldozatát, Latort, majd Liptákok, akinél úgymond fasiszta könyvet találtak



Előadás közben, az egyetemen

(volt tanára, Szentkuthy Miklós egyik neki dedikált munkáját!). Az ifjúsági elnök, hogy ő se maradjon le, viszolyogtató állapotosszal kiszúrja még Károlyházyt is, és felszólítja a tagságot: *ítéljen a bűnösök felett. – Gyerekek, most mindjárt ítéljünk? Akarjátok? (Szerencsétlen fiú, honnét vette magára ezt a gyűlölködő állapotot? Az előbb is, amikor az egyik sejtelmetlen elsőéves másról akart beszélni, lehurrogta: – De fiúk, hát ne erről, hanem a mi izzó gyűlöletünkről beszéljünk!) ...Akarja a Kollégium, vagy hagyjuk későbbre?*

Aki most tiltakozásra emelné kezét, maga is ítélet alá kerül. Síri csönd. Föláll H.M., és kinyilatkoztatja: – A Kollégium természetesen elsőrendű kötelességének fogja tartani, hogy kivesse magából az idegen elemeket.

Ingerült taps. Amikor ütésre készítem a tenyeremet, meghökkenek: mit tapsolnék? Nem, azért sem. Szász fölnyújtja a karját. – Imre, ne zödjölj meg! – figyelmeztetem. Le is veszi a kezét.

Ilyen embertelenséget még nem éreztem a levegőben magam körül....

Ez tehát Károlyházy Frigyes eltávolításának hiteles története. Az már csak formalitás volt ezek után, hogy Lutter Tibor igazgató október 7-én egy Ortutay Gyula miniszterhez intézett levélben kérte a fent nevezett hallgatók kollégiumi tagságának megszüntetését. Ebben a levélben összesen 12 hallgató eltávolítását kérte, részben olyanokét, akiket a fentihez hasonló népgyűléseken aláztak meg nyilvánosan. Nagy esély volt rá, hogy a karrierjüket törték ketté, mégse ez történt. Szinte valamennyien sikeres pályát futottak be később, igaz, nem mindenki maradt

Magyarországon. Íme a Collegiumból 1949-ben eltávolított hallgatók névsora:

Másodéves egyetemi hallgatók voltak:

Károlyházy Frigyes (1929–2012) matematika-fizika szakos

Kövári Tamás (1930–2010) matematika-fizika szakos

Lipták József Tamás (1930–1998) matematika-fizika szakos

Réz Pál (1930–) román-francia szakos

Harmadéves egyetemi hallgatók voltak:

Bruckner János magyar-francia szakos

Kanócz István angol-német szakos

Lator László (1927–) magyar-német szakos

Németh G(éza) Béla (1925–2008) magyar-német szakos

Negyedéves egyetemi hallgatók voltak:

Domokos Mátyás (1928–2006) magyar-német szakos

Horányi Mátyás (1928–1995) angol-francia szakos

Ötödéves egyetemi hallgatók voltak:

Benyhe János (1926–2010) francia-angol szakos

Vekkerdi József (1927–) latin-görög szakos.

Tanulságos lenne elolvasni, mivel indokolta az igazgató kinek-kinek az eltávolítását. Most itt csak Károlyházy Frigyesét közöljük Szász Imre nyomán, aki ezt is megtalálta az archívumban:

Károlyházy Frigyes II. éves matematika-fizika szakos hallgató. Reakciós katolikus világnézetet képvisel. Mikor ez a magatartása a kollégiumi taggyűlésen ki derült, nyíltan ki is mondta, hogy a mai nevelés célkitűzéseivel a legtöbb ponton nem ért egyet. Annak ellenére, hogy igen jó szakember, ilyen körülmények között kollé-

giumba nem való. Értelmiségi származású, szülei Pesten élnek, továbbtanulásának anyagi akadálya nincsen. A Kollégiumból való eltávolítását javaslom.

Károlyházy Frigyes, aki egyébként elsőéves egyetemistaként több hónapot beteggyben töltött, végül is sikeresen elvégezte az egyetemet, és fizikus diplomával a kézben jelentkezett az Elméleti Fizikai Tanszéken, ahol akkor már évek óta gyakorlatot vezetett az alsóbb éves hallgatóknak. Novobátczy Károly (1884–1967) felvette, és amíg tudta, segítette tudományos pályafutását. Károlyházy 1956-ban lett kandidátus, 1972-ben akadémiai doktor, egyetemi tanár. Összesen 48 évet töltött az Elméleti Fizikai Tanszéken.

Még ennél is tovább, 58 éven át volt tagja az Eötvös-versenybizottságnak. Itt csaknem negyven éven át dolgoztunk együtt. Eleinte Vermes Mikóssal és Boros Jánossal, azután Gnädig Péterrel és Honyek Gyulával, majd az utolsó két évben Vigh Mátéval is találkoztunk minden tanév elején, hogy megbeszéljük az abban az évben kitűzendő, a nyári szabadság idején kiötlött feladatokat. A Károlyházy-feladatok majdnem mindig meglepőek és szokatlanok voltak, legalább egy ilyen feladat mindig bekerült a kiválasztottak közé. Kíváncsian vártuk a versenyzők megoldásait, s egy záró tanácskozáson döntöttünk a díjakról. Minden találkozás alkalmával sorra kerültek persze más témák is; Frici szívesen fejtette ki nézeteit az oktatás legkülönbözőbb kérdéseiről. Nagyon foglalkoztatta őt a gyerekek gondolatvilága.

Soha, egyetlen szóval se utált életének az Eötvös Collegiumban töltött idejére. Mélyen magába zárva élhetett benne kiüzetésének fájdalmas emléke.



XXII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Gyógynövényismeret és -kutatás a Kárpát-medencében

LÁSZLÓ-BENCSIK ESZTER

Szentendrei Református Gimnázium

Hazánk természeti környezete, a Kárpát-medence különlegesen gazdag gyógynövényfajokban. Okkal minősítette az Európai Unió Natura 2000 hálózatát létrehozó bizottsága önálló biogeográfiai régióknak, a biodiverzitás tekintetében pedig ún. „forró pontnak”.

Szeretném érzékelhetővé tenni a következőkben, hogy ezt a gazdagságot az itt élő nép és néhány kiemelkedő tudású szakember már régóta felismerte. De nemcsak felismerte, hanem ennek nyomán cselekedett is, amint ezt a Gyógynövény Kísérleti Állomás (a majdani Gyógynövénykutató Intézet) alapítása is példázza.

Az elmúlt másfél évszázadra visszatekintve, e gazdagságnak azt a kis szeletét is közzéteszem, amelyet a budakalászi Kemotaxonómiai Botanikus Kert mutat be az érdeklődőknek.

A kezdetektől a Gyógynövénykutató Intézet első korszakáig

A gyógynövények egészen a legutóbbi évszázadig szinte kizárólagos szerepet játszottak a gyógyszerek előállításában (keves számú állati és ásványi eredetű drogot ma is alkalmaznak még). Emberi felhasználásuk az állatvilágból eredeztethető, mint arra az *Öngyógyító állatok* című összeállításban is utaltam.

Rapaics Rajmund a leánykörtörös példáját hozza fel arra, hogy a honfoglalást megelőző hosszú vándorlás során egyes



Páter Béla (kép a www.gynki.hu honlapról)

növényeink mindvégig szem előtt lehetnek. A kökörtörös „körtör” szótárgya ugyanis közép-ázsiai török eredetű, és ma is él „körtör” szavunkban. Gyógynövényként azonban sokfelé felhasználták, de ma már védett ritkaságunk. Talán két olyan növényünk lehet, amelyek esetében a honfoglalás kori tudatos felhasználás sem kizárt.

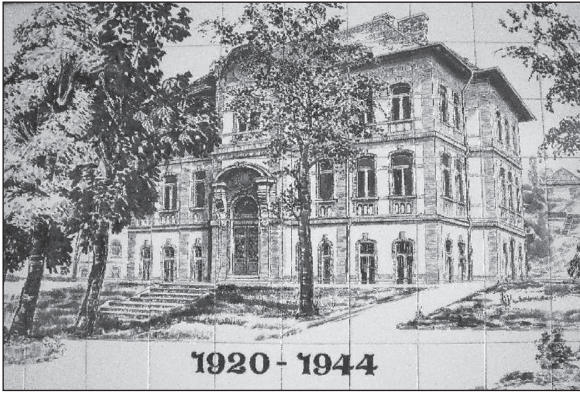
A turáni-pontuszi elterjedésű *törtörjén* nálunk éri el elterjedésének nyugati határát. Mára nagyon megritkult, de *Kitaibel Pál* még szerte a Tiszántúlon láthatta, és az sem volt titok, hogy régi inség-élelem, amit a tatárjárás tett sok helyütt nélkülözhetlenné (első leírója, *Sebeők Sándor* magyar orvos ezért látta el a „tataria” fajnévvel). A másik igazi gyógynövény, a Dél-Tiszántúli egyetlen pontjára szorult *volgamenti hérics*. Azt is tudjuk, hogy a „*tályoggyökérnek*”, vagy „*táraggyökérnek*” régi állatgyógyászati múltja van, lovakat is kezelték vele – igen valószínű tehát, hogy eleink

valóban Kelet-Európa távoli szteppéiről hozták ideig mint gyógyszert.

A szabványos szerhasználat a gyógynövény-drogok terén is a linnéi áttöréssel veszi kezdetét, de ennek is számos előzménye adódik, így nálunk a legismertebb *Méliusz Péter* Herbáriuma az első magyar nyelvű növényleírásokkal. A latin elnevezés és diagnózis magyartásában a Kazinczy-féle nyelvújításhoz mérhető esemény volt *Diószegi Sámuel* és *Fazekas Mihály Fűvészkönyvének megjelenése* (1807). A hazai flóra feltárása *Kitaibel Pál* munkásságával veszi kezdetét, az első flóramű megalkotója pedig *Borbás Vince* volt. Utóbbi tevékenysége idején aztán előtérbe került a népi gyógynövényhasználat és a korszerű alapokon álló feldolgozóipar igényeinek összhangba hozása.

Noha *Lippay János Posonyi kertje* (1664–67) számos gyógyászati adatot is felsorol a természetfajokkal kapcsolatban, a gyógynövények termesztése sokáig a kolostorkertek és a paraszti porták ágyásaira szorítkozott. Igazából *Koritsánszky Dénes* gyógyszerész vetette fel elsőként, hogy a filoxerajárvány következtében pusztán maradt tolnai domboldalakat gyógynövények termesztésére lehetne felhasználni. Kölesden, ahol tevékenykedett, meg is indította azt, de munkássága eléggé visszhang nélkül maradt.

A Felvidékről származó, de munkásságával Kolozsvárhoz kötődő *Páter Béla* volt az, aki felismerte, hogy az erdélyi népi gyógyászat gyógyítói által a természet-



A budapesti Gyógynövény Kísérleti Állomás épülete a két világháború között (kép a www.gynki.hu/honlaprol)

ből begyűjtött növényi részeket, drogokat bizony nagyrészt természetesen is elő lehet állítani. Tenyészkertet és gyógynövényvizsgáló kémiai laboratóriumot szervezett, vezetésével *Irk Károly* (1882–1924) vegyész-mérnököt bízta meg. Az általuk létrehozott Gyógynövény Kísérleti Állomás 1904-ben létesült, Európában elsőként (Ausztriában 1910-ben alapították meg a második hasonló intézményt).

A XIX. század végén a gyógyszer-tárak gyógyszerkészletének túlnyomó többsége gyógynövénydrogokból és galenikumokból (gyógynövény-készítményekből) állt, a gyógyszerészek hatékonyan vettek részt a gyógynövények gyűjtésének, termesztésének és feldolgozásának irányításában. Péter utóda és munkatársa, *Kopp Elemér* (1890–1964) pedig 1948-ban Marosvásárhelyen fektette le a gyógynövénykutatás és az oktatás alapjait. Péter és Kopp korukat megelőzve összekapcsolták a gyógynövények kísérleti termesztését a vegyelemzésükkel.

1913–14-ben Péter Béla és *Irk Károly* javaslatot terjesztett fel a Földművelésügyi Minisztériumhoz, budapesti gyógynövény-kísérleti állomás létesítésére. A javaslat nyomán 1915-ben a Földművelésügyi Minisztérium Magyar Királyi Gyógynövénykísérleti Állomást alapított Budapesten, az akkori Szőlészeti Intézet kebelén belül.

1918-ban az Állomás önálló intézette vált. Első vezetője *Irk Károly* lett. A világháború vége felé az ország területének nagy része a győztes antanthatalmak által megszállt zónába került, így a hegyvidéki tájakról begyűjthető növényfajok java hozzáférhetlenné vált. Ennek ellenére az elsősorban német igényeket kielégítő export továbbra is a kutatás jelentős ösztönzője maradt, immár állami támogatással a háttérben. A megalakuló intézet a kutatómunkán, a vadon termő fajok termesztésbe vonásán felül a forgalomba kerülő drogok minőség-ellenőrzéséért is felelős volt. *Boros Ádám*, a magyar botanikatörténet kiemel-

kedő alakja (aki később az Intézet igazgatói tisztségét is betöltötte), némi keserű humorral utal visszaemlékezéseiben arra, miért is vált az ellenőrzés nélkülözhetlenné. A háború első felében a sebkezelésekben elsőrendű növényi drog, az árnika a magyar export egyik jelentős tétele volt, a szükségletet a magashegyi gyepek bőven fedezték (ma már az árnika Európa-szerte megritkult, védett faj). „Élelmes” kereskedők azonban még akkor is szállítottak a német

piacra belőle, amikor a termőterületek már idegen kézre kerültek – az árnikát jónak látták a sokkal gyakoribb, de gyógyhatással nem bíró peremizsrel helyettesíteni, amelyet avatatlan szem könnyen összetéveszthet az igazi gyógynövénnyel. A németek reklamáztak, erre lépett a magyar kormányzat azzal, hogy a minőség-ellenőrzés megszervezésével és végrehajtásával megbízta a kutatóintézetet.

Irk korai halála után *Augustin Béla* gyógyszerész, a múlt századi farmakobotanika központi alakja vette át a vezetést. Az egyik első kiemelkedő eredmény is az ő támogatásával valósulhatott meg: *Kabay János* (1896–1936) világszabadalma, a mákszalmából történő morfin-



Dahlgrenogram térbeli ábrázolása a Kemotaxonomiai Botanikus Kertben (*Adamaski Sarolta felvétele*)

előállítás 1925-ben. *Kabay* később kivált az Intézetből, és önálló üzemet létesített Bűdszentmihályon (ma Tiszavasvári). A kémiai hatóanyag-kutatás hazai úttörője

az Intézetben *Száhlender Károly* volt, aki ekkoriban már a részben magyar kutatók (*Zechmeister László*, *Cholnoky László*) által kifejlesztett kromatográfiai módszereket alkalmazta.

Az alapítók szándéka szerinti cél, a vadon termő fajok termesztésbe vonásának klasszikus korszaka a múlt század ötvenes éveiben zárult le. A néhány évtizedes munka igazi szintézise a hatvan esztendője, 1948-ban Budapesten megjelent kétkötetes mű *Augustin Béla*, *Jávorka Sándor*, *Rom Pál* és *Giovannini Rudolf Magyar Gyógynövények* című kézikönyve, a szakma legkiválóbbjainak tollából; az illusztrátorok *Csapody Vera* és *Vajda László* voltak.

A második világháborúban a mai Herman Ottó úton található, a mezőgazdasági tárcahoz tartozó kutatóintézeteknek helyet adó épületegyüttest ért bombatalálatok miatt az intézet teljes felszerelése megsemmisült, az igazgatói tisztelet Augustintól átvevő *Száhlender* is a fronton esett el.

A világháborút követően az Intézet vezetését *Boros Ádám* (1900–1973) vette át. Alkalmazott botanikai, agronómiai, genetikai (nemesítési) kutatási feladatokat végeztek, mindenekelőtt a háborús károkat lassan kiheverő, a kiváló szakemberek működése következtében hamarosan nemzetközi színvonalra jutó gyógyszeripar számára.

A gyógyszeripar szolgálatában

1957-től *Tétényi Péter* igazgatása alatt szintén hangsúlyosak maradtak a botanikai alapkutatások, mivel hamarosan az Ipari Minisztériumhoz tartozó gyógyszeripari cégek közös vállalata lett az intézet. *Kabay János* szabadalma nyomán a Tiszavasváriban működő Alkaloida gyár egyre több morfint tartalmazó mákfajtákat igényelt, így nagyszabású nemesítési program indult be, az intézet partnereként az ELTE Növényservezetani Tanszékének közreműködésével (*Sárkány Sándor*, *Dános Béla*) – e program még ma is tart, bár inkább a világpiacot célozva. A kísérleti telep azonban csak a kutatás első lépcsőfokaként jöhetett szóba, hiszen a nagy morfintartalmú mákfajták előállítása több száz hektáros területet igényelt. Hasonló volt a helyzet az anyarozskutatással. Az élősködő gomba alkaloidtartalmú kitartóképletét korábban csak egyenként, nagy nehézségek árán tudták összegyűjteni, a mennyiség erősen függött a gabona aktuális fertőzöttségétől. *Békésy Miklós* (1903–1980) kidolgozta a rozs mesterséges fertőzésének technológiáját, valamint több, magas alkaloidtartalmú törzset különített el. A gyógyszeripar számára egyre fontosabbakká váltak a növényekben megtalálható, erős hatású és a gyártás alapanyagaként kinyerhető anyagfajták, így az anyarozs és a meténgfélék alkaloidjai vagy a gyűszűvirágok szívre ható

glikozidjai. A bővülő szerepkör alapvető feltételét képezte a növénykémiai módszerek bizonyos fejlettségi szintje: mindennek előtt a kromatográfiai technikai elterjedése és korszerűsödése. Ugyanakkor jelentősen csökkent az érdeklődés a házi szer jellegű gyógynövények használatát illetően (a hatvanas-hetvenes években az orvoslás a növényi szereket „korszerűtlennek” ítélte, így a néhány boltból álló Herbária-hálózatban talán egy tucat általánosan ismert növényi drogot árusítottak). Visszaszorult az illóolajok alkalmazása is, így vadult el a sok kézimmun-kát igénylő, *Bittera Gyula* által 1928-ban létesített tihanyi levendulás, az alkali partvidék és sok más gazdaság gyógynövénykultúrájának felszámolásával egy időben.

A biodiverzitás kémiai megközelítése

A kutatások során arra is fény derült, hogy az egy fajhoz tartozó, de eltérő földrajzi és ökológiai viszonyok között élő állományok hatóanyag-összetétele nagyban különböz-



Csereszömörce (kép a Kemotaxonómiai Botanikus Kertből – szerző felvétele)

het. A változékonyság felismerése egyben egy új rész tudomány, a kemotaxonómia kialakulását eredményezte. A növényfajoknak a másodlagos anyagok jelenléte és megoszlása alapján történő csoportosítását a svájci *Robert Hegnauer* korszakalkotó munkássága vezette be. Az első kémiai törzsfát a svéd *Rolf Dahlgren* készítette, az új módszer hazai meghonosítója pedig *Tétényi Péter* volt.

A gyógynövény-biodiverzitás tanulmányozása során a botanikusok a morfológiailag és/vagy fenológiailag eltérő tulajdonságokat tanulmányozzák. Így fedezték fel például a nagyon jelentős, a gombamérgezésnél, májzsugor esetében is használható, májvédő hatású máriatövis új, fehér virágú genotípusát. A botanikailag azonos családba tartozó növényfajok analitikai kémiai elemzései értékes adatokat szolgáltatnak a hatóanyagok bio-

szintézisének eredményeként keletkező szekunder anyagcseretermékek rokonságára, a kemotaxonómiai összefüggésekre.

A kemotaxonómia azonban nemcsak a növényi hatóanyagok feltárását jelenti, hanem másik fő iránya a nemzeti kincsnek számító gyógynövények genetikai tartalékának megőrzése, feltárása, a biodiverzitás megtartása. Az ipari növények között is egyesek hazánkban veszélyeztetetté, 1982-től pedig védetté váltak. Így például a tavaszi *hérics* gyűjtésének megszűnése után a *gyapjas gyűszűvirág* állományainak feltérképezése vezette be a flóratereleten élő növények felhasználásának természetvédelmi szemléletét. Tehát egy hatóanyagforrásként megismert faj megőrzése, védelme akkor is nélkülözhetetlen, ha egy adott időszakban a gyógyszerészetben nem használjuk, ezért kerülhetett sor a gyűszűvirágot követően a *csikófark*, a *homoki kikerics* felmérésére. A növényi alapanyagok – a mák kivételével – a gyógyszeripar átalakulását követően jelentőségüket veszítették. Ugyanakkor a világszerte felerősödő úgynevezett alternatív gyógyszerészet, ennek során – tévesen – az alternatív gyógymódok közé sorolt *fitoterápia* megjelenése az öngyógyításra is alkalmas, a szelíd gyógyszereket képviselő tea-drogok reneszánszát hozta.

A számos hazai és Kárpát-medencén belüli gyógynövényekkel foglalkozó műhely között úttörő szerepet játszott a marosvásárhelyi Gyógyszerészeti Fakultás tevékenysége, *Rácz Gáborral* és *Csedő Károllyal* az élen. Erdélyben nemcsak a gyógynövényflóra taxatív felsorolására szorítottak, de a részletes elterjedési adatokon túl az egyes termőhelyekről várható droghozamot is megbecsülték. Külön jelentőséget ad tevékenységüknek, hogy ezzel párhuzamosan a gazdag – és sok helyütt még ma is élő – erdélyi-moldvai-kárpátaljai népi botanikai hagyományokat is igyekeztek megismerni-megismertetni. Az anyaországban elsősorban a Dél-Dunántúlon lehetett még a századfordulóhoz közelítve népi gyógyászati adatokat terepi gyűjtéssel közkinccsé tenni (*Kóczyán Géza, Baranyai Aurél, Szabó László Gy.*).

Az egyébként jól feltárt, széles körben alkalmazott fajoknak is sokszor hiányosan



A kert egyik különlegessége a fehér virágú máriatövis

ismertek az elterjedési adatai vagy taxonómiai viszonyai. Különösen érdekesek, amelyek régi kultúrák maradványaiként szórva nyosan fordulnak csak elő (*citromfű, kálmos, örvénygyökér, igazi édesgyökér*) vagy megritkulásukat gyomirtószer-érzékenységük okozta (*bolondító beléndek, orvosi pemetefű*). Mára így számos „fehér folt” tűnt el a Kárpát-medencében honos *zsályák, árvaszalánok, tisztesfűfajok* kémiai vonásairól, és gyarapodott az újonnan leírt *kakukkfü* kémiai változatok (kemovariánsok) száma is.

1972-ben az új kutatóközpont Budakalászon épült fel, ahol megalakult a gyógynövény-génbank, emellett az intézethez tartozó földeken a fajtanemesítés és -fenntartás, valamint vetőmagtermesztés folyt. A forgalomba kerülő drogok kötelező minősítése egy ideig az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézethez került, de



Kis ezerjófű virágzata (kép a Kemotaxonómiai Botanikus Kertből)

egy 1976-os kormányrendelet alapján ismét a Gyógynövénykutató Intézet végezte a forgalomba kerülő drogok hatásági minősítését.

Tétényi Péter nyugdíjba vonulását követően (1990) az új igazgató, *Nyiredy Szabolcs* (1950–2006) jelentős fejlesztéseket hajtott végre az elválasztástechnikai módszerek korszerűsítésével, és lerakta a gyógytermékeket gyártó üzem alapjait – terveinek megvalósulását azonban korai halála megakadályozta. A rendszerváltást követően az ágazaton belüli kutatás állami támogatása megszűnt, illetve az egyetemi műhelyekre és akadémiai intézetekre korlátozódott, az Intézet részvénytársasági formában szerveződött újjá. Korábbi működési területeit zömében feladni kényszerült, az alapvetőnek tartott nemesítési, minőségellenőrzési és növényi génmegőrzési profilt azonban – részben – megtartotta.

2008-ban az Intézet magánosították, egyúttal a korábbi hatósági jogköre megszűnt. Ma egy magyar tulajdonban levő gyógyszer-gyár leányvállalataként új lehetőségeket keres, anélkül, hogy az alapítók által meghatározott szerepkört és célokat feladná.

A Kemotaxonómiai Botanikus Kert

A kemotaxonómia létrejötté kapcsán már említett *Rolf Dahlgren* svéd botanikus új szempontú, a zárwatermő növényeket magában foglaló fejlődéstörténeti rendszert hozott létre, amely a korábbi, alaktani-egyedfejlődési vonásokon alapuló rendszerezésekhez képest abban jelentett újdonságot, hogy nagy figyelmet szentelt a növényekben előforduló másodlagos anyagok jelen- vagy távollétének az egyes természetes csoportokban.

A rendszerezés elvének újszerű ábrázolásmódja is Dahlgren nevéhez köthető. Ez tulajdonképpen fejlődéstörténeti törzsfá, amelynek térplasztikai megvalósítása a kert elején helyet is kapott. A térbeli törzsfá kétdimenziós ágmetsetének ábrázolásmódját a szakirodalom dahlgrenogramnak nevezi. A fa ágai a fontosabb fejlődéstörténeti leszármazási vonalait képviselik a kréta kortól kezdődően, amikor a zárwatermők létrejöttek. A fa metszete a ma idősíkját ábrázolja: az így láthatóvá vált ágmetseteken két, tetszőlegesen kiválasztott rész (ami lehet két növénycsalád, vagy nagyobb felbontásban akár nemzetség vagy faj is) térbeli távolsága a rokonsági távolságot adja, ugyanakkor az ágak keresztmetszetének nagysága a csoportban található fajok számát szemlélteti.

A fa törzsének folytatásában az ősbibb jellegek uralkodnak, így elsősorban a magnóliavirágúak, a *tündérrózsavirágúak* és a boglárkavirágúak csoportjainál. A fejlettebb, levezetett tulajdonságokkal

bíró csoportokat a központi törzstől mintegy elhajolva a szélső ágak jelenítik meg. A bal oldali ágak a kétszikűeket, a jobbra esők az egyszikűeket képviselik.

A budakalászi intézet 1984-ben létrehozott bemutató kertje tehát a kémiai rokonságok élő szemléltetése, a *dahlgrenogram* ágmetseteit utánzó ágyások növényeit bizonyos anyagfajta (alkaloidok, terpenoidok, fenolos anyagok stb.) halmozott megjelenése



Kasvirág

(kép a Kemotaxonómiai Botanikus Kertből)

egyesíti. A kert ebben a vonatkozásban egyedülálló Magyarországon; sőt világszerte is csupán néhány, kifejezetten kemotaxonómiai rendszerű élőnövény-bemutatót ismerünk.

A kert összlétszáma kb. 900 taxon, ezzel a kisebb botanikus kertek közé tarto-



Homoki kikerics

zik. Mivel gyűjtőköre az említett módon igen speciális, ami kiegészül a hazai védett gyógynövényflóra, a tradicionális Kárpát-medencei gyógynövényfajták és a közeli *Pilis és Visegrádi-hegység* jellemző gyógynövényeinek gyűjtésével és – ezzel egyidejűleg – megőrzésével.

Nyiredy professzor kezdeményezésére a Környezetvédelmi és Vízügyi Miniszter

2003-ban a bemutatókertet országos jelentőségű védett területté nyilvánította, Kemotaxonómiai Botanikus Kert néven.

2005 és 2010 között számos felvételt készítettem a kertben található, virágzó példányokról, elsősorban a védett fajokról: bánáti bazsarózsa, kálmos, örvénygyökér, tornai vértó, piros kigyószisz, macskahere, gyapjas gyűszűvirág, festő csülleng, dunai szegfű, Szent László tárnics stb.

Ugyancsak sorozatot állítottam össze a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv drogforrásait bemutató képekből: articsóka, máriatövis, sáfrányszeklice, réti füzény, vérehulló fecskefű, kasvirág, szúrós gyöngyajak, orbáncfű, galagonya, igazi édesgyökér, kakukkfű, mák stb. E képek egy része ma már az intézet archívumát gyarapítja. A 2007-ben és 2009-ben kiadott *Index Seminum* címlapjain is az általam készített képek szerepelnek.

Az írás diákpályázatunk Természet-tudományos múltunk felkutatása kategóriájába érkezett pályamű.

Irodalom

1. BABULKA P., BORSÁNYI L., GRYNÆUS T. (szerk.) (1989) : *Síppal-dobbal - Hagyományos orvoslás az Európán kívüli népek körében*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
2. AUGUSTIN B., JÁVORKA S., GIOVANNINI R., ROM P. (1948): *Magyar gyógynövények I-II*. Földművelésügyi Minisztérium, Budapest
3. CSEDŐ K. (1980): *Hargita megye gyógy- és fűszernövényei*. Csikszereda
4. DAHLGREN, R. M. T. (1980): A revised system of classification of the angiosperms. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 80 (2): 91-124
5. DÁNOS B. (1978): Augustin professzor születésének 100 éves fordulóján. *Herba Hungarica* 17 (3): 11-16
6. DÁNOS B. (1996): *Farmakobotanika – A gyógynövénytan alapjai (Kemotaxonómia)*. Argumentum Kiadó, Budapest
7. FARKAS, S. (2012): Az Év vadvirága: a tavaszi hérics *Természet Világa (Természetudományi Közöny)* 143 (4): szám
8. MÁTHÉ I. (1988): *Növények biológiai szkrinélése*. Doktori értekezés, Vácrátót
9. A környezetvédelmi és vízügyi miniszter 14/2003 (X. 21.) KvVM rendelete. *Magyar Közöny* 2003/121. szám, 9019
10. RÁCZ G., FÜZI J. (1973): *Kovácsna megye gyógynövényei*. Sepsiszentgyörgy
11. RAPAICS R. (1986): *A magyarság virágai*. Magyar Természetudományi Társulat, reprint: ÁKV, Budapest
12. TÉTÉNYI P. (1995): A Gyógynövény Kutató Intézet története (1915-1990) I-II.. *Gyógyszerészet* 39:503-509, 39:579-587

Erős mágneses tér hatásának vizsgálata a növények életműködésére

NYERKI EMIL

Lánczos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár

Mostanában igen sokat lehet hallani a különböző mágneses terek hatásairól és ezek pozitív, illetve negatív oldalairól. A „jó oldalt” erősítik az orvosi képalkotó diagnosztikában használt MRI-vizsgálatok, a „rosszat” pedig a nagyfeszültségű vezetékek, transzformátorházak és mobil adótoronyok által kibocsátott elektromágneses sugárzás, más néven elektroszmog. Engem az érdekelt igazán, milyen hatással lehetnek a Föld mágneses mezejéhez hasonló, ám annál sokkal erősebb mágnesek a növényekre, ezen belül is a fejlődésükre. Célom az volt, hogy az általam elérhető mágnesekkel kifejlesszem azt a módszert, amely a későbbiekben alkalmas lehet arra, hogy a mezőgazdaságban is használható legyen.

A kutatás kezdete

A kutatást az irodalom áttekintésével kezdtem. Több, a tárgyhoz kapcsolódó cikket találtam, bár egyik sem azt vizsgálta, amivel foglalkozni szerettem volna, így főleg ötletet merítettem belőlük. Egy magyar kutató, Nagy Pál, cikkében különböző penészgombák vizsgálatát írja le mágneses térben [1]. Ennek igen érdekes eredménye lett, hiszen a mikrogombák fejlődését lassítja a permanens mágneses tér. A különböző cikkekben leírt kutatások mind más és más eljárást használtak a növények mágneses kezelésére. Főleg elektromágnesekkel dolgoztak, viszont egy közös volt bennük: a mágnessel kezelt növények mindegyik szerint gyorsabban fejlődtek, mint a kontrollegyedek. Egyetlen közleményt találtam, amely arról szólt, mi okozhatja ezt a hatást. Eszerint a mágneses tér és a napfényben található kék fény együtt egy

kriptokrómnak nevezett fehérjét gerjeszt, ezáltal jön létre a növekedés gyorsulása. [2]

A fellelhető irodalom elolvasása után elkezdtem megtervezni az elvégzendő kísérleteket. Mivel statisztikailag jó ered-

ményeket szerettem volna kapni, így sok adat kellett, tehát olyan növény után kutattam, ami gyorsan fejlődik. Egyik ismerősöm tanácsát kikérve, a búzára esett a választásom, hiszen ez a csírázás szakaszában gyorsan fejlődik, és így rövid idő alatt lehet eredményhez jutni.

A következő lépés a mágnesek kiválasztása volt. Az internetről rendeltem három különböző mágneset. A legnagyobb 20x10x5 mm méretű N41 ötvözetből, a középső 12x6x1,5 mm méretű N50 ötvözetből, a legkisebb pedig 10x5x2 mm N38SH ötvözetből készült mágnes volt. Az „N” a neodímiumra utal, amelynek ötvöze a legerősebb állandó mágneses anyag a Földön, a szám pedig arra, hogy mennyire erős a mágnes. Minél nagyobb ez a szám, annál erősebb az ötvözet, a legerősebb mágnesek N51-es ötvözetűek. Az „SH” arra utal, hogy a mágnesek magasabb hőmérsékleten kezdik elveszíteni mágneses tulajdonságukat. Összehasonlításként: a leggyengébb N38SH mágneseim az adatlapjuk szerint 1 tesla (T) erősségűek, míg a gyógyászatban használt permanens mágnesek, például a karkötők és egyéb ékszerek, amelyeknek több-kevesebb hatása is van, csupán 3600 gauss erősségűek, míg a Föld geomágneses mezeje 30 és 60 mT között mozog, tehát ennél is tízezerszer erősebbek a mágneseim (1 G = 10⁻⁴ T).

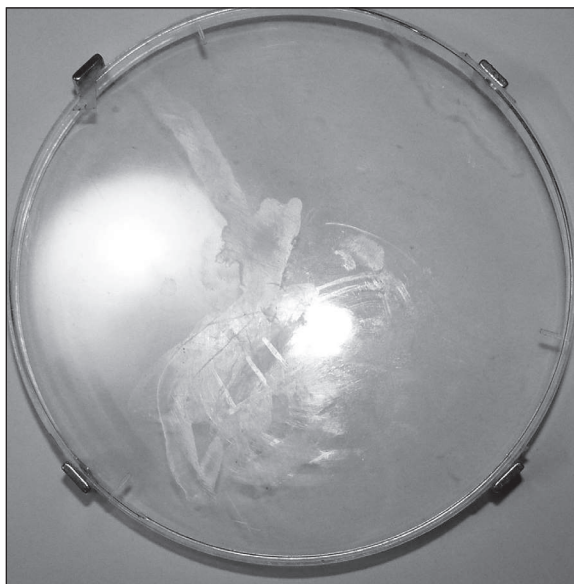
Kísérleteim menete

A kísérleteimet a szobámban végeztem egy erre a célra kialakított polcon. A magokat műanyag Petri-csészékben helyeztem el, amelyek átmérője 90 mm, magasságuk pedig fedővel 1,5 centiméter. Mindegyik csészébe a kísérletek kezdete előtt elhelyeztem egy méretre vágott szűrőpapírt, így a víz egyenletesen oszlott el a csésze alján. A mérések kezdetén egy fecskendő se-



1. ábra. A próbateszt eredménye

2. ábra. A mágnesek elhelyezése



gítségével 12 ml desztillált vizet mértem ki minden edénybe. A búzacsrák növekedése oly mértékű volt, hogy a harmadik napon a fedőket már el kellett távolítanom a zavartalan növekedés érdekében. Mivel így a mágneses teret is megszüntettem volna, a fedőket csupán alulra helyeztem, ezzel lényegében a mágneses teret nem változtattam meg.

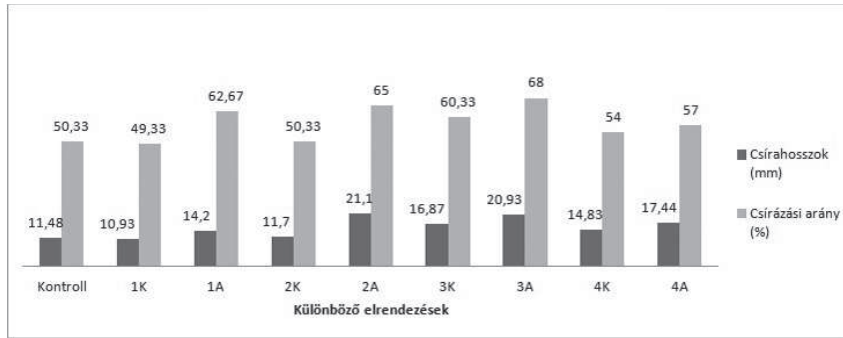
Próbakísérlet

Még a tényleges mérések előtt elvégeztem egy próbatesztet, amelyben megvizsgáltam, hogy a mágneseknek milyen hatása is van a növényekre. Ennek az volt a lényege, hogy teszteljem a leírt vízmennyiségeket, illetve egyáltalán azt, hogy érdemes-e mágnesekkel foglalkozni. A következő részben leírt elrendezésekből választottam ki egy módszert, név szerint a két mágnespárral történő elrendezést. Az eredmény igen szembetűnő, a képen (1. ábra) a bal oldali Petri-csészében látható növények a kontrollegyedek, a jobb oldalon pedig a mágneses kezelést kapott növények vannak. Bár pontos mérést nem végeztem, annyira szembetűnő így is a különbség, hogy nem is tartottam ezt fontosnak.

Az ideális elrendezés meghatározása

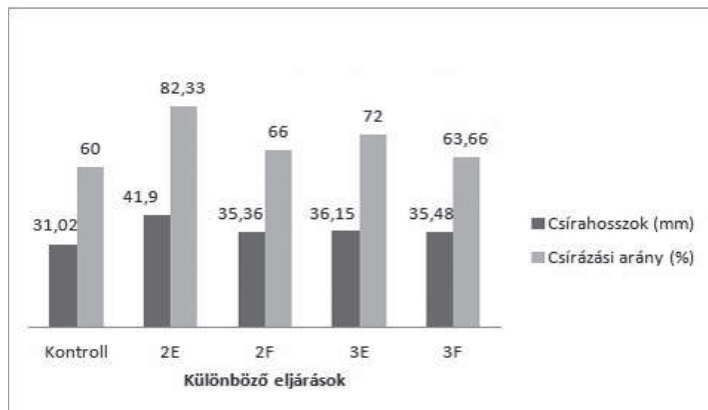
Első mérésnek meg kellett határoznom, hogy pontosan mennyi mágnes és milyen elrendezésben eredményezi a legnagyobb kelési arányt és csírahosszt. Mágnespárokat alkalmaztam, ezek mennyiségét növeltem. A legkevesebb mágneset használó elrendezésben egy, a legtöbbben összesen négy mágnespár volt. Hogy könnyebb legyen az elrendezéseket elképzelni, az egyik Petri-csészét a fedőn át lefényképeztem, amelyen két mágnespár található (2. ábra).

Mindegyik elrendezésnek két változatát használtam, az egyiknél egymást követve változtak a pólusok, tehát egymással szemben különböző mágneses pólusok voltak, a másiknál pedig azonos



3. ábra. Az ideális elrendezés meghatározása

pólus volt mindegyik mágnesnél a közép-pont felé. Mindegyik csészénél a fedőkre ragasztottam fel a mágneseket, így közvetlenül nem érintkeztek a magokkal, ezzel biztosítottam, hogy csupán a mágneses tér hatása okozza a különbséget. Természetesen végeztem kontrollmérést is, hogy legyen viszonyítási alapom. A mérések öt napig tartottak, mert a búzák ekkorra érték el a kísérleti polcom tetejét, innentől már nem tudtak egyenesen növekedni tovább. Minden mérést háromszor végeztem el, így végül 300 mag



4. ábra. Az előkészítés vizsgálata

értékeit átlagoltam. A diagramon (3. ábra) ennek a mérésnek az eredménye látható. Az első oszlopban az adott módszer csírahosszainak átlaga, míg a másodikban a csírák kelési aránya látható. Rövidítésnél a szám azt jelzi, hogy mennyi mágnespár található annál a módszernél; míg az „A” betű az azonos pólusú mágneseket, „K” pedig a különböző pólusúakat jelenti. A legjobb eredmény a 3A, illetve a 2A jelű elrendezésnél adódott, így a következő kísérletnél ezzel a kettővel dolgoztam tovább.

A kezelési módszer meghatározása

Az előző kísérletben a teljes vizsgált tenyészidő alatt mágneses térben voltak a növények. Azon gondolkodtam, érdemes len-

ne megpróbálni, hogy csak rövid ideig kezeltem a magokat mágneses térben, és ezután „ültetem” el őket. Ez úgy zajlott, hogy a két kiválasztott mágneses elrendezést előkészítettem, és öt napra előkezelésre ebbe a térbe raktam a magokat. Az előkezelési idő letelte után elindítottam a mérést, így össze tudtam vetni a folyama-

tosan mágneses térben lévő magok, az előkezelte magok és a kezeletlen kontroll által elért értékeket. A diagram ismét a kelési arányokat, illetve a csírahosszakot ábrázolja, elrendezésenként 300 mag átlagából. Ebben az esetben a jelölések a következők: 2, illetve 3 a mágnespárok száma, „E” az előre mágnesezett növények rövidítése, „F” pedig a folyamatosan mágneses térben lévőket jelenti. Látható a diagramon (4. ábra), hogy az előre kezelt növények kelési arányban kiemelkedő értékeket értek el, csírahossznál pedig a két mágnespárral előre kezelt növények lettek a legnagyobbak, így a kísérleteimet ezzel a módszerrel folytattam tovább.

A szükséges kezelési idő meghatározása

Mivel az előző mérés során a teljes kísérleti időt vettem kezelési időnek, így ebben a kísérletben megvizsgáltam a különböző mágneselési idővel az előző mérésben meghatározott legjobb elrendezést. A leghosszabb idejű kezelés ez esetben az eddig használt öt nap volt. Két közepes

hosszúságú időtartamot választottam, 2, illetve 1 napot. A legrövidebb idejű kezeléshez képest ez nagy különbséget jelentett, hiszen az csupán egy óra volt. A mérés itt úgy zajlott, hogy elindítottam az ötnapos előmágnesezést, és ahogy teltek a napok, úgy csatlakozott a többi, egyre rövidebb idejű mágnesezés, így a víz hozzáadása előtt egy órával elindítottam a legrövidebb idejű kezelést is. A három ismétlés után újra diagramon ábrázoltam az eredményeket. Mivel itt csupán egy mágneses elrendezést használtam, a különböző oszlopok feliratait a mágneses térben töltött idejüket jelzik. A diagramon (5. ábra) látható az igen érdekes eredmény, hiszen a leghosszabb (öt nap) és a legrövidebb (egy óra) kezelések bizonyultak a

legjobb. Ez a meglepő eredmény mind a csírahosszoknál, mind a csírázási arányoknál megjelenik, ezért a következő kísérletben ezt a két időtartamot használtam.

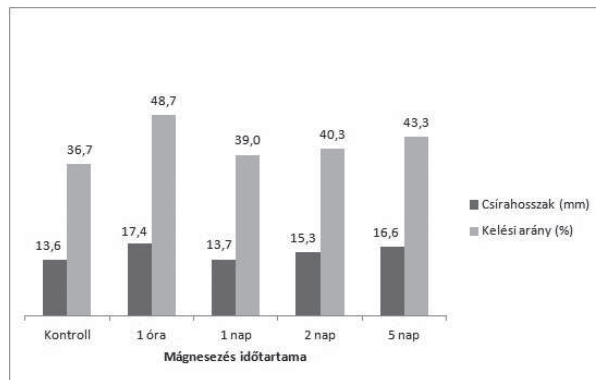
Különböző erősségű mágnesekkel való vizsgálat

Eddigi kísérleteim során a legkisebb méretű mágnesekkel dolgoztam, mert ebből volt a legtöbb darabom, de mivel most már kevés mágnes is elég, így összehasonlíthatom a korábban már leírt három különböző mágnes hatékonyságát az eddigiekben kísérletezett módszerrel. Mindegyik mágnesfajtánál volt ötnapos és egyórás időtartammal kezelt Petri-csésze is, így pontosan össze tudtam azokat hasonlítani. A mérések az eddig megszokott módon zajlottak, a harmadik ismétlés után 300 mag értékeit átlagoltam. Ez esetben a következő rövidítéseket használtam: „N” a nagy mágnes; „Kö” közepes mágnes; végül „Ki” a kicsi, tehát az eddig használt mágneseket jelöli. A betűk után a jelzés mutatja, hogy az adott oszlopok mennyi ideig kezelt növényeket

tét csökkentve mindkét kezelési időtartamban növekedtek az átlagos csírahosszak. További érdekesség, hogy a nagy mágnessel kezelt növények nagyjából azonos értéket értek el, viszont a másik két mágnesnél azok a növények lettek nagyobbak, amelyek kevesebb időt töltöttek mágneses térben. A csírázási aránynál egyenletes emelkedés látható, végül az egyórás előkezeléseknél ez felgyorsul, megint csak a legkisebb mágnes és a legrövidebb kezelési idő lett a legeredményesebb.

Az eredmények összefoglalása

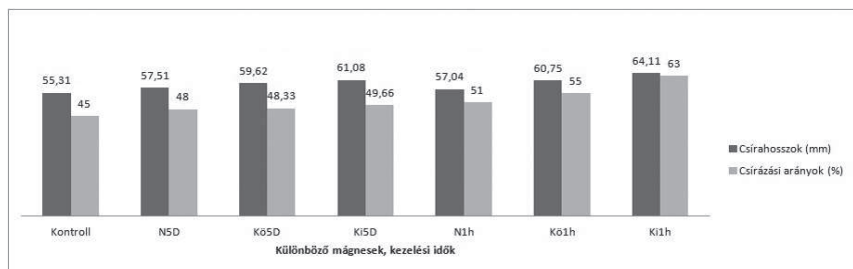
Kísérleteim eredményei alapján megállapítható, hogy a permanens mágnesnek jelentős pozitív hatása van a növények fejlődésére. A mérések során megvizsgáltam, hogy mennyi



5. ábra. Az ideális exponálási idő meghatározása

eredményesnek, így megvizsgáltam, hogy mennyi ideig kell előkezelni a magokat, végül pedig azt, hogy mekkora mágnes szükséges a növények fejlődésének szempontjából ideális módszerhez. A méréseim eredménye az, hogy a két mágnespárral (amelyeknél a középpont felé irányuló pólusok azonosak) történő egyórás előkezelés az ideális a növények növekedésének szempontjából. Ez azért ígéretes, mert ilyen rövid kezelési időt lehet alkalmazni később a mezőgazdaságban is. ✖

Az írás szerzője diákpályázatunk Önellő kutatások, elméleti összefoglalások kategóriában II. díjat kapott.



6. ábra. Az előkészítés vizsgálata

jelölnek. Az 5D jelzés az ötnapos, az 1h jelzés az egyórás kezelést jelöli. Az eredmény megint igen meglepő. Ahogyan a diagramon (6. ábra) is látható, a mágnesek mére-

mágnes kell, ezeknek milyen elrendezésben kell lenniük, folyamatosan kell-e mágneses térben lenniük a növényeknek vagy esetleg csak rövid ideig. Mivel az utóbbi bizonyult

Irodalom

- [1] P. Nagy (2005): *The effect of low inductivity static magnetic field on some plant pathogen fungi*, Journal of Central European Agriculture, 6 (2), 167-171
- [2] M. Ahmad, P. Galland, T. Ritz, R. Wiltshko, W. Wiltshko (2007): *Magnetic intensity affects cryptochrome-dependent responses in Arabidopsis thaliana*, Planta, 225 (3), 615-624

A Madéfalva–Gyimes vasútvonal legszebb mérnöki megvalósításai

BASA-TAMÁS ISTVÁN – LUX RÓBERT

Márton Áron Elméleti Líceum, Csíkszereda, Románia

Az általunk bemutatandó vasúti pályaszakasz része annak a vasútvonalnak, amelyet a MÁV székely vasút néven tartott számon. A székely vasút elnevezés a MÁV Sepsiszentgyörgy – Madéfalva – Gyergyószentmiklós – Szászrégen és Madéfalva – Gyimesbükk országhatár vasútvonalát foglalta ma-

gában. Azért esett választásunk erre a szakaszra, mert az itt található ipari emlékek (hidak és az alagút) megépítése példásan tükrözi a korabeli magyar mérnöki munka európai színvonalát.

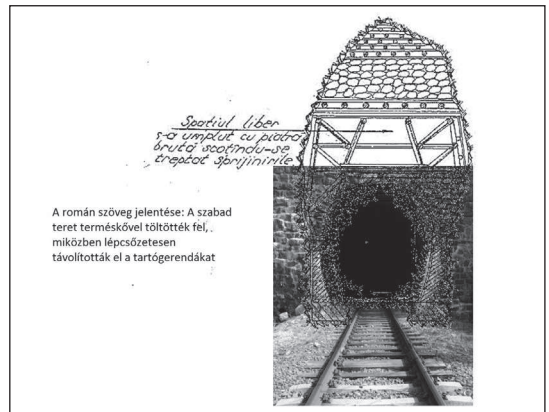
A vizsgált szakaszt 1897. október 18-án adták át (a pályamunka írásakor volt 115 éves), hossza 51 km. Az 1867-es

osztrák–magyar kiegyezést követően a vasútépítés Budapestről a határszélek felé több szakaszban valósult meg. A székely vasút ennek az egész Kárpát-medencét behálózó vasútvonalnak a része. [1] Megépítése számos változást hozott a határ menti régió (Székelyföld) gazdasági és társadalmi életében. Gazdasági

szempontból megkönnyítette a térség fő iparágához, a fakitermeléshez szükséges szállítást, ráadásul az akkori Magyarország egyetlen vasúti kapcsolata volt a moldovai térséggel (határ Gyimesbükknél). Társadalmi változásokat jelentett az itteni közösség életében a külföldről érkezett szakemberek által hozott újfajta mentalitás és szokások. A vasúti épületek stílusjegyei felfedezhetőek az itteni épületeken. [2] A legtöbb műemlék nem maradt meg eredeti állapotában, a két világháború hadmozdulatai következtében jelentős károkat szenvedtek. A völgyhidakat átépítették, ezek akkori arculata ma már csak a korabeli dokumentumokban, fényképekben

új szabványhoz: a szerelvény mellett oldalanként egy-egy embernek el kellett férnie. Tehát a híd nem omlott össze, hanem a környékbeli emberek hordták szét magáncélokra (leginkább házépítés céljából), romjai ma is láthatóak.

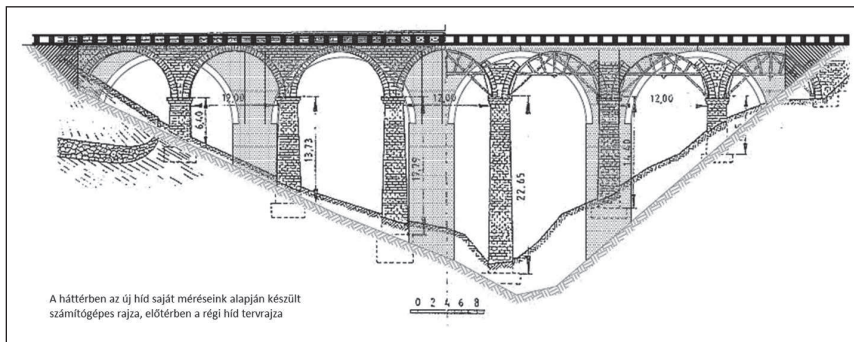
Amint az egyik helyszíni fotóból is látszik, a fizika törvényeit meghazudtolva áll a régi boltív; a boltívben a vízszintes és függőleges erők függőleges nyomóerővé alakulnak át, felépítéséből adódóan a levegőben



A román szöveg jelentése: A szabad teret terméskővel töltötték fel, miközben lépcsőzetesen távolították el a tartógerendákat

A lóvészai alagút tervrészlete

elkészült. 1223 méteres hosszával a történelmi Magyarország második leghosszabb alagútja volt (az első 1225 méter hosszú). [2] A tárnát 1896. április 5-én törték át. Annak ellenére, hogy kezdetleges eszközökkel dolgoztak (4-4 bányász és egy görgőkocsival dolgozó 2 szállítómunkás), a két oldalról kitzűzött irányok közti eltérés csak 8 mm volt. A lóvészai alagút volt az első Magyarországon, amelynek falait szabálytalan terméskővel rakták ki. [3] A bevett szokás ugyanis az volt, hogy vagdalt és faragott kőveket használtak erre a célra. A falazáshoz felhasznált portlandcementet a brassói cementgyárból hozták. Az alagút falazása 1896. november 11-ére készült el. Az alagút közepére levegőztetőt építettek, a levegő mozgását levegőztető kúrtóval biztosították (ez a kéményhatás elvén működik). Az első világháború ideje alatt az alagút egyik hadművelletben sem szenvedett károsodást, ellenben 1944-ben a német csapatok visszavonulásukkor helyrehozható károkat okoztak az alagútban.



A háttérben az új híd saját méréseinek alapján készült számítógépes rajza, előtérben a régi híd tervrajza

A Ladók-völgyhíd régi és új tervrajza é

lehető fel, a vasúti épületek kivételével, amelyek a felújítás hiányában megőrizték akkori állapotukat. A Madéfalva – Gyimes szakaszt a történelmi Magyarország egyik legszebb vasútvonalaként tartották számon.

Ladók-völgyhíd

A Ladók-völgyi híd a történelmi Magyarország egyik legszebb kőboltozatos hídja. Az 1896-os budapesti millenniumi kiállításra is szerepelt mint Magyarország egyik legszebb kőboltozatos hídja.

A völgyhíd két ellenfalon és 6 pilléren nyugvó hét – egyenként 12 m nyílású, teljes félkört képező boltozattal áll, hossza 112,45 m, pályaszint magassága (a völgy legmélyebb pontja felett) 31 m, szélessége 4,5 m. [1] Az építkezésnél használt kő egy részét a közelben termelték ki, nagyobb részét a zsigödi és hargitai bányákból szállították.

A világháborúk idején egyike volt azon kevés hidaknak, amelyeket nem robbantottak fel, mivel rendkívül munkaigényes lett volna visszaépíteni. Egészen az 1950-es évekig használatban volt, amikor is a román hatóságok egy új hidat építettek mellé a régi leváltására, ezzel párhuzamosan és állapotát megőrizve. Nem az volt a gond, hogy nem lett volna elég a teherbírása, vagy, hogy rossz lett volna az állapota, hanem az, hogy nem volt eléggé széles az

lógó fél boltívnek le kellene omlania. Nem arról van szó, hogy ne működne a fizika törvényei, a boltív megmaradt részének stabilitása mindössze a régi építési technológiának és minőségi munkának köszönhető. Kötőanyagként forró meszet és portlandcementet használtak. A kőboltívek fantasztikus manuális munkáról tanúskodnak.

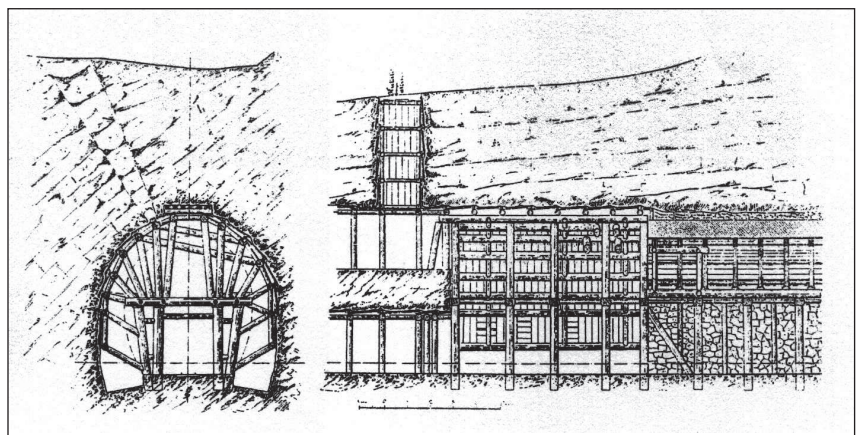
A lóvészai alagút

Építését 1894 októberében, 1 évvel a Karakó-völgyhíd munkálatainak megkezdése előtt kezdték. Az alagút 1896 áprilisában, 4 hónappal a völgyhíd befejezése után

Utusalvi völgyhíd

A völgyhíd építésére 1896 második felében került sor. A teljes hossza 81 m, a pályaszint a völgy legmagasabb pontja fölött

A lóvészai alagút terve



24 m. Központi része párhuzamos övű, rácszott felsőpályás, 50 m-es vasszerkezet, amelyhez terméskőből épült 2–2 köboltozat csatlakozik. [2]

Bánya-völgyhíd

Szintén 1896-ban épült, szerkezete felépítésében megegyezik az előzőével (50 m-es központi vasszerkezet, 5 db 9 méteres boltozat terméskőből). [2] Mindkét híd (Bánya-völgyhíd és az Utusalyi) tí-

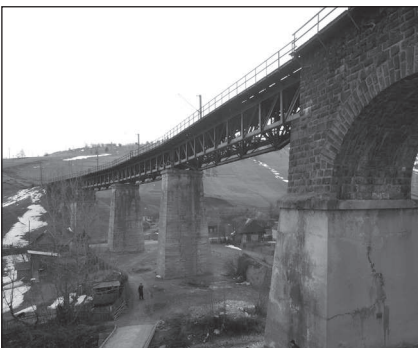


A Bánya-völgyhíd

pusterv alapján készült. Számos hasonló, tervrajzában megegyező híd épült történelmi Magyarországon abban a korszakban (XIX. század vége, XX. század eleje).

Tatros-völgyhíd

A 3x30, 2x10 és 2x8 méter nyílású vasszerkezetből, illetve boltozatból álló híd 1897-ben készült el, nyíláshossza 126 m. Pillérei terméskőből készültek. Nevét az alatta folyó Tatros folyóról kapta. A híd érdekessége, hogy húsz ézrelékes emelkedőben, 22 m maga-



A Tatros-völgyhíd

san, 300 m sugarú ívben fekszik. [2] Ez ott jelenthet gondot, hogy egyrészt a Madéfalva irányából érkező vonat lejtőről jön, tehát fékeznie kell; ezzel egy időben kanyarodik is. Ilyenkor a legnagyobb a híd terheltsége, ugyanis a súlyerő mellett hat rá a centrifugális erő és a fékezés közben fellépő vízszintes nyomóerő is.

A hidak mostani állapota (helyszíni fotók alapján)

Az idők folyamán egyik vasúti híd sem maradt meg eredeti állapotában, a Ladók-völgyi hidat leszámítva mindegyik a két világháború alatt semmisült meg. Ezeket részben eredeti formájukban építették vissza, részben másképpen. Bár az újonnan megépített hidak formája hasonlóságot mutat a régi köboltozatos hidakéval, ezeket vasbetonból építették újra, már nem számítanak műemlékeknek, a szocializmus időszakát idéző rideg betonelemek mellett található néhány rom emlékeztet csupán a hajdani építészeti műrekekre. A '90-es évek végén takarékosági szempon-



A Bánya-völgyhíd repedéseiben megtelepszik a sok növény

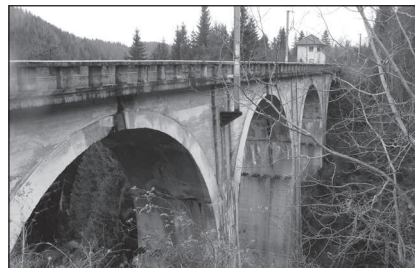
tok miatt az addig működő vasúti órhálózat létszámát jelentősen csökkentették (míg az 1990-es évek vége előtt minden hidat külön-ór vigyázott, és a vonatnak is csak különleges engedéllyel volt szabad megállnia, ma már az egész általunk vizsgált vasúti pályaszakaszért csupán egyetlen ember felel).

Ott jártunkkor zavartalanul sétálgathattunk a korábban szigorúan őrzött hidakon, illetve a sínek között. Nemcsak, hogy nem gondoskodnak a mostani betonhidak őrzéséről, karbantartásukat is figyelmen kívül hagyják. A helyszínen megfigyelhettünk számos repedést a betonhidak oszlopain. Ezen repe-



Ladóki sínpárok

déseket a fagy hatására előzőleg keletkezett hajszálrepedésekbe beszivárgó víz fagyása okozta és okozza ma is. Továbbá a hidak elhanyagoltságáról, a gondozás és a megfelelő karbantartás hiányáról tanúskodnak a hidak repedéseiből helyenként kinövő különböző növényfajták (pl. fű és nyírfa). A mai állapot szöges ellentétben áll az egykori kőhidak



Az új Ladóki-híd

állapotával. Mivel a kőhidak építése rendkívüli erőfeszítéseket és szakértelmet igényelt, valamint rendkívül költséges volt, megépítésük után gondoskodtak a hidak karbantartásáról és őrzetetéséről.

Műszaki kifejezések magyarázata:

Portlandcement: új technológiával gyártott cement (a 19. század végén számított technikai újításnak), a cementet hosszabb ideig égették, emiatt erősebb volt megkötése után.

Levegőtető kürtő: az alagút közepén a mennyezeten fűrtak egy lyukat egészen a hegy tetejéig; ez az alagút szellőzését volt hivatott biztosítani, mivel a 19. század végén gőzmozdonyok közlekedtek a vasútvonalakon; a kürtő a kéményhatás elvén működött.

Kéményhatás: a kürtő belsejében a füstgáz hőmérséklete magasabb, mint a környező levegő hőmérséklete, emiatt a kürtő alján a levegő nyomása sokkal kisebb, mint a megfelelő légoszlopé; ennek következtében a mozdony füstje távozik a kürtőn.

Szabálytalan terméskő: robbantás során darabokra törött szikladarabok, szabálytalan alakúak. ♦

Az írás diákpályázatunk Természettudományos múltunk felkutatása kategóriájába beérkezett pályamű.

Irodalom

- [1] Dr. Kovács László: Magyar vasúttörténet 1846–2000; Kiadó: Magyar Államvasutak Részvénytársaság 2000, 110–111. o.
- [2] Székely vasutak Csíkszereda – Gyimes határszéli vonal 1895-1897 Grosz E. és tsa és Fischer Henrik építő vállalata; Ötlet és adatgyűjtés: Rigó László Szabolcs, Infopress Group Rt., Székelyudvarhely, 2009
- [3] Constructii pentru transporturi in Romania vol 1., 439. o. – Sajtó fordítás a román nyelvű szakkönyvből oldalszám: 439

A hidak és az alagút 19. század végi állapotáról való adatgyűjtésben segítségünkre volt Rigó László mérnök. A helyszíni megfigyelések teljes mértékben saját terepmunka eredményei.

A XXIII. Természet–Tudomány Diákpályázatunk díjnyertesei

A díjátadó ünnepséget 2014. március 1-jén (szombaton) 14 órai kezdettel tartottuk a Magyar Tudományos Akadémia II. emeleti Nagytermében (1051 Budapest, Széchenyi tér 9.). A díjazottakat e-mailen és levélben is értesítettük.

Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategória

A beérkezett pályázatokat dr. Szabados László, dr. Kordos László és Kapitány Katalin értékelte.

II. díj. Madar Lili Adrienn–Vadai Alexandra: A Szentannai Park panorámája

Szentannai Sámuel Gimnázium, Szakközépiskola és Kollégium, Karcag
Felkészítő tanárok: Kolostyákné Pljesovszki Zsuzsanna, Fekete Tamás András

II. díj. Fehér Krisztián: Alternatív építészeti megoldások a szociális gondok megelőzésére Vajdaságban

Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium, Zenta, Szerbia
Felkészítő tanárai: Szórád Endre, Fehér Attila

III. díj. Kovács Miklós: Szülővárosom „tanúhegyei”. Beszélő karcagi kunhalmok az egykori Só-út mentén

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola, Karcag
Felkészítő tanár: Major János

III. díj. Nagy Áron: Égtájak és madárodúk

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium
Felkészítő tanár: dr. Müllner Erzsébet

III. díj. Schneider Viktor: Fehér gólyák Madarason

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja
Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

Különdíjasok

Benis Olivér: Vetőmag-előállítás egy bakonyi diák szemével

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium
Felkészítő tanár: dr. Müllner Erzsébet

Molnár Bence: A virginiai holdruta Magyarországon

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja
Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

Természet tudományos múltunk felkutatása kategória

A beérkezett pályázatokat dr. Gazda István, Németh Géza, Staar Gyula és Kapitány Katalin értékelte.

I. díj. Kovács Miklós: A partra vetett Zádor-híd

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola, Karcag
Felkészítő tanár: Major János

II. díj. Horváth Henriett: Őrizzük meg értékeinket az utókor számára!

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja
Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

II. díj. Keresztes Krisztina–Bús Zoltán–Tamás:

Egy füzetnyi iskolatörténet
Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely, Románia
Felkészítő tanár: Szász Ágota

III. díj. Gajda Gergely–Gajda Benedek:

Vegyztanítás Zentán a kezdetektől a II. világháborúig
Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium, Zenta, Szerbia
Felkészítő tanárok: Gajda Andrea, Szórád Endre

III. díj. Klemm Kitti:

A vaskúti halmok és földvár
Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja
Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

III. díj. Darvay Botond: A kolozsvári Piarista Főgimnázium, a mai Báthory István Elméleti Liceum tudós tanára:

Heinrich László
Báthory István Elméleti Liceum, Kolozsvár, Románia
Felkészítő tanárok: dr. Káptalan Erna, Darvay Béla

Különdíjasok

Kapitány Szabolcs: Bezdán vizei

Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja
Felkészítő tanár: dr. Nebojszki László

Antal Andrea: Bilibok Guszti bácsi gyűjteménye

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia
Felkészítő tanár: Dvoráček Ágoston

Biofizika különdíj

A Varjú Dezső magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének emeritus professzora által alapított különdíj pályamunkáit dr. Horváth Gábor értékelte.

I. díj. Vánkos Boldizsár László: Biológiai projekt munka

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium
Felkészítő tanár: dr. Müllner Erzsébet

II. díj. Oláh Erika: Az állati szem

Berde Áron Közgazdasági és Közigazgatási Szakközépiskola Sepsiszentgyörgy, Románia
Felkészítő tanár: Nagy-Méhész Gyöngyi

III. díj. Nyárádi Balázs: Tudnak-e a kutyák olvasni?

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium
Felkészítő tanár: dr. Müllner Erzsébet

Orvostudomány különdíj

Az Ernst Grote, a Tübingeni Egyetem agysebészeti tanszékének professzora által alapított kategória pályázatait dr. Csaba György, dr. Rosivall László és Kapitány Katalin értékelte.

I. díj. Matkovits Anna: Petz Aladár emlékezete

Veres Péter Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakképző Iskola, Győr
Felkészítő tanár: Zátonyi Szilárd

II. díj. Oláh Réka: A (z)űrbetegség

Berde Áron Közgazdasági és Közigazgatási Szakközépiskola, Sepsiszentgyörgy, Románia

Különdíjasok

Nagy Zsuzsánna–Szabó Johanna: Miért jó zenét hallgatni, avagy a zenehallgatás élettana

Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely, Románia
Felkészítő tanár: József Éva

Kultúra egysége különdíj

A Simonyi Károly professzor alapította különdíj pályamunkáit dr. Füzi László, dr. Radnai Gyula és dr. Schiller Róbert értékelte.

I. díj. Farkas Orsolya: Benkő József, a nyelvész és a botanikus

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia

Felkészítő tanár: Dvoráček Ágoston

II. díj. Kovács Miklós: „A magyar nép tudósa”. Györffy István születésének 130. évfordulójára

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola, Karcag

Felkészítő tanár: Major János

Matematika különdíj

A Martin Gardner matematikus által alapított különdíj pályamunkáit dr. Munkácsy Katalin, Herczeg János és Dürr János értékelte.

I. díj. Foltányi Flóra: A Koch-féle görbéről, a Koch-féle hópehelyről és a Koch-féle négyzetről

Révai Miklós Gimnázium, Győr

Felkészítő tanár: Csete Lajos

Kitüntetett felkészítő tanárok

dr. Nebojszki László

(Szent László ÁMK Vízügyi Szakközépiskola, Baja)

Major János

(Karcagi Nagykun Református Gimnázium, Egészségügyi Szakközépiskola és Kollégium)

dr. Müllner Erzsébet

(Budapesti Fazekas Mihály Fővárosi Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium)

Zátonyi Szilárd

(Veres Péter Mezőgazdasági Szakképző Iskola és Kollégium, Győr)

Dvoráček Ágoston

(Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia)

Csete Lajos

(Révai Miklós Gimnázium, Győr)

Szász Ágota

(Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely, Románia)

Szórád Endre

(Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium, Zenta, Szerbia)

Nagy-Méhész Gyöngyi

(Berde Áron Közgazdasági és Közigazgatási Szakközépiskola, Sepsiszentgyörgy, Románia)

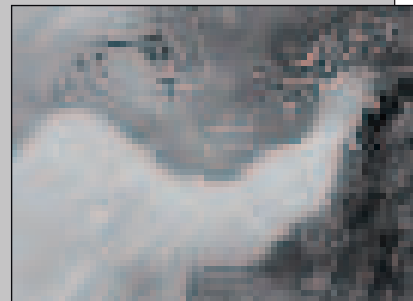
dr. Káptalan Erna

(Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár)

Darvay Béla

(Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár)

TIT Kalmár László Matematika Verseny meghirdetése



A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat a 2013/2014. tanévre is meghirdeti a TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENYT. Ez sorrendben a negyvenharmadik verseny, mely Magyarország legrégebbi iskolai matematika versenye. **A verseny célja:**

A matematikai tudományos ismeretek terjesztése, a matematika népszerűsítése, matematika tehetséggondozás. A matematika ismeretének és alkalmazásának hangsúlyozása a társadalomban, a gazdasági életben, az egyén személyes boldogulásában. Felkészíteni a tanulókat a matematika tantárgyi alapú továbbtanulásra és a későbbi pályaválasztásra. A tanulók problémamegoldó képességének, kreativitásának összehasonlítása 3–8. osztályosok körében, matematikai tudás mérésének lehetősége objektív eszközök segítségével. A sportszerű verseny és küzdelem népszerűsítése.

A verseny rendszere: a verseny háromfordulós: helyi, megyei és országos szervezésű.

1. Helyi első fordulót az iskolák házi verseny keretében szervezhetnek, melyet öntevékeny módon, a korábbi évek tapasztalataira építve, a megyei forduló rendezőivel egyeztetve javasolunk lebonyolítani. A forduló feladatait a helyi tanárok állítják össze. Helyi, házi verseny megszervezése nem feltétele a megyei/területi döntőn való részvételnek. Időpontja: 2014. február.

2. Megyei/területi döntő, melyeket Önök, a verseny szervezői helyben valósítanak meg. Az Egyesületek versenyszervezési szándékukat 2014. január 15-ig jelezték. A megyei döntő lebonyolításáról a szervezőkkel /TIT Egyesület, Alapítvány/ írásos megállapodást kötünk.

Megyei döntő időpontja: **2014. március 22. (szombat) délelőtt 10 óra**, időtartama 5–8. osztályokban 90 perc, 3–4. osztályokban 60 perc.

A megyei döntő nevezési díja Magyarországon egységesen **1200,- Ft**, melyet a verseny szervezője közvetlenül szed be a résztvevőktől és abból a helyi forduló lebonyolításának és az elkészült feladatok kijavításának költségeit fedezi. A helyi javítás után a versenyzők dolgozatát kérjük továbbítani a versenyközpontba, ahol azok egy megadott pontszám felett újra javításra kerülnek.

3. Országos döntő, melyet a versenyközpont szervez Budapesten, ahová évfolyamonként a legtöbb pontot elért, legjobb teljesítményt nyújtó versenyzőket hívjuk be. A döntőn a versenyzőnek a részvétel ingyenes, kísérők számára önköltséges.

Időpontja: 2014. május 30–31. (péntek délután és szombat délelőtt) két feladat fordulóval, melynek eredményét összesítve alakul ki a végleges sorrend.

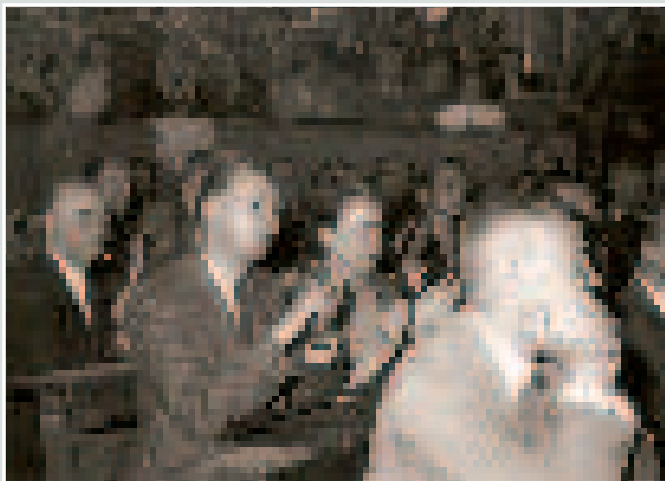
A verseny nyerteseit tárgyjutalommal és oklevéllel díjazzuk. A nyertes diákok felkészítő tanárai is elismerést kapnak.

Általános tudnivalók: a verseny mindhárom fordulójában elektronikus segédeszközök és külső segítség igénybevétele nem lehetséges.

A versenyre való felkészülést a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat folyóirataiban – *Élet és Tudomány* hetilap, *Természet Világa* havilap – megjelenő írásai és honlapjai segítik. A versenyről folyamatosan informáljuk az érdeklődőket a www.titkalmarlaszlo-matematikaverseny.hu portálon. XLIII. TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENNYEL kapcsolatban további információ kérhető a titkarsag@titnet.hu címen és a fenti címen, telefonszámon. Eredményes versenyzést és sikeres lebonyolítást kívánunk.

PIRÓTH ESZTER
igazgató

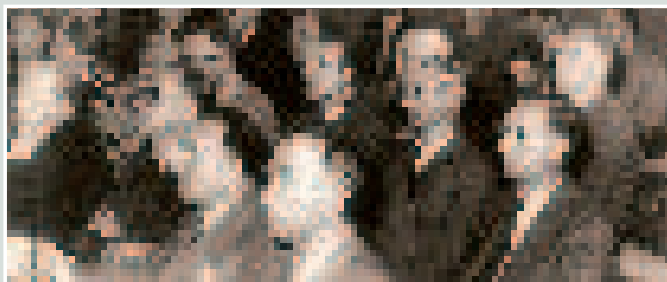
Császár Ákos fényképalbumából



A második sorban Császár Ákos,
mellette felesége, Cseley Klára



Konferenciákon, fiatalon



A kép jobb szélén Császár Ákos



Az Eötvös Loránd Tudományegyetem 1963-ban végzett, legendás fizikus évfolyamának tanárai között



Négyen a Big Five-ből:
balról, Aczél János, Fuchs László,
Császár Ákos és Horváth János



Az MTA Rényi Alfréd
Matematikai Kutató Intézetben
köszöntik



Vizi E. Szilveszter elnökunktől átveszi
a Szily Kálmán-emlékermünköt (2008)

ÉLET-TUDOMÁNY

A JÖVŐ TUDÁSA
ELŐFIZETŐKNEK
2014-BEN IS
A TAVALYI ÁRON!

ÉLET-TUDOMÁNY

2014. ÉVI TUDOMÁNYOS ÉRTESÍTŐ

ÉLET-TUDOMÁNY

